

# Guia Rápido para Instrumentos de Medição de Precisão



## Microscópios

### ■ Abertura numérica (AN)

O número da abertura numérica é importante pois indica o poder de resolução de uma lente objetiva. Quanto maior é o valor da AN, mais fino é o detalhe que se pode ver. Uma lente com maior AN também coleta mais luz e normalmente proporcionará uma imagem mais brilhante, com menor profundidade de foco que uma com um valor menor de AN.

$$AN = n \cdot \text{Sen}\theta$$

A fórmula anterior mostra que a AN depende de  $n$ , o índice de refração do meio que existe entre a frente de uma objetiva e a peça (para o ar  $n=10$ ), e o ângulo  $\theta$ , o qual é a metade do ângulo do cone máximo de luz que pode entrar na lente.

### ■ Poder de resolução (R)

A distância mínima detectável entre dois pontos de imagem, que representa o limite de resolução. O poder de resolução (R) se determina pela abertura numérica (AN) e o comprimento de onda ( $\lambda$ ) da iluminação.

$$R = \frac{\lambda}{2 \cdot NA} \text{ (}\mu\text{m)}$$

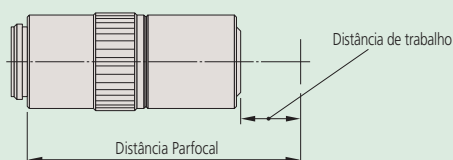
$\lambda = 0.55\mu\text{m}$  se usa frequentemente como comprimento de onda de referência.

### ■ Distância de trabalho

É a distância entre o extremo frontal de uma objetiva de microscópio e a superfície da peça na qual se obtém foco mais nítido.

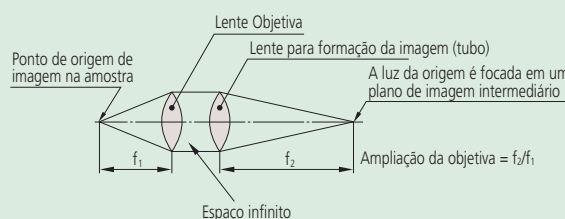
### ■ Distância parfocal

É a distância entre a posição de montagem de uma objetiva de microscópio e a superfície da peça na qual se obtém foco mais nítido. As lentes objetivas montadas juntas na mesma torre devem ter a mesma distância parfocal, de modo que quando outra objetiva se coloque em uso, a quantidade de reenfoque seja mínima.



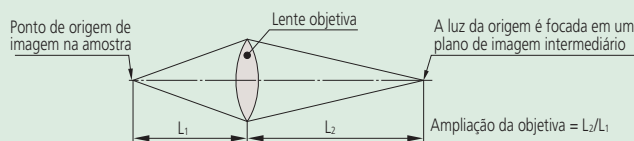
### ■ Sistema óptico infinito

É um sistema onde a objetiva forma sua imagem no infinito e uma lente tubular se coloca dentro do tubo do corpo entre a objetiva e a ocular para produzir a imagem intermediária. Depois de passar através da objetiva, a luz efetivamente viaja paralela do eixo óptico à lente do tubo através do que é chamado "espaço infinito", dentro do qual se podem colocar componentes auxiliares, tais como prismas de contraste de interferência diferencial (DIC), polarizadores, etc, com efeito mínimo no foco e correções das aberrações.



### ■ Sistema óptico finito

É um sistema óptico que usa uma objetiva para formar a imagem intermediária em uma posição finita. A luz da peça que passa através da objetiva se dirige ao plano da imagem intermediária (localizado em frente do plano focal ocular) e converge nesse plano.



### ■ Comprimento focal (f) - Unidade: mm

É a distância desde o ponto principal ao ponto focal de uma lente: se  $f_1$  representa o comprimento focal de uma objetiva e  $f_2$  representa o comprimento focal de uma lente (tubo) formando imagem, então a ampliação se determina pela proporção entre as duas (no caso do sistema óptico de correção infinita).

Ampliação da objetiva = comprimento focal da lente (tubo) formando imagem / Comprimento focal da objetiva

$$\text{Exemplo: } 1X = \frac{200}{200} \quad \text{Exemplo: } 10X = \frac{200}{20}$$

### ■ Ponto focal

Os raios de luz de um objeto, que viajam paralelos ao eixo óptico de um sistema de lente convergente e que passam através desse sistema, convergerá (ou enfocará) a um ponto sobre o eixo, conhecido como o ponto focal posterior, o ponto focal da imagem.

## ■ Profundidade de foco (DOF) - Unidade: mm

Também conhecida como "profundidade de campo", é a distância (medida na direção do eixo óptico) entre os dois planos que definem os limites de acuidade aceitáveis da imagem quando o microscópio enfoca um objeto. Conforme a abertura numérica (AN) se incrementa, a profundidade de foco se volta menos profunda, como mostrado pela seguinte expressão:

$$DOF = \frac{\lambda}{2 \cdot (AN)^2} \quad \lambda = 0,55\mu\text{m} \text{ é frequentemente usado como comprimento de onda de referência}$$

Exemplo: Para uma lente **M Plan Apo 100X** (AN = 0,7)

A profundidade de foco desta objetiva é

$$\frac{0,55\mu\text{m}}{2 \times 0,7^2} = 0,6\text{mm}$$

## ■ Iluminação de campo brilhante e iluminação de campo escuro

Na iluminação de campo claro se enfoca um cone completo de luz pela objetiva sobre a superfície da peça. Este é o modo normal de visão com um microscópio óptico. Com iluminação de campo escuro, a área interior do cone de luz está bloqueada de modo que a superfície se ilumina só por luz desde um ângulo oblíquo. A iluminação de campo escuro é adequada para detectar riscos e contaminação em superfícies.

## ■ Objetiva Apocromática e objetiva acromática

Objetiva apocromática é uma lente corrigida para a aberração cromática (cor difusa, borrada) em três cores (vermelho, azul e amarelo). Uma objetiva cromática é uma lente corrigida para a aberração cromática em duas cores (vermelho e azul).

## ■ Amplificação

Proporção do tamanho da imagem de um objeto amplificado, criada mediante um sistema óptico ao tamanho do objeto. Frequentemente refere-se à amplificação lateral, embora possa significar amplificação lateral, vertical ou angular.

## ■ Raio principal

Raio considerado para ser emitido desde um ponto do objeto fora do eixo óptico e que passa através do centro de um diafragma de abertura em um sistema de lentes.

## ■ Diafragma de abertura

Abertura circular ajustável que controla a quantidade de luz que passa através de um sistema de lentes. Refere-se também como limitador de abertura e seu tamanho afeta o brilhantismo da imagem e a profundidade de foco.

## ■ Diafragma de campo

Abertura que controla o campo de visão em um instrumento óptico.

## ■ Sistema telecêntrico

Sistema óptico onde os raios de luz são paralelos ao eixo óptico no objeto e/ou espaço de imagem. Isto significa que a ampliação é aproximadamente constante sobre um intervalo de distâncias de trabalho, sendo assim quase elimina o erro de perspectiva.

## ■ Imagem ereta

Imagem na qual a orientação de esquerda, direita, acima, abaixo e nas direções de movimento são as mesmas que as da peça sobre a mesa de medição.

## ■ Campo numérico (CN), campo de visão real e amplificação de tela - Unidade: mm

O intervalo de observação da superfície de amostra se determina pelo diâmetro do campo da ocular. O valor de este diâmetro em milímetros se chama campo numérico (CN). Em contraste, o campo de visão real é o intervalo na superfície da peça quando se amplifica realmente e se observa com as objetivas.

O campo real de visão pode-se calcular com a seguinte fórmula:

### (1) O intervalo da peça que se pode observar com o microscópio (diâmetro)

$$\text{Campo de visão} = \frac{\text{CN da ocular}}{\text{Amplificação da objetiva}}$$

$$\text{Exemplo: O campo de visão real de uma lente } 1\times \text{ é } 24 = \frac{24}{1}$$

$$\text{O campo de visão real de uma lente } 10\times \text{ é } 2,4 = \frac{24}{10}$$

### (2) Intervalo de observação do monitor

$$\text{Intervalo de observação do monitor} = \frac{\text{Tamanho do sensor de imagem da câmara (comprimento diagonal)}}{\text{Amplificação da objetiva}}$$

#### • Tamanho do sensor de imagem

Formato	Comprimento diagonal	Comprimento	Altura
1/3"	6,0	4,8	3,6
1/2"	8,0	6,4	4,8
2/3"	11,0	8,8	6,6

### (3) Amplificação da tela do monitor

Amplificação da tela do monitor =

$$\text{Amplificação da objetiva} \times \frac{\text{Comprimento da tela do monitor}}{\text{Comprimento diagonal do sensor de imagem da câmara}}$$