

Introdução às Medidas em Física
4300152
2ª Aula

Experiência I:

Medidas de Tempo e o Pêndulo Simples

Objetivos:

Realizar medidas de tempo e adquirir noções sobre ordem de grandeza em medidas de tempo

Estudo do período de oscilação de um pêndulo

Noções de estatística:

Introdução a erros aleatórios ou estatísticos

Média e desvio padrão

Introdução a histogramas

Ocorrências

Frequências

Densidade de probabilidade

Algarismos significativos

Algarismos usados para representar um valor

Quantidade define confiabilidade e precisão

345 - 1200,0 - 0,0004 - 43 - 12,45
3 5 1 2 4

Para contar número de algarismos significativos de um valor inicia-se pelo primeiro algarismo não nulo.

Arredondamento

3,1415926535

3 sig → 3,14

5 sig → 3,1416

Regra: adiciona-se uma unidade ao último algarismo significativo, se o valor do algarismo seguinte for igual ou maior que 5; caso contrário mantém-se o mesmo valor

Como realizar medidas

Análise do instrumento de medida

identificação do tipo e funcionamento

Fundo de escala e unidade

seleção conveniente

Precisão e incerteza da medida

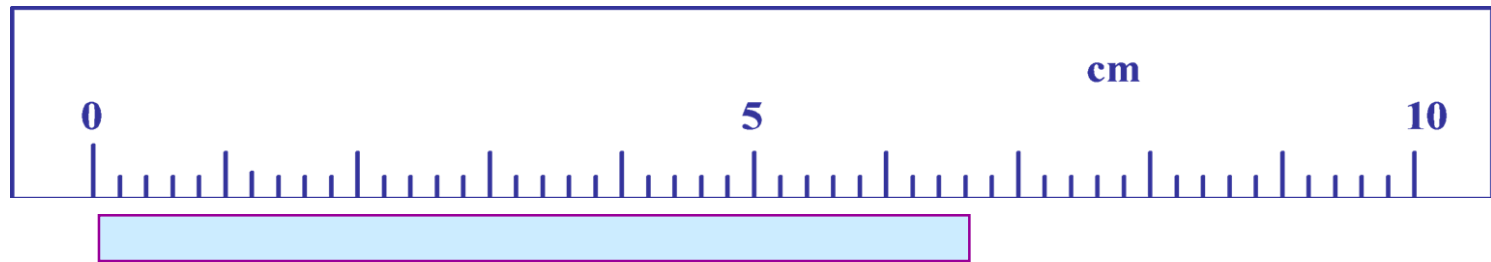
Instrumental

Escala simples

Duas escalas: principal e auxiliar (nônio ou vernier)

Método

Aleatórios



Régua - mede distâncias

Fundo de escala = 10 cm

Precisão = menor divisão/2 = 0,1 cm ou 1 mm

Para realizar a medida:

$$\text{Comp} = (6,6 \pm 0,1) \text{ cm}$$

↖
duvidoso

Características de uma medida

Medidas repetidas – diferentes

Diferentes experimentadores

Diferentes instrumentos

**Nunca iremos obter o valor verdadeiro em
nossas medições**

características da própria grandeza sendo medida

**limitações intrínsecas e inevitáveis dos nossos
instrumentos e técnicas de medida**

Conceitos envolvidos em uma medida experimental

Definindo:

Erro = *valor verdadeiro - valor medido*

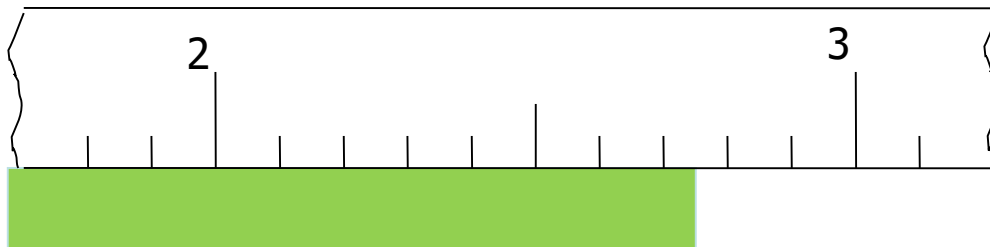
toda medida experimental apresenta um erro, que precisa ser estimado e compreendido

Incerteza = *estimativa estatística do valor do erro*

Incerteza instrumental

Como avaliar a incerteza?

Devo considerar a dificuldade de leitura e a imprecisão do equipamento



(2,74 ± ?) cm

E incerteza?

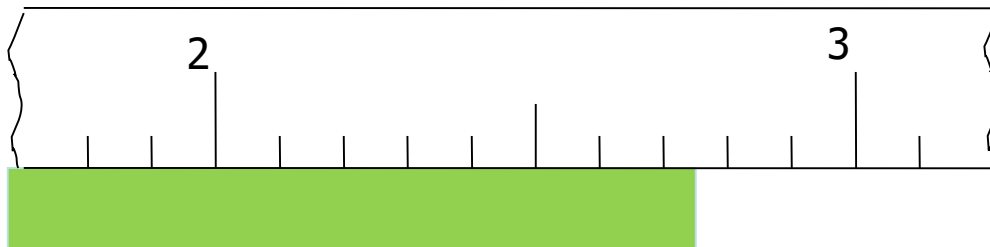
tenho “certeza”

Avalia o melhor possível

Incerteza instrumental

Como avaliar a incerteza?

Devo considerar a dificuldade de leitura e a imprecisão do equipamento.



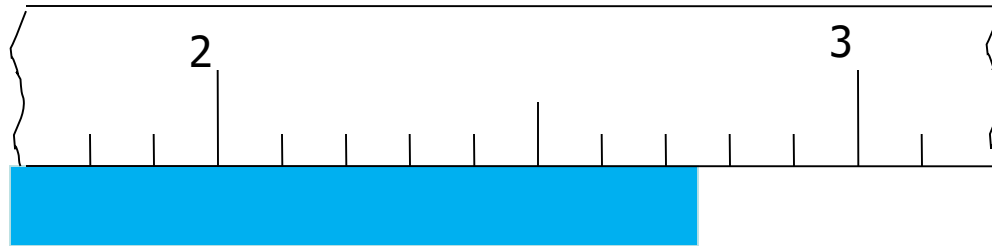
$(2,74 \pm 0,05) \text{ cm}$



metade da menor divisão ($1 \text{ mm} \div 2 = 0,5 \text{ mm} = 0,05 \text{ cm}$)

Incerteza instrumental

Algarismos significativos



$(2,74 \pm 0,05)$ cm

Dizemos que os algarismos 2, 7 e 4 **são os algarismos significativos** do valor da medida, sendo 4 o **algarismo duvidoso**;

E 5 é o único algarismo significativo da incerteza.

Clasificación de erros

1 – Erro de escala: Relacionado ao limite de resolução da escala do instrumento de medida.

Ex: A avaliação de décimos de centímetros na escala de uma régua graduada comum.

2 – Erro sistemático: É aquele que aparece seguindo algumas regras definidas; descoberta sua origem, é possível eliminá-lo.

Ex: Calibração dos instrumentos, aproximações eventuais das constantes físicas em modelos teóricos.

3 – Erro aleatório ou estatístico: É aquele que decorre de perturbação estatísticas imprevisíveis não seguindo qualquer regra definida. Assim sendo, não se pode evitá-los.

Ex: Medida de massa em uma balança.

Incerteza devido ao método

Erros Aleatórios ou Estatísticos:

Resultam de variações aleatórias no resultado da medição devido a fatores que não podem ser controlados;

A estimativa desse erro é chamada de incerteza estatística;

Essa incerteza é obtida por métodos estatísticos, como o desvio padrão da média.

Incerteza devido ao método

Se o resultado experimental varia a cada nova medida, como representá-lo?

Graficamente:

Tabelas

Histogramas

Incerteza devido ao método

Tabelas

Identificação

Legenda

Cabeçalho

Unidades

Incertezas

Tabela III.1: *Alguns valores experimentais para a constante de gravitação ao longo dos anos.*

ano	$G \pm \sigma$ ($10^{-11} \text{ m}^3 \text{ s}^{-2} \text{ kg}^{-1}$)
1798	$6,75 \pm 0,05$
1930	$6,670 \pm 0,005$
1988	$6,67259 \pm 0,00085$

Tratamento estatístico de medidas

1 – Valor médio: Se forem realizadas N medidas de uma mesma grandeza x , os n resultados serão geralmente diferentes.

$$X_1, X_2, X_3, \dots, X_{N-1}, X_N$$

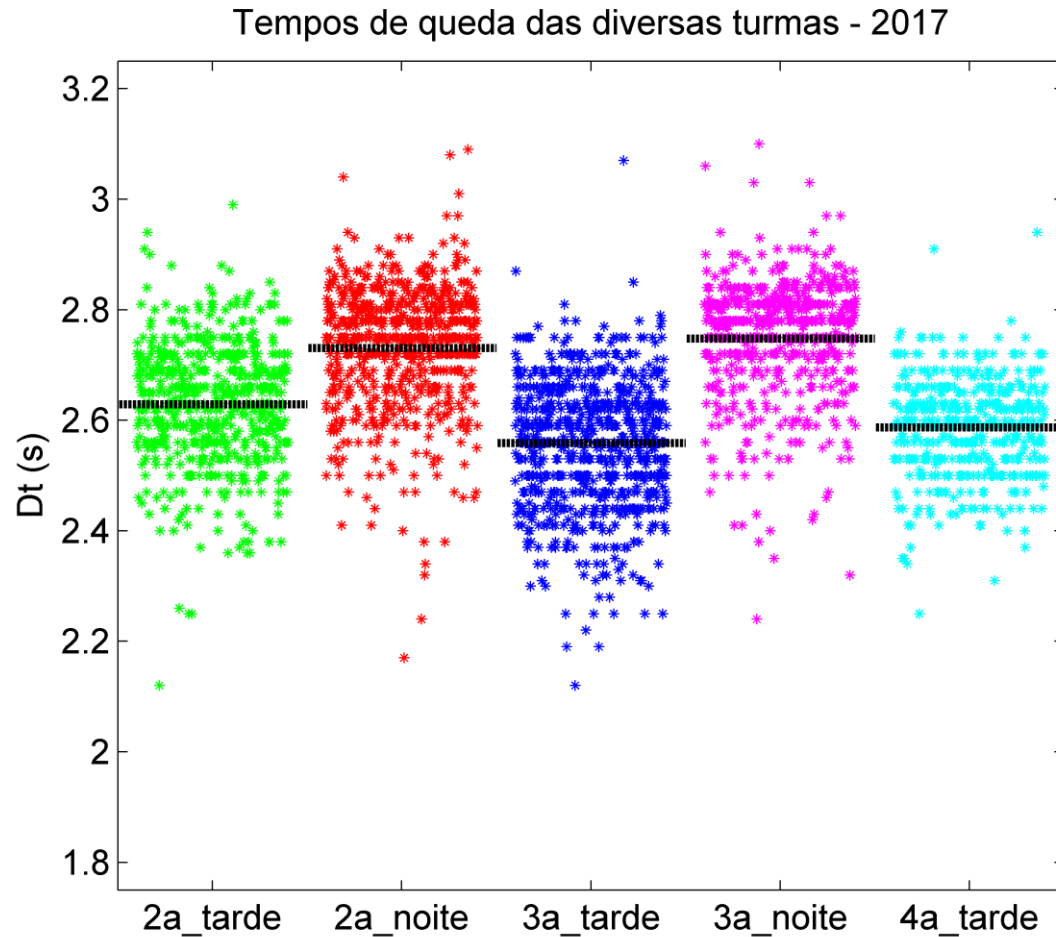
A melhor estimativa para o valor correto da grandeza será a **média** dos valores medidos.

$$\bar{X} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N X_i$$

\bar{X} é o valor em torno do qual as medidas estão distribuídas.

Quanto maior n , mais preciso torna-se o valor médio da amostra, quando os erros forem estatisticamente independentes.

TEMPO DE QUEDA DE UMA BOLA DE TÊNIS DO PELETRON



Análise realizada pelo Prof. Zwinglio Guimarães Filho

2 – Dispersão das medidas: Ao se realizar várias medições da mesma grandeza nas mesmas condições, a incidência de erros estatísticos faz com que os valores medidos estejam distribuídos em torno da média.

Para um conjunto de medidas:

- Se afasta da média – medida pouco precisa, ou seja, **alta dispersão**
- Concentrado em torno da média – medida mais precisa, ou seja, **baixa dispersão**.

Seja d_i a diferença entre a medida x_i e o valor verdadeiro x_o (desconhecido)

$$d_i = x_i - x_o$$

A média desses desvios tenderá a zero quando $N \rightarrow \infty$

$$\bar{d} = \frac{\sum_{i=1}^N d_i}{N} = \frac{\sum_{i=1}^N (x_i - x_o)}{N} = \frac{\sum_{i=1}^N x_i}{N} - \frac{N x_o}{N} = \bar{x} - x_o \rightarrow 0$$

A média dos desvios não fornece uma informação relevante

Dispersão e Desvio Padrão

Quantitativamente a dispersão do conjunto de medidas realizadas pode ser caracterizado pelo **desvio padrão** do conjunto de medidas

Para medir a dispersão utilizamos o desvio quadrático:

$$d_i^2 = (x_i - \bar{x})^2$$

O desvio padrão é calculado como

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{(N-1)} \sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^2}$$

- É uma estimativa da dispersão das medidas em torno de seu valor médio
- O desvio padrão é a incerteza estatística associada a uma medida

Quanto menor o desvio padrão, maior a precisão

Desvio Padrão da Média

3 – Desvio padrão da média ou erro padrão: Um maior número de medidas faz com que a compensação dos erros estatísticos entre si melhore e a média do conjunto de medidas, \bar{X} , torna-se uma grandeza mais precisa.

$$\sigma_m = \frac{\sigma}{\sqrt{n}}$$

Incerteza estatística
do valor médio de
uma medida

Obs: O erro padrão diminui com o número de medidas, ou seja, realizar mais medidas melhora a determinação do valor médio como estimador da grandeza que se deseja.

Incerteza devido ao método

Histogramas

Histograma: Tipo de gráfico onde os dados são distribuídos em “canais” de largura conveniente e idênticos entre si ao longo da abscissa, enquanto nas ordenadas está representada a frequência de ocorrência dos valores correspondentes a cada canal.

Incerteza devido ao método

Histogramas

**1ª etapa : decidir a
escala e a largura do
canal do histograma**

mínimo : 2 s

máximo: 7 s

largura do canal: 1 s

medida	período (s)
1	2,4
2	5,3
3	5,8
4	6,1
5	5,5
6	4,7
7	4,1
8	5,2

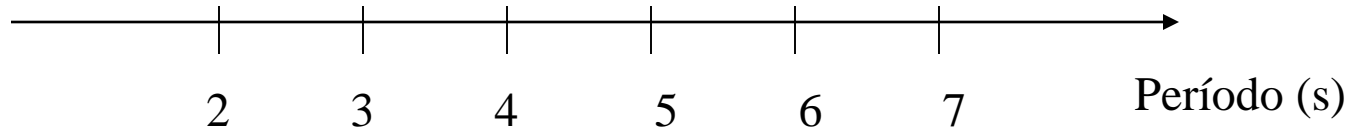
Incerteza devido ao método

Histogramas

2ª etapa : calcular a frequência com que os dados aparecem em cada intervalo

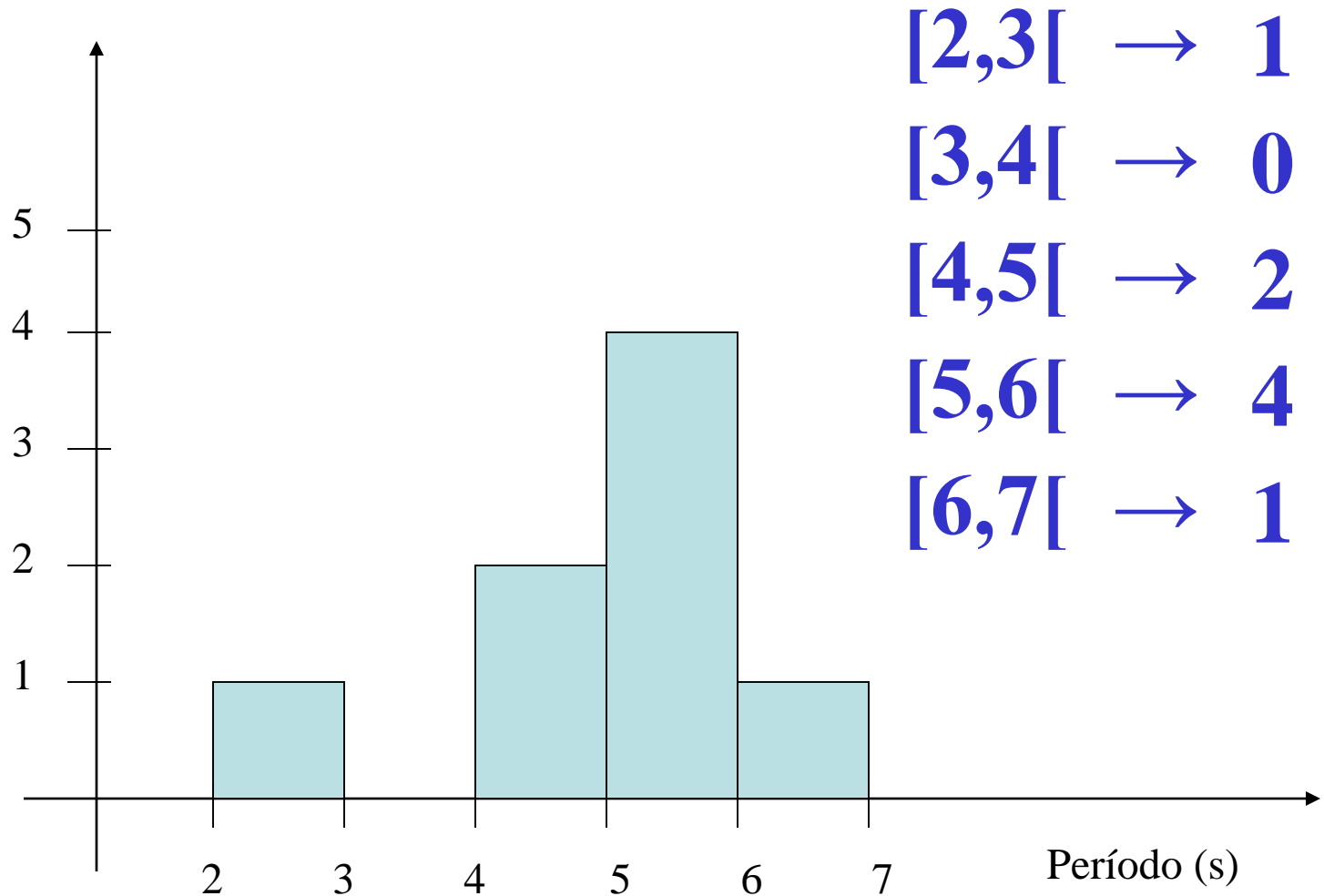
3ª etapa : preencher o histograma

medida	período (s)
1	2,4
2	5,3
3	5,8
4	6,1
5	5,5
6	4,7
7	4,1
8	5,2

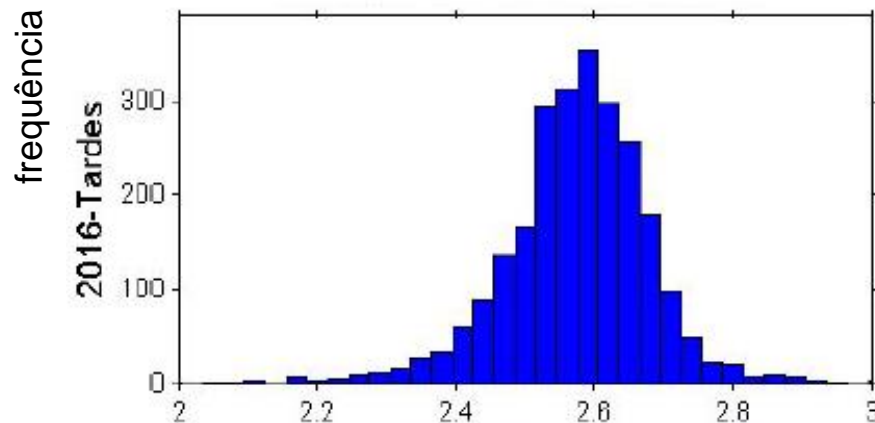


Incerteza devido ao método

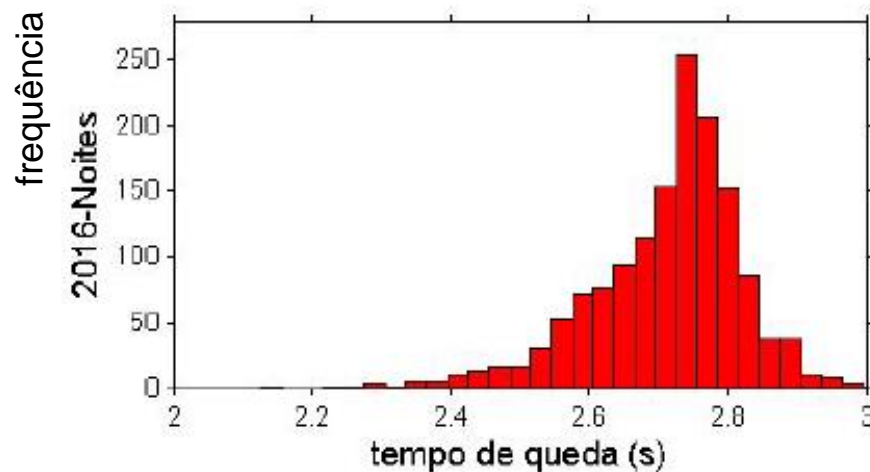
Histogramas



Frequência de ocorrência-TEMPO DE QUEDA DE UMA BOLA DE TÊNIS DO PELETRON



Tardes: $\overline{\Delta t} = (2,5778 \pm 0,0022) s$
 $\sigma_{\Delta t} = 0,1100 s$
 $N = 2479$



Noites: $\overline{\Delta t} = (2,7181 \pm 0,0029) s$
 $\sigma_{\Delta t} = 0,1100 s$
 $N = 1460$

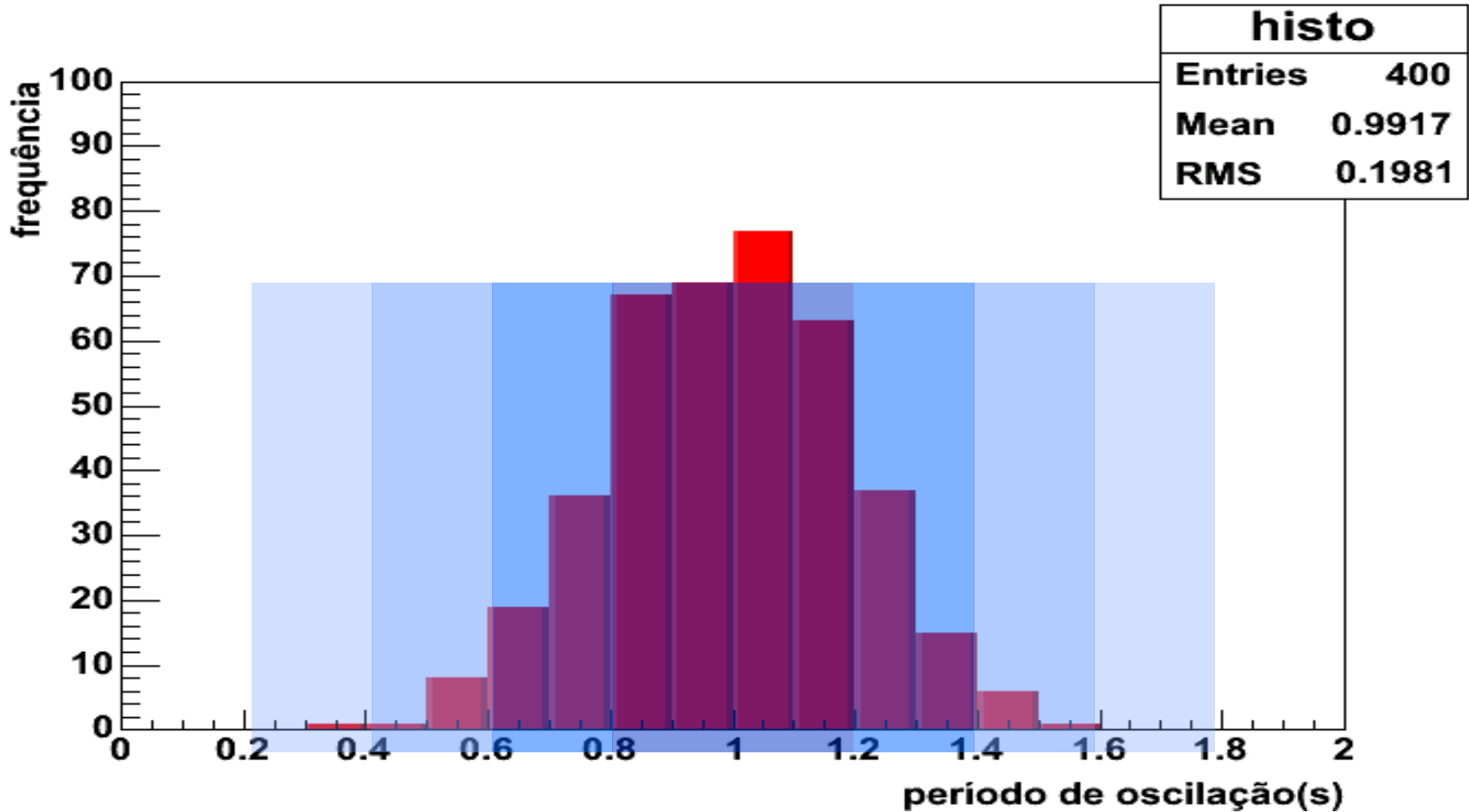
Análise realizada pelo Prof. Zwinglio Guimarães Filho

Frequência de ocorrência

Qual o significado da frequência de ocorrência?

Podemos dizer que cada canal representa a probabilidade de se fazer uma medida entre o limite inferior e o limite superior do canal

Interpretação Estatística da Média e Desvio Padrão

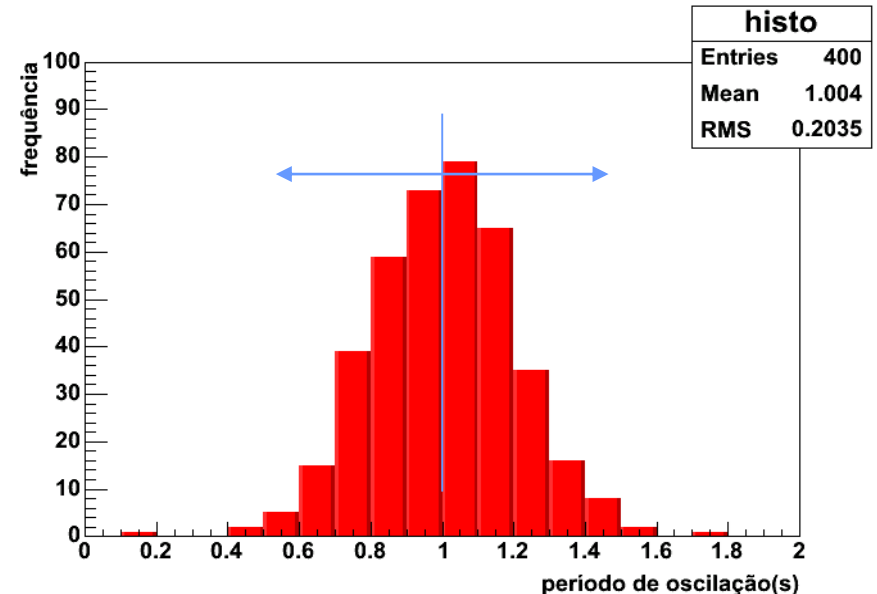


Quase Impossível Muito Pouco Provável Pouco Provável Provável **Muito Provável** Provável Pouco Provável Muito Pouco Provável Quase Impossível

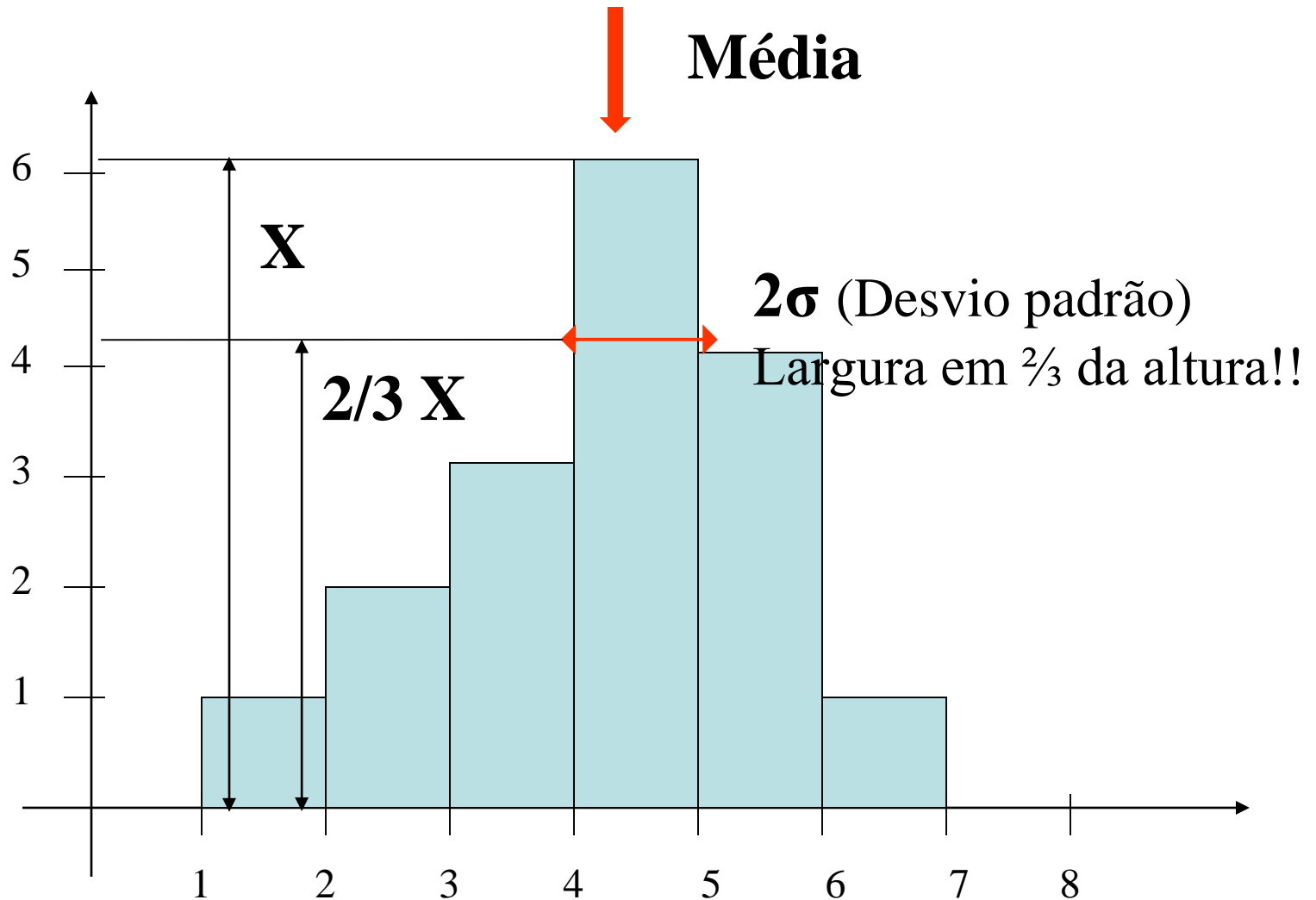
Erros Estatísticos ou Aleatórios

Inicialmente, que características devemos esperar para a distribuição dos dados obtidos?

Simétrica em torno de um certo valor (próximo a média), e decresce ao se afastar desse valor.

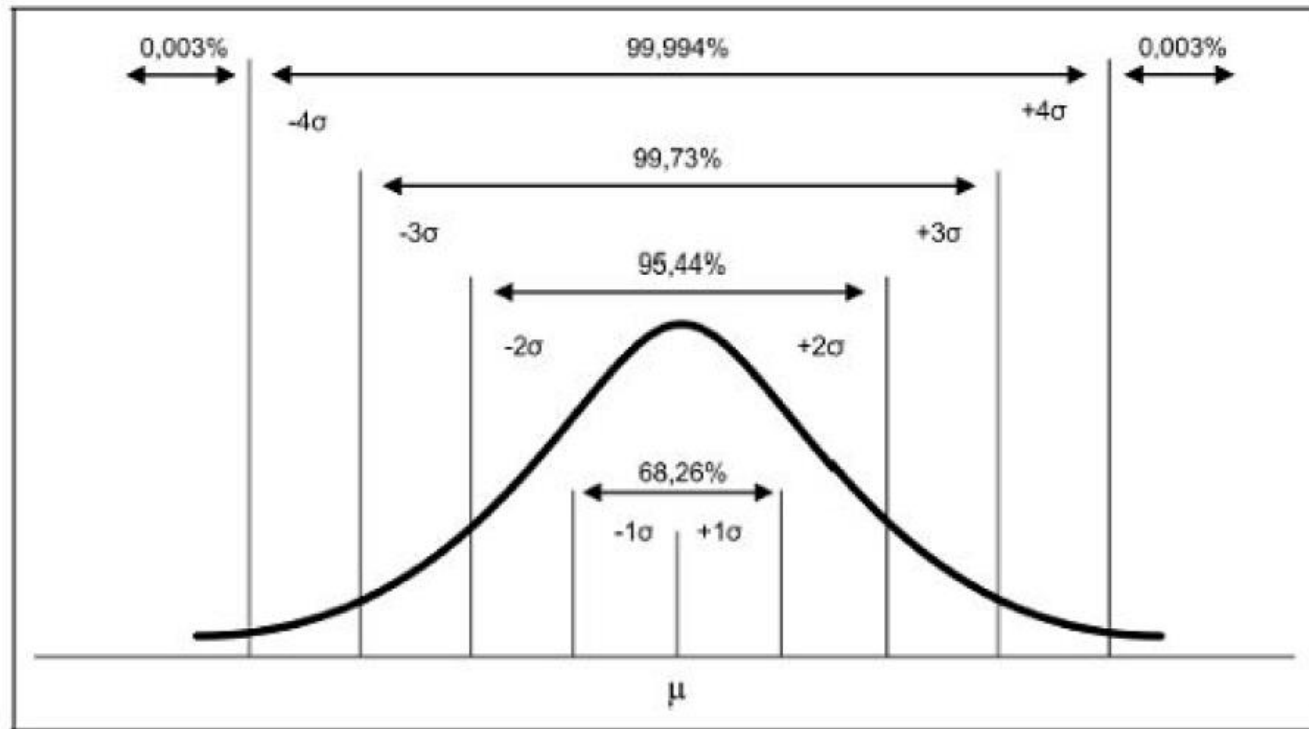


Média e Desvio padrão

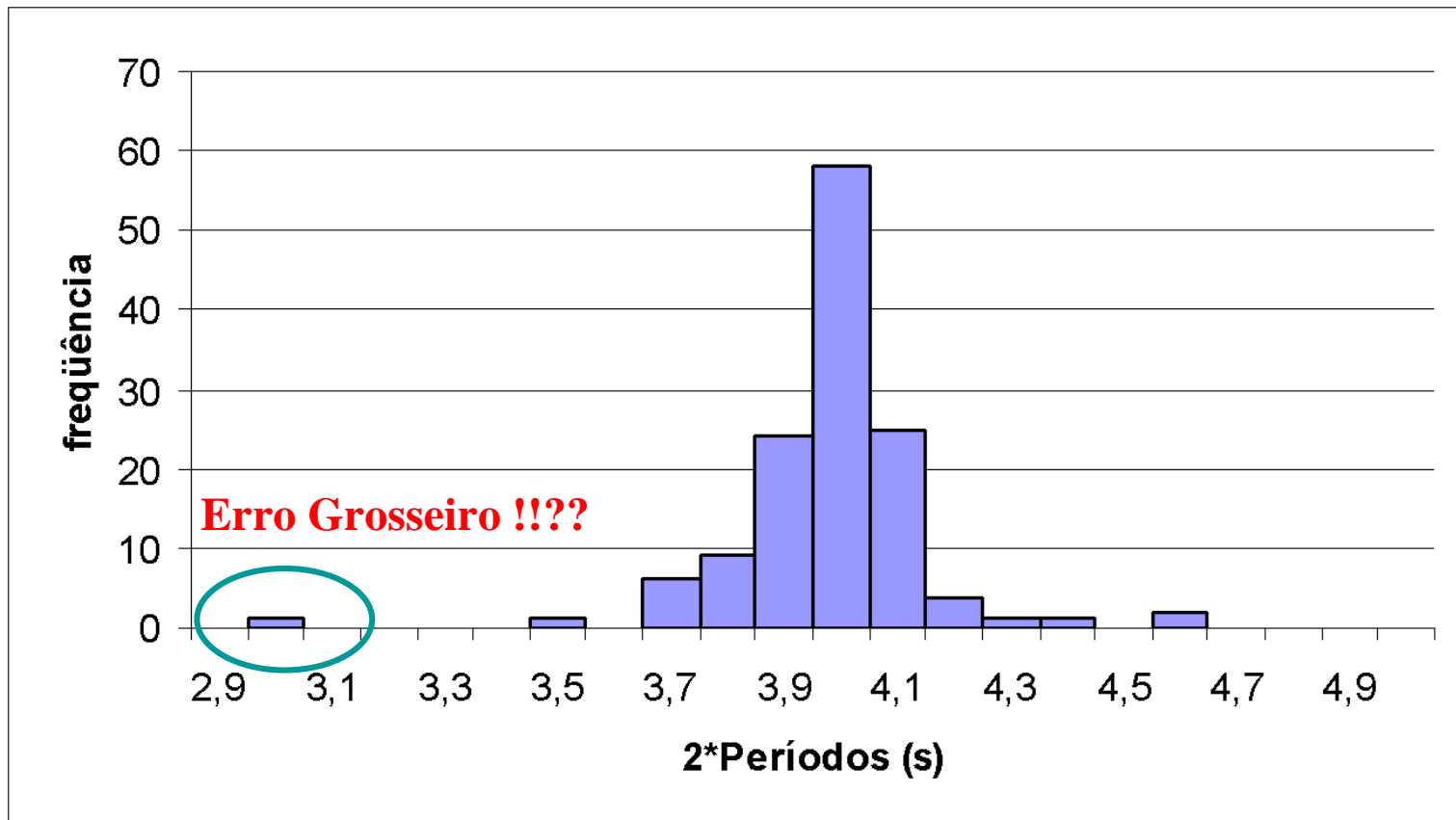


Média e Desvio padrão

$$f(x | \mu, \sigma^2) = \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma^2}} e^{-\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2}}$$



Checando dados



O Pêndulo Simples

Baseado em hipóteses simples, pode-se deduzir a relação entre o período de oscilação (T) e o comprimento do fio (L):

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{L}{g}}$$

onde g é a aceleração da gravidade

Procedimento Experimental

Cada aluno terá um cronômetro e irá medir o período de oscilação do pêndulo colocado próximo ao professor 10 vezes;

O cronômetro tem a menor divisão igual a 0,01 s. Qual será a incerteza de sua medida? (**Discutir em sala**)

Se repetirmos várias vezes a medida, obteremos sempre o mesmo resultado? A variação nos valores obtidos será em torno de 0,01 s?

Procedimento Experimental

Qual é a melhor maneira de realizar esta medida? Que procedimento você sugere?

Quais os cuidados que devemos tomar para realizar uma boa medida?

O que você entende por uma boa medida?

Análise dos Dados

Preencha a tabela com os dados coletados por todos os colegas;

Calcule a média, desvio padrão e desvio padrão da média dos dados usados para fazer o histograma;

Construa um histograma de frequência de ocorrência dos dados seguindo as instruções do professor;

Como os valores numéricos se compara com o histograma?

Por que os resultados variam?

Qual seria o resultado se utilizarmos um cronômetro com uma resolução diferente?

Remova a pressão decimal do cronômetro e refaça a análise anterior - Calcule a média, o desvio padrão e o desvio padrão da média de suas medidas com relógio de pulso

Análise dos Dados

**Como se compara o desvio padrão obtido nas duas análises, com maior e menor precisão?
O que você pode concluir?**

Comparação com o modelo

Calcule o valor esperado para o período do pêndulo que você utilizou através da expressão:

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{L}{g}}$$

onde L é o comprimento do fio g é a aceleração da gravidade.

Comparação com o modelo

O valor medido experimentalmente e o valor obtido através da expressão matemática são iguais?

Como é possível compará-los?

A medida do comprimento tem incerteza?

Como você acha que isso vai afetar o valor do período obtido pela expressão matemática?

Mãos (n)a obra/massa!!

