

Introdução às Medidas em Física
4300152
3^a Aula

Nemitala Added

nemitala@dfn.if.usp.br

Prédio novo do Linac, sala 204, r. 6824

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

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

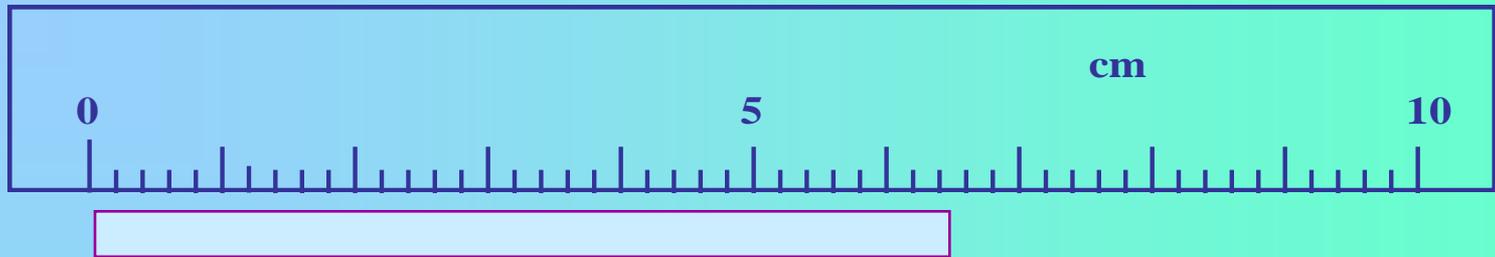
Instrumental

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:

$$\text{Comp} = (6,5 \pm 0,1) \text{ cm}$$



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*

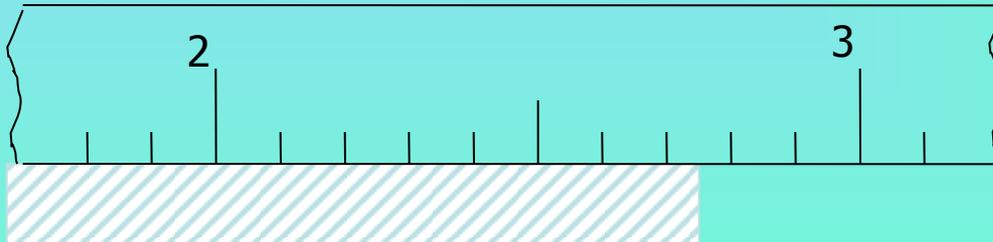
toda medida experimental apresenta um erro, que precisa ser estimado e compreendido

Incerteza = *estimativa estatística do valor do erro*

Incerteza instrumental

Como avaliar a incerteza?

Devo considerar a dificuldade de leitura e a imprecisão do equipamento



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



tenho “certeza”

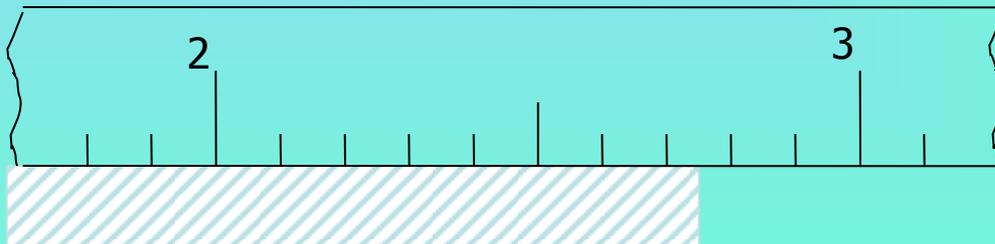
E incerteza?

Avalia o melhor possível

Incerteza instrumental

Como avaliar a incerteza?

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

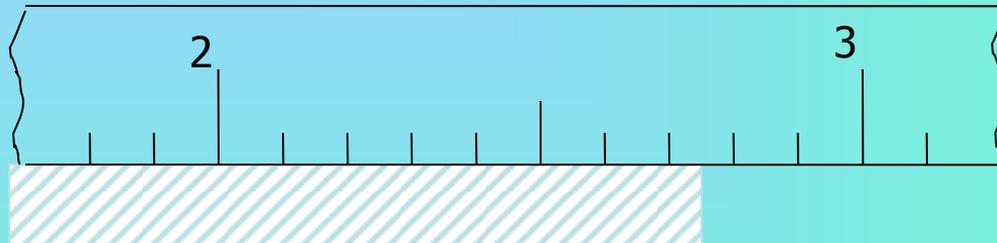


$(2,74 \pm 0,05)$ cm

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.

Incerteza devido ao método

Erros Estatísticos ou Aleatórios:

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

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

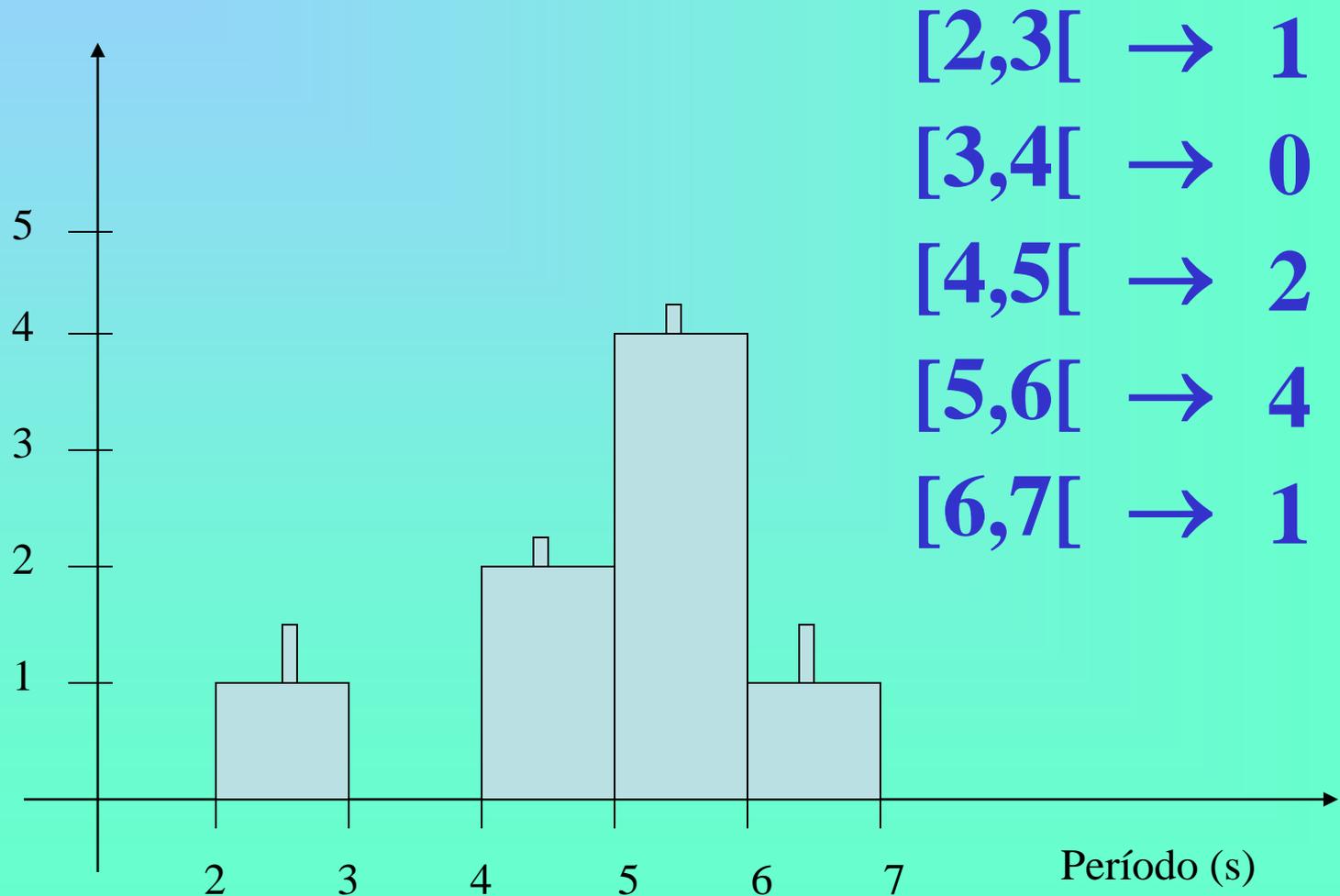
3ª etapa : preencher o histograma

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



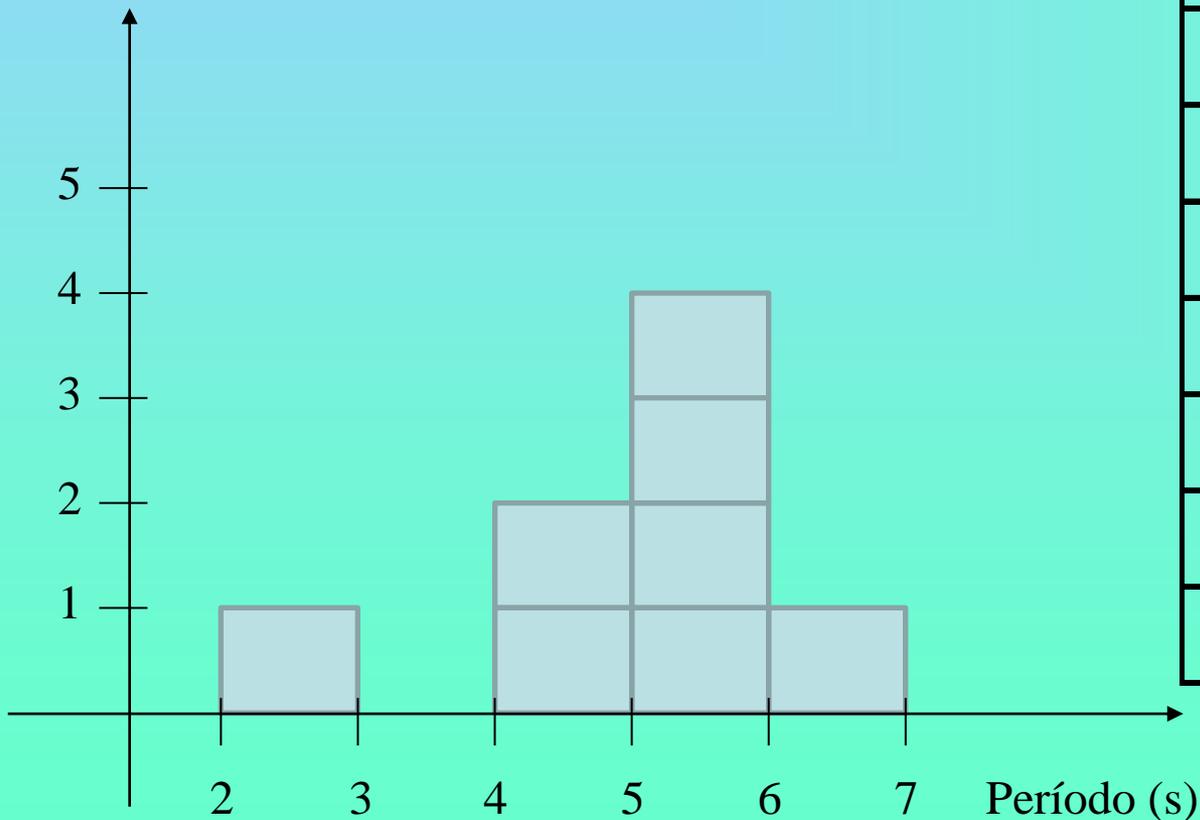
Incerteza devido ao método

Histogramas



Incerteza devido ao método

Histogramas



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

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

Quantitativamente:

Resultado da medida → Média:

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^N x_i}{N}$$

onde N medidas x_i foram realizadas

Incerteza devido ao método

Quantitativamente:

Incerteza → Flutuação dos dados

Desvio Padrão:

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

onde N medidas x_i foram realizadas

- Representa a “média” do módulo da diferença entre as medidas e a média das medidas.

Incerteza devido ao método

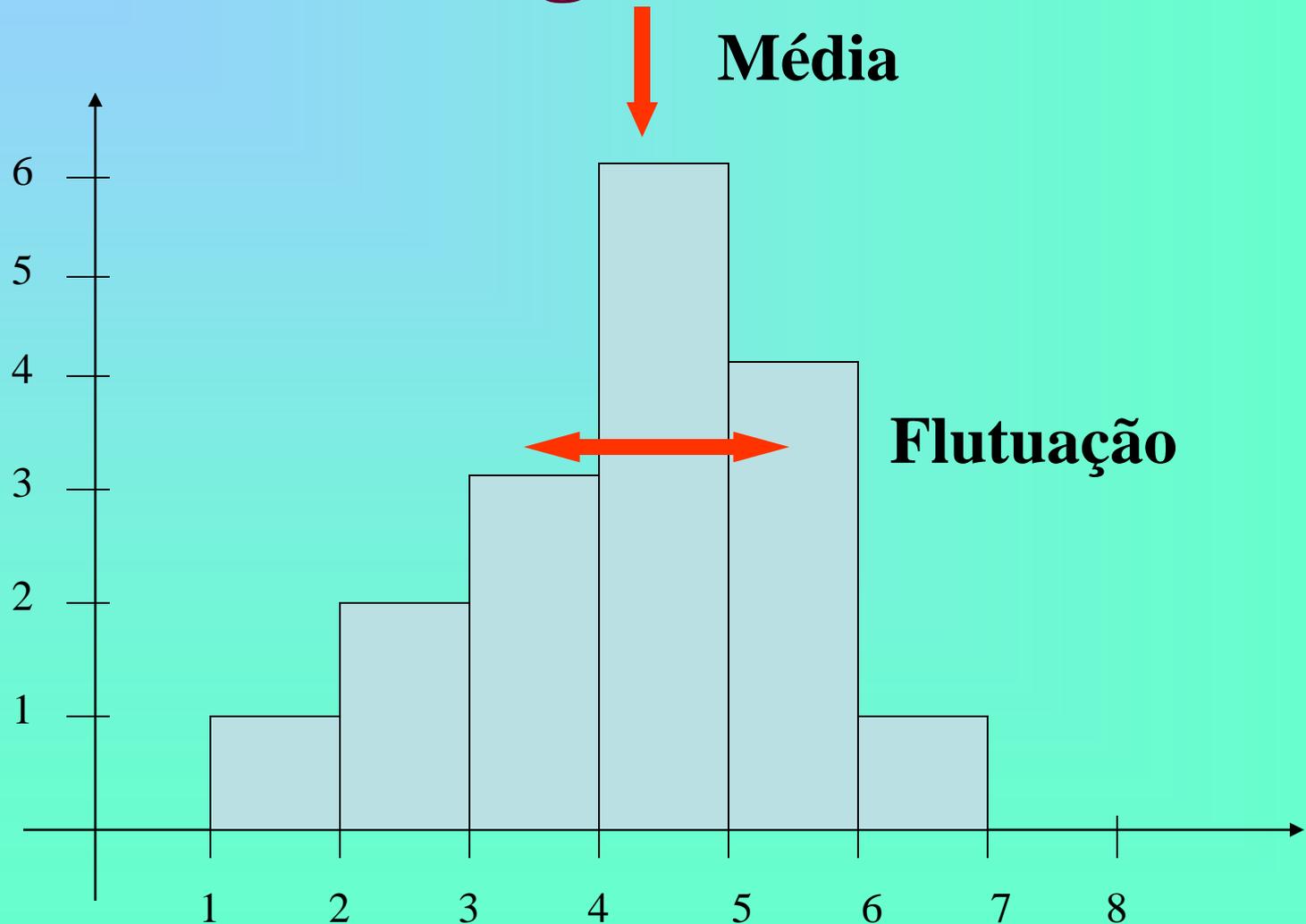
Mas, ao aumentar o número de medidas, nosso resultado não deveria ser melhor? Será que o desvio padrão é a incerteza da medida?

Incerteza da média – Desvio Padrão da Média:

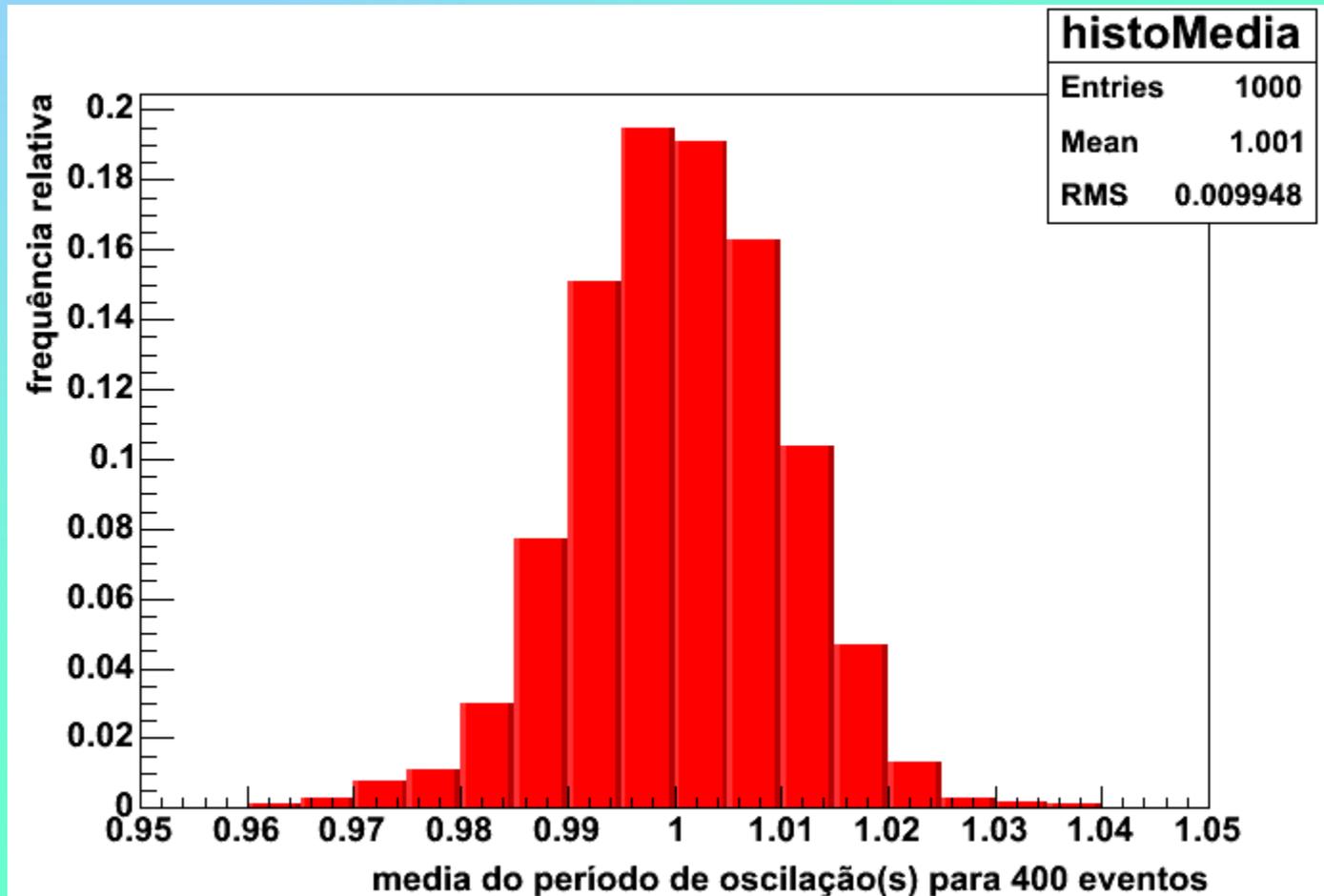
$$s_m = \frac{s}{\sqrt{N}}$$

onde N medidas x_i foram realizadas

Representação dos Dados - Histogramas



Frequência de ocorrência

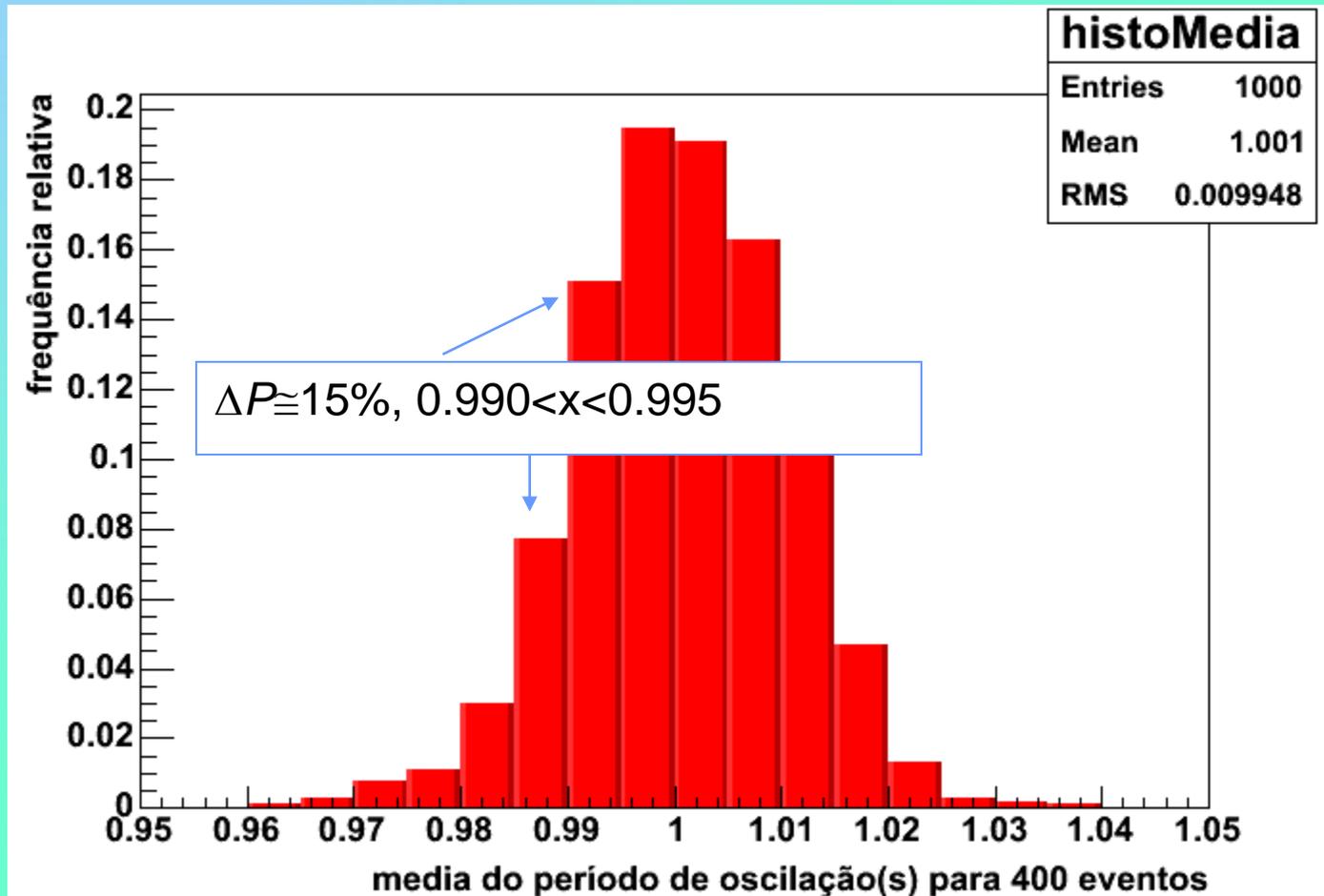


Frequência de ocorrência

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

Frequência de ocorrência



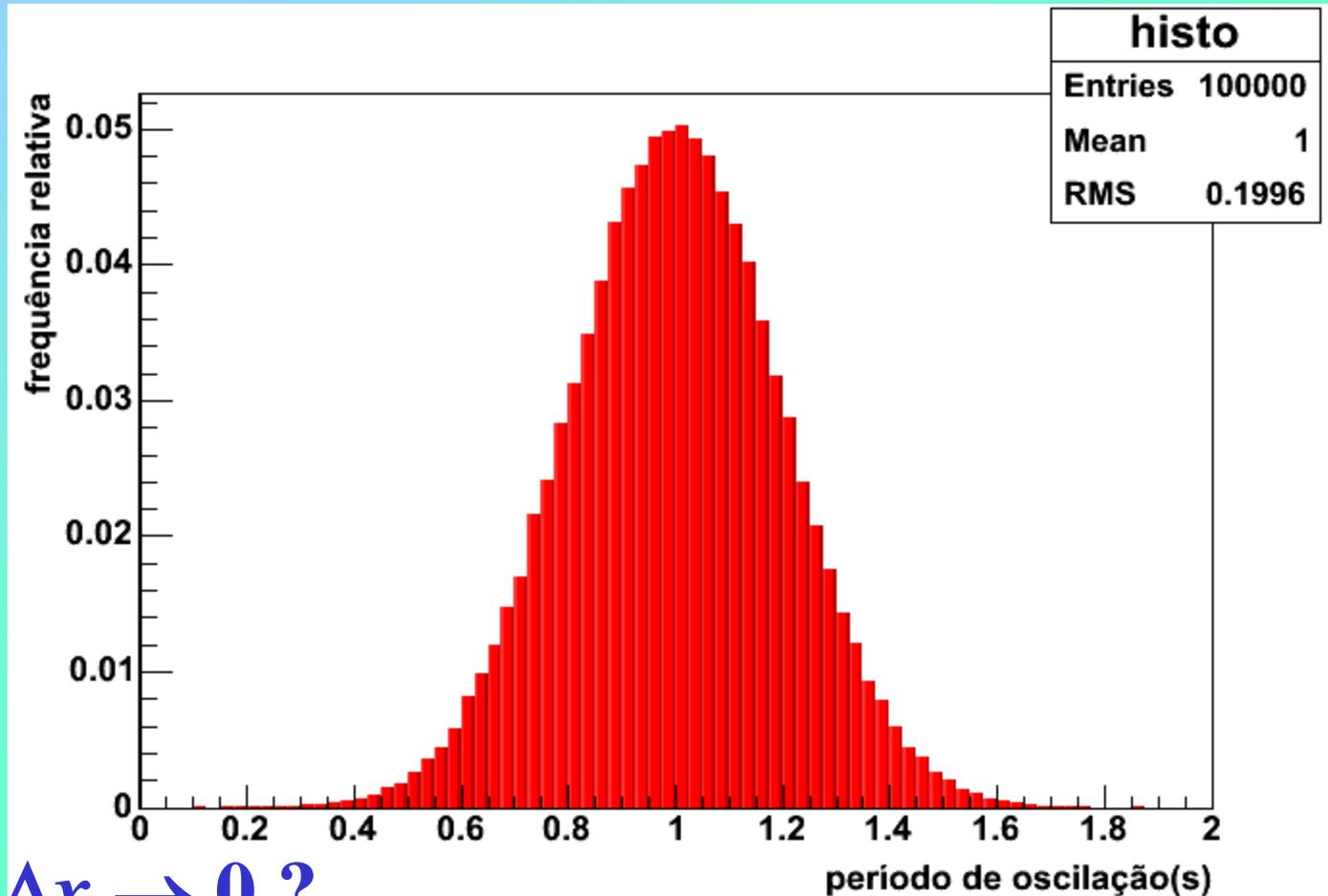
Densidade de probabilidade

Essa interpretação probabilística depende do tamanho do canal utilizado.

**Seria interessante que isso não ocorresse.
Como?**

E se Δx tender a zero? Isso eliminará essa dependência?

Densidade de probabilidade



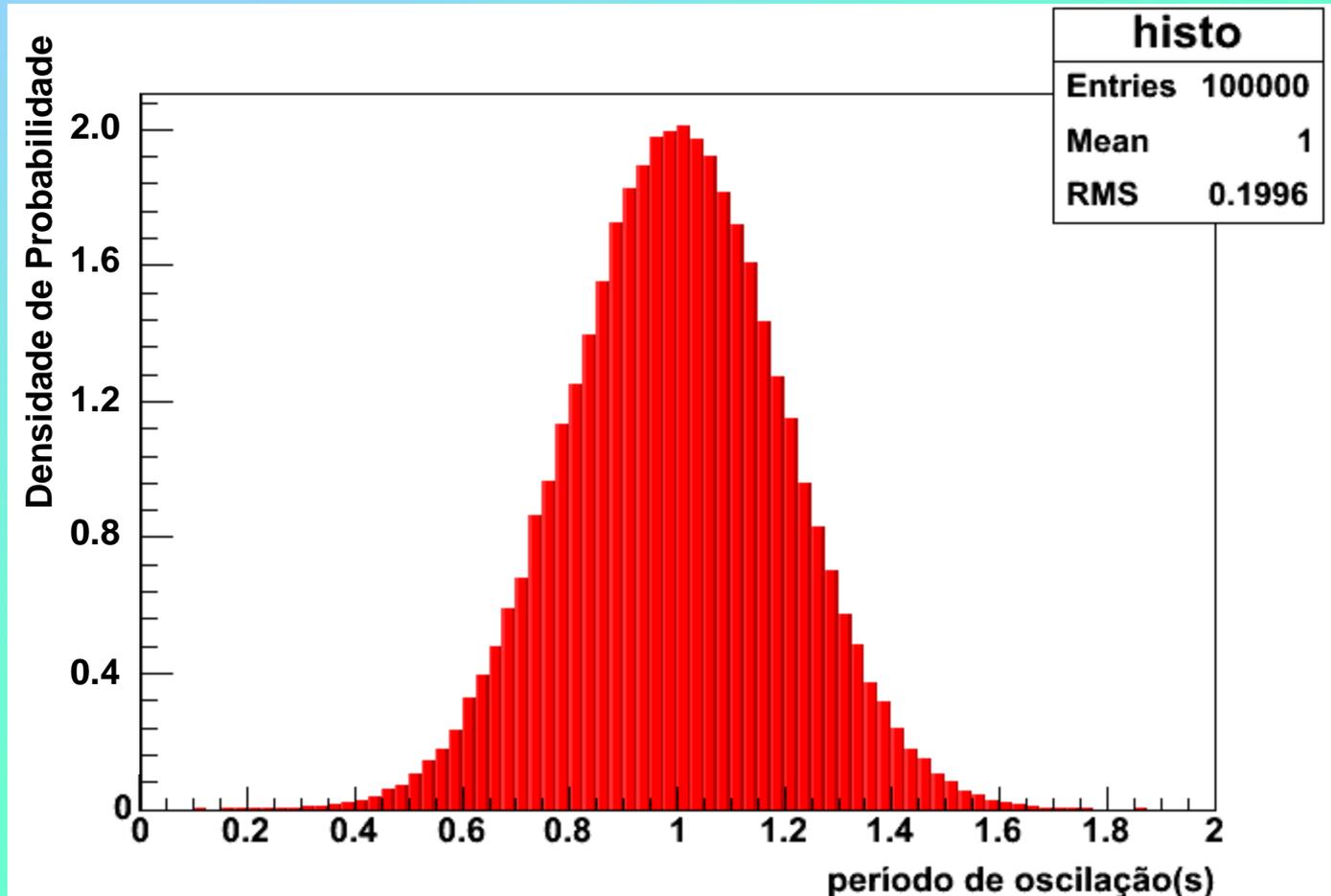
E se $\Delta x \rightarrow 0$?

Densidade de probabilidade

Na prática, não podemos ter $\Delta x \rightarrow 0$;

Porém, podemos obter a densidade de probabilidade dividindo a frequência de ocorrência de eventos em um canal pela largura do canal do histograma.

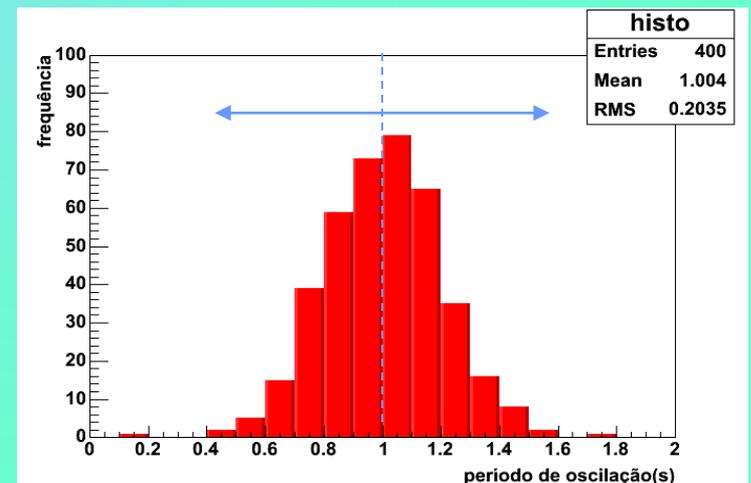
Densidade de probabilidade



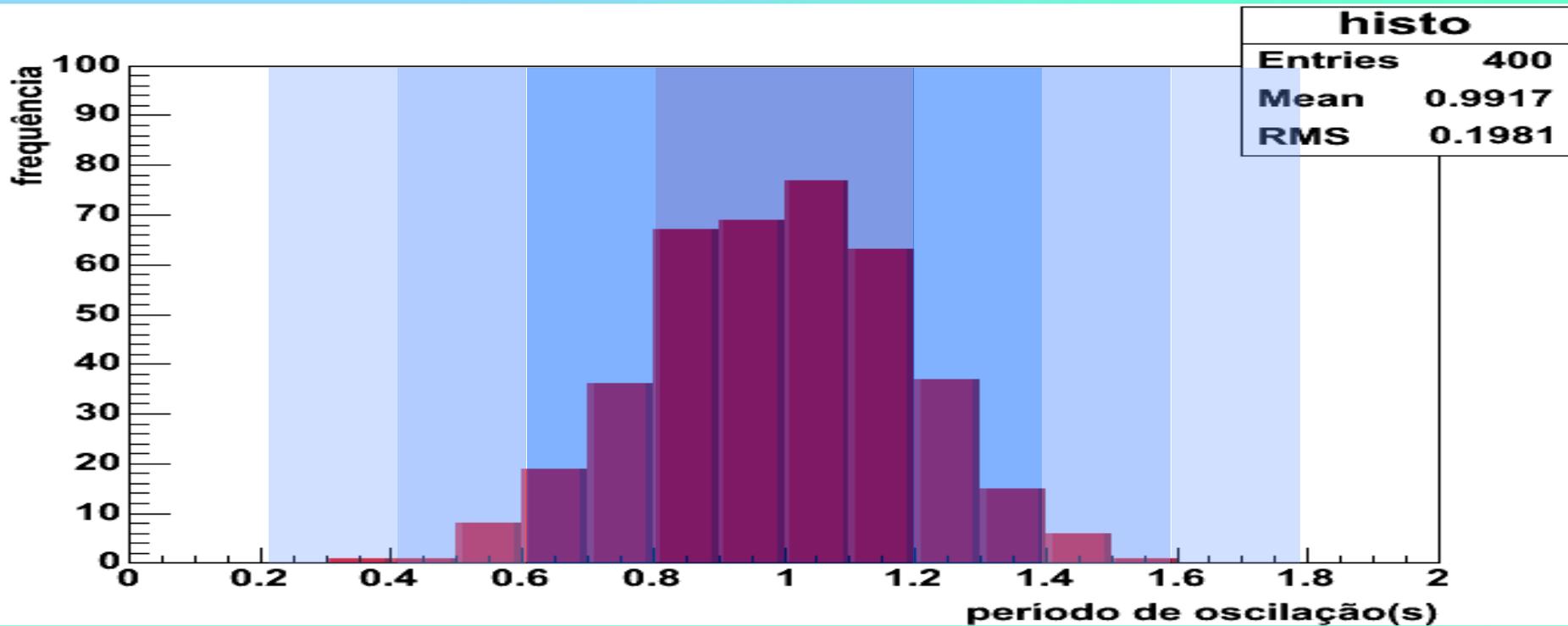
Erros Estatísticos ou Aleatórios

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

Simétrica em torno de um certo valor, e decresce ao se afastar desse valor.

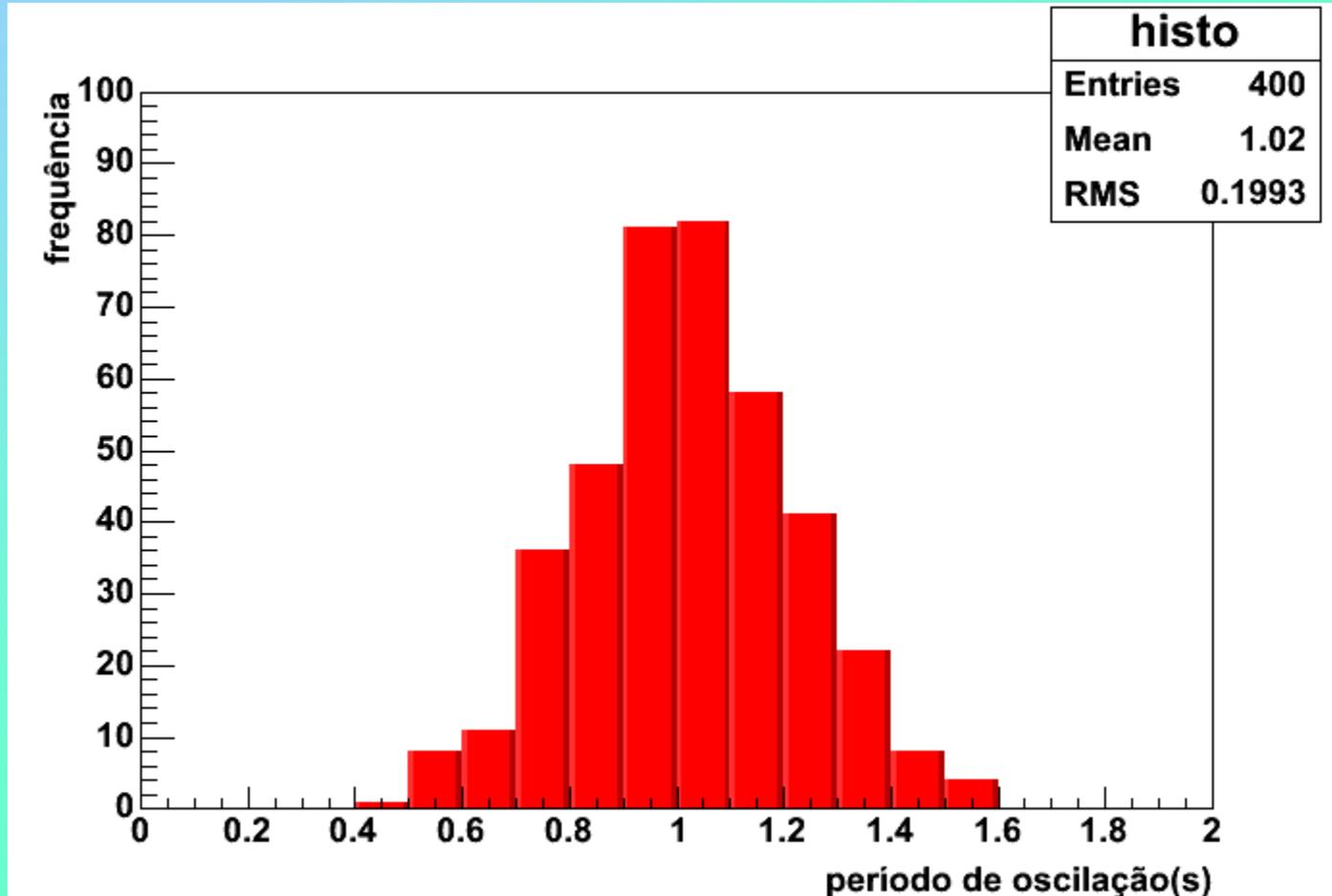


Interpretação Estatística da Média e Desvio Padrão

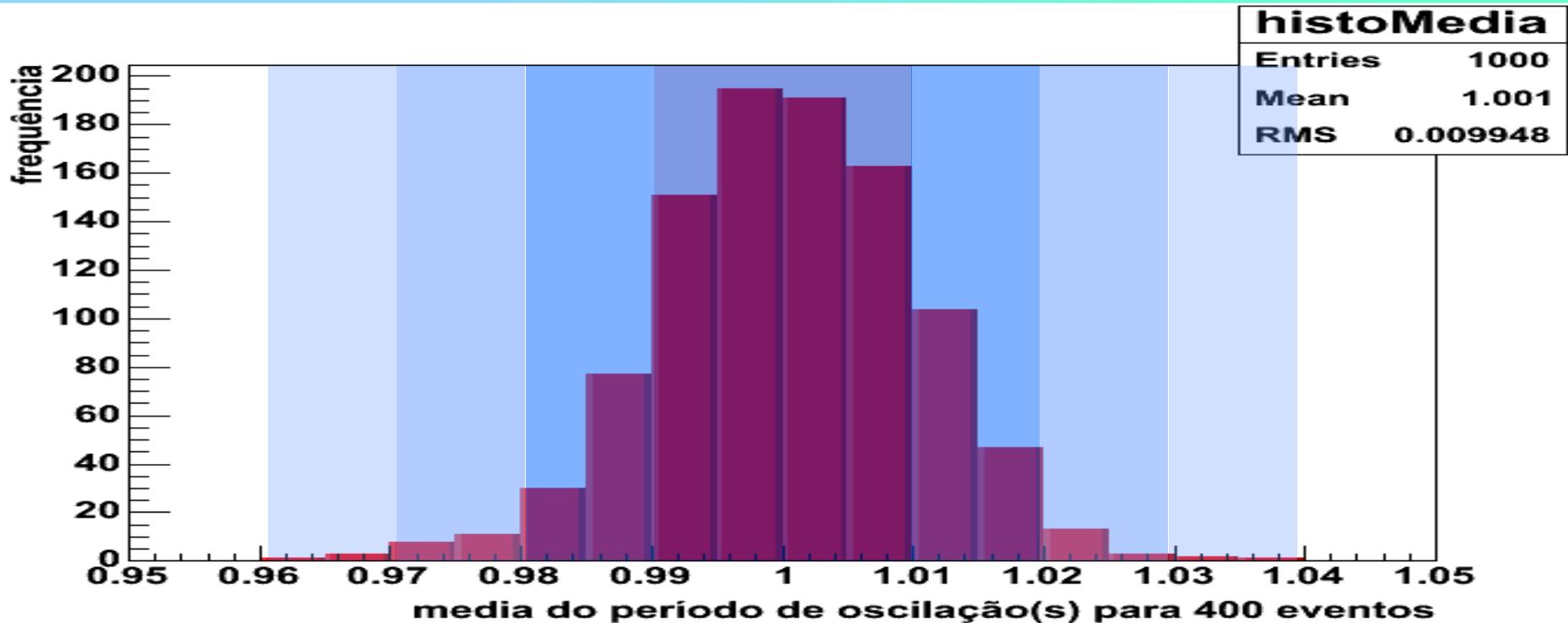


Quase Impossível Muito Pouco Provável Pouco Provável Provável Muito Provável Provável Pouco Provável Muito Pouco Provável Quase Impossível

Média e Desvio Padrão da Média



Interpretação Estatística da Média e Desvio Padrão da Média



Quase
Impossível

Muito
Pouco
Provável

Pouco
Provável

Provável

Muito Provável

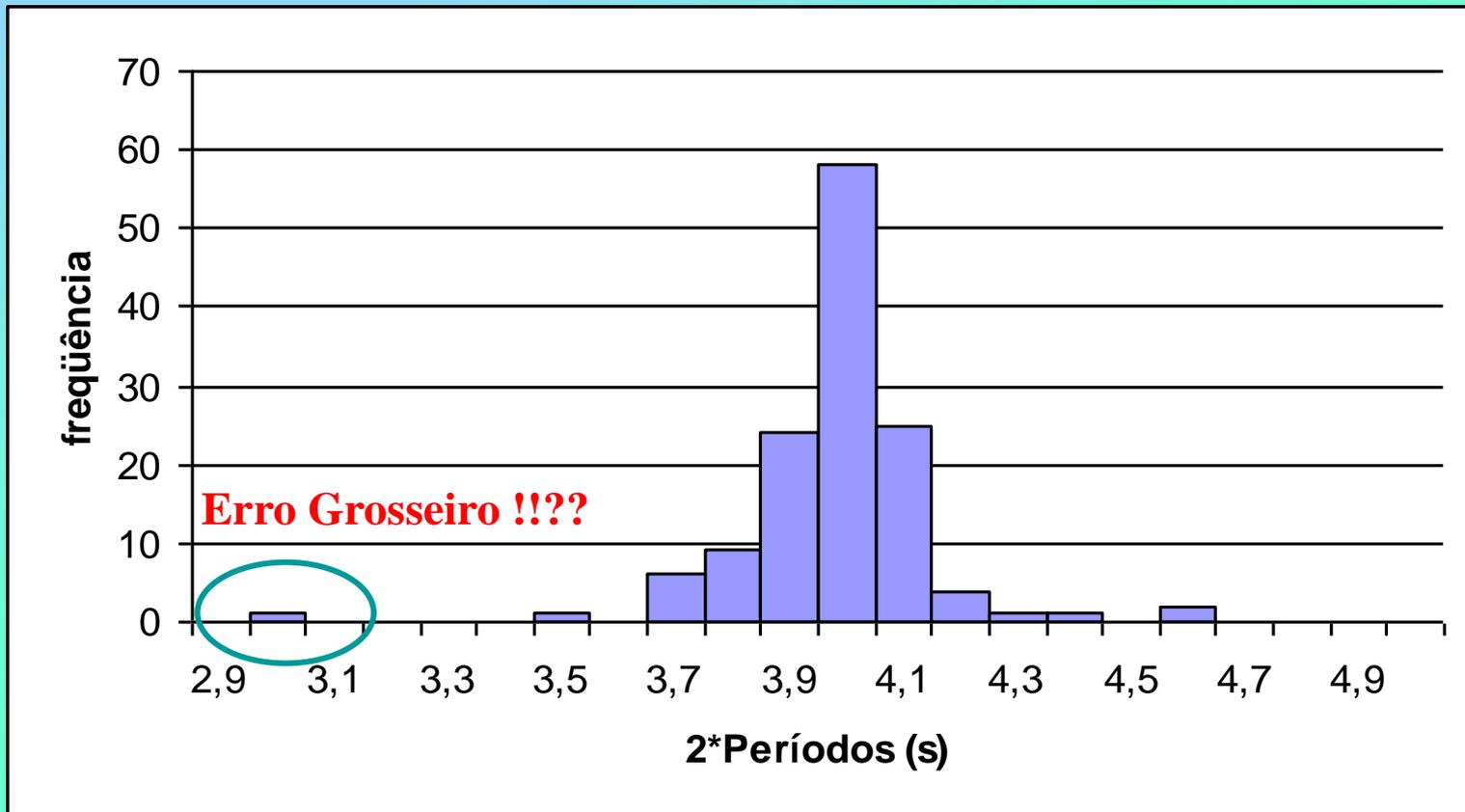
Provável

Pouco
Provável

Muito
Pouco
Provável

Quase
Impossível

Checando dados



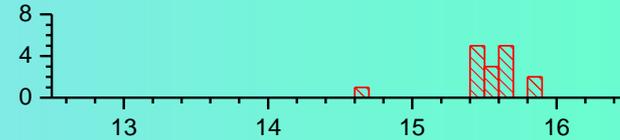
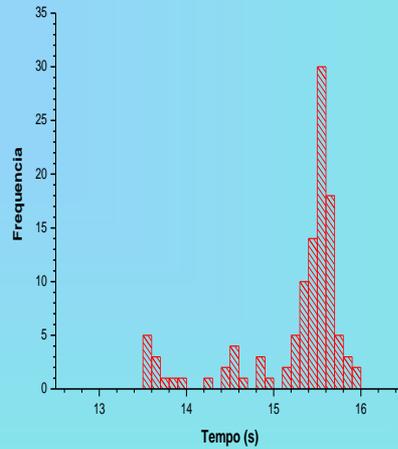
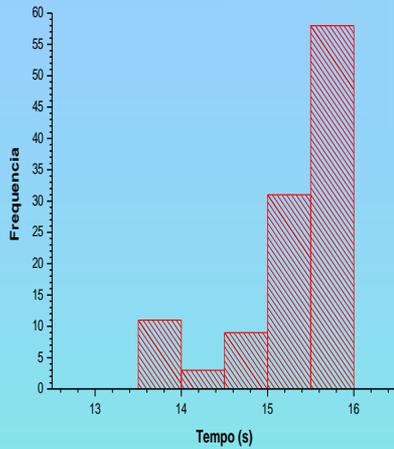
O Pêndulo Simples

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

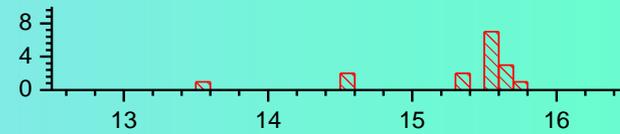
$$T = 2\pi \sqrt{\frac{L}{g}}$$

onde g é a aceleração da gravidade

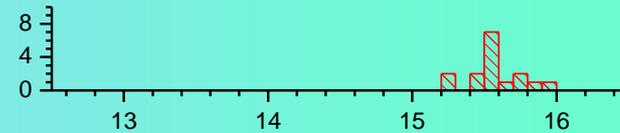
Dados primeira aula



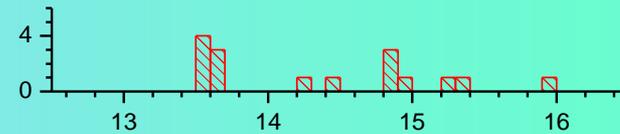
15,52 0,27



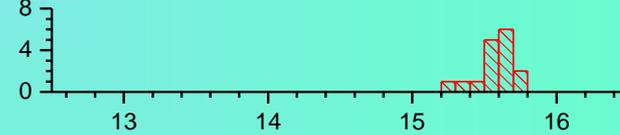
15,31 0,58



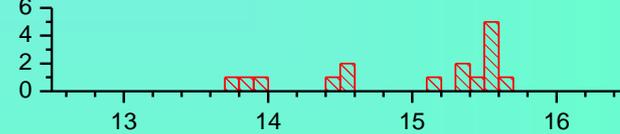
15,56 0,19



14,37 0,78



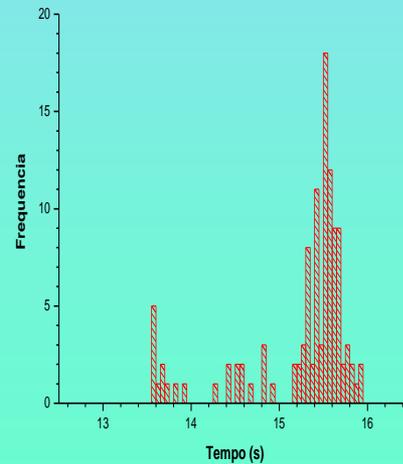
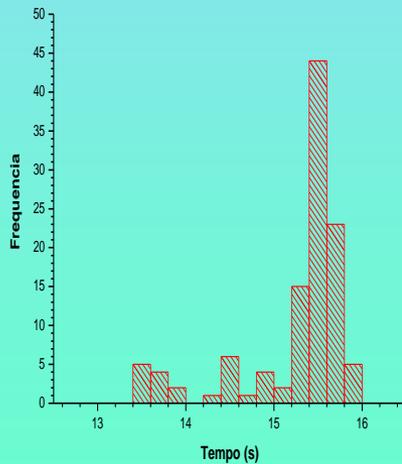
15,56 0,14



14,97 0,70



15,42 0,14



Tempo (s)

Média 15,25

DP 0,62

Inc 0,06

Para $L = 92,00 \text{ cm}$ $T = 1,926 \text{ s}$ $T_g = 15,41 \text{ s}$

Erros Grosseiros

Como identificar um erro grosseiro?

O que fazer caso se tenha a suspeita de haver um erro grosseiro nos dados?

Muito cuidado nessa hora...

Use o bom senso e SEMPRE repita as medidas e verifique cuidadosamente os equipamentos e procedimentos usados.

Por que os resultados variam?

Como podemos compreender o valor das flutuações observadas na medida do período do pêndulo?

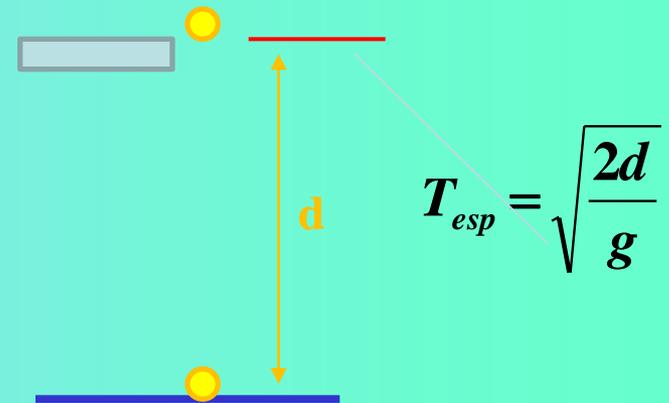
Um dos fatores pode ser o tempo de reação humano no momento da medida

Outro fator o tempo de reação humano a estímulos visuais e auditivos

Procedimento Experimental

Hipótese: $T_{\text{medido}} = T_{\text{proc}} + T_{\text{real}}$

Avaliar: T_{proc} (10 vezes/aluno)



Como os valores dos tempos real e medido devem comparar-se entre si? E como eles devem se comparar com o período de oscilação do pêndulo?

Qual a relação esperada entre as flutuações dos dados na medida do período e o tempo de reação do procedimento?

Análise dos Dados

Obtenha a média, o desvio padrão e o desvio padrão da média dos valores de T_{proc} ;

Compare os valores de com os valores obtidos pelos colegas;

Compare a média e o desvio padrão de T_{proc} com o valor do desvio padrão das medidas do período de oscilação do pêndulo. O que você pode concluir?

Por que os resultados variam?

Para pêndulos similares, o resultado para as incertezas seria diferente?

Ajuste um comprimento qualquer para o pêndulo colocado a sua frente

Meça esse comprimento com uma trena

Cada integrante do grupo deve medir 10 vezes o período de oscilação desse pêndulo usando preferencialmente o mesmo cronômetro da aula passada

Análise dos Dados

Calcule a média, o desvio padrão e o desvio padrão da média de suas medidas

Faça o histograma das suas medidas

Como se compara o desvio padrão obtido nesta medida com o desvio padrão obtido na aula anterior? E em relação aos colegas da classe? O que você pode concluir?

Por que os resultados variam?

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

Cada integrante do grupo deve medir 10 vezes o período de oscilação desse pêndulo usando um relógio de pulso analógico (menor divisão igual a 1 segundo).

Análise dos Dados

Calcule a média, o desvio padrão e o desvio padrão da média de suas medidas

Como se compara o desvio padrão obtido nesta medida com o desvio padrão obtido com o cronômetro? 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?

Relatório para próxima aula

Resultados experimentais

Texto + tabelas

Análise e discussão dos resultados

Histogramas + Média + DP + Incerteza da média

Influência de T_{proc}

Adequação da simulação

Uma breve conclusão a partir do seu resultado e dos colegas