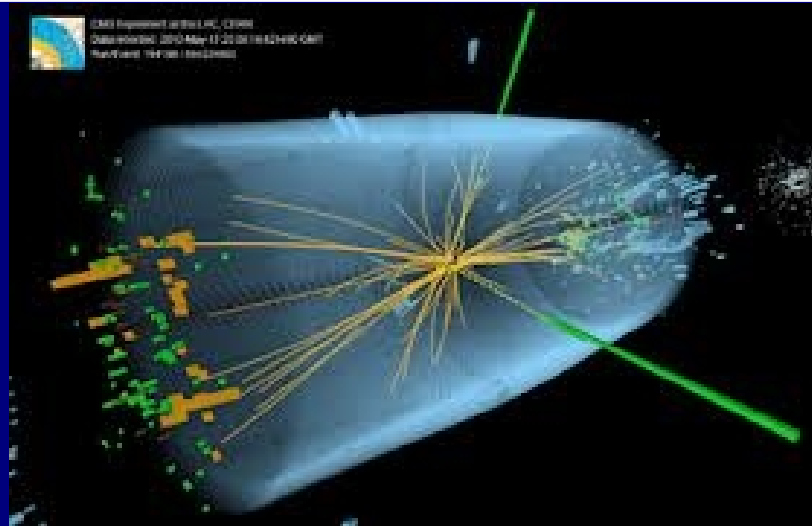


# Introdução às Medidas em Física



<https://edisciplinas.usp.br/course/view.php?id=105957>

Material parcialmente preparado com base no material gentilmente cedido por N. Added e P.R.P. Allegro

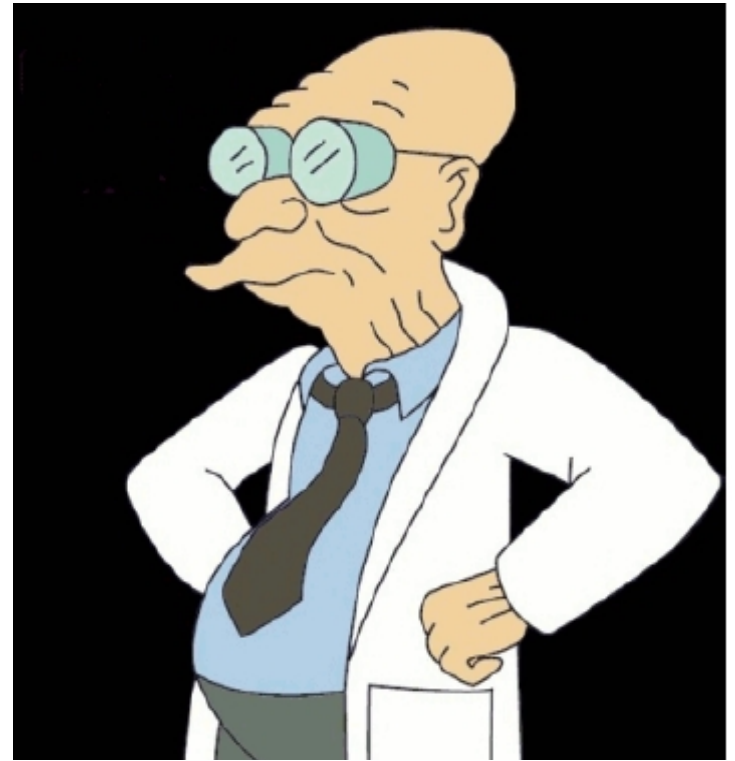
# Aula 1

- Orientações gerais da disciplina;
- Introdução ao Método Científico;
  - O que é uma medida?



# Professor

- Vitor Aguiar
- Sala 126 – Pelletron
- Tel: 3091-7050
- [vitor.angelo.aguiar@usp.br](mailto:vitor.angelo.aguiar@usp.br)
- [vpaguiar@if.usp.br](mailto:vpaguiar@if.usp.br)
- Atendimento em sala:  
marquem por email.



# Monitoria

Monitores: Isabella Yumi Hirosue e  
Guilherme Maceno Sales.

Local: google meet

Horários de atendimento:

-Segundas das 18:00 às 19:30 hs  
(Isabella)

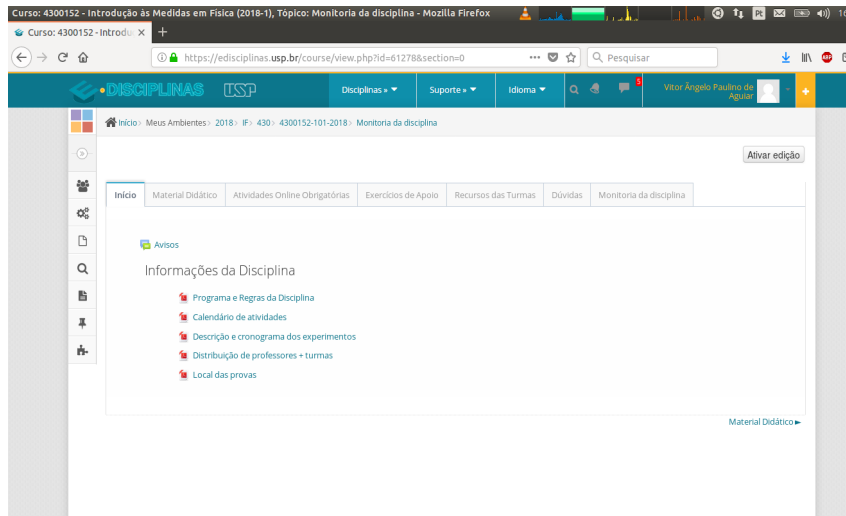
-Terças das 18:00 às 19:30 hs  
(Guilherme)

-Quartas das 18:00 às 19:30 hs (Isabella)

-Quintas das 18:00 às 19:30 hs  
(Guilherme)



# Moodle da USP



- Apostila, tópicos do curso, manuais
- Exercícios obrigatórios, exercícios de apoio
- Área dos grupos com arquivos importantes
- Ambiente de discussão/comunicação

<https://edisciplinas.usp.br/course/view.php?id=105957>

- **Importante:** Todo informe aos alunos será feito nesse ambiente



# Objetivos da Disciplina

Desenvolvimento de habilidades indispensáveis ao trabalho experimental:

- Método científico;
- Instrumentos e procedimentos de medidas;
- Estatística;
- Senso crítico e interpretação de resultados;
- Redação científica;
- Ética;
- etc

# Conteúdo

**Papel da experimentação no método científico**

**Introdução aos conceitos da física experimental**

**Noção de medida e incerteza**

**Incerteza instrumental + Medidas diretas**

**Incerteza estatística, Introdução à Teoria dos Erros**

Aplicação: o Pêndulo simples

**Propagação de incertezas e média ponderada**

Aplicação: densidade de sólidos

Aplicação: medida da distância focal de uma lente

**Análise de dados experimentais + modelos**

**Gravitação Universal e Movimento de Queda**

**Lei de Ohm**

**Leis empíricas + Escalas Logarítmicas**

**Lei de resfriamento de Newton**

**O monocórdio e as cordas vibrantes**



# Experimentos

- 7 experimentos, em grupos (fixos!) de, no máximo, 3 pessoas





# Experimentos

Experimento 1	Calibração de medidas e Pêndulo simples (2A)
Experimento 2	Densidade de Sólidos (2A)
Experimento 3	Distância focal de uma lente (1A)
Experimento 4	Queda livre (2A)
Experimento 5	Curvas características (2A)
Experimento 6	Resfriamento de um líquido (1A)
Experimento 7	Cordas vibrantes (2A)

# Calendário

Mês	Dia	Atividade	Entregas
Março	16	Aula 01: Experiência 1-1	
	23	Aula 02: Experiência 1-2	Guia 1-1
	30	Aula 03: Experiência 2-1	Guia 1-2
Abril	6	<b>Semana Santa - Não haverá aula</b>	
	13	Aula 04: Experiência 2-2	Guia 2-1
	20	<b>Semana sem aula - Tiradentes</b>	
	27	Aula 05: Experiência 3	Guia 2-2
Maio	4	Aula 06: Experiência 4-1	Guia 3
	12	Aula 07: Experiência 4-2	Guia 4-1
	18	<b>PROVA 1</b>	Guia 4-2
	25	Aula 08: Experiência 5-1	
Junho	1	Aula 09: Experiência 5-2	
	8	<b>Semana sem aula - Corpus Christi</b>	Relatório 5
	15	Aula 10: Experiência 6	
	22	Aula 11: Experiência 7-1	Relatório 6
	29	Aula 12: Experiência 7-2	Relatório 7 - parte 1
Julho	6	<b>PROVA 2</b>	Relatório 7 - completo

# Atividades

## Experimentos (7 ao todo)

### Atividades

Experimento em sala de aula (grupo)

**entrega dos dados experimentais obtidos**

Exercícios (individual):

- pelo e-Disciplinas (**com nota**)

Guias/relatórios – entrega ~1 semana (**com nota**, em grupo)

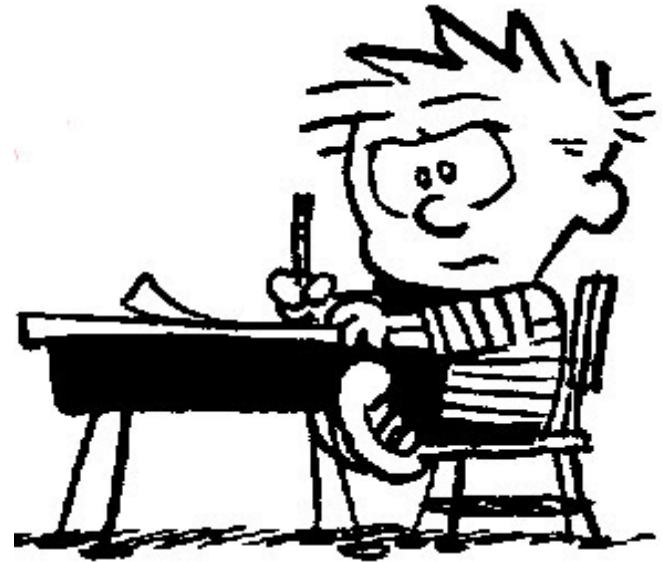
## Provas (2, avaliação individualizada)

**Prova 1 – experiências 1 a 4**

**Prova 2 – Todos os experimentos**

# Avaliação

- 2 Provas;
- 7 atividades;
  - Cada nota de atividade  $R_i$  composta por **exercício** (individual - Moodle) e **guias/relatórios** (grupo)
- Faltas descontam nota na mesma proporção em que ocorrerem naquele experimento
- Não há reposição de aulas;
- Atraso máximo de 15 minutos.



# Avaliação

Mínimo 70% de presença!  
(máximo 4 faltas no semestre)

Se  $M_p < 3$  ou  $M_R < 5 \rightarrow$  reprovado!  
( $M = \min\{M_p, M_R\}$ )

Se  $M_p < 3$  e  $M_R < 5 \rightarrow$  reprovado!  
( $M = M_p$ )

Se  $M < 5 \rightarrow$  reprovado!

$$R_i = \frac{9\text{Guia}_i + \text{Exer}_i}{10}$$

$$M_p = \frac{P_1 + 2P_2}{3}$$

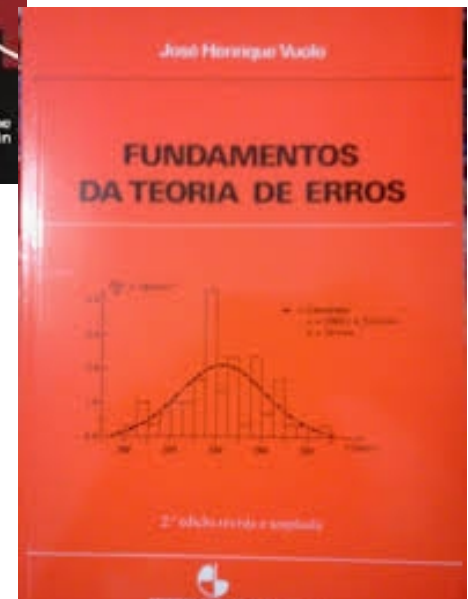
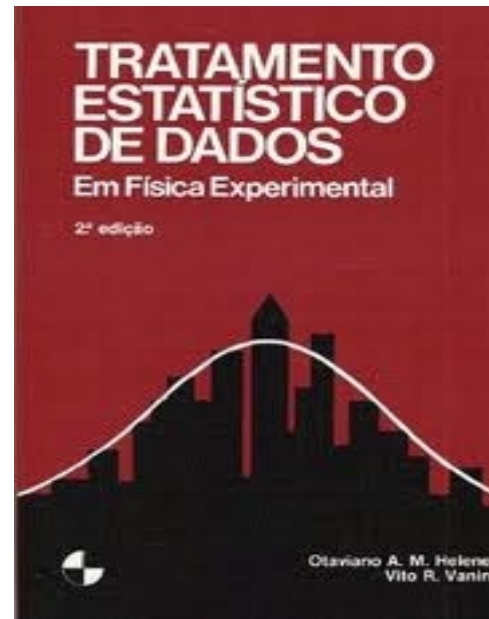
$$M_R = \frac{\sum R_i - R_{\min}}{6}$$

$$M = \frac{4M_p + 6M_R}{10}$$

**IMPORTANTE:** Relatórios / guias duplicados, “clonados”, cópias de anos anteriores implicam em **NOTA ZERO** NA ATIVIDADE, sem direito a substituição.

# Bibliografia

- Página da disciplina
  - Apostila do curso, textos diversos, informações sobre experimentos, atividades extras
- Livros
  - Fundamentos da Teoria de Erros, J.H. Vuolo
  - Tratamento estatístico de dados em física experimental, O. Helene, V. Vanin



# Postura

- Não comer nem beber;
- Não correr nem brincar;
- Cuidado ao manusear os equipamentos, tanto para evitar pôr em risco o equipamento quanto sua segurança pessoal;
- Organização e disciplina na realização dos experimentos;
- Dúvidas? Pergunte!

# Postura

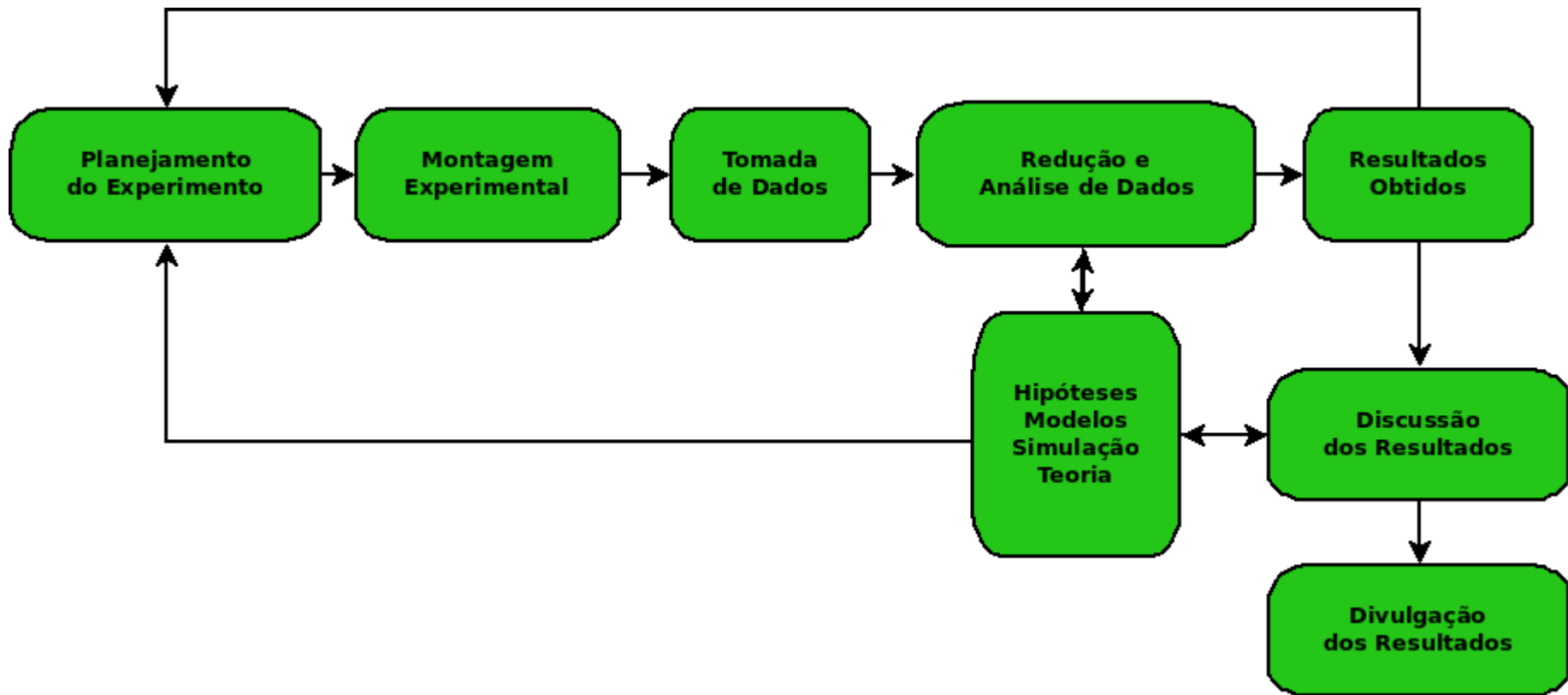
- Cada aluno é responsável pelo instrumento que está utilizando, pela sua segurança e dos seus colegas.
- Atitude crítica: será que o instrumento está calibrado, nivelado, pronto para o uso? Sempre verifique o instrumento. Sempre verifique as medidas enquanto elas estão sendo feitas.
- Em qualquer aula, se precisarem de algum equipamento que não esteja na sala: procurem a bancada dos técnicos.




# O Método Científico



# Fazendo um Experimento





# Cuidados ao Fazer um Experimento

- Afirmações vagas ou sem embasamento/justificativa;
- Método de medida;
- Descarte de medidas “erradas”;
- Quantidade de medidas realizadas;
- Formulação dos modelos;
- Limites de validade das condições experimentais;

# Grandezas Físicas



# Grandezas Físicas

TEMPO

MASSA

Grandezas Básicas  
(da mecânica)

DISTÂNCIA



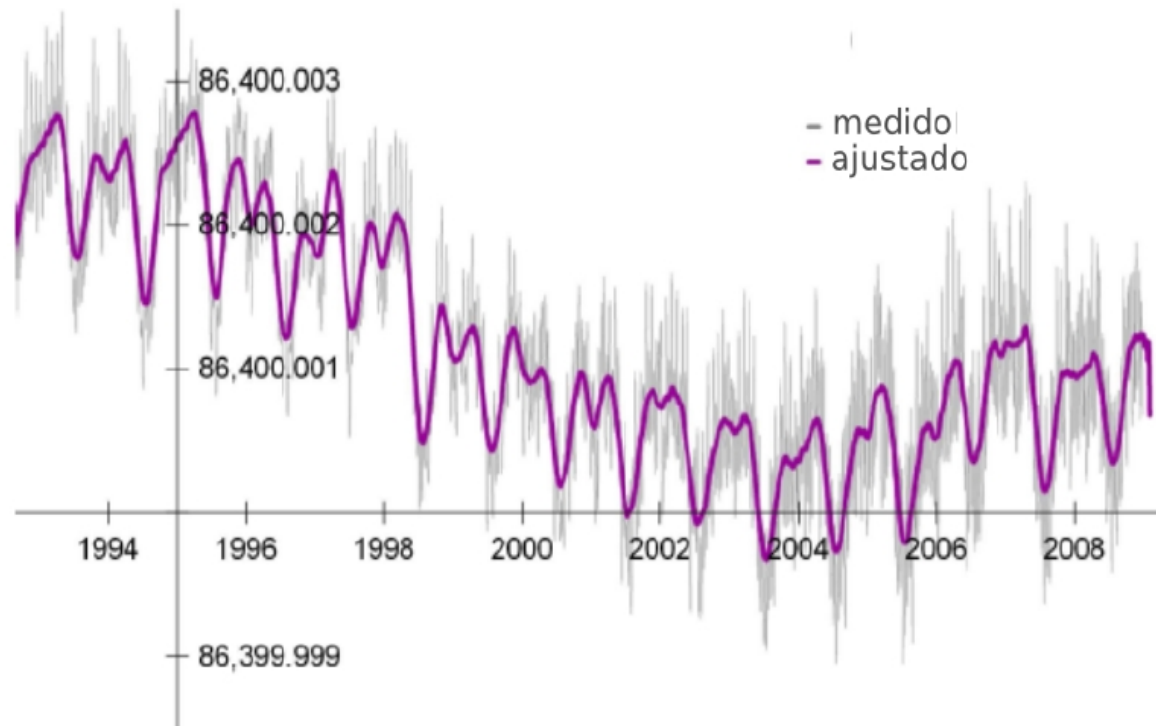
# Estabelecimento de Padrões

Muitos padrões podem ser utilizados para uma medida, porém alguns são mais adequados que outros:

- Tempo usando como padrão o dia médio solar;
- Temperatura usando o zero como sendo o dia mais frio em Copenhague ou o 100 como sendo a temperatura de derretimento da manteiga

# Estabelecimento de Padrões

Variação diária do dia solar médio



# Estabelecimento de Padrões

Os padrões instáveis (e os bizarros) mostraram que era necessário maior rigor científico no seu estabelecimento, o que deu origem ao Sistema Métrico em 1795 e, posteriormente, ao Sistema Internacional de Unidades;

Mesmo assim, muitas vezes a melhor unidade a ser usada em uma medida não é do SI.



Lavoisier, um dos cientistas que elaboraram o sistema métrico



# Estabelecimento de Padrões

E não é à toa que a água tem densidade  $1 \text{ g/cm}^3$ , calor específico  $1 \text{ cal}$ , ponto de ebulição  $100^\circ\text{C}$ , o eletrodo-padrão é de água, etc...



# Padrões Atuais

**TEMPO** - Um segundo é o tempo de duração de 9.192.631.770 ciclos da radiação correspondente à transição entre dois níveis de energia hiperfinos do estado fundamental do átomo de Cs-133.

**COMPRIMENTO** - Um metro é o comprimento do caminho percorrido pela luz no vácuo durante  $1/299.792.458$  de segundo.

**MASSA** - Um quilograma é a massa de um cilindro de platina-irídio, guardado no CGPM.

SI - Unidades básicas		
Dimensão	Unidade	Símbolo
Tempo	Segundo	s
Comprimento	Metro	m
Massa	Quilograma	kg
Corrente elétrica	Ampère	A
Temperatura Absoluta	Kelvin	K
Intensidade luminosa	Candela	cd
Quantidade de substância	Mol	mol

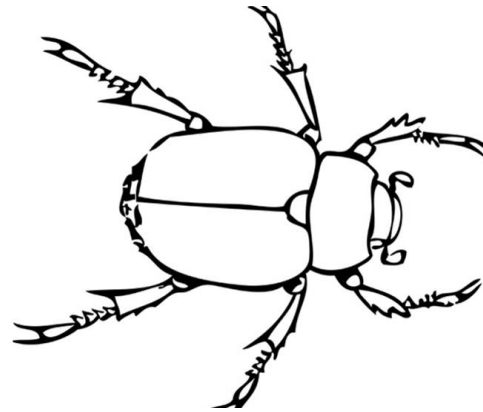
SI - Unidades derivadas			
Dimensão	Unidade	Símbolo	Em Unidades básicas
Área	Metro quadrado	m <sup>2</sup>	m . m
Volume	Metro cúbico	m <sup>3</sup>	m . m . m
Velocidade	Metro por segundo	m / s	m . s <sup>-1</sup>
Frequência	Hertz	Hz	s <sup>-1</sup>
Força	Newton	N	m . kg . s <sup>-2</sup>
Pressão	Pascal	Pa	N / m <sup>2</sup> = m <sup>-1</sup> . kg . s <sup>-2</sup>
Energia	Joule	J	N . m = m <sup>2</sup> . kg . s <sup>-2</sup>
Potência	Watt	W	J / s = m <sup>2</sup> . kg . s <sup>-3</sup>
Carga elétrica	Coulomb	C	s . A
Potencial elétrico	Volt	V	W / A = m <sup>2</sup> . kg . s <sup>-3</sup> . A <sup>-1</sup>
Resistência	Ohm	Ω	V / A = m <sup>2</sup> . kg . s <sup>-3</sup> . A <sup>-2</sup>
Radioatividade	Becquerel	Bq	s <sup>-1</sup>
Temperatura	Graus Celsius	°C	K
Ângulo	Radiano	rad	m . m <sup>-1</sup> = 1
Ângulo sólido	Steradiano	sr	m <sup>2</sup> . m <sup>-2</sup> = 1

# Ordens de Grandeza

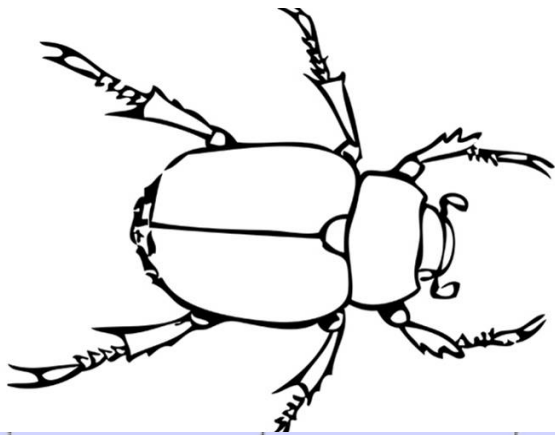
Nome	Símbolo	Valor	Nome	Símbolo	Valor
yotta	Y	$10^{24}$	deci	d	$10^{-1}$
zetta	Z	$10^{21}$	centi	c	$10^{-2}$
exa	E	$10^{18}$	mili	m	$10^{-3}$
peta	P	$10^{15}$	micro	$\mu$	$10^{-6}$
tera	T	$10^{12}$	nano	n	$10^{-9}$
giga	G	$10^9$	pico	p	$10^{-12}$
mega	M	$10^6$	femto	f	$10^{-15}$
kilo	k	$10^3$	atto	a	$10^{-18}$
hecto	h	$10^2$	zepto	z	$10^{-21}$
deca	da	$10^1$	yocto	y	$10^{-24}$

# Fazendo Medidas

Toda medida é sujeita a imperfeições e limitações, seja do experimentador, seja do equipamento



# Fazendo Medidas



Colocamos então nosso objeto de estudo em contato (direto ou indireto) com algum equipamento que o compare com uma unidade de medida

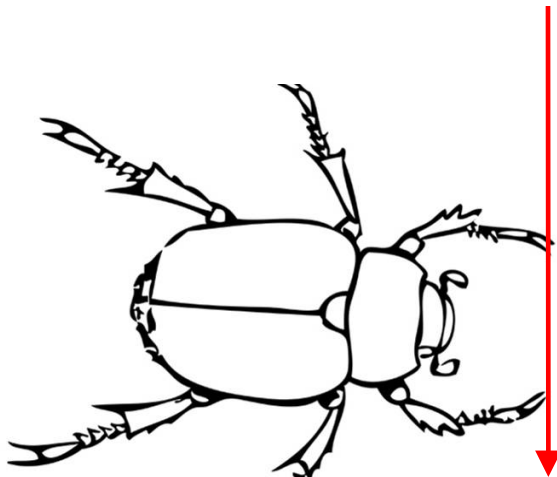
0 cm

1

2

3

# Fazendo Medidas

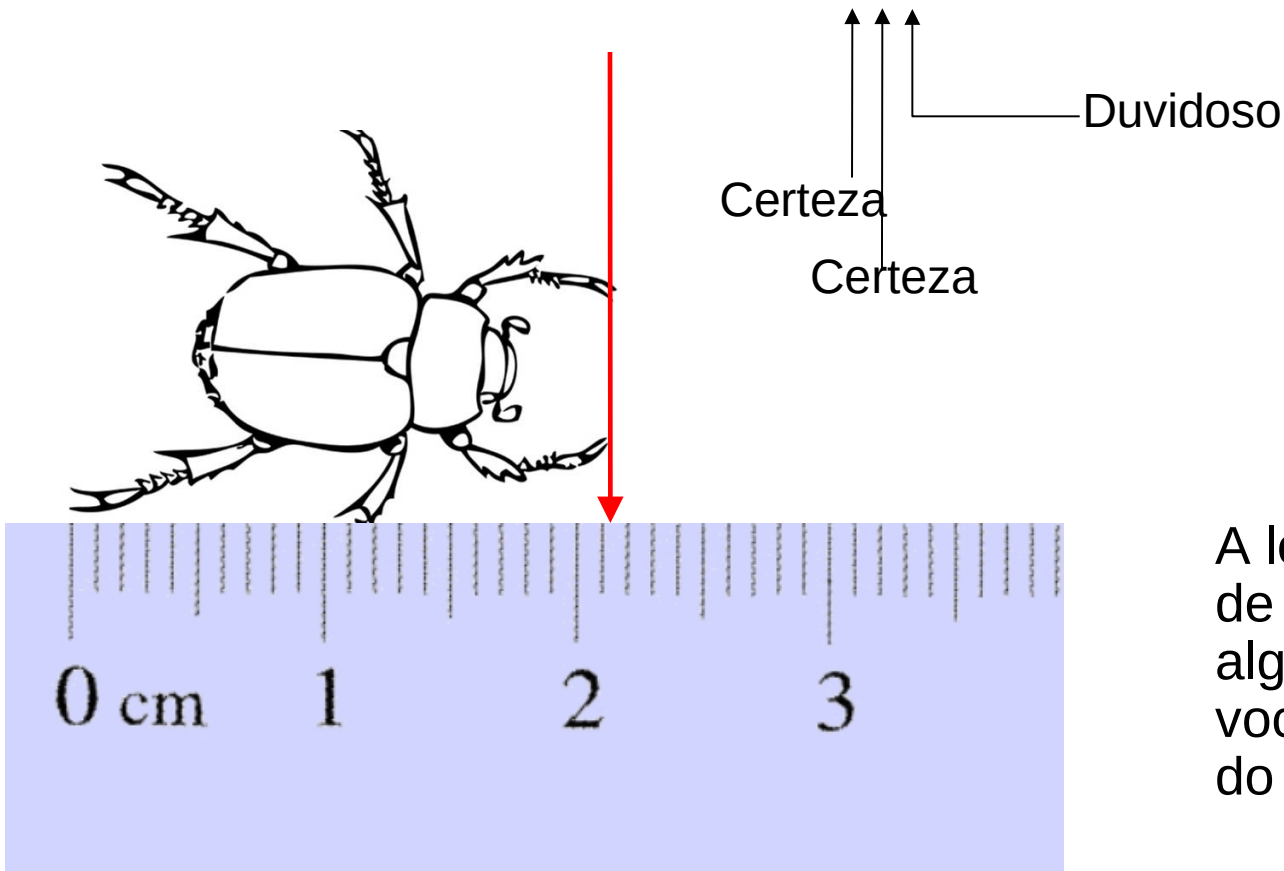


- Qual das alternativas melhor caracteriza o tamanho do besouro?
  - Entre 1 e 3 cm
  - Entre 2,0 e 2,5 cm
  - Entre 2,1 e 2,2 cm
  - Entre 2,10 e 2,15 cm
  - Entre 2,103 e 2,141 cm

Podemos escolher instrumentos com resolução maior ou menor

# Fazendo Medidas

Comprimento do besouro: 2,13 cm



A leitura da medida é de todos os algarismos dos quais você tem certeza e do primeiro duvidoso



# Fazendo Medidas

Comprimento do besouro: 2,13 cm  $\pm$  0,05 cm

— Incerteza



— Duvidoso

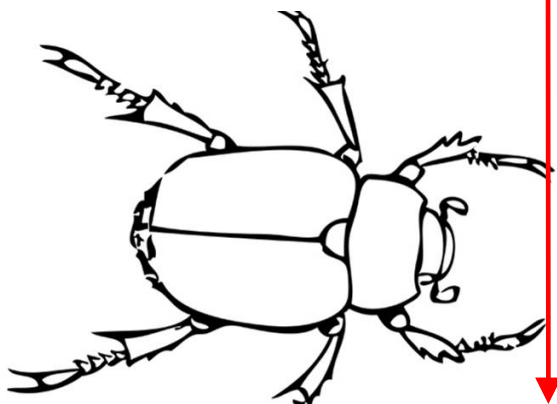
Certeza

Certeza



Certeza

Certeza



A leitura da medida é de todos os algarismos dos quais você tem certeza e do primeiro duvidoso

# Limitações de uma Medida

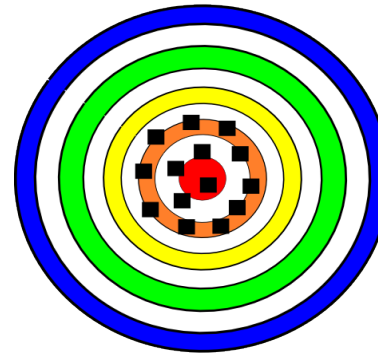
## Precisão

- Relacionada à flutuação entre uma medida e outra
- Dispersão dos dados

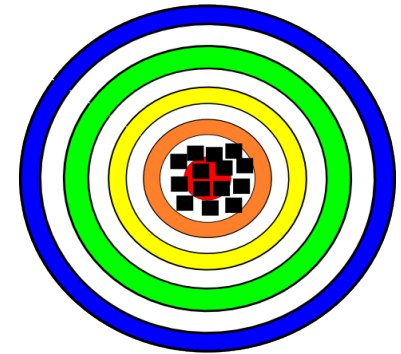
## Veracidade

- Quanto próximo você está do valor verdadeiro

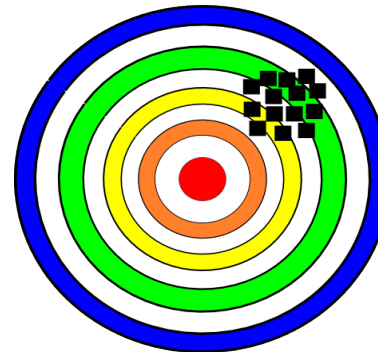
Alta veracidade  
Baixa precisão



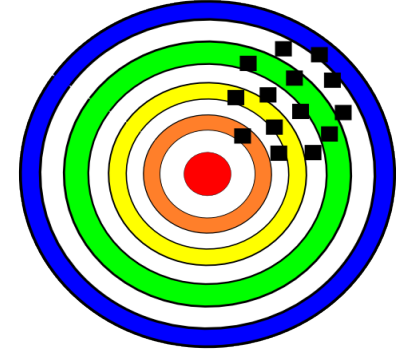
Alta veracidade  
Alta precisão



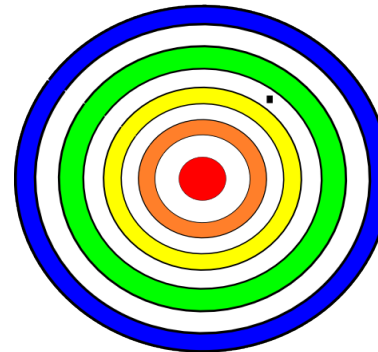
Baixa veracidade  
Alta precisão



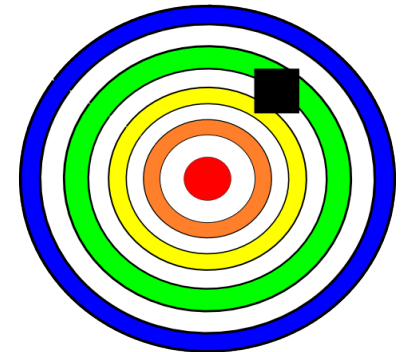
Baixa veracidade  
Baixa precisão



Baixa veracidade  
Alta resolução



Baixa veracidade  
Baixa resolução



# Limitações de uma Medida

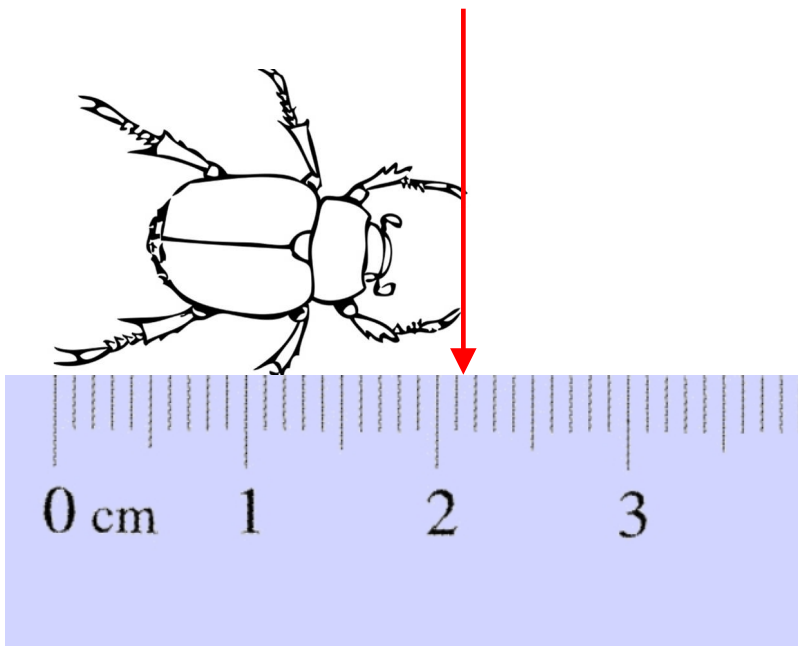
Nenhuma medida é exata!

$$\diamond \text{ERRO} = \text{VALOR REAL} - \text{VALOR MEDIDO}$$

Como não conhecemos o valor real, o melhor que podemos fazer com o erro é estimá-lo → a incerteza é uma maneira probabilística de estimar o módulo do erro!

Fontes de erro: relacionadas à veracidade e à precisão

# Representação dos Resultados



Escolha a alternativa correta:

- 2,13 cm  $\pm$  0,0500 cm
- 2,130 cm  $\pm$  0,05 cm
- 2,13000 cm  $\pm$  0,05 cm
- 2,1300 cm  $\pm$  0,0500 cm
- 2,130 cm  $\pm$  0,050 cm
- 02,13 cm  $\pm$  0,05 cm



# Representação dos Resultados

A representação dos resultados deve dizer qual o valor medido, qual sua incerteza (estimativa de erro) e, para ser rigoroso, a probabilidade de que o valor real esteja neste intervalo (veremos isto ao longo do curso)

# Notação Científica

$$\begin{aligned}12.300.000 &= 1,23 \times 10^7 \\1.230.000 &= 1,23 \times 10^6 \\123.000 &= 1,23 \times 10^5 \\12.300 &= 1,23 \times 10^4 \\1.230 &= 1,23 \times 10^3 \\123 &= 1,23 \times 10^2 \\12,3 &= 1,23 \times 10^1 \\1,23 &= 1,23 \times 10^0 \\0,123 &= 1,23 \times 10^{-1} \\0,0123 &= 1,23 \times 10^{-2} \\0,00123 &= 1,23 \times 10^{-3} \\0,000123 &= 1,23 \times 10^{-4} \\0,0000123 &= 1,23 \times 10^{-5} \\0,00000123 &= 1,23 \times 10^{-6} \\0,000000123 &= 1,23 \times 10^{-7}\end{aligned}$$

# Algarismos Significativos





# Algarismos Significativos

≠

# Casas Decimais



# Algarismos Significativos

Algarismos significativos são aqueles que compõe o valor de uma grandeza (excluindo zeros à esquerda)

ZEROS À DIREITA  
SÃO  
SIGNIFICATIVOS!!!!

raio (mm)	significativos
57,896	5
$5,79 \times 10^1$	3
$5,789600 \times 10^1$	7
$0,6 \times 10^2$	1

Como se escolhe  
quantos usar?  
Olhando para a  
incerteza:

# Algarismos Significativos

Zeros à esquerda não são significativos e podem ser eliminados pela mudança de unidades:

$$\square 0,020 \text{ m} = 20 \text{ cm}$$

Zeros à direita refletem a precisão da medida, por isso devemos avaliar o número de significativos da incerteza:

# Algarismos Significativos

Medimos um caderno com uma régua, obtendo:

- $L=27,678 \text{ cm} \pm 0,05 \text{ cm}$
- Está certo isto?
- NÃO!

Se a minha medida não tem precisão até a terceira casa depois da vírgula, o valor desta casa não interessa, ou seja, não é significativo.

Resumindo: o número de algarismos significativos reflete a precisão da medida

# Operações com Algarismos Significativos

Arredondamento:

- **NUNCA** arredondar os valores antes do fim!
- Se o primeiro algarismo não-significativo for menor que 5, os algarismos são eliminados (arredondamento para baixo);

2,354 → 2,35

# Operações com Algarismos Significativos

Arredondamento:

- **NUNCA** arredondar os valores antes do fim!
- Se o primeiro algarismo não-significativo for maior que 5, os algarismos são eliminados e soma-se 1 ao último significativo (arredondamento para cima);

$$2,356 \rightarrow 2,36$$

# Operações com Algarismos Significativos

Arredondamento:

- **NUNCA** arredondar os valores antes do fim!
- Se o primeiro algarismo não-significativo for igual a 5, os algarismos são eliminados e soma-se 1 ou não ao último significativo, de modo a que este seja um número par;

$$2,355 \rightarrow 2,36$$

$$8,465 \rightarrow 8,46$$

# Adições e Subtrações

O resultado deve ter o mesmo número de **casas decimais** da medida com o menor número de **casas decimais**:

$$L_1 = 120,75 \text{ cm e } L_2 = 80 \text{ cm}$$

$$L_1 + L_2 = 200,75 \text{ cm}$$

$$L_1 + L_2 = 201 \text{ cm}$$

# Multiplicações e Divisões

O resultado deve ter o mesmo número de **algarismos significativos** da medida com o menor número de **algarismos significativos**:

$$m = 1,305 \text{ Kg} \quad a = 2,75 \text{ m/s}^2$$

$$F = 3,58875 \text{ N}$$

$$F = 3,59 \text{ N}$$



# Exercício em aula:

- Associe o número de algarismos significativos corretos a cada número.
  - $12,3 \cdot 10^3$
  - 1,325
  - 50
  - 64,758
- Calcule a soma dos números abaixo e escreva a resposta com o número correto de significativos

$$A = 246.2 ; \quad B = 0.00779$$


# Exercício em aula:

- Associe o número de algarismos significativos corretos a cada número.

- $12,3 \cdot 10^3$       3 algarismos significativos
- 1,325              4 algarismos significativos
- 50                    2 algarismos significativos
- 64,758              5 algarismos significativos

- Calcule a soma dos números abaixo e escreva a resposta com o número correto de significativos

Número correto de  
algarismos significativos.

$$A = 246,2 ; \quad B = 0,00779$$


$$A+B = 246,2 + 0,00779 = 246,20779 = 246,2$$

# Experimento I – Aula 1

- Medir as dimensões necessárias para obter a área da sala e da lousa, primeiramente sem usar régua ou trena (**usando pés e palmos**) e depois usando um desses dois instrumentos
- Calcular as respectivas áreas escrevendo o resultado final com o número correto de significativos
- Medir o tempo para dez oscilações de um pêndulo simples, **primeiramente usando o número de batimentos cardíacos** e depois usando um cronômetro

# Experimento I – Aula 1

- Preencher a tabela com os dados coletados por todos os colegas do grupo
- Comparar os valores de área da lousa, volume da sala e tempo de oscilação do pêndulo obtidos usando unidades não convencionais
- Padronizar as medidas e cálculos calibrando seu instrumento de medida (comparação com padrão)
- Reescrever os valores
- Comparar novamente os valores