Instrumentação

2019

3ª Aula

Características de instrumentos

Introdução:

Na especificação ou no projeto de instrumentos para tarefas específicas de medida os critérios de desempenho são importantes.

Características de desempenho

Características Estáticas

Importante para medidas de quantidades constantes ou que variam lentamente

Características dinâmicas

Problemas que envolvem variação rápida das grandezas, e necessitam de estudo das relações dinâmicas entre entrada e saída.

Características Estáticas

Calibração estática:

- Todas as entradas (desejada, interferente, modificadora) são mantidas constantes exceto uma, a variável sob teste.
- Esta entrada é variada em diversos valores constantes.
- Causa na saída do instrumento diversos valores constantes
- A relação entre entrada e saída é a calibração estática válida sob as condições estabelecidas no ensaio.

Calibração Estática

Comentários

Todas as outras entradas mantidas constantes:

- Situação ideal nunca obtida
- Método de medida *x* processo de medida
- Implica medir todas as entradas interferentes e modificadoras

Qualidade dos instrumentos

- Regra usual: padrão 10 vezes mais preciso que o instrumento sendo calibrado

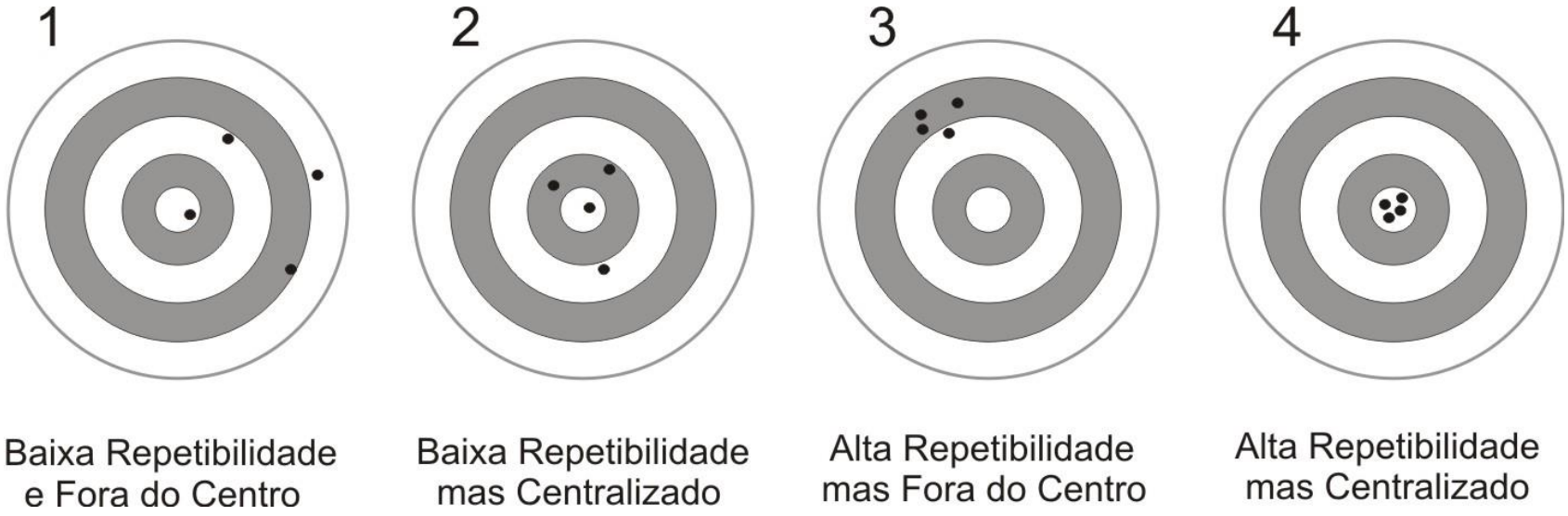
Passos para uma calibração

1. Examinar a construção do instrumento
2. Decidir que entradas são mais significantes para a aplicação do instrumento
3. Montar uma bancada de teste que permita a variação das entradas e sua medida
4. Mantendo algumas entradas constantes, variando outras, registre as saídas e desenvolva a relação entrada/saída desejada.

Acurácia, Precisão e erro sistemático

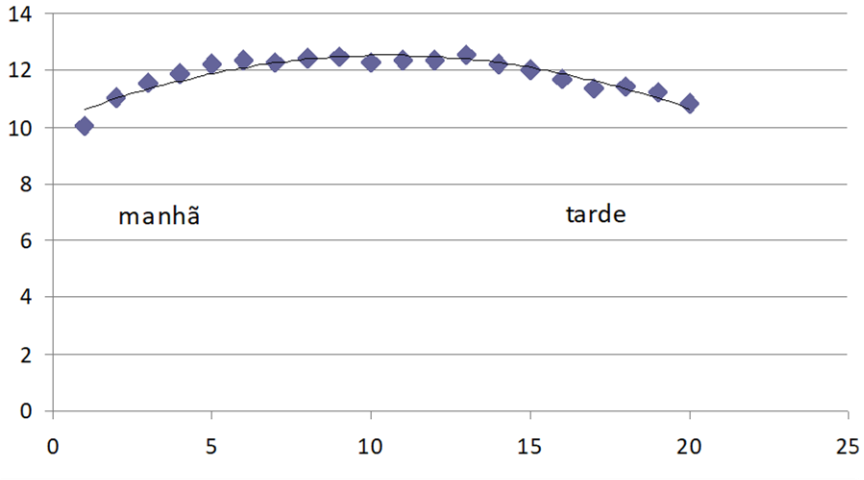
- Valor verdadeiro: obtido se a grandeza for medida por um *método exemplar*.
- Um processo de medida é sujeito a erro de medida, que pode ser controlado por limites.
- Na calibração certas entradas são mantidas sob controle, o que não é verdade no uso do instrumento calibrado.
- Controle estatístico (sequência aleatória).

Acurácia, Precisão e erro sistemático



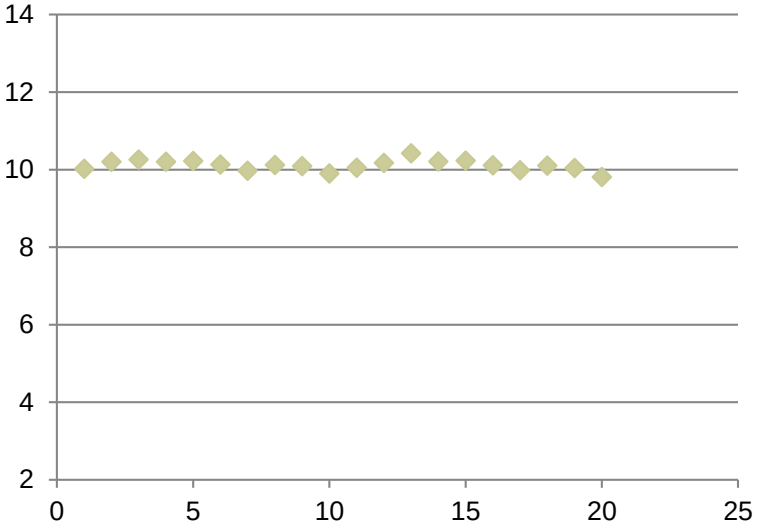
Exemplo de controle estatístico

- Medida de 1 ponto na calibração de um manômetro.

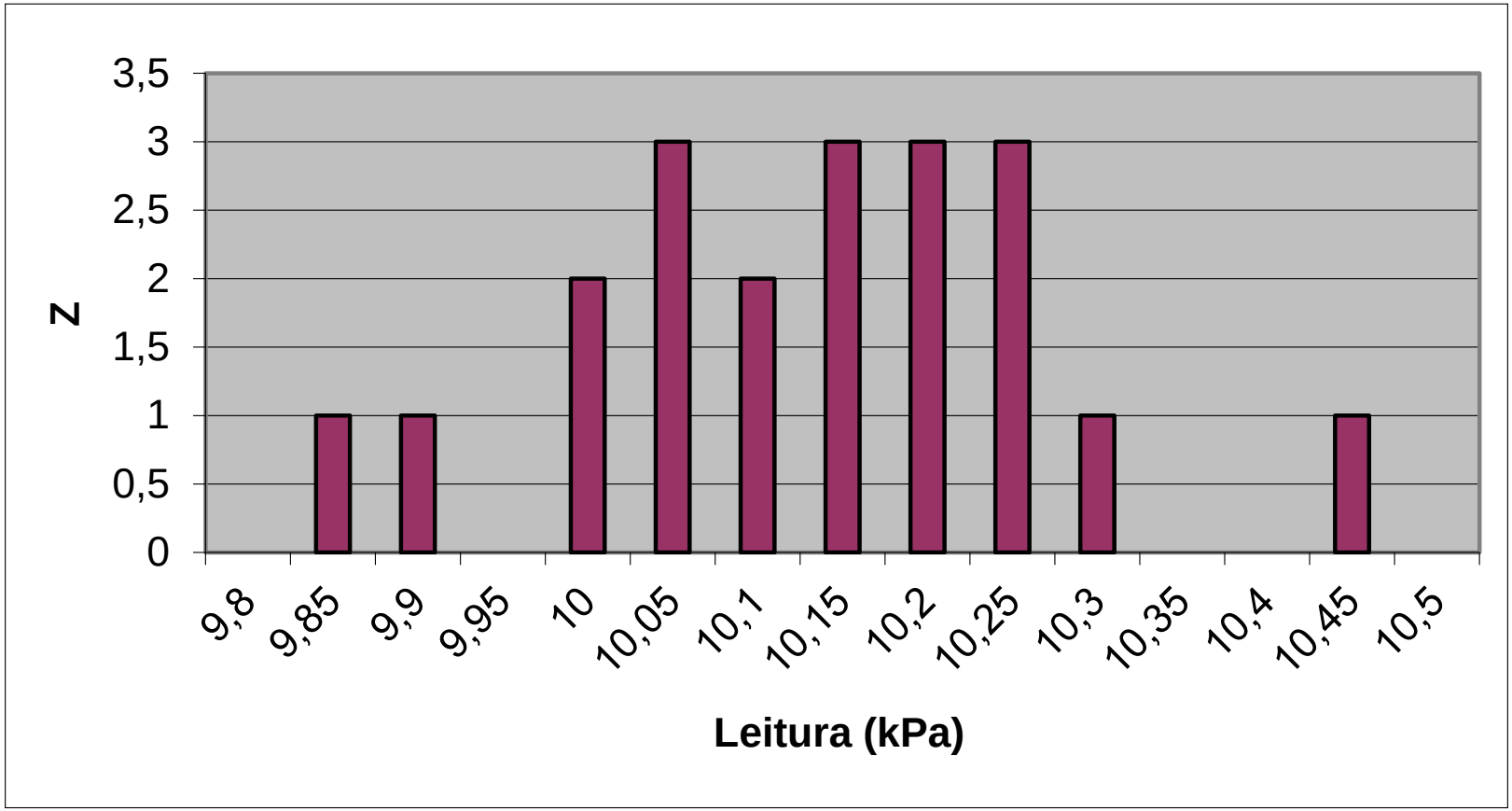


Influência da temperatura

Temperatura controlada

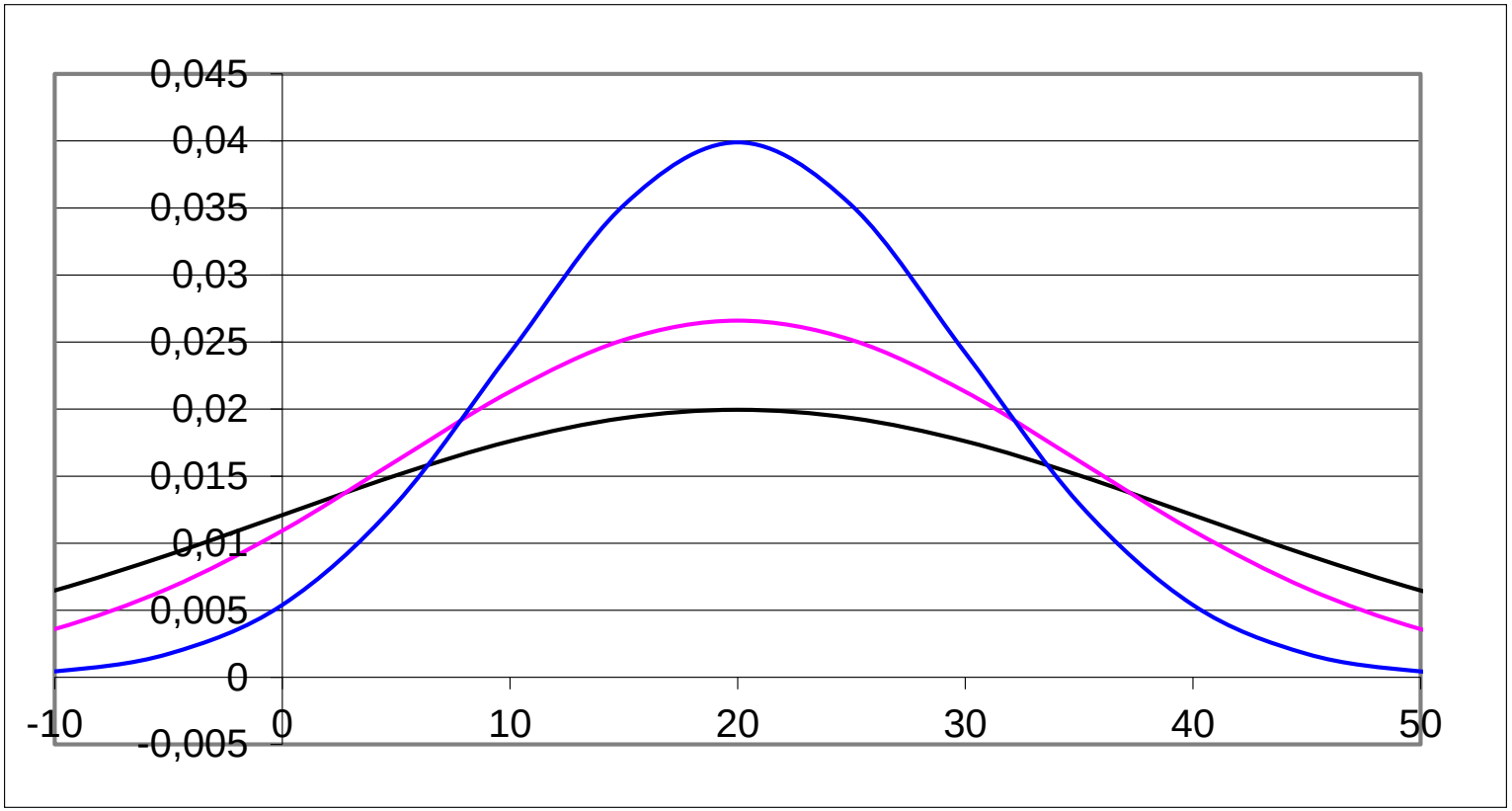


Distribuição de dados

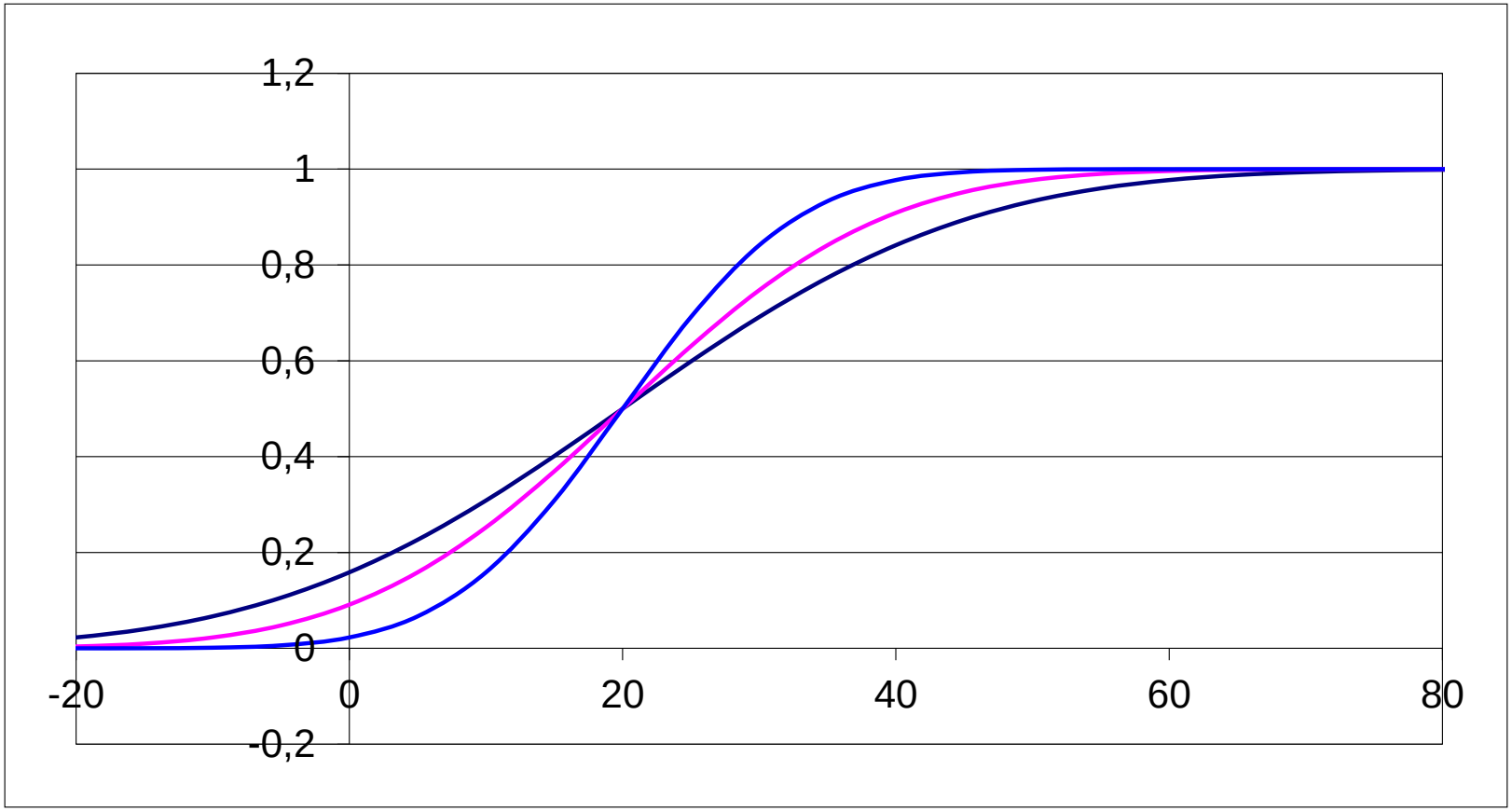


Função Gaussiana (Normal)

$$f(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}.\sigma}.e^{-(x-\mu)^2/2\sigma^2} \quad -\infty < x < +\infty$$



Função Gaussiana (cumulativa)



Teste de “normalidade”

- Uso de gráfico de distribuição gaussiana
- Teste χ^2

Propriedades:

68% das leituras caem dentro de $\mu \pm \sigma$
95% das leituras caem dentro de $\mu \pm 2\sigma$
99,7% das leituras caem dentro de $\mu \pm 3\sigma$

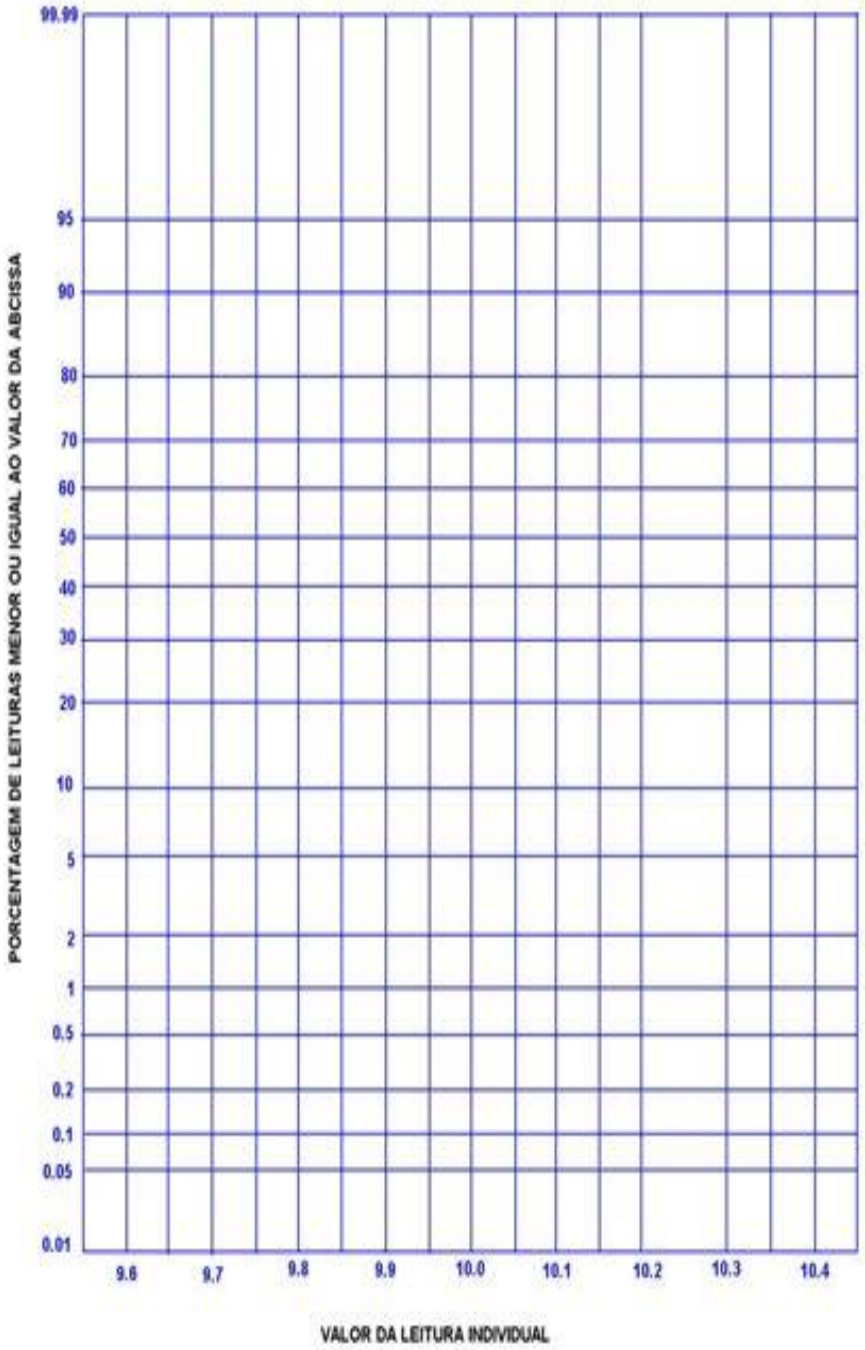
Controle da imprecisão nas medidas

Considerando controle estatístico da medida M:

- $M \pm 3\sigma$ → intervalo de confiança de 99,7 %.
- $M \pm 2\sigma$ → intervalo de confiança de 95 %.
- $M \pm \sigma$ → intervalo de confiança de 68,2 %.
- $M \pm 0{,}674\sigma$ → intervalo de confiança de 50%

- Toda medida é imprecisa, dentro dos limites estabelecidos.

Quando várias medidas são necessárias para quantificar uma variável, como os erros se comportam?


99.99
95
90
80
70
60
50
40
30
20
10
5
2
1
0.5
0.2
0.1
0.05
0.01
PORCENTAGEM DE LEITURAS MENOR OU IGUAL AO VALOR DA ABCISSA
9.6
9.7
9.8
9.9
10.0
10.1
10.2
10.3
10.4
VALOR DA LEITURA INDIVIDUAL

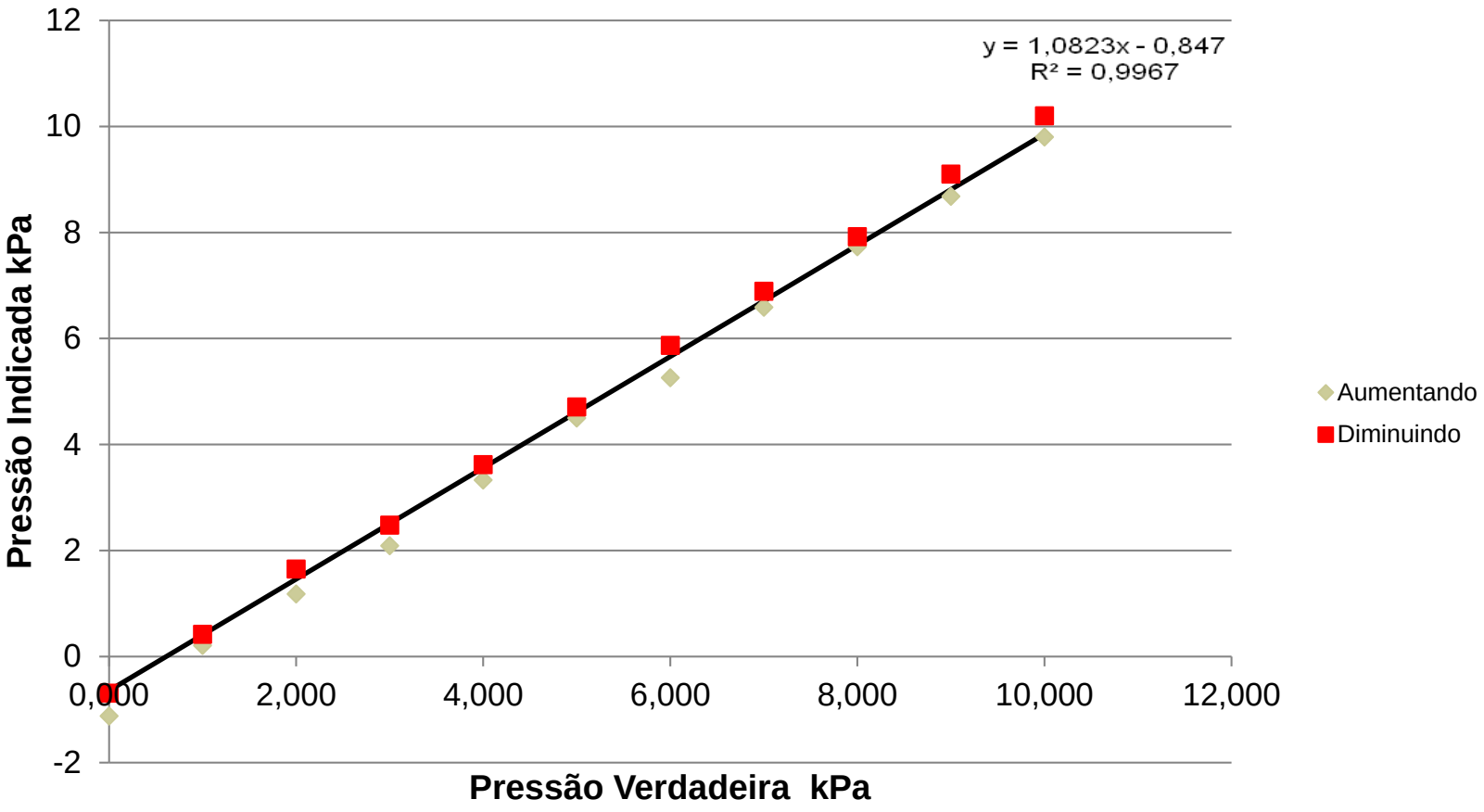
Calibração de um Manômetro

- A calibração do manômetro constitui no levantamento de diverso pontos de calibração.
- O “valor verdadeiro” é variado na entrada e são tomados os dados de saída.
- Um cuidado importante: tomar medidas aumentando o valor da grandeza e diminuindo-o.
- Considerando uma corrida de calibração do manômetro foram obtidas as seguintes medidas:

Dados de calibração do manômetro

Calibração do manômetro		
Valor verdadeiro	Pressão Indicada	
kPa	Aumentando	Diminuindo
0,000	-1,12	-0,69
1,000	0,21	0,42
2,000	1,18	1,65
3,000	2,09	2,48
4,000	3,33	3,62
5,000	4,50	4,71
6,000	5,26	5,87
7,000	6,59	6,89
8,000	7,73	7,92
9,000	8,68	9,1
10,000	9,8	10,2

Gráfico de calibração do manômetro



Cálculo da reta de interpolação (mínimos quadrados)

$$q_o = m.q_1 + b$$

$$m = \frac{N\sum q_1 q_0 - (\sum q_1)(\sum q_0)}{N.\sum q_1^2 - (\sum q_1)^2}$$

$$b = \frac{(\sum q_0)(\sum q_1^2) - (\sum q_1 q_0)(\sum q_1)}{N.\sum q_1^2 - (\sum q_1)^2}$$

Cálculo do desvio padrão

$$s_m^2 = \frac{N.s_{qo}^2}{N.\sum q_1^2 - (\sum q_1)^2}$$

$$b = \frac{s_{qo}^2.\sum q_1^2}{N.\sum q_1^2 - (\sum q_1)^2}$$

$$em \;\; que:$$

$$s_{qo}^2 = \frac{1}{N}\sum (m.q_1 + b - q_0)$$

Sensibilidade estática

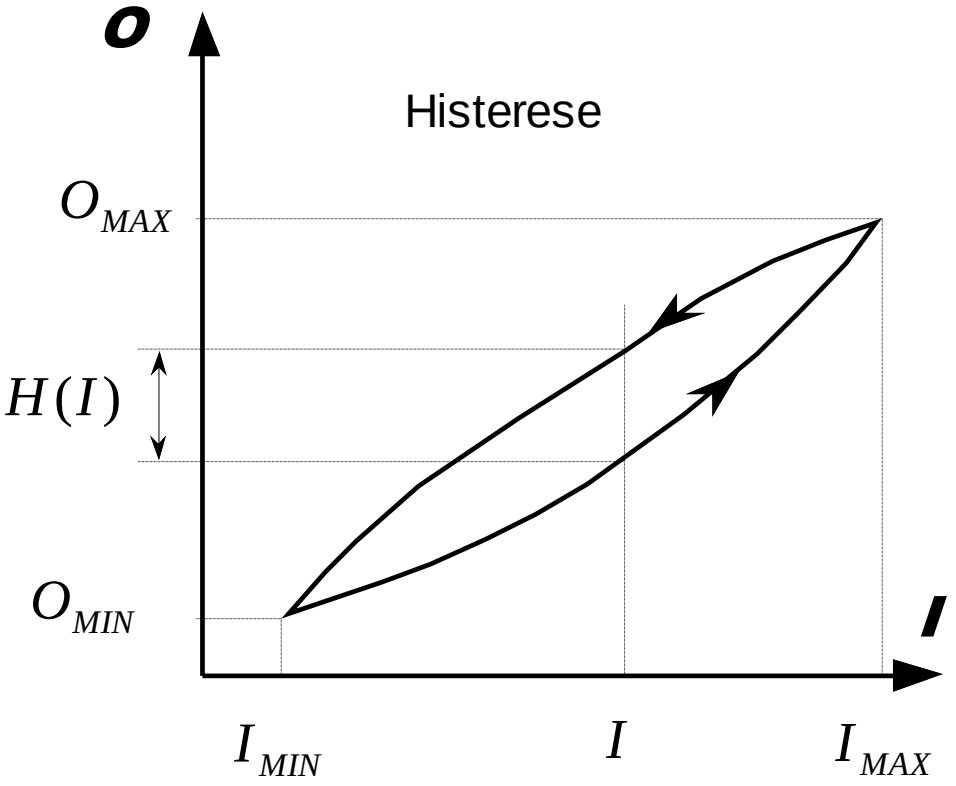
- A sensibilidade, como característica básica de um instrumento de medida, é definida como a relação entre um acréscimo na grandeza medida e o acréscimo correspondente na indicação do instrumento ou no sinal do sensor.

ou

- Inclinação da curva de calibração
  - Se a curva é uma reta, a sensibilidade é constante

Histerese

- provoca diferentes saídas para uma mesma entrada, conforme o valor da entrada for crescente ou decrescente.



Limiar de Sensibilidade

- Se a entrada do instrumento varia gradualmente a partir de zero, há um valor mínimo abaixo do qual não se registra nenhuma saída.

Limiar de sensibilidade
é o menor valor mensurável.

Resolução

Resolução é o incremento da entrada que produz uma mudança pequena mas de valor numericamente determinado da saída.

- Assim a resolução é a menor **variação** mensurável da entrada.

Prática: medida com paquímetro

Objetivo:

- Obter medidas lineares de um objeto:
  - Diâmetros interno e externo
  - Comprimento
  - Profundidade do orifício