

# [6] – Metrologia

---



USP

UNIVERSIDADE DE  
SÃO PAULO



EPUSP

## PRO 2512

# Automação e Controle

**Marcelo Schneck de Paula Pessoa**  
**Mauro de Mesquita Spinola**

# Agenda

---



EPUSP

- ❑ **Motivação**
- ❑ **Metrologia**
- ❑ **Sistema Nacional de Metrologia**



USP

UNIVERSIDADE DE  
SÃO PAULO



EPUSP

# Fraude na bomba de gasolina

<https://www.youtube.com/watch?v=5YNTG0zLqaY>

# Motivação

---

- ❑ A qualidade do produto está intimamente ligada às medições que se fazem no produto e no processo
- ❑ Muitas medições são realizadas com equipamentos e instrumentação que se utilizam dos transdutores estudados

# Motivação - 2

---

- Outra razão importante refere-se ao jogo do comércio internacional
- Queda de barreiras de importação (impostos) leva à criação de barreiras técnicas

# Motivação - 3

## Barreiras técnicas:

### □ Selos de certificação e conformidade:

- UL – Underright Laboratories (USA)
- CE-comunidade Européia
- ISO 9001 sistema de gestão da qualidade
- ISO 14001 sistema de gestão ambiental
- TS 16949 – indústria automobilística
- Boi rastreado
- Madeira certificada

# metrologia



EPUSP

## ❑ Fraudes em combustíveis

<https://softwaredecalibração.com.br/blog/importancia-da-metrologia-cotidiano-saude-e-industria/>

## ❑ Metrologia legal e científica

<https://softwaredecalibração.com.br/blog/importancia-da-metrologia-cotidiano-saude-e-industria/>

# Medições-metrologia

---

❑ A metrologia é a base técnica para garantir a qualidade das medições realizadas

❑ **Metrologia**

=metron (medida) + logos (ciência)



# Medições-metrologia

---

- ❑ O resultado de uma medição é, em geral, uma *estimativa* do valor do objeto da medição.
  
- ❑ A apresentação do resultado é completo somente quando acompanhado por uma quantidade que declara sua *incerteza*

# Vocabulário Internacional de termos fundamentais

---

- ❑ Este vocabulário define os termos utilizados em metrologia
  
- ❑ É denominado VIM

[http://www.inmetro.gov.br/inovacao/publicacoes/vim\\_2012.pdf](http://www.inmetro.gov.br/inovacao/publicacoes/vim_2012.pdf)



EPUSP

# Categorias



EPUSP

1. **Grandezas e unidades**
2. **Medição**
3. **Dispositivos de medição**
4. **Propriedades dos dispositivos de medição**
5. **Padrões**

- A seguir são apresentados os termos definidos no livro.*
- Os termos do livro foram selecionados e correspondem um subconjunto do VIM.*

# 1. Grandezas e Unidades

**categorias**

# Categorias

## 1. Grandezas e Unidades

- ❑ **Grandeza**
- ❑ **Unidade de Medida**
- ❑ **Sistema de Unidades**
- ❑ **Valor de uma Grandeza**

*Observação: os termos marcados com a cor preta estão definidos nos slides. Os demais termos são definidos apenas no livro*



USP

UNIVERSIDADE DE  
SÃO PAULO



EPUSP

# 1.1 Grandeza Mensurável

---

- Propriedade de um fenômeno, de um corpo ou de uma substância, que pode ser expressa quantitativamente sob a forma de um número e de uma referência.

# 2. Medição

## categorias

# Categorias

## 2. Medição

- Medição
- Mensurando
- Princípio de Medição
- Método de Medição
- Procedimento de Medição
- Resultado de Medição
- Valor Medido
- Valor Verdadeiro
- Exatidão
- Precisão
- Repetitividade
- Reprodutibilidade
- Incerteza
- Calibração
- Correção



USP

UNIVERSIDADE DE  
SÃO PAULO



EPUSP



## 2.1 Medição

---

- ❑ Conjunto de operações que tem por objetivo determinar um valor de uma grandeza.
  
- ❑ Observação:
  - As operações podem ser feitas automaticamente.

## 2.2 Mensurando

---

- ❑ Objeto da medição.
- ❑ Grandeza específica submetida à medição
- ❑ Observação:
  - A especificação de um mensurando pode requerer informações de outras grandezas como tempo, temperatura ou pressão.

## 2.3 Procedimento de medição

- ❑ Conjunto de operações, descritas especificamente, usadas na execução de medições particulares, de acordo com um dado método.
- ❑ Observação:
  - Um procedimento de medição é usualmente registrado em um documento, que algumas vezes é denominado procedimento de medição (ou método de medição) e normalmente tem detalhes suficientes para permitir que um operador execute a medição sem informações adicionais.



EPUSP

## 2.4 Resultado de uma medição

- ❑ **Valor atribuído a um mensurando obtido por medição.**
- ❑ **Observações:**
  - 1) Quando um resultado é dado, deve-se indicar, claramente, se ele se refere:
    - À indicação
    - Ao resultado não corrigido
    - Ao resultado corrigido
    - E se corresponde ao valor médio de várias medições.
  - 2) Uma expressão completa do resultado de uma medição inclui informações sobre a incerteza de medição.

## 2.5 Exatidão da Medição

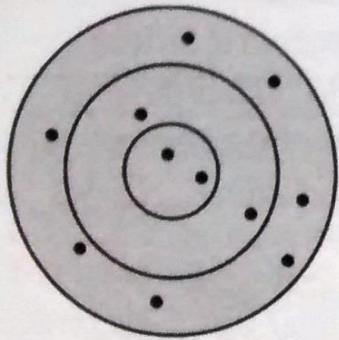
- ❑ Grau de concordância **entre um valor medido e um valor verdadeiro** do mensurando.
  
- ❑ **Observações:**
  - 1) Exatidão é um conceito qualitativo.
  - 2) O termo precisão não deve ser utilizado como exatidão.

## 2.6 Precisão da Medição

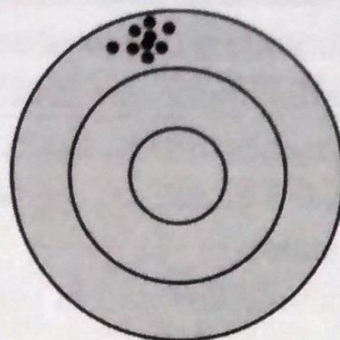
---

- Grau de concordância **entre os valores medidos** por medições repetidas sob condições especificadas.

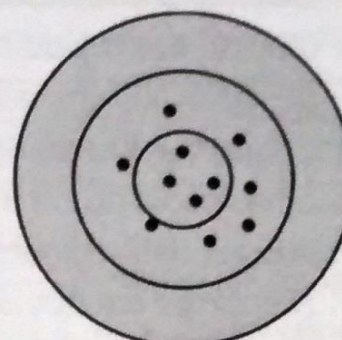
# Precisão e Exatidão



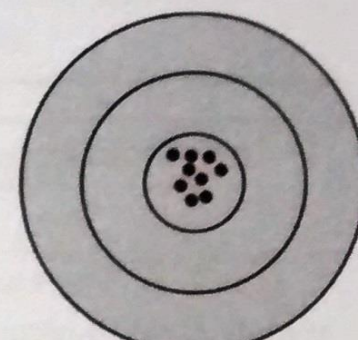
Baixa precisão  
Baixa exatidão



Alta precisão  
Baixa exatidão



Baixa precisão  
Alta exatidão



Alta precisão  
Alta exatidão

## 2.7 Repetitividade

---

- ❑ Grau de concordância entre os resultados de medições sucessivas de um mesmo mensurando efetuadas sob as mesmas condições de medição.
- ❑ Observações:
  - 1) Estas condições são denominadas condições de repetitividade.



## 2.7 Repetitividade

### □ Observações:

#### 2) Condições de repetitividade incluem:

- Mesmo procedimento de medição;
- Mesmo observador;
- Mesmo instrumento de medição, utilizado nas mesmas condições;
- Mesmo local;
- Repetição em curto período de tempo.

#### 3) Repetitividade pode ser expressa, quantitativamente, em função das características da dispersão dos resultados.

## 2.8 Reprodutibilidade

---

- ❑ Grau de concordância entre os resultados das medições de um mesmo mensurando efetuadas sob condições variadas de medição.
- ❑ Observações:
  - 1) Para que uma expressão da reprodutibilidade seja válida, é necessário que sejam especificadas as condições alteradas.

## 2.8 Reprodutibilidade

### □ Observações:

2) As condições alteradas podem incluir:

Princípio de medição;

Método de medição;

Observador;

Instrumento de medição;

Padrão de referência;

Local;

Condições de utilização;

Tempo.

## 2.8 Reprodutibilidade

### □ Observações:

- 3) Reprodutibilidade pode ser expressa, quantitativamente, em função das características da dispersão dos resultados.
- 4) Os resultados aqui mencionados referem-se, usualmente, a resultados corrigidos.

## 2.9 Incerteza de Medição

---

- ❑ Parâmetro, associado ao resultado de uma medição, que caracteriza a dispersão dos valores que podem ser fundamentadamente atribuídos a um mensurando.
- ❑ Observações:
  - 1) O parâmetro pode ser, por exemplo, um desvio padrão (ou um múltiplo dele), ou a metade de um intervalo correspondente a um nível de confiança estabelecido.

## 2.10 Calibração

- ❑ Operação que estabelece:
- ❑ Primeira etapa – **valores e incertezas de medição e indicações correspondentes**
- ❑ Segunda etapa – estabelece uma relação visando **obtenção de um resultado** de medição a partir de uma **indicação**



EPUSP

# 3. Dispositivos de medição

categorias

## 3. Dispositivos de medição

- Instrumento de Medição
- Sistema de Medição
- Instrumento de Medição Indicador
- Transdutor de Medição
- Sensor
- Detector



# 3.1 Instrumento de Medição

- ❑ Dispositivo utilizado para realizar medições, individualmente ou associado a um ou mais dispositivos suplementares



USP

UNIVERSIDADE DE  
SÃO PAULO



EPUSP

## 3.2 Transdutor de Medição

- ❑ Dispositivo que estabelece uma saída utilizável como resposta a um mensurando específico



USP

UNIVERSIDADE DE  
SÃO PAULO



EPUSP

## 3.3 Sensor

- ❑ Elemento de um sistema de medição que é diretamente afetado por um fenômeno, corpo ou substância que contém a grandeza a ser medida

## 3.4 Detector

- ❑ Dispositivo ou substância que indica a presença de um fenômeno, corpo ou substância quando um valor limite de uma grandeza associada for exercido.

# 4. Propriedades dos dispositivos de medição

categorias

## 4. Propriedades dos dispositivos de medição

- Indicador
- Amplitude de Medição
- Valor Nominal
- Sensibilidade
- Seletividade
- Resolução
- Estabilidade
- Classe de Exatidão
- Curva de Calibração



EPUSP

# 4.1 Indicador

---

- ❑ Valor fornecido por um instrumento de medição, ou por um sistema de medição



EPUSP

## 4.2 Amplitude de Medição

- ❑ Valor absoluto da diferença entre os valores extremos de um intervalo nominal de indicações



EPUSP



## 4.3 Sensibilidade

- ❑ Quociente entre a **variação de uma indicação** de um sistema de medição e a **variação correspondente do valor da grandeza medida**

## 4.4 Resolução

- ❑ Menor variação da **grandeza medida** que causa uma variação perceptível na **indicação** correspondente

## 4.5 Estabilidade

- ❑ Propriedade de um instrumento de medição segundo a qual este **mantém as suas propriedades metrológicas** constantes ao longo do tempo

# 5. Padrões

categorias

# Categorias

## 5. Padrões

- Padrão
- Padrão Primário
- Padrão Secundário
- Padrão de Trabalho
- Calibrador



USP

UNIVERSIDADE DE  
SÃO PAULO



EPUSP

# 5. Padrão

- ❑ Realização da definição de uma grandeza, com um **valor determinado** e uma **incerteza de medição** associada, utilizada como **referência**



EPUSP



USP

UNIVERSIDADE DE  
SÃO PAULO



EPUSP

# Sistema Nacional de Metrologia

# Calibração

❑ As empresas possuem os equipamentos de medição para serem utilizados na fabricação dos seus produtos.



❑ Essas calibrações possuem data de validade.



# Calibração

---

- ❑ A calibração pode ser realizada internamente ou externamente



USP

UNIVERSIDADE DE  
SÃO PAULO



EPUSP

# Padrão

---

## Padrão pode ser:

- medida materializada
- instrumento de medição
- material de referência
- sistema de medição

## Destinado a:

- definir
- realizar
- conservar ou
- reproduzir uma unidade ou um ou mais valores de uma grandeza para servir como referência.

Exemplo: massa padrão

# Calibração

- ❑ Processo de comparação com os padrões
- ❑ *Exemplo: para calibrar uma balança é necessário um conjunto de massas padrão de modo a cobrir toda a faixa da balança. Aplicando-se diretamente a massa (com valor conhecido de 5kg por exemplo) sobre a balança, pode-se verificar se esta está calibrada*



# Calibração

---

- ❑ Para se realizar medidas na linha de produção é necessário utilizar instrumentos calibrados.
  
- ❑ Exemplos:
  - Multímetros calibrados
  - Medidores de temperatura calibrados

# Calibração

---

- ❑ Tais instrumentos, por sua vez, podem apresentar desvios ao longo do tempo e precisam ser calibrados
  
- ❑ Esta é, por exemplo, uma exigência da ISO 9001 !

# Calibração

---

- ❑ A pergunta é: quem realiza a calibração desses instrumentos?



EPUSP

# Calibração

---



EPUSP

- ❑ **Para tanto existe uma rede laboratorial em âmbito mundial para garantir que todas as grandezas medidas tenham os mesmos resultados**

# Sistema Metrológico

BIPM  
Bureau International  
de Poids e Mesures

## HIERARQUIA DO SISTEMA METROLÓGICO





# Metrologia e padrões

- ❑ Maiores detalhes podem ser vistos em
- ❑ <http://slideplayer.com.br/slide/381002/>



# [6] – Metrologia

---



EPUSP

## PRO 2512

# Automação e Controle

**Marcelo Schneck de Paula Pessoa**  
**Mauro de Mesquita Spinola**