F106 – Fundamentos de Física para Biologia

Unidades, Padrões, Grandezas, Escalas e Tamanhos

Prof. Dr. Edmilson J.T. Manganote

Introdução

Ciência → Relações

Relações → Conjuntos de Observações

Conjuntos de Observações → Experimento

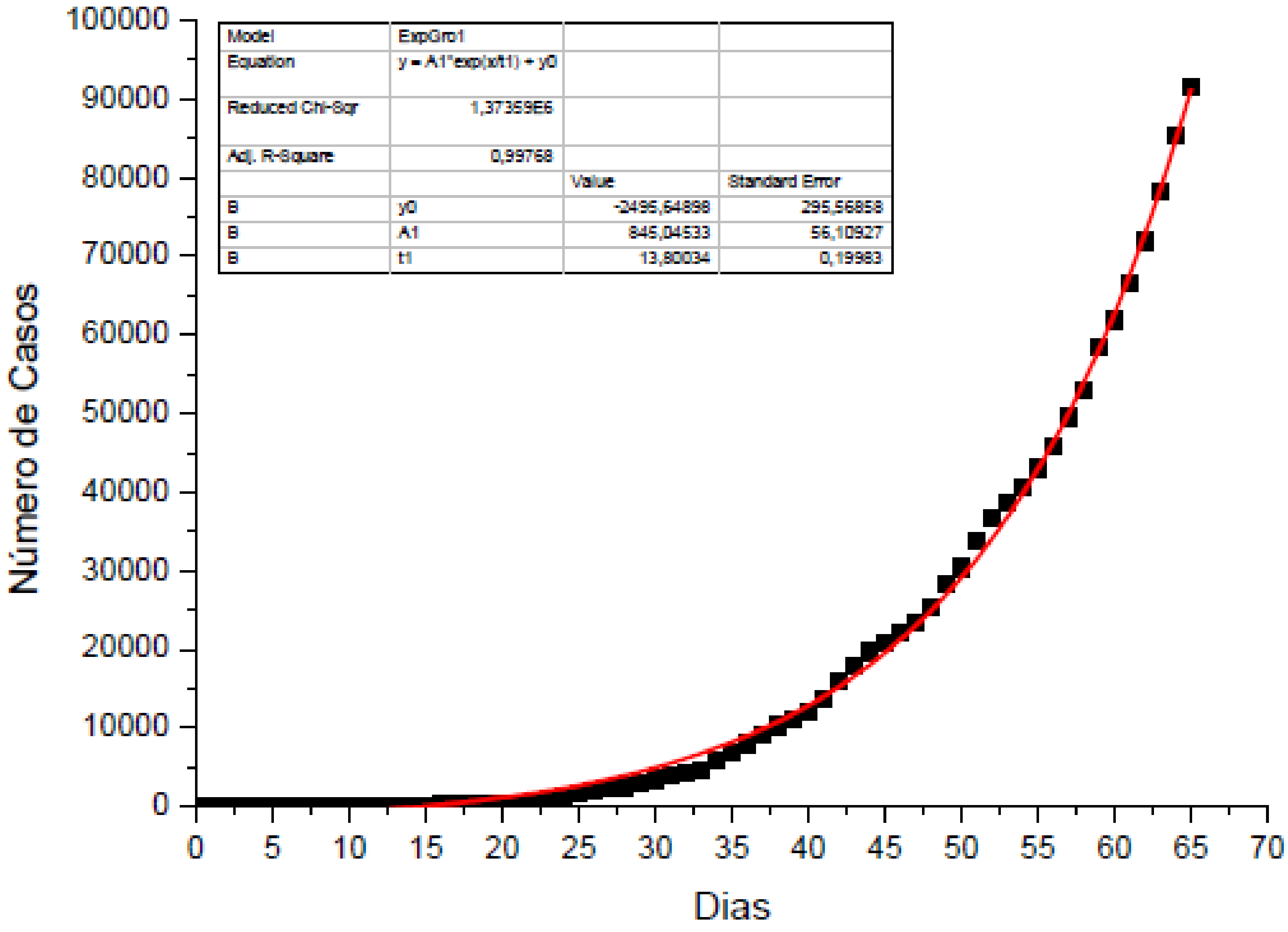
Experimento → Repetição do Experimento

Repetição do Experimento → Erro Experimental

Generalizações

Biologia → Organismos Vivos → Complexidade

Resultados Altamente Variáveis



Model	ExpGro1		
Equation	y = A1*exp(x/t1) + y0		
Reduced Chi-Sqr	1,37359E6		
Adj. R-Square	0,99768		
		Value	Standard Error
B	y0	-2495,64898	295,56858
B	A1	845,04533	56,10927
B	t1	13,80034	0,19983

Grandezas Físicas

- Quando se deseja medir algo, como por exemplo o comprimento de um objeto, está-se medindo uma **quantidade ou grandeza física**.
- A medida de uma grandeza física é expressa pelo número de vezes que a **unidade padrão**, tomada como referência, está contida na grandeza a ser medida.
- O valor de uma medida é composto por duas partes inseparáveis: **o número e a unidade padrão** em que a grandeza foi expressa.
- Claramente, a informação de que uma pessoa saltou "15" de distância está incompleta, porque se foram 15 cm, 15 polegadas ou até 15 m, estamos falando de distâncias que são completamente diferentes.

SISTEMA INTERNACIONAL DE UNIDADES (SI)

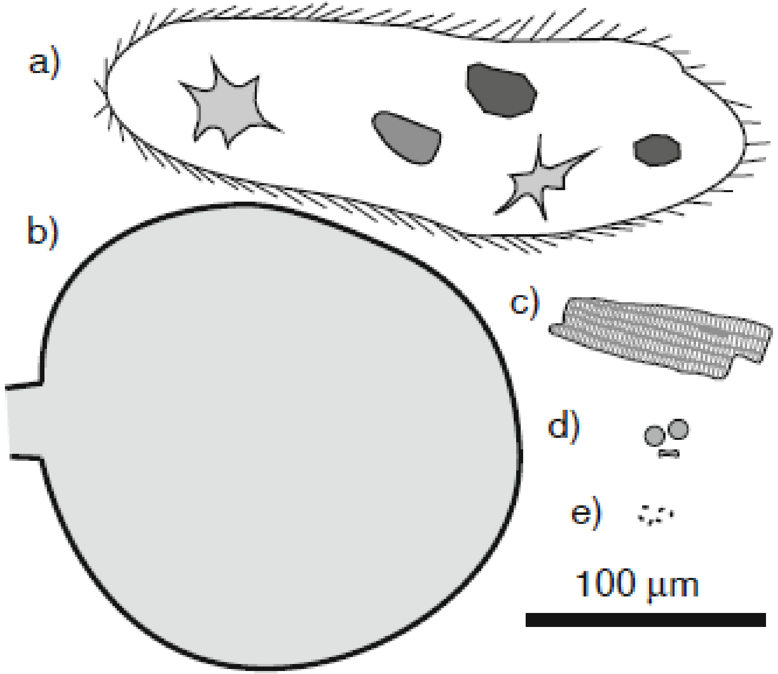
Grandezas e Unidades de Base

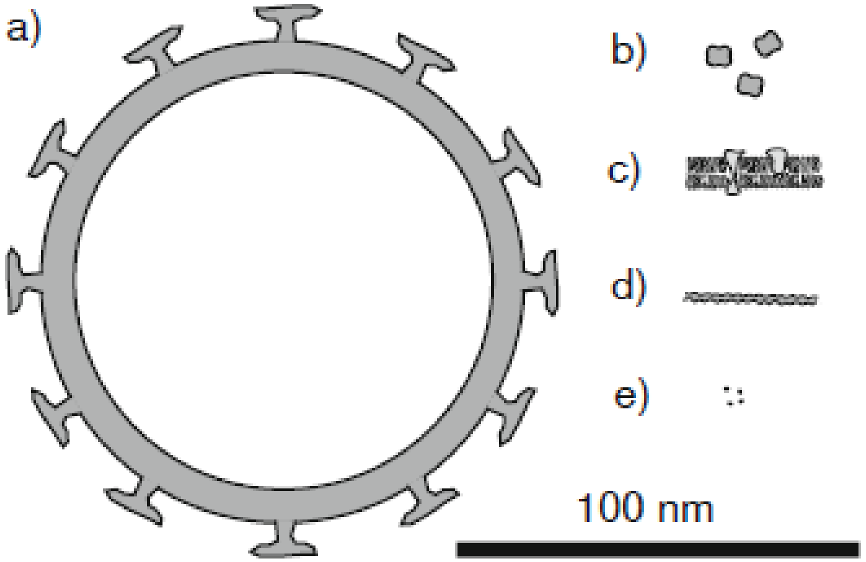
Grandeza física de base (símbolo)	*Unidade de base (símbolo)*	*Dimensão de base*	*Definição da unidade de base*
comprimento (l)	metro (m)	L	1 m é o comprimento do trajecto da luz, no vazio, no tempo de 1/299792458 s (**1983**).
massa (m)	quilograma (kg)	M	1 kg é a massa do protótipo internacional do quilograma (**1901**).
tempo (t)	segundo (s)	T	1 s é a duração de 9192631770 períodos da radiação da transição entre 2 níveis hiperfinos do estado fundamental do ^{133}Cs (**1967**).
intensidade de corrente eléctrica (I)	ampere (A)	I	1 A é a intensidade de uma corrente constante que mantida em 2 condutores paralelos, rectilíneos, de comprimento infinito, de secção circular desprezível e à distancia de 1 m no vazio produz uma força de $2x10^{-7}$ N/m (**1948**).
temperatura (T)	kelvin (K)	Θ	1 K é 1/273,16 da temperatura termodinâmica do ponto triplo da água (**1967**).
quantidade de matéria (n)	mole (mol)	N	a mole é a quantidade de matéria de um sistema contendo tantas entidades elementares quanto os átomos que existem em 0,012 kg de ^{12}C (**1971**).
intensidade luminosa (I_v)	candela (cd)	J	1 cd é a intensidade luminosa numa dada direcção de fonte que emite radiação monocromática de frequência $540x10^{12}$ Hz e cuja intensidade nessa direcção é 1/683 $W.sr^{-1}$ (**1979**).

Prefixos do SI								v · e
Prefixo		1000^m	10^n	Escala curta	Escala longa	Equivalente numérico	Desde[nota 1]
Nome	Símbolo						
yotta	Y	1000^8	10^{24}	Septilhão	Quadrilião	1 000 000 000 000 000 000 000 000	1991
zetta	Z	1000^7	10^{21}	Sextilhão	Milhar de trilião	1 000 000 000 000 000 000 000	1991
exa	E	1000^6	10^{18}	Quintilhão	Trilião	1 000 000 000 000 000 000	1975
peta	P	1000^5	10^{15}	Quadrilhão	Milhar de bilião	1 000 000 000 000 000	1975
tera	T	1000^4	10^{12}	Trilhão	Bilião	1 000 000 000 000	1960
giga	G	1000^3	10^9	Bilhão	Milhar de milhão	1 000 000 000	1960
mega	M	1000^2	10^6	Milhão	Milhão	1 000 000	1960
quilo	k	1000^1	10^3	Mil	Milhar	1 000	1795
hecto	h	$1000^{2/3}$	10^2	Cem	Centena	100	1795
deca	da	$1000^{1/3}$	10^1	Dez	Dezena	10	1795
nenhum		1000^0	10^0	Unidade	Unidade	1	
deci	d	$1000^{-1/3}$	10^{-1}	Décimo	Décimo	0,1	1795
centi	c	$1000^{-2/3}$	10^{-2}	Centésimo	Centésimo	0,01	1795
mili	m	1000^{-1}	10^{-3}	Milésimo	Milésimo	0,001	1795
micro	µ	1000^{-2}	10^{-6}	Milionésimo	Milionésimo	0,000 001	1960
nano	n	1000^{-3}	10^{-9}	Bilionésimo	Milésimo de milionésimo	0,000 000 001	1960
pico	p	1000^{-4}	10^{-12}	Trilionésimo	Bilionésimo	0,000 000 000 001	1960
femto	f	1000^{-5}	10^{-15}	Quadrilionésimo	Milésimo de bilionésimo	0,000 000 000 000 001	1964
atto	a	1000^{-6}	10^{-18}	Quintilionésimo	Trilionésimo	0,000 000 000 000 000 001	1964
zepto	z	1000^{-7}	10^{-21}	Sextilionésimo	Milésimo de trilionésimo	0,000 000 000 000 000 000 001	1991
yocto	y	1000^{-8}	10^{-24}	Septilionésimo	Quadrilionésimo	0,000 000 000 000 000 000 000 001	1991

1. ↑ O sistema métrico foi introduzido em 1795 com seis prefixos. As outras datas estão relacionadas ao reconhecimento pela resolução da Conferência Geral de Pesos e Medidas (CGPM).

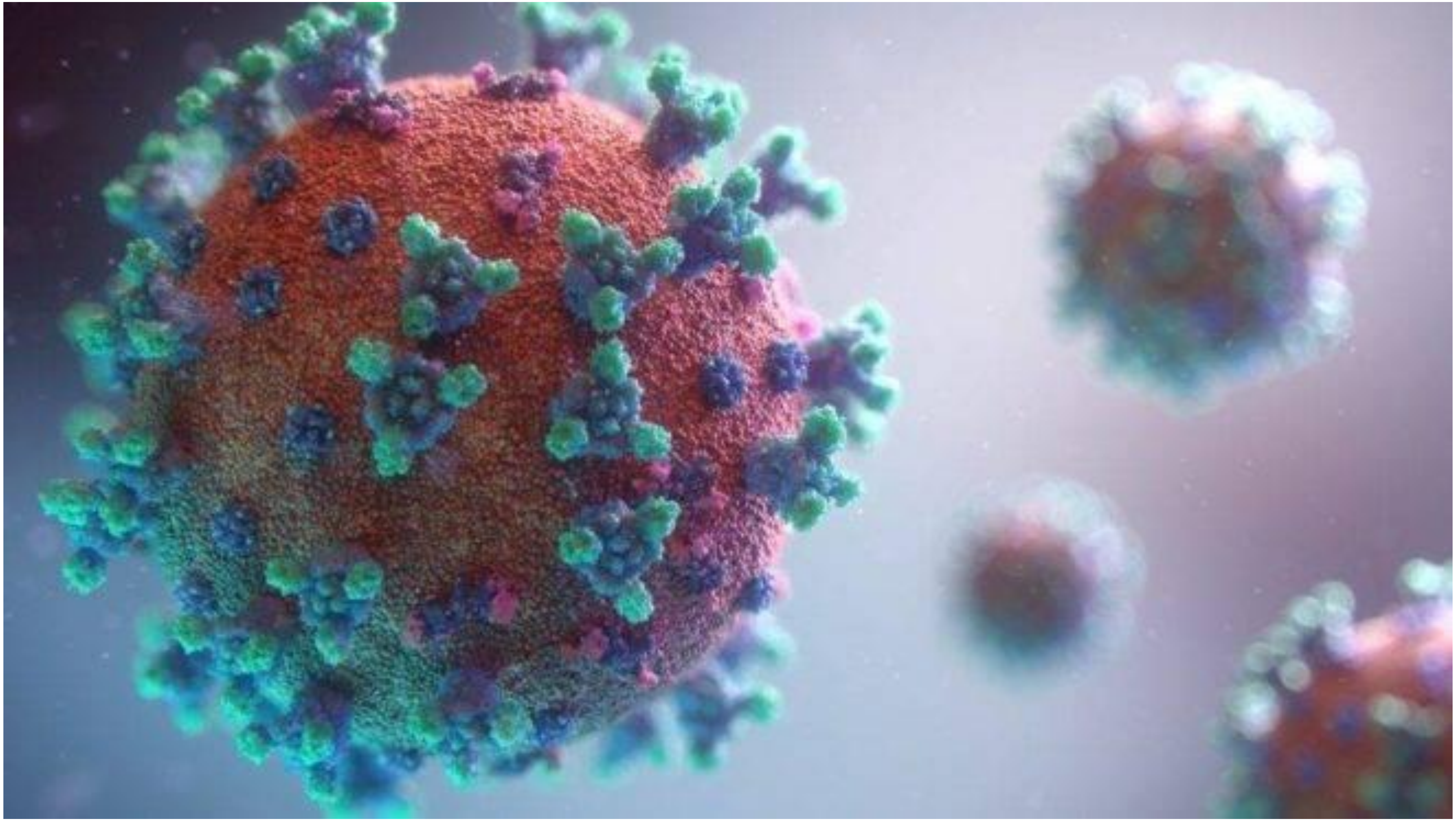
Nosso pequeno mundo...





a) Paramecium
b) Alvéolo
c) Célula Cardíaca
d) Hemácias
e) Bactéria *Escherichia Coli*

a) Vírus HIV
b) Hemoglobina
c) Membrana Celular
d) Molécula de DNA
e) Moléculas de Glucose

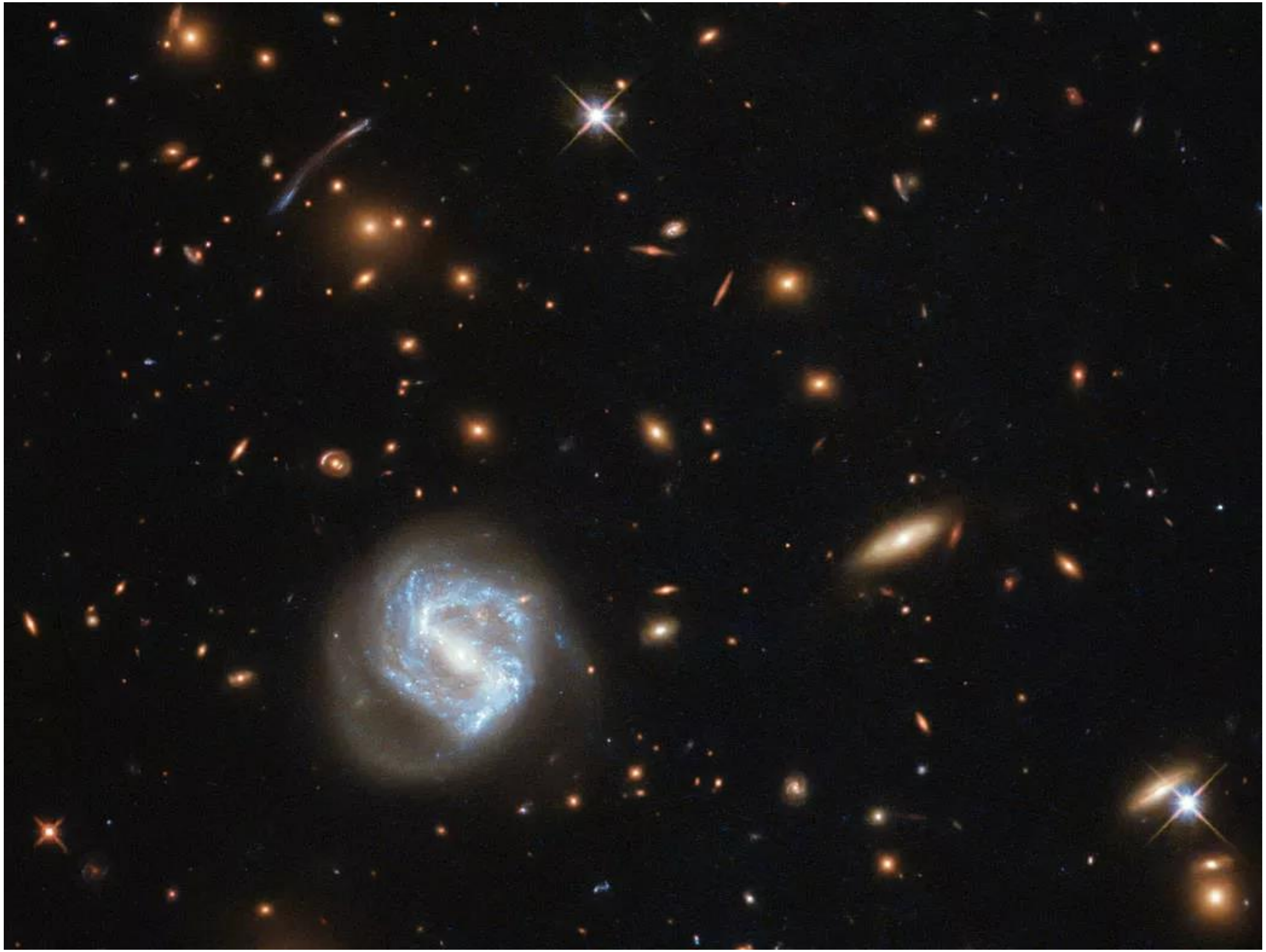


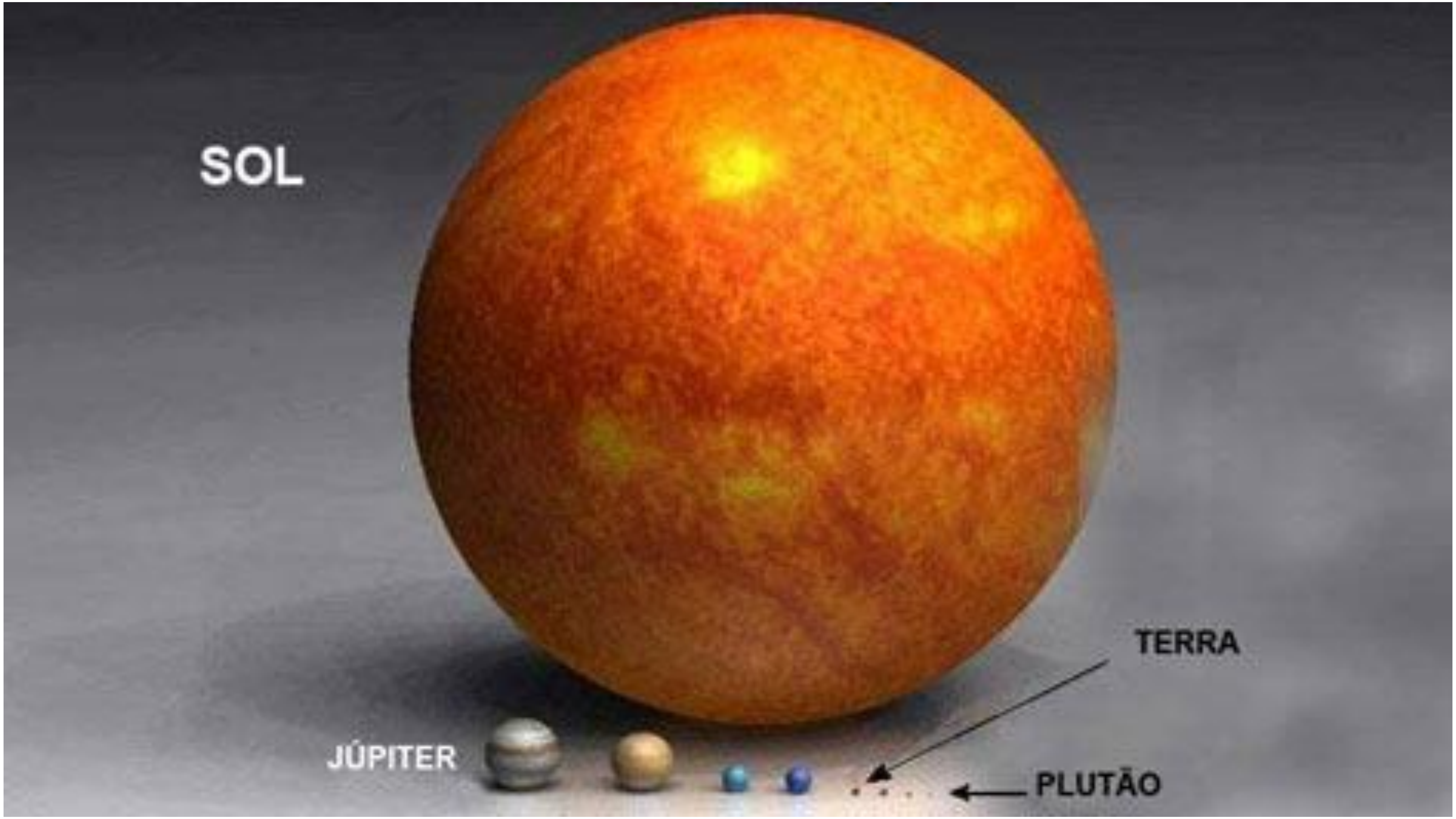
Baleia Azul - Pode chegar a 30 m de comprimento

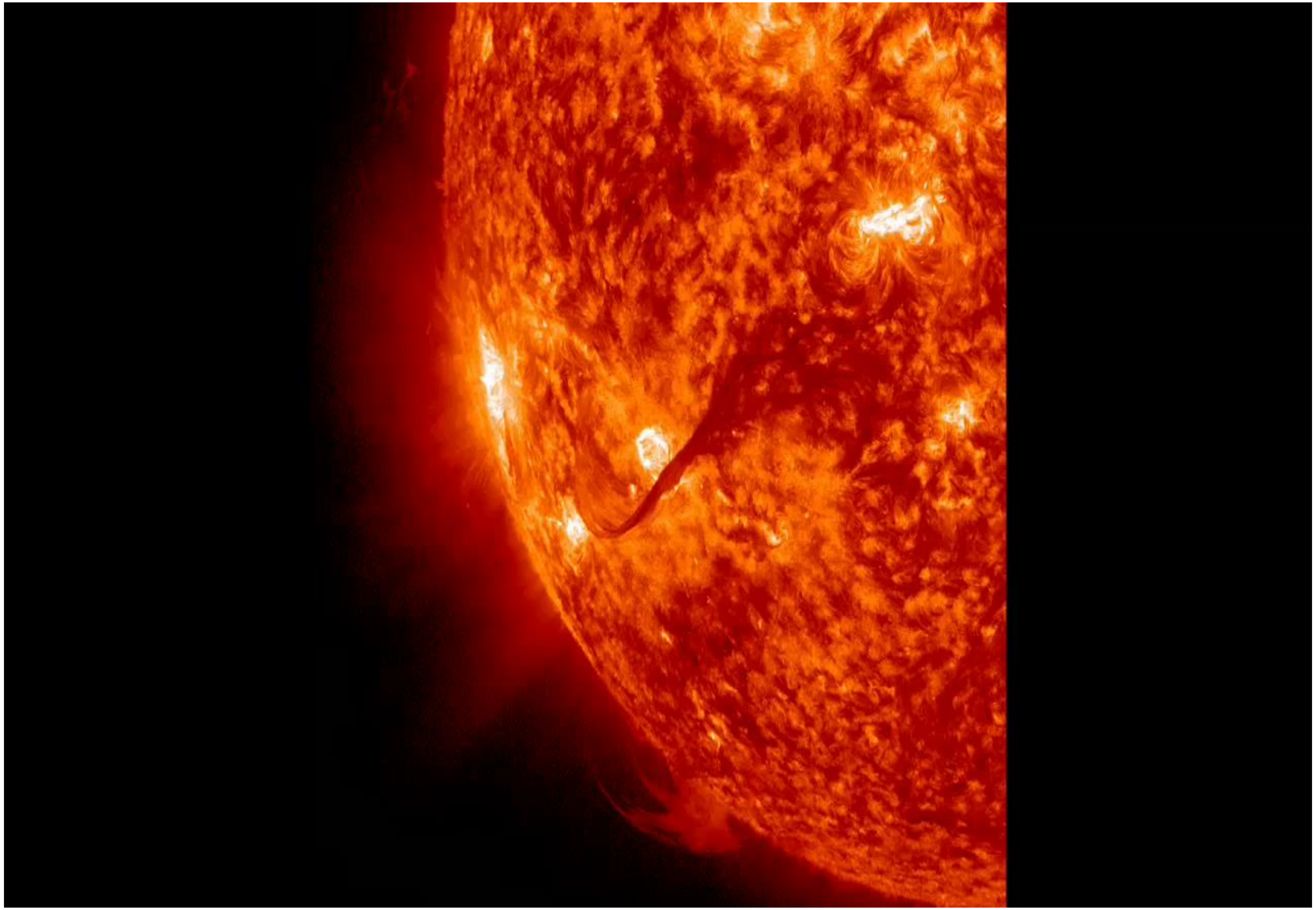
Tardígrado - Entre 0,3 e 0,5 mm de comprimento

Galáxia semelhante à Via Láctea, denominada NGC 6744, formação fica a cerca de 30 milhões de anos-luz de distância da Terra, na Constelação Pavão

A galáxia Rubin vista na imagem está situada a 232 milhões de anos-luz da Terra e tem 2,5 vezes o tamanho da Via Láctea e 10 vezes mais estrelas que nossa galáxia. O conjunto fica localizado próximo à constelação de Perseu e foi batizada em homenagem à astrônoma Vera Rubin (1928–2016) por Benne Holwerda, especialista que investiga a galáxia utilizando o telescópio Hubble.

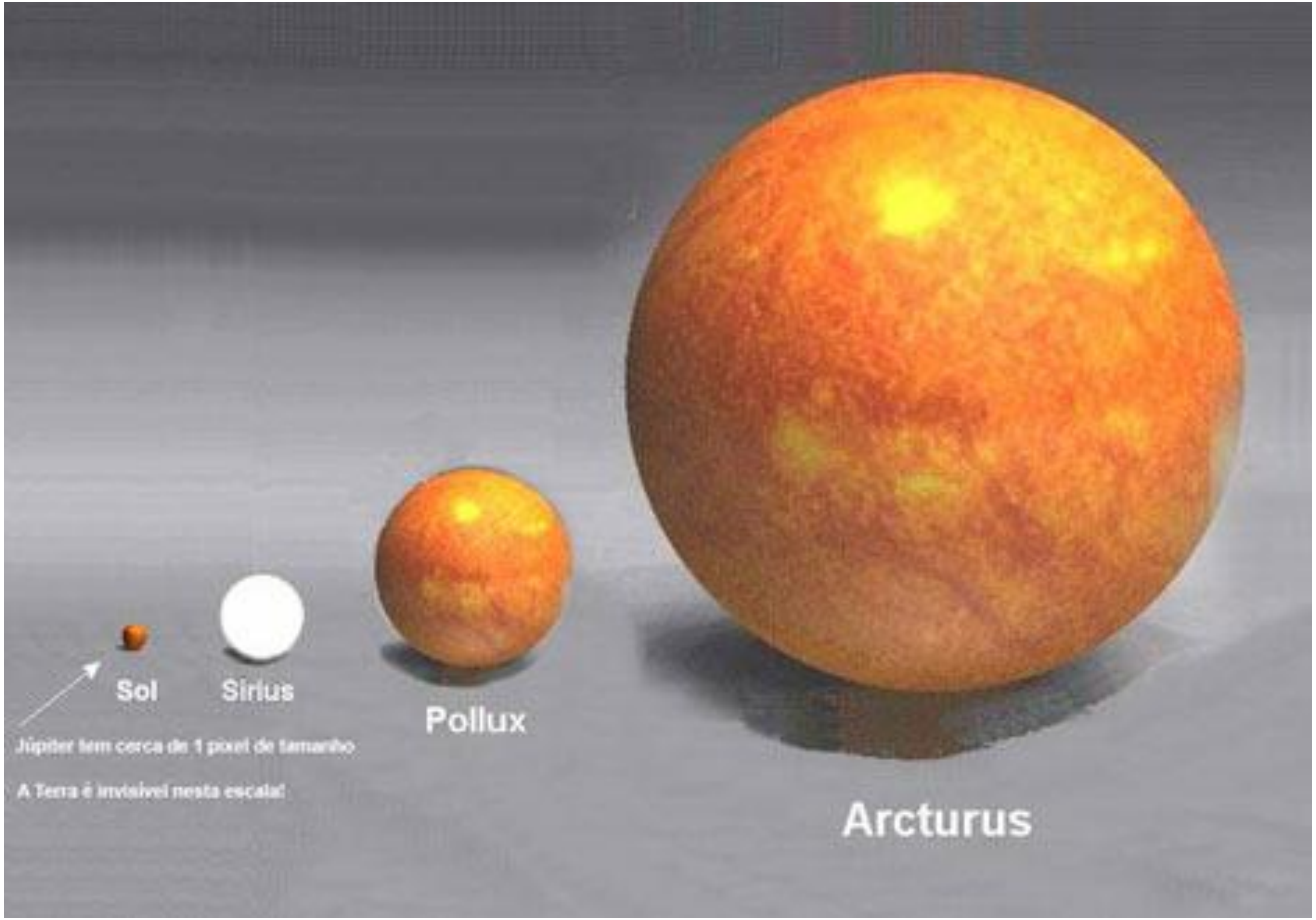


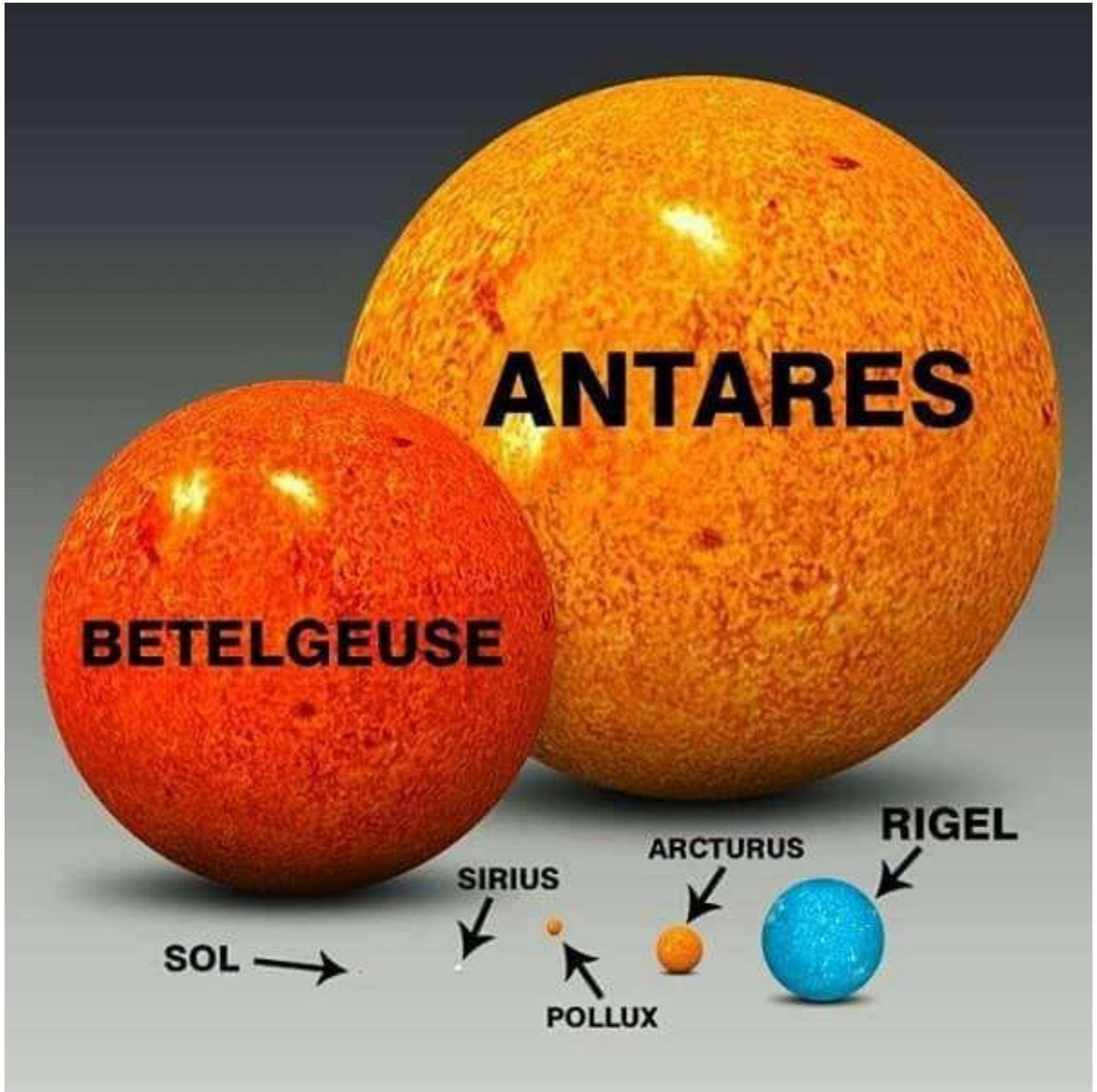

SOL
TERRA
JÚPITER
PLUTÃO



Coronal Mass Ejection (CME) 31 de Agosto de 2012

Coronal Mass Ejection (CME) 26 de maio de 2019


Sol
Sirius
Pollux
Arcturus
Júpiter tem cerca de 1 pixel de tamanho
A Terra é invisível nesta escala!


ANTARES
BETELGEUSE
RIGEL
ARCTURUS
SIRIUS
SOL
POLLUX

Tipos de grandezas físicas

Vetores e Escalares

- **Escalar**: Uma quantidade caracterizada somente por sua magnitude.

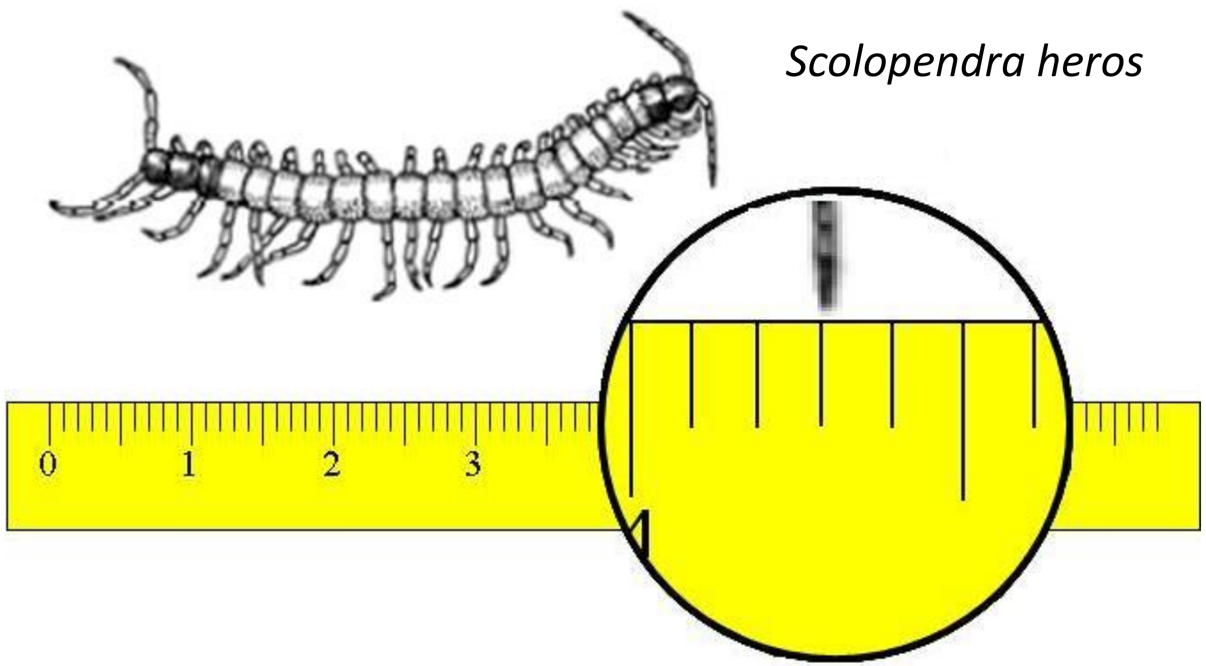
  Exemplos: *massa, comprimento, tempo e energia.*

- **Vetor**: Uma quantidade caracterizada por sua magnitude e direção.

  Exemplos: *força, posição e velocidade*.

Algarismos Significativos

Scolopendra heros



Qual é o comprimento afinal?

4,3**2**

Algarismo duvidoso

$4{,}32 \pm 0{,}05$

Erro: metade da menor divisão

Quais são os algarismos significativos?

Qualquer algarismo à **direita**, no sentido usual de leitura, do **primeiro algarismo não nulo**

Exemplos:

0,02	$\Rightarrow$ 1 algarismo significativo
0,2	$\Rightarrow$ 1 algarismo significativo
2	$\Rightarrow$ 1 algarismo significativo
2,0	$\Rightarrow$ 2 algarismos significativos
2,00	$\Rightarrow$ 3 algarismos significativos
2000	$\Rightarrow$ 4 algarismos significativos
$2{,}0 \times 10^3$	$\Rightarrow$ 2 algarismos significativos

Algarismos significativos

Aqui estão as regras básicas para dígitos significativos:

1. Todos os dígitos diferentes de zero são significativos.
2. Todos os zeros entre dígitos significativos são significativos.
3. Todos os zeros que estão à direita da vírgula decimal e simultaneamente à direita de todos os dígitos significativos diferentes de zero são significativos.

Algarismos significativos

1000 possui um dígito significativo: apenas o 1 é interessante (apenas nos diz algo específico); não sabemos ao certo as centenas, dezenas ou unidades; os zeros podem ser apenas espaços reservados; eles podem ter arredondado algo para obter esse valor.

1000.0 possui cinco dígitos significativos: o ".0" nos diz algo interessante sobre a suposta precisão da medição que está sendo feita; ou seja, que a medição é precisa até na casa de um décimo, mas que há zero décimos.

0.00035 tem dois dígitos significativos: apenas os 3 e 5 nos dizem algo; os outros zeros são espaços reservados, fornecendo apenas informações sobre tamanho relativo.

0.000350 possui três dígitos significativos: o último zero indica que a medição foi feita com precisão nesse último dígito, que por acaso tinha um valor zero.

Dígitos significativos

Aproximações

N = 3,87**XY**

- N = 3,88 se X>5
- N = 3,87 se X<5
- Se X=5 $\Rightarrow$
  - se Y $\geq$ 5 depois de X $\Rightarrow$ N = 3,88
  - se Y< 5 depois de X $\Rightarrow$ N = 3,87

Operações

→ n°. de algs. significativos = ao que tem menos

Dígitos significativos: operações

Exemplos:

1) $128{,}76 + 78{,}1 = 206{,}86$
menor número de dígitos significativos é 3, da parcela 78,1
$\Rightarrow 128{,}76 + 78{,}1 = 207$

2) $101 / 3{,}225 = 31{,}3178295$
menor número de dígitos significativos é 3, do numerador 101
$\Rightarrow 101 / 3{,}225 = 31{,}3$

3) $101 / 3{,}2 = 31{,}5625$
menor número de dígitos significativos é 2, do denominador 3,2
$\Rightarrow 101 / 3{,}2 = 32$

4) $100 / 3{,}2 = 31{,}25$
menor número de dígitos significativos é 2, do denominador 3,2
$\Rightarrow 100 / 3{,}2 = 31$

Operações com algarismos significativos

Suponha que estamos fazendo uma medida da área superficial de hemácias,
que vamos aproximar por esferas.

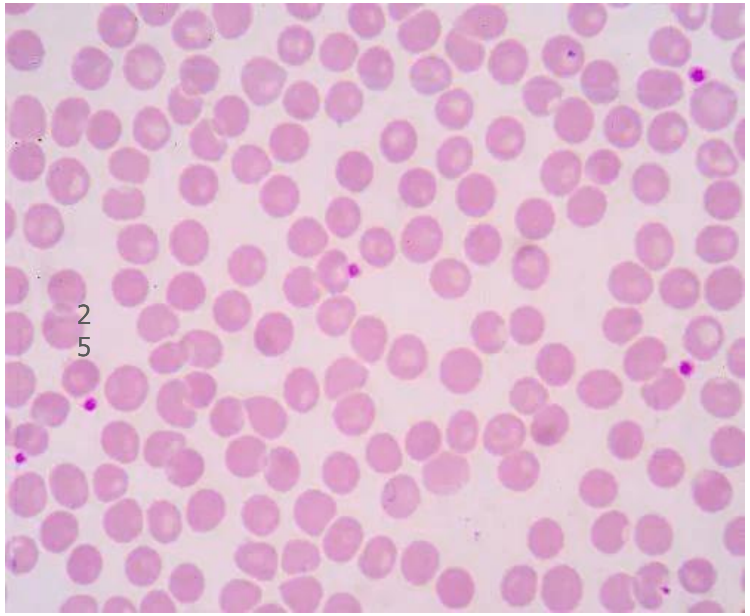
Conseguimos medir o raio R de uma hemácia com um microscópio,
e obtivemos R = 4,1 μm (admitindo que os dois algarismos da medida são significativos)

Qual a maneira correta de representar a área medida?

R: Área $A = 4 . \pi . R^2$

- 4 é um número que vem da fórmula, logo desconsideramos sua influência na contabilidade dos algarismos significativos
- o mesmo ocorre com π, que além do mais tem um número infinito de casas decimais
- o nosso interesse recai sobre os algarismos significativos DA NOSSA MEDIDA (2 algarismos)

$A = 4 . \pi . (4{,}1\ \mu m)^2 = 4 . 3{,}141592654 . 16{,}81 = 211{,}240690027 = 210\ \mu m^2$



Conceitos básicos de ESTATÍSTICA

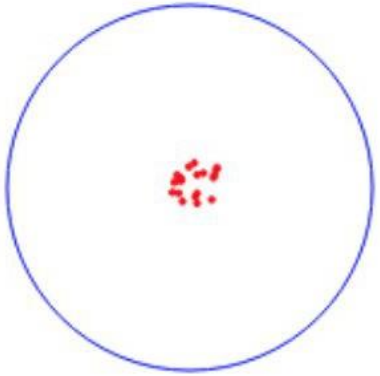
Precisão e Acurácia: quão "boa" é uma série de medidas?

Ao realizar medições de qualquer natureza ocorrem variações nos processos.

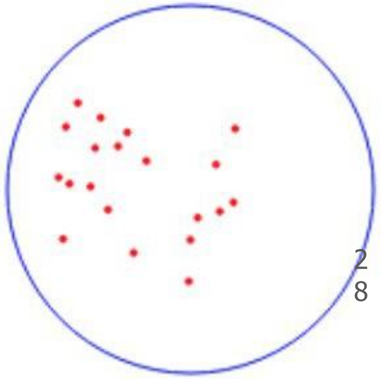
Precisão e Acurácia: quão "boa" é uma série de medidas?

Precisão:

Proximidade entre os valores obtidos pela repetição do processo de medição, ou seja, é a tolerância do erro de medição para determinado medidor. Quanto mais precisa uma medição, menor será a variabilidade entre os valores obtidos, dessa série de medições realizadas, apresentando dessa maneira uma pequena dispersão.



Preciso = Pequena dispersão



Não preciso = Grande dispersão

Precisão e Acurácia: quão "boa" é uma série de medidas?

Acurácia ou Exatidão:

Determina o **quão próximo o valor medido está do valor tido como verdadeiro**, ou valor de referência, para aquela medida.

Precisão e Acurácia: quão "boa" é uma série de medidas?

De forma geral:

- A *acurácia* depende da *calibração* e ajuste do equipamento, para evitar os erros sistemáticos (diferença entre um valor medido e uma referência).
- A *precisão* depende do nível de *interferência* e de *ruído* que afetam a medida.

Medidas

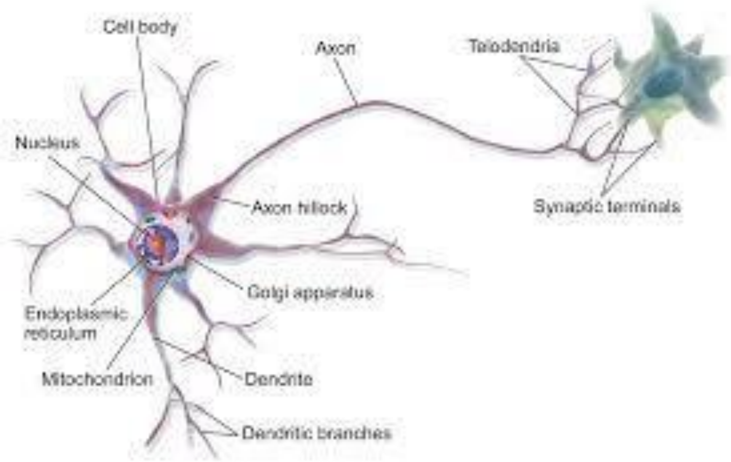
A atividade científica envolve, intrinsecamente, o ato de "medir".

Medidas são feitas em grandes quantidades por pessoas diferentes, e estão sujeitas a flutuações, que podem ter origem no instrumento de medida, e na subjetividade do operador

- valores médios
- desvios das medidas
- precisão e acurácia
- intervalos de dispersão
- interpretação estatística dos intervalos

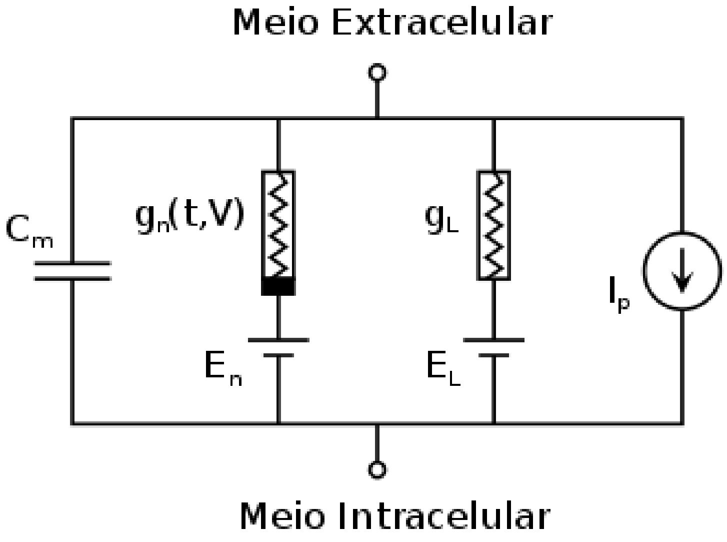
Medidas e o Método Científico

- **Objeto em estudo: neurônios**



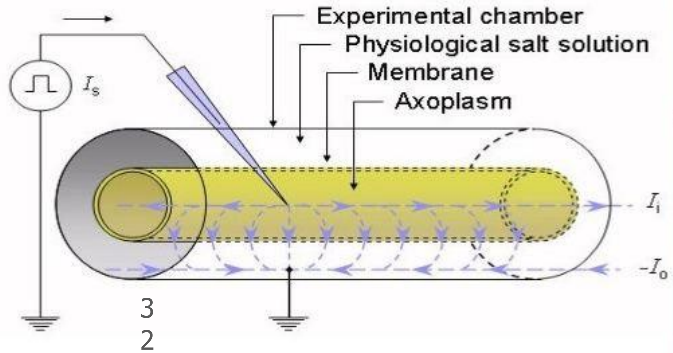
- **Como funcionam? Modelo:**

Modelo de Hodgkin-Huxley



- **Teste do modelo:**

Equação de cabo para o axônio gigante de lula



Propriedades elétricas da membrana

Permeabilidade seletiva

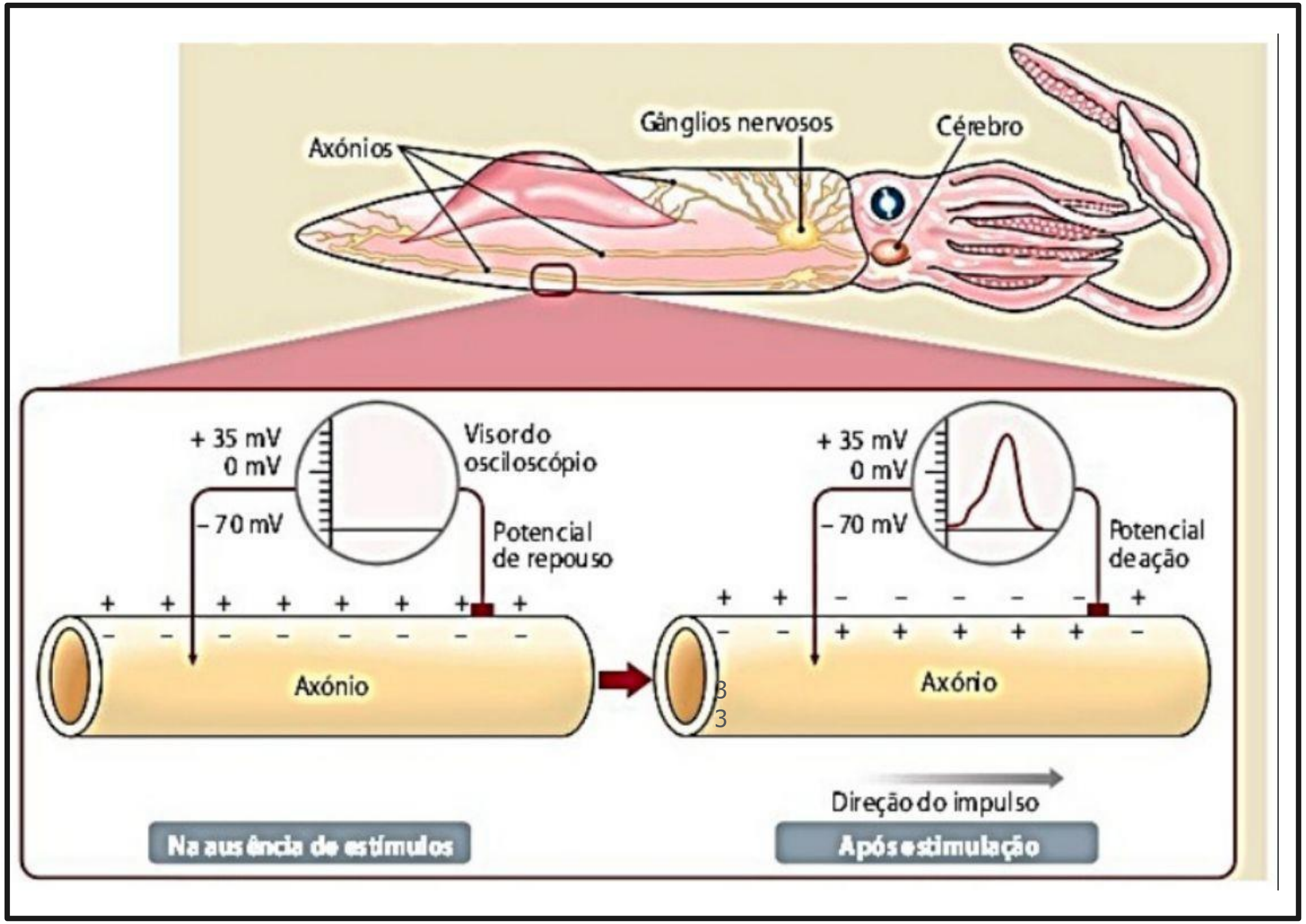
Potencial de ação

Transporte

Medidas

Modelagem, testes, e então…

O CONFRONTO FINAL



Os neurônios da lula gigante permitem a introdução de eletrodos de dimensões razoáveis

Podemos estudar a eletroquímica dos neurônios medindo o potencial de ação (Va), da ordem de dezenas a centenas de mV.

Medidas

➔ Seja um conjunto de medidas em mV:

- V1 = 54,20
- V2 = 54,16
- V3 = 54,15
- V4 = 54,15
- V5 = 54,17
- V6 = 54,20
- V7 = 54,23
- V8 = 54,12
- V9 = 54,22
- V10 = 54,24

Qual seria o melhor valor ?

Medidas: valor médio (média aritmética)

Valor médio: $\langle X \rangle = (X_1 + X_2 + X_3 + \ldots + X_N) / N$

$$\langle V \rangle = \frac{(54{,}20 + 54{,}16 + 54{,}15 + 54{,}15 + 54{,}17 + 54{,}20 + 54{,}23 + 54{,}18 + 54{,}22 + 54{,}24)}{10}$$

$$\mathbf{\langle V \rangle = 54{,}19\ mV}$$

Medida de dispersão: desvio médio

Valor médio: $\langle X \rangle = (X_1 + X_2 + X_3 + ... + X_N) / N$

Desvio médio: $\langle d \rangle = (|\langle X \rangle - X_1| + |\langle X \rangle - X_2| + ... + |\langle X \rangle - X_N|) / N$

Exemplo :

X_i: 20,34 20,32 20,38 20,30 20,35 20,37 20,35 20,35

$\langle X \rangle = (20{,}34 + 20{,}32 + 20{,}38 + 20{,}30 + 20{,}35 + 20{,}37 + 20{,}35 + 20{,}35) / 8$

$\langle X \rangle = 20{,}34$

$\langle d \rangle = (|20{,}34-20{,}34| + |20{,}34-20{,}32| + |20{,}34-20{,}38| + |20{,}34-20{,}30| + ...+ |20{,}34-20{,}35| + |20{,}34-20{,}37| + |20{,}34-20{,}35| + |20{,}34-20{,}35|) / 8$

$\langle d \rangle = 0{,}02$

A medida se expressa por : $20{,}34 \pm 0{,}02$

Medida de dispersão: variância e desvio padrão

Desvio Padrão

O desvio padrão serve para medir a dispersão dos seus dados. Ele é uma estatística que mede o quanto seus dados se afastam da média.

$$s=\sqrt{\frac{\sum (x_i-\bar{x})^2}{n-1}}$$

$\mathbf{x_i}$ é a i-ésima medida, $\boldsymbol{n}$ é o número total de medidas (n-1 = 9)

e $\bar{x}$ = <x> = 54,19 é o **valor médio** da série de medidas

No nosso caso:

$$s=\sqrt{\frac{(54{,}20-54{,}19)^2+(54{,}16-54{,}19)^2+(54{,}15-54{,}19)^2+\ldots+(54{,}24-54{,}19)^2}{9}}$$

s= 0,03977715704 Aqui, continuamos com o problema dos dígitos significativos.

Medida de dispersão: variância e desvio padrão

s = 0,03977715704, Aqui, continuamos com o problema dos dígitos significativos.

- O desvio padrão **s** é a nossa medida da incerteza.
- Podemos escolher com segurança, apenas um algarismo significativo na incerteza, que representa o algarismo "duvidoso" discutido anteriormente.
- Arredondando **s** para apenas UM dígito significativo (NOSSA REGRA):

$$s = 0{,}03977715704 \rightarrow s = 0{,}04$$

- Assim, podemos reportar o potencial de ação que medimos experimentalmente como:

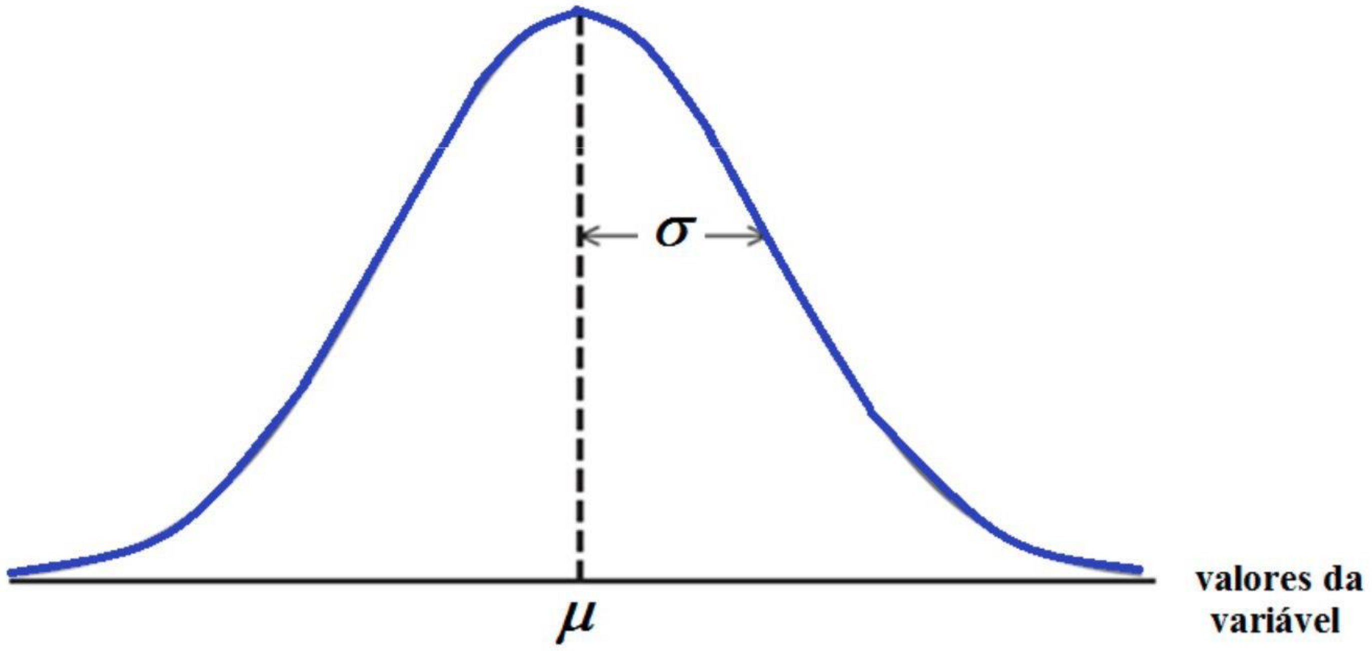
$$V = (54{,}19 \pm 0{,}04)\ \text{mV}$$

Distribuições Estatísticas

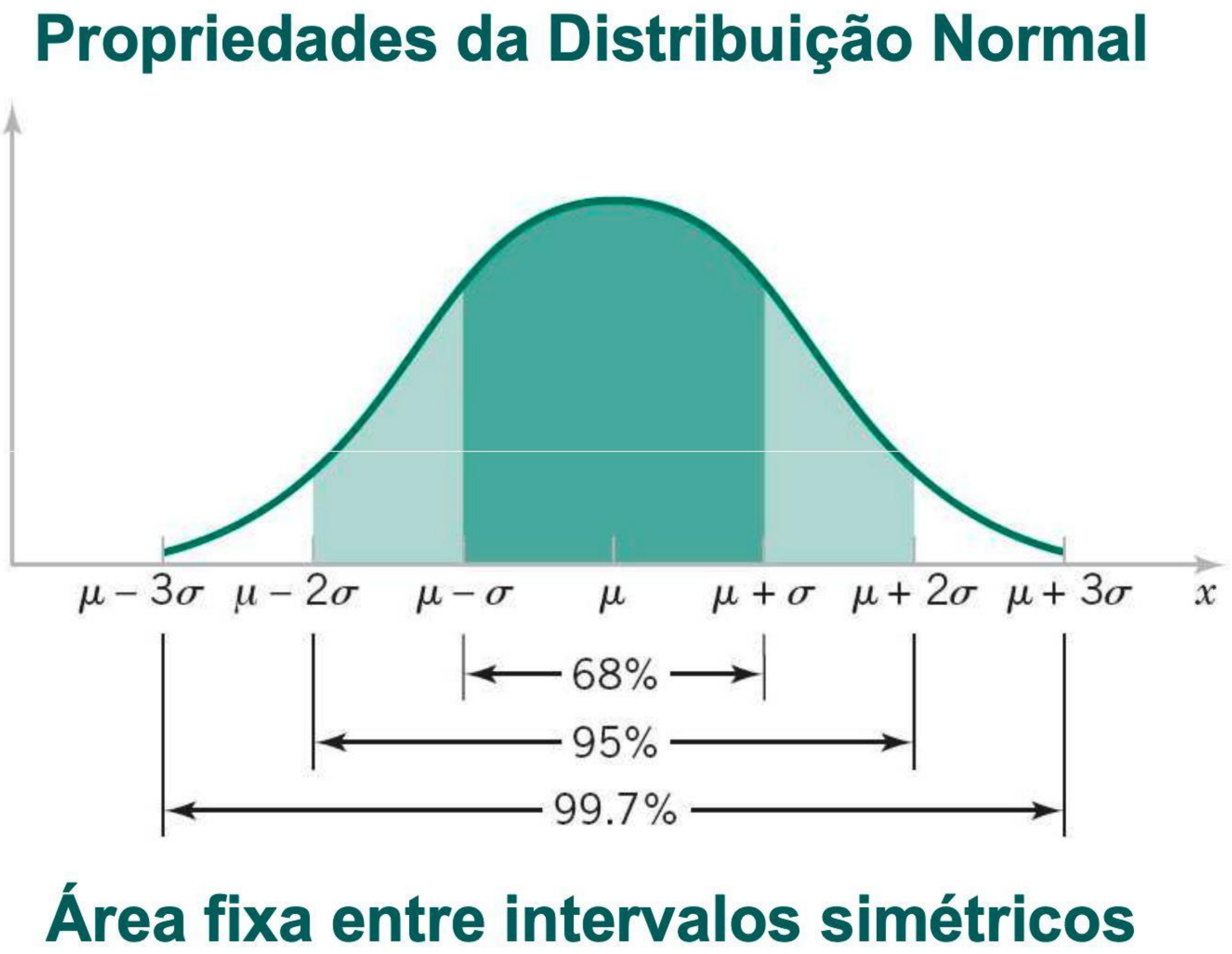
A distribuição normal (gaussiana)

O Modelo Probabilístico Gaussiano

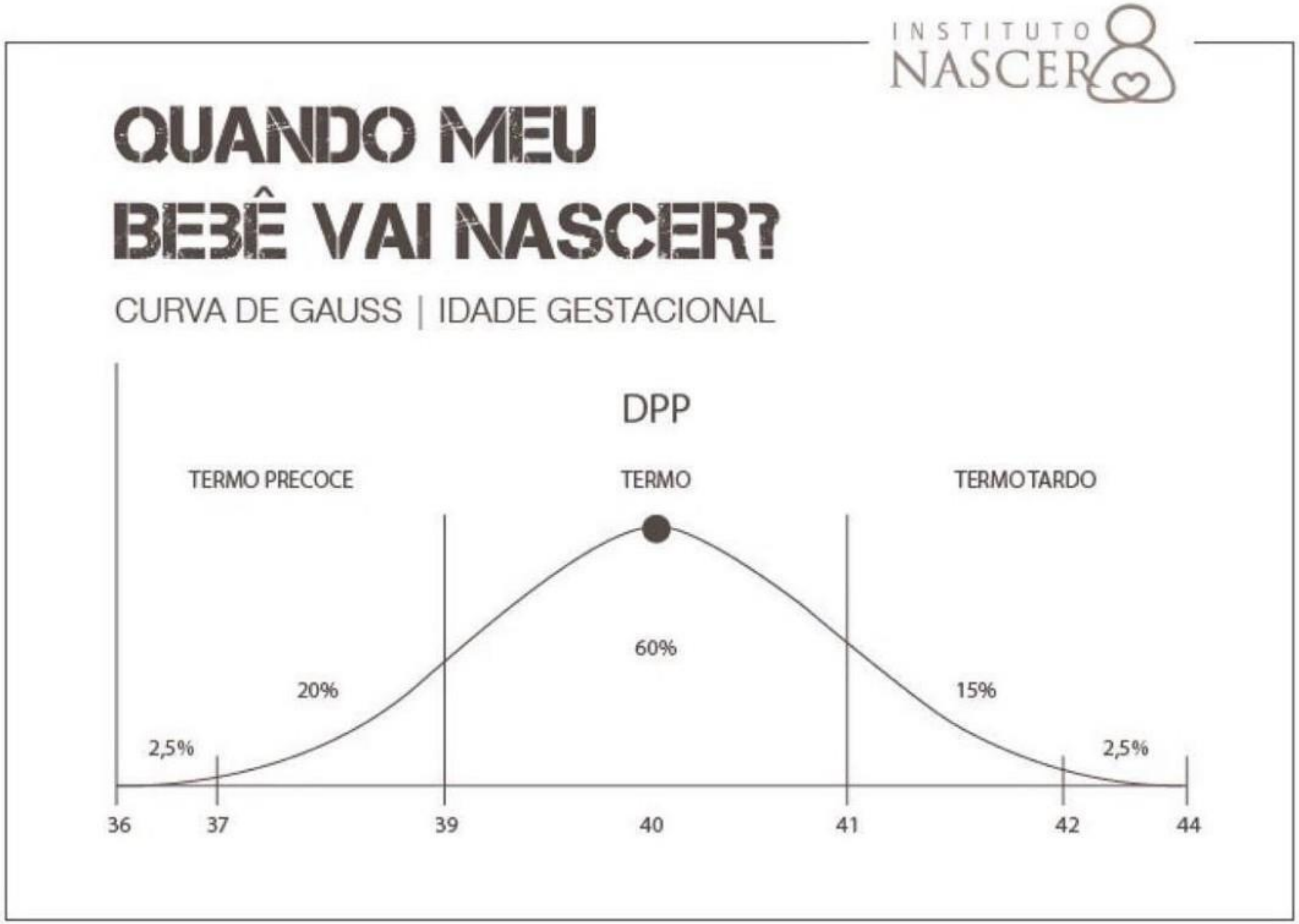
A curva gaussiana (ou curva Normal) é definida pela média μ e pelo desvio-padrão σ.



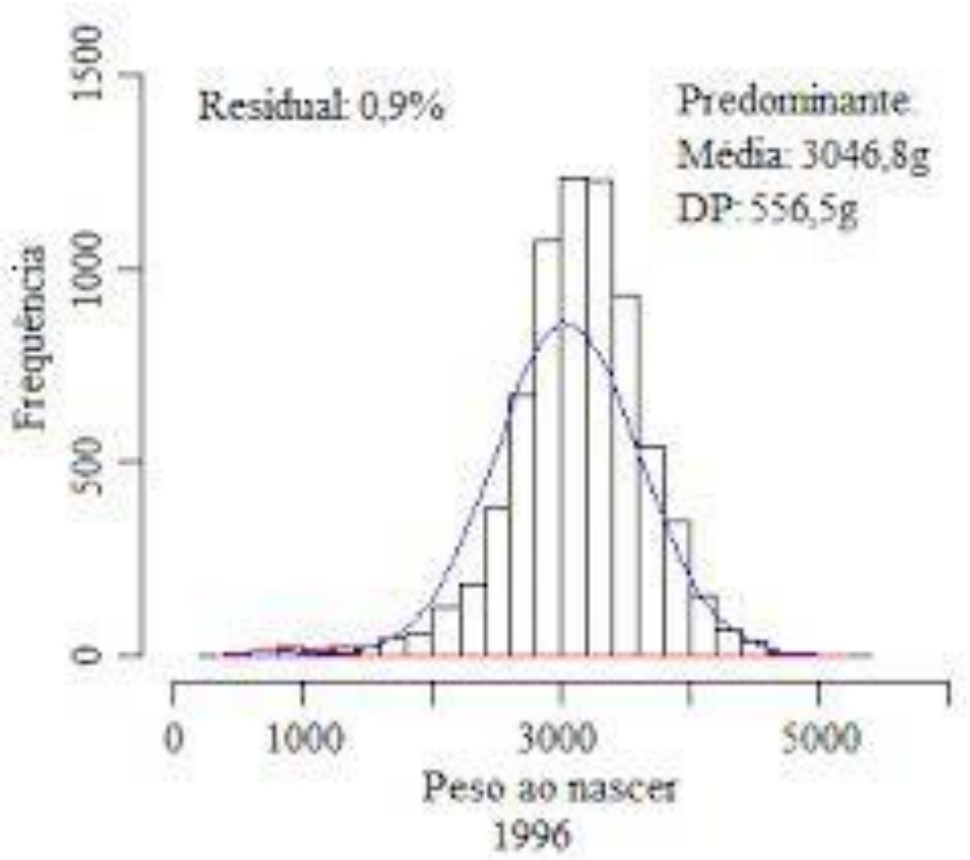
A distribuição normal (gaussiana)



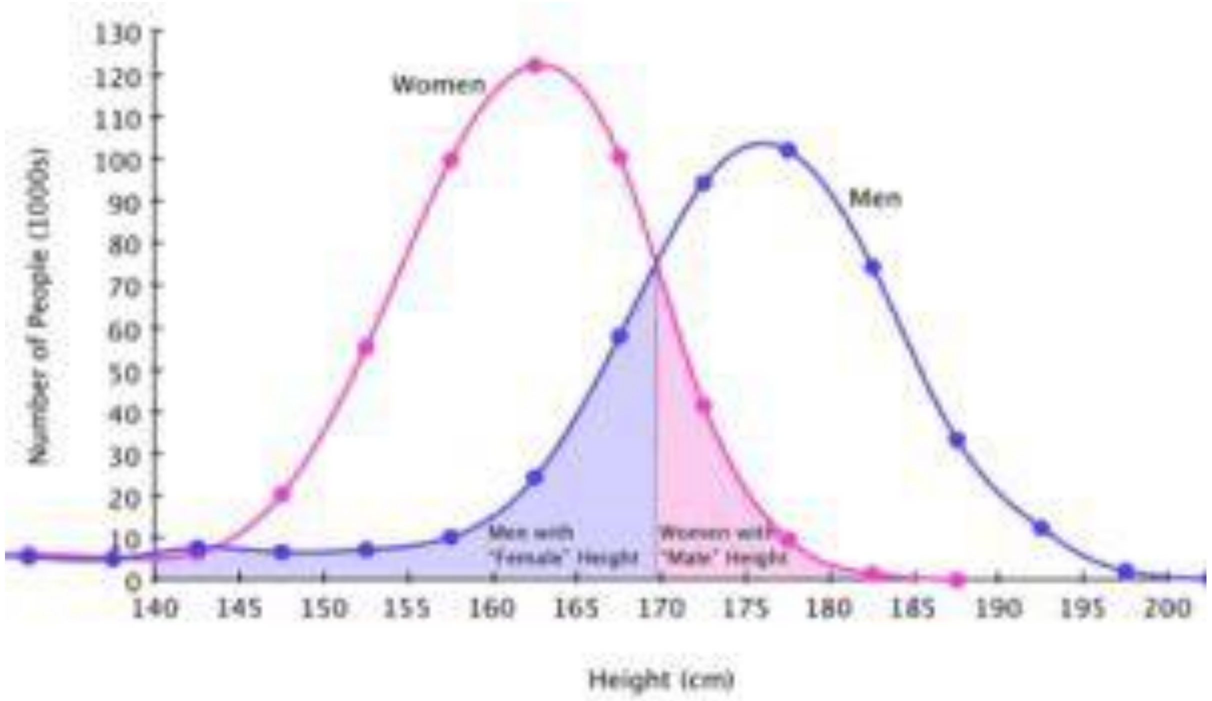
Aplicações


INSTITUTO
NASCER
QUANDO MEU
BEBÊ VAI NASCER?
CURVA DE GAUSS | IDADE GESTACIONAL
DPP
TERMO PRECOCE
TERMO
TERMO TARDO
2,5%
20%
60%
15%
2,5%
36
37
39
40
41
42
44

Aplicações

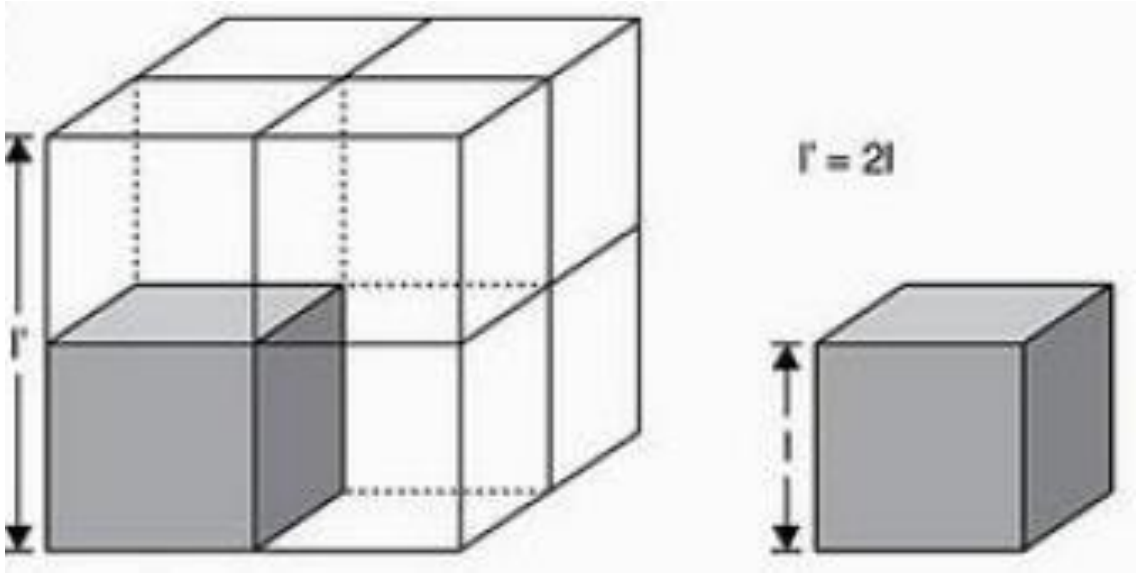


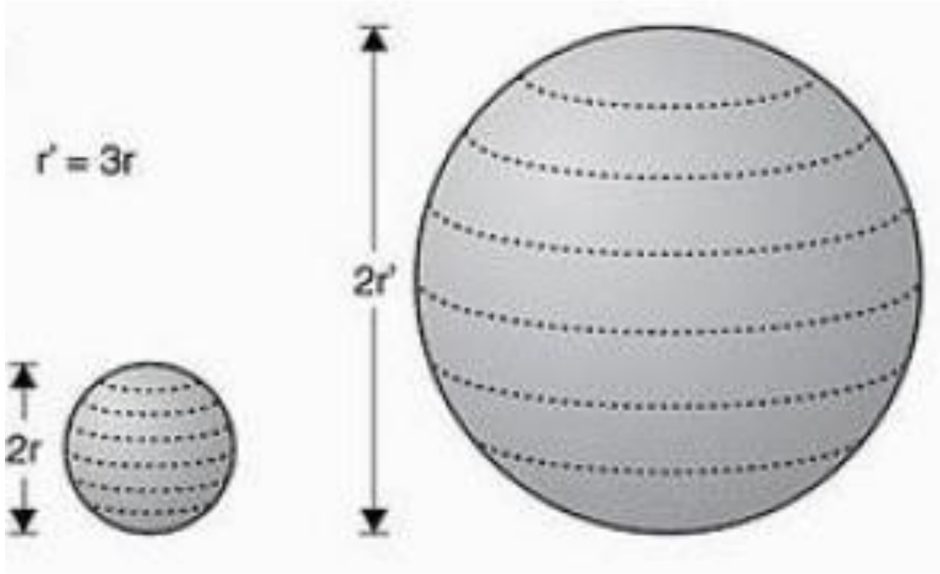
Peso de bebês ao nascer.



Distribuição da altura de uma pessoa adulta da população americana.

Escala e Tamanho dos Objetos

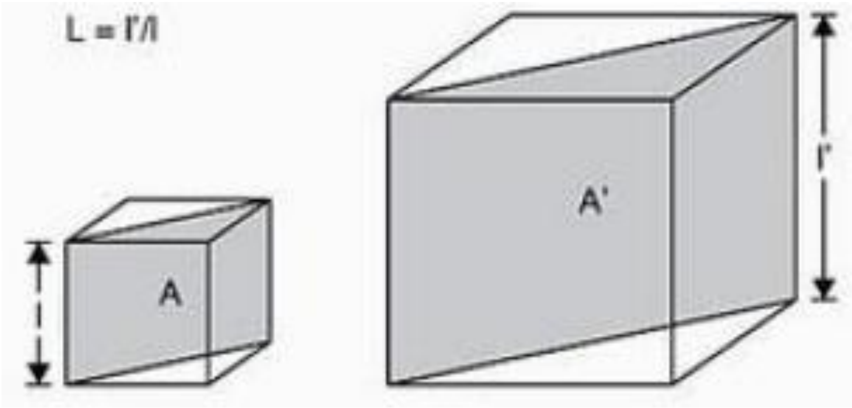


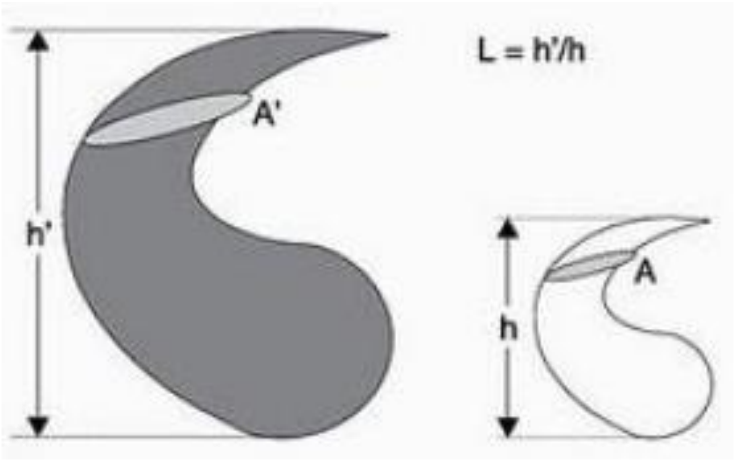


$$Fator\ de\ Escala = L = \frac{l'}{l} = 2$$

$$Fator\ de\ Escala = L = \frac{r'}{r} = 3$$

Escala e Tamanho dos Objetos



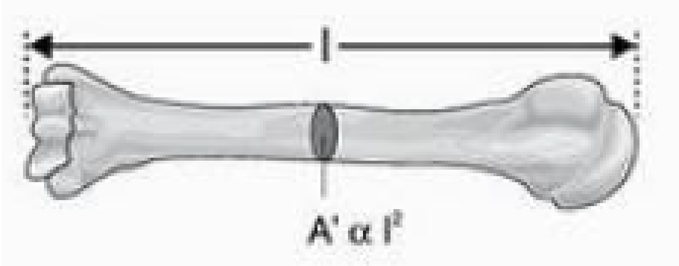


$$Razão\ entre\ as\ áreas = L^2$$

$$Razão\ entre\ as\ áreas = L^2$$

Escala e Tamanho dos Objetos

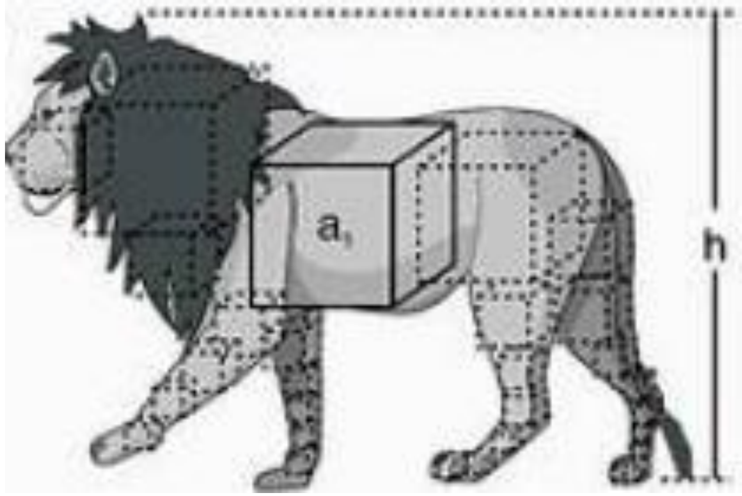
Comprimento Característico é algum comprimento predominante do objeto



$Volume\ e\ Massa \propto l^3$

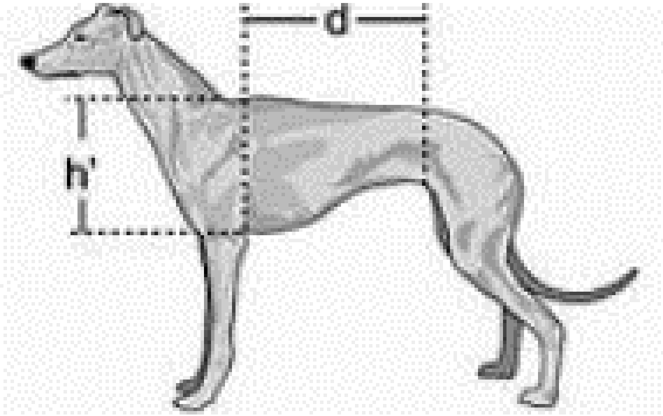
$Área\ Superficial \propto l^2$

$Área\ Transversal \propto l^2$



$Lado\ de\ cada\ cubo\ a_i \propto h$

$Volume\ de\ cada\ cubo\ a_i \propto h^3$



$Altura\ h' \propto d$

Exercícios

Quantos algarismos significativos tem cada uma das seguintes quantidades:

a) 2; b) 2,00; c) 0,136; d) 2,483;
e) $2{,}483 \times 10^3$; f) 310; g) $3{,}10 \times 10^2$; h) $3{,}1 \times 10^2$.

Supondo que o cálculo envolvendo diversas medidas forneceu os resultados abaixo, faça o arredondamento dos algarismos significativos para uma casa decimal:

a) 23,532 cm; b) 57,478 mm; c) 1,45481 m;
d) 36,555 mm; e) 2,3590 cm; f) 3,1416 mm.

Foram feitas doze medidas do comprimento de uma barra metálica, por doze pessoas. Cada uma utilizou uma régua cuja menor escala é a de milímetros. Os resultados obtidos foram: 16,3 cm; 16,2 cm; 16,3 cm; 16,5 cm; 16,4 cm; 16,1 cm; 16,2 cm; 16,3 cm; 16,0 cm; 16,3 cm; 16,1 cm; e 16,5 cm. Determine o valor médio do comprimento da barra e seu desvio absoluto.

As dimensões lineares de um corpo de forma geométrica regular aumentam uniformemente, de modo que seu volume aumenta 60%. Quanto aumentará sua superfície externa?

Suponha que todas as dimensões lineares de um animal aumentem em 10%. Qual será o incremento de sua superfície, volume e peso?

Foram feitas doze medidas do comprimento de uma barra metálica, por doze pessoas. Cada uma utilizou uma régua cuja menor escala é a de milímetros. Os resultados obtidos foram: 16,3 cm; 16,2 cm; 16,3 cm; 16,5 cm; 16,4 cm; 16,1 cm; 16,2 cm; 16,3 cm; 16,0 cm; 16,3 cm; 16,1 cm; e 16,5 cm. Determine o valor médio do comprimento da barra e seu desvio absoluto.

	Medidas	$\lvert x_i - \langle x \rangle \rvert$
	16,30	0,03
	16,20	0,07
	16,30	0,03
	16,50	0,23
	16,40	0,13
	16,10	0,17
	16,20	0,07
	16,30	0,03
	16,00	0,27
	16,30	0,03
	16,10	0,17
	16,50	0,23
Soma	195,20	1,47
Média	**16,27**	**0,12**

$\Rightarrow$ $16{,}3 \pm 0{,}1$

As dimensões lineares de um corpo de forma geométrica regular aumentam uniformemente, de modo que seu volume aumenta 60%. Quanto aumentará sua superfície externa?

VOLUME AUMENTOU 60 % $\Rightarrow V' = 1{,}6\,V \Rightarrow \dfrac{V'}{V} = 1{,}6$

$$\frac{\ell'^3}{\ell^3} = 1{,}6 = L^3$$

$$L = \sqrt[3]{1{,}6} \cong 1{,}1696$$

A ÁREA CRESCE COM $L^2 \Rightarrow A' = 1{,}3679\,A$

$\therefore$ AUMENTOU $\cong$ 37 %

Suponha que todas as dimensões lineares de um animal aumentem em 10%. Qual será o incremento de sua superfície, volume e peso?

DIMENSÕES LINEARES $\Rightarrow \ell$

$\ell' = 1{,}1\,\ell \Rightarrow L = 1{,}1$

$\Downarrow$

FATOR DE ESCALA

ÁREA $\propto L^2 \Rightarrow (1{,}1)^2 = 1{,}21$ 21%

VOLUME $\propto L^3 \Rightarrow (1{,}1)^3 = 1{,}331$ 33%

MASSA/PESO $\propto L^3 \Rightarrow (1{,}1)^3 = 1{,}331$ 33%