

# **Conteúdo de um curso sobre o Método dos Mínimos Quadrados com formalismo matricial**

Prof. Otaviano Helene

Duração: 18 horas

Público-alvo: estudantes de graduação em anos avançados, estudantes de pós-graduação e profissionais nas áreas de ciências exatas

O conteúdo a seguir corresponde a um curso de extensão sobre o MMQ. Cursos equivalentes a esse e voltados para estudantes e profissionais com o mesmo perfil, foram oferecidos em muitas oportunidades, tanto no Instituto de Física da USP como em outras instituições.

## **I – Introdução**

- 1 – Para que serve e para que não serve o MMQ; o que precisamos – e não precisamos – conhecer sobre os dados para usar o MMQ
- 2 – Solução para um problema sem solução
- 3 – Um caso bem conhecido: ajuste dos parâmetros de uma reta

## **II – Variâncias e covariâncias**

- 1 – O que é variância
- 2 – O que é covariância
- 3 – Matriz de variância-covariância
- 4 – Propagação de matrizes de variância-covariância
- 5 – Exemplos
  - a - Propagação de incerteza de uma variável para uma função dessa variável
  - b - Determinação da matriz de covariância de duas funções de duas variáveis
  - c - Propagação não-linear com duas variáveis
  - d – Matriz de covariância singular
  - e – Variâncias e covariâncias em interpolação e extrapolação

## **III – Formalismo matricial para o MMQ**

- 1 - Estabelecimento do problema
- 2 - Exemplo: ajuste dos parâmetros de uma reta
- 3 – Retomando o exemplo da massa de criança e adulto
- 4 - Exemplo: um caso mais geral

#### **IV – Exemplos de aplicação do MMQ com formalismo matricial; cálculos de matrizes de covariância**

- 1 - Ajuste dos parâmetros de um polinômio
- 2 - Média de dados experimentais não correlacionados
- 3 - Origem de correlação entre dados experimentais
- 4 – Erros sistemáticos e covariâncias
- 5 - Média de dois dados correlacionados
- 6 - Média de muitos dados correlacionados
- 7 - Limites para a correlação
- 8 - Média de dados correlacionados: peso negativo
- 9 - Ajuste de duas funções com parâmetros em comum
- 10 - Incorporação de um novo dado a um ajuste
- 11 - Relação entre vários dados e vários parâmetros
- 12 - Vínculo entre parâmetros
- 13 – Covariância entre os dados experimentais e os parâmetros ajustados
- 14 – Fixando o valor de uma variável

#### **V – Propriedades gerais do MMQ**

- 1 – Não-tendenciosidade
- 2 – Consistência
- 3 – Mínima variância
- 4 – O Teorema Central do Limite

#### **VI – Relações entre parâmetros**

- 1 - Ajuste com vínculo linear
- 2 - Exemplo: ajuste de duas funções com parâmetro em comum
- 3 - Ajuste com vínculo
- 4 - Ajuste de duas funções independentes e posterior reajuste de um mesmo valor para o parâmetro comum

#### **VI – Algumas aproximações**

- 1 - Ajuste de funções não-lineares: método de Gauss
- 2 - Método de Gauss-Marquardt
- 3 - Correção de tendenciosidade

4 - Erro nas variáveis independentes

1 – Incertezas nas duas variáveis: ajuste dos parâmetros de uma reta

2 - Ajuste da equação de um plano

## **VII – Outros temas; aproximações**

1 – Estimativa da matriz de variância-covariâncias

2 – Distribuição e teste de qui-quadrado

3 – Ajuste não linear