

Métodos Estatísticos em Física Experimental

Prof. Zwinglio Guimarães

1º semestre de 2015

Aula 1

Métodos Estatísticos em Física Experimental – 1º Semestre 2015

- Professor: Zwinglio Guimarães
 - Departamento de Física Aplicada
 - Sala 221 Ed. Basílio Jafet
- Monitor: Leandro Mariano
 - Departamento de Física Nuclear
 - Sala 102, Ed. Alessandro Volta F (Dosimetria)
- Plantão de dúvidas
 - Quinta-feira, 13:30 às 14:30, com o professor
 - Quinta-feira, 18:00 às 19:00, com o monitor
 - Dúvidas também podem ser enviadas pelo STOA

MEFE – 1º Semestre 2015

Bibliografia

- **Textos redigidos por professores desta disciplina**
 - Apostila de MEFE – 2015 (**ler os capítulos 1 e 2 para a 2ª aula**)
 - Outros textos disponíveis no STOA
 - Texto sobre termos usados em metrologia (**ler para a 2ª aula**)
 - Recomendação INC-1 (1980) sobre Incertezas Experimentais
- **Livros**
 - *Otaviano A. M. Helene & Vito R. Vanin*, Tratamento Estatístico de Dados em Física Experimental, Ed. Edgard Blücher (**Livro de referência da disciplina**)
 - *José Henrique Vuolo*, Fundamentos da Teoria de Erros, Ed. Edgard Blücher

MEFE – 1º Semestre 2015

Bibliografia suplementar

- **Guias disponibilizados pelo INMETRO (link no STOA)**
 - GUM – Guia para Expressão da Incerteza de Medições
 - VIM – Vocabulário Internacional de Metrologia
- **Artigos**
 - *O. Helene et al.*, O que é uma medida?, Rev. Brasileira de Ensino de Física **v. 13** (1991) p. 12.
 - P. L. Junior e F. L. da Silveira, Sobre as incertezas do tipo A e B e sua propagação sem derivadas: uma contribuição para a incorporação da metrologia contemporânea aos laboratórios de física básica superior, Rev. Brasileira de Ensino de Física **v. 33** (2011) p. 2303.

Avaliações e critérios de aprovação

- **Atividades em grupo (A)**
 - Exercícios feitos em aula (todas as aulas)
 - Trabalho com apresentação de seminário
- **Provas individuais (P)**
 - Duas provas e uma prova substitutiva que obrigatoriamente substituirá a menor nota
- A contribuição relativa dessas notas para a **média final (M)** depende do desempenho nas provas:
 - Se $P \geq 5,0$: $M = (A + P) / 2$
 - Se $P < 5,0$: $M = (A + 2P) / 3$

Expectativas sobre a disciplina

O que te levou a se matricular nesta disciplina?

- O que você espera aprender nesta disciplina?
 - Como o conteúdo dessa disciplina se relaciona com as disciplinas que você já cursou antes?
- Como você acha que esta disciplina irá contribuir para sua formação?
 - Onde você pretende usar o que irá aprender nesta disciplina?

Revisão de conceitos fundamentais sobre análise de dados

- **Algarismos significativos**
- **Erro e Incerteza. Origens e tipos de erros:**
 - Erros devidos a efeitos aleatórios e sistemáticos
- **Procedimentos para a avaliação da incerteza:**
 - Desvio-padrão e Desvio-padrão da média
 - Incerteza devida a efeitos sistemáticos
 - Combinação de fontes de incerteza
 - Propagação de incertezas
- **Análise gráfica**
- **Conceito de redução de dados**

Erros

- O **erro** (ε) de uma medição é a diferença entre o valor medido (x) e o valor verdadeiro do mensurando (x_0):

$$x = x_0 + \varepsilon$$

- O erro pode ser devido a diversos efeitos e toda medição está sujeita a erros.
- A possibilidade de haver erros nas medições é que dá origem à **incerteza**.

Classificação dos erros

- Em uma série de medições, são classificados como **erros aleatórios** (ϵ_a) os erros devidos a efeitos imprevisíveis que afetam cada medição de uma forma diferente.
- Já os erros provocados por efeitos que afetam de maneira igual todas as medições são classificados como **erros sistemáticos** (ϵ_s).

$$\epsilon = \epsilon_a + \epsilon_s$$

Avaliação da incerteza

- Os **erros aleatórios** (ϵ_a) provocam a dispersão dos valores medidos, mas seu valor esperado é zero.
- A incerteza em cada medição devida aos erros aleatórios (σ_a) não depende do número de dados e pode ser estimada pelo desvio-padrão das medições.
- Já a incerteza no valor médio devido aos erros aleatórios (σ_m) diminui com o aumento do número de dados (N).

$$\langle \epsilon_a \rangle = 0$$
$$\sigma_a^2 = \langle \epsilon_a^2 \rangle$$

$$\sigma_m = \frac{\sigma_a}{\sqrt{N}}$$

Características dos erros sistemáticos

- Os **erros sistemáticos** (ϵ_s) afetam de maneira igual todas as medições e, portanto, não provocam dispersão nos valores medidos.
 - Assim, os erros sistemáticos precisam ser identificados pelo experimentador e devem ser minimizados sempre que possível.
 - Além disso, a incerteza no valor médio devida aos erros sistemáticos não depende do número de dados.
- A incerteza associada aos erros sistemáticos residuais (σ_s) precisa ser estimada com base em informações externas à série de medições (outros experimentos, informações de manuais, etc).

$$\sigma_s^2 = \langle \epsilon_s^2 \rangle$$

Combinação de incertezas

- A incerteza-padrão do resultado final precisa considerar as contribuições dos erros aleatórios e sistemáticos e é dada por:

$$\sigma_f = \sqrt{(\sigma_m)^2 + (\sigma_s)^2}$$

Incerteza

- De acordo com o GUM, “A incerteza do resultado de uma medição caracteriza a dispersão dos valores que podem ser razoavelmente atribuídos ao mensurando”
 - Embora seja importante fornecer a incerteza-padrão do resultado, é preciso ter em mente que há uma probabilidade considerável (cerca de $1/3$) de que o módulo do erro seja maior do que a incerteza-padrão.
 - Por esse motivo, na hora de avaliar o intervalo de possíveis valores do mensurando normalmente se considera um múltiplo (2 ou 3 vezes) da incerteza-padrão.