

## CÁLCULO DA INCERTEZA

- O resultado de uma medição é somente um valor aproximado ou uma estimativa do Mensurando.
  - ◆ ele é completo somente quando acompanhado do valor declarado de sua incerteza.
- A incerteza possui diversos componentes que devem ser agrupados em duas categorias, em função do método utilizado para estimar seu valor:
  - ◆ Tipo-A - os que foram avaliados por métodos estatísticos.
  - ◆ Tipo-B - os que foram avaliadas por outros meios.

## AVALIAÇÃO DA INCERTEZA TIPO-A

- Esta avaliação é baseada em métodos estatísticos válidos para tratamento de dados.
- Por exemplo:
  - ◆ Cálculo do desvio-padrão da média de uma série de observações independentes.
  - ◆ Utilização do método dos mínimos quadrados para ajustar uma curva aos dados, a fim de estimar parâmetros da curva e seus desvios-padrão.
  - ◆ Identificar e quantificar efeitos aleatórios em certos tipos de medições, quando efetuando análise de variância.

## AVALIAÇÃO DA INCERTEZA TIPO-B

- A avaliação da incerteza padrão tipo B é efetuada por outros meios que não a análise estatística de uma série de observações.
- É usualmente baseada em julgamentos científicos utilizando todas as informações disponíveis, que podem ser obtidas a partir de:
  - ◆ Dados de medições anteriores
  - ◆ Experiência ou conhecimento geral do comportamento dos instrumentos

## AVALIAÇÃO DA INCERTEZA TIPO-B

- ◆ Especificações do fabricante
- ◆ Dados provenientes de calibrações e de outros certificados
- ◆ Incertezas atribuídas a dados de referência provenientes de manuais ou publicações
- ◆ O equipamento que está sendo calibrado ou medido, por exemplo sua resolução e qualquer instabilidade durante a Calibração
- ◆ Procedimentos operacionais
- ◆ Os efeitos das condições ambientais nas informações citadas acima.

## METODOLOGIA DE CALIBRAÇÃO

- Se possível, determine a relação matemática entre as grandezas de entrada e a de saída.

$$y = f(x_1, x_2, \dots, x_n)$$

- Identifique todas as correções que devem ser aplicadas aos resultados da medição para o mensurando.
- Liste as componentes sistemáticas de incerteza associadas a erros sistemáticos corrigidos ou não, tratados como incertezas.

## METODOLOGIA DE CALIBRAÇÃO

- Procure por trabalhos experimentais ou teóricos prévios, para se basear na definição das incertezas e das leis de distribuição para incertezas de componentes sistemáticas.
- Calcule a incerteza padrão para cada componente obtido da avaliação do tipo B, conforme abaixo:

- ◆ Para distribuição retangular

$$u(x_i) = \frac{a_i}{\sqrt{3}}$$

- ◆ Para distribuição normal

$$u_i = \frac{\text{incerteza expandida}}{k}$$

- ◆ Ou refira-se a outras referências caso as distribuições de probabilidade assumidas sejam diferentes. (Ex: triangular).

## METODOLOGIA DE CALIBRAÇÃO

- Utilize conhecimentos prévios ou faça medições e cálculos para determinar se ocorrerá uma incerteza de componente aleatória que seja significativa, comparada com as de componentes sistemáticas.
- Se uma incerteza de componente aleatória é significativa, faça medições repetidas para obter a média utilizando a equação abaixo:

$$\bar{X} = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n X_k$$

onde

$\bar{x}$  - média da amostra

## METODOLOGIA DE CALIBRAÇÃO

- Calcule o valor do desvio padrão da média:

$$s(x_k) = \sqrt{\frac{\sum_{k=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{(n-1)}} \quad \Rightarrow \quad s(\bar{x}) = \frac{s(x_k)}{\sqrt{n}}$$

- ◆ Ou refira-se a medições de repetitividades prévias para uma boa estimativa de  $s(x_k)$  baseado em um número grande de leituras.
- Mesmo quando a incerteza de um componente aleatório não é significativa, sendo possível, verifique a indicação do instrumento pelo menos uma vez para minimizar erros de anotação do operador.

## METODOLOGIA DE CALIBRAÇÃO

- Calcule a incerteza padrão para avaliações Tipo A acima da seguinte forma:

$$u(x_i) = s(\bar{x})$$

- Calcule a Incerteza Padrão Combinada para as quantidades de entrada não correlatas, utilizando a equação abaixo, no caso de se utilizar valores absolutos.

$$u_c(y) = \sqrt{\sum_{i=1}^N c_i^2 u^2(x_i)} \equiv \sqrt{\sum_{i=1}^N u_i^2(y)} \quad \text{onde } c_i = \frac{\partial f}{\partial x_i}$$

- ◆ Se houver a suspeita de correlação (p.ex. V e I são correlacionados) entre as grandezas, referencie-se ao Guia para a Expressão da Incerteza de Medição - GUM.

## PROBLEMA-1

- Leia a norma no. NIT-DICLA-004 / rev. no. 01 (ver link na
- Realizar a calibração da função AC-volt do multímetro JDR, utilizando-se o método de comparação.
  - ◆ Obs.: descreva o procedimento da calibração
- Instrumentos disponíveis:
  - ◆ Multímetro digital 3½ dígitos marca JDR.
  - ◆ Instrumento padrão multímetro Agilent-34401A;
  - ◆ Gerador de onda arbitrária Agilent de 12 bits.
  - ◆ Cabos de ligação.

