

---

# COMO ESTIMAR DIMENSÕES E GRANDEZAS FÍSICAS: PEQUENOS E GRANDES NÚMEROS

---

*Rogério P. Livi*  
Instituto de Física – UFRGS  
Porto Alegre – RS

## I. Introdução

Nossa experiência, tanto em disciplinas teóricas como de laboratório, mostra que muitos estudantes têm dificuldade no que se refere a estimativas de ordens de grandeza.

É nossa opinião que estudantes e professores devem ser encorajados e treinados para fazerem **estimativas numéricas de qualquer espécie**. O importante é quebrar o medo de trabalhar com pequenos e grandes números.

Este trabalho tem uma pequena introdução à utilização de potências de 10 na representação de pequenos e grandes números e também trata de alguns exemplos de problemas simples a serem utilizados num treinamento para melhorar a capacidade do estudante de fazer estimativas numéricas. Este texto foi empregado como roteiro de minicursos de 4 horas de duração que ocorreram no VII SSBEC, Santa Maria, RS (1989) e no 2º Encontro Estadual de Professores de Física do Ensino Médio. Caxias do Sul, RS (1989).

## II. Potências de 10: como escrever números grandes e pequenos

Em nossas estimativas necessariamente trataremos com números muito grandes ou muito pequenos. Neste sentido é muito conveniente utilizar a notação baseada em contar quantas vezes 10 deve ser multiplicado ou dividido por ele mesmo para chegarmos ao número pretendido. Por exemplo,  $10 \times 10 \times 10$  é igual a  $10^3$ , ou 1000. Multiplicar um número por si mesmo algumas vezes produz uma potência daquele número:  $10^3$  deve ser lido como dez na potência 3, que é uma outra maneira de dizer mil. Neste caso não tivemos muita vantagem ao mudar a notação, mas certamente é muito mais fácil e claro escrever  $10^{16}$  ao invés de 10 000 000 000 000 000 ou dez mil trilhões. O número 16 deste último exemplo é chamado de expoente e a notação sob a forma de potências é também chamada de notação exponencial.

Os nossos primeiros exemplos trataram de expoentes positivos. O que

acontece com expoentes negativos? Eles indicam divisão por 10 um certo número de vezes. Por exemplo,  $10^{-1}$  é igual a 1 dividido por 10, ou seja 0,1 (um décimo);  $10^{-2}$  é igual a 0,1 dividido por 10, ou seja 0,01 (um centésimo).

Adicionar 1 ao expoente é equivalente a multiplicar por 10 e subtrair 1 significa dividir por 10. Desta forma, em geral você pode multiplicar uma potência de dez por outra simplesmente somando os seus expoentes:  $10^3 \times 10^6 = 10^9$ . Subtrair os expoentes é equivalente a dividir:  $10^7 \div 10^5 = 10^2$ . Assim, também  $10 \div 10 = 10^1 \times 10^{-1} = 10^0 = 1$ .

Todos os números, não somente aqueles que são potências exatas de dez, como 100 ou 1000, podem ser expressos com auxílio da notação exponencial. Assim ao calcularmos o número de segundos em um dia:

$$60 \frac{\text{segundos}}{\text{minuto}} \times 60 \frac{\text{minutos}}{\text{hora}} \times 24 \frac{\text{horas}}{\text{dia}} = 86400 \frac{\text{segundos}}{\text{dia}} = 8,64 \times 10^4 \frac{\text{segundos}}{\text{dia}}$$

Esta notação muito conveniente, onde temos um número menor do que 10 multiplicando uma potência de 10, é chamada de notação científica.

Chamamos a atenção que, por definição, o logaritmo de base 10 de um certo número é o expoente ao qual devemos elevar a base para encontrar o número. Assim,  $\log_{10} 100 = 2$ , pois  $10^2 = 100$ .

Por isso, gráficos como o que exemplificamos abaixo (Fig. 1) tem escalas que chamamos de logarítmicas.

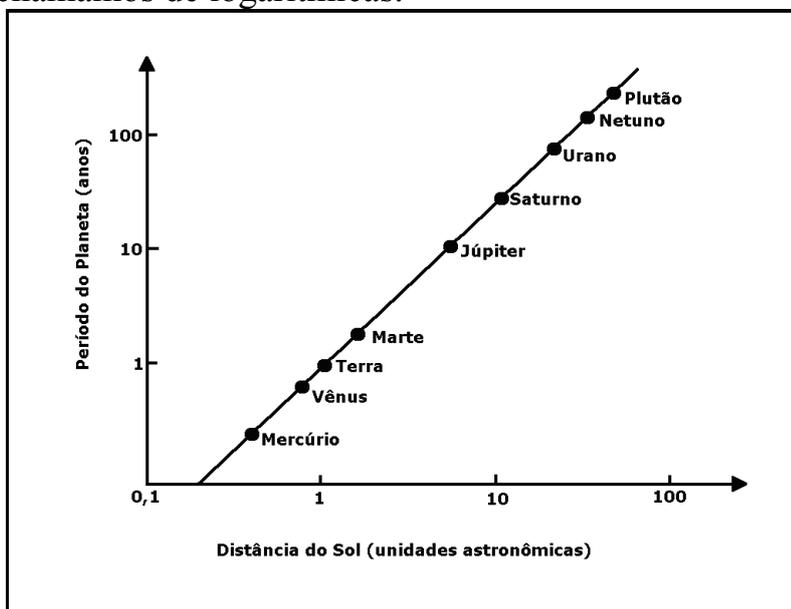


Fig. 1 – O gráfico em escalas logarítmicas nos mostra a surpreendente simplicidade da relação entre o tamanho das órbitas planetárias e o tempo que levam os planetas para percorrê-las. Este fato foi descoberto por Kepler e determinou a lei da força para a gravitação universal de Newton.

As distâncias dos planetas ao Sol estão dadas em unidades astronômicas. Uma unidade astronômica (1 U.A.) é igual à distância média da Terra ao Sol, ou seja 150 000 000 km ou  $1,5 \times 10^8$  km, ou ainda  $1,5 \times 10^{11}$  m. Chamamos a atenção para o fato de que, se utilizássemos uma escala linear, em primeiro lugar os pontos não estariam sobre uma reta e em segundo os pontos correspondentes a Mercúrio, Vênus e Terra se concentrariam no primeiro 1% da escala de distâncias. Vemos então a conveniência de gráficos deste tipo.

### PREFIXOS OFICIAIS<sup>(1)</sup> UTILIZADOS PARA CERTAS POTÊNCIAS DE 10

atto-	a	$10^{-18}$	deca-	da	10
femto-	f	$10^{-15}$	hecto-	h	$10^2$
pico-	p	$10^{-12}$	quilo-	k	$10^3$
nano-	n	$10^{-9}$	mega-	M	$10^6$
micro-	$\mu$	$10^{-6}$	giga-	G	$10^9$
mili-	m	$10^{-3}$	tera-	T	$10^{12}$
centi-	c	$10^{-2}$	peta-	P	$10^{15}$
deci-	d	$10^{-1}$	exa-	E	$10^{18}$

### III. Estimativas numéricas e ordens de grandeza

Certamente é muito importante que o estudante saiba resolver problemas e chegar a uma resposta numérica que será depois comparada com uma resposta no fim do livro. No entanto, é muitíssimo importante também saber fazer estimativas numéricas aproximadas e rápidas. Os exercícios simples que listamos a seguir poderiam iniciar um treinamento neste sentido:

1. Estime o número de paralelepípedos em uma quadra de rua ou de tijolos em uma parede de tijolos à vista.
2. Estime o número de batidas que dá o coração de uma pessoa durante o seu tempo de vida.
3. Estime o número de cabelos existentes numa cabeça.
4. Estime o número de grãos de areia existentes em um vidro.
5. Em uma forte chuva de verão ocorrida em Porto Alegre no dia 28/01/72 a precipitação foi de 36mm em 20 minutos:
  - a) Estime o volume de água que caiu sobre 1 hectare.
  - b) Estime o número de gotas de água que caiu sobre o mesmo hectare.

Nos exemplos simples acima foram necessários somente alguns conhecimentos de álgebra e de geometria. No entanto, é surpreendente o que pode ser

feito com a ajuda de uma quantidade relativamente pequena de informação selecionada entre os conhecimentos adquiridos durante os Ensinos Fundamental e Médio. A Tabela 1 pode ser considerada como um exemplo de uma “Lista de Utilidades”, cujo conhecimento por parte do aluno deve ser incentivado.

Tabela 1 – Lista de algumas grandezas físicas importantes

Aceleração Gravitacional (g)	$9,8 \text{ m/s}^2$
Densidade de sólidos e líquidos	$10^3\text{-}10^4 \text{ kg/m}^3$
Densidade do Ar ao Nível do Mar	$1,3 \text{ kg/m}^3$
Dia Solar Médio (terrestre)	$8,64 \times 10^4 \text{ s}$
Ano (terrestre)	$3,16 \times 10^7 \text{ s}$
Raio da Terra	6400 km
Massa da Terra	$6 \times 10^{24} \text{ kg}$
Massa do Sol	$2 \times 10^{30} \text{ kg}$
Distância Média Terra – Lua	$3,8 \times 10^5 \text{ km}$
Distância Média Terra – Sol	$1,5 \times 10^8 \text{ km}$
Pressão Atmosférica ao Nível do Mar	$10^5 \text{ Pa}$ (ou $\text{N/m}^2$ )
Número de Avogadro	$6 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$
Massas Atômicas	$1,6 \times 10^{-27}$ a $4 \times 10^{-25} \text{ kg}$
Dimensões Lineares dos Átomos	$10^{-10} \text{ m}$
Dimensões Lineares dos Núcleos Atômicos	$3 \times 10^{-15}$ a $2 \times 10^{-14} \text{ m}$
Moléculas/cm <sup>3</sup> num gás em CNTP	$2,7 \times 10^{19}$
Átomos/cm <sup>3</sup> em Sólidos	$10^{23}$
Carga Elementar	$1,6 \times 10^{-19} \text{ c}$
Massa do Elétron	$10^{-30} \text{ kg}$
Velocidade da Luz	$3 \times 10^8 \text{ m/s}$
Comprimento de Onda de Luz Visível	$6 \times 10^{-7} \text{ m}$

Com ajuda da tabela acima, é possível fazer as seguintes estimativas:

6. Estime a massa do ar contido na sala em que você está.
7. Considerando que os glóbulos vermelhos do sangue podem ser vistos com auxílio de um bom microscópio ótico e não são visíveis a olho nu, estime a ordem de grandeza do seu tamanho.
8. Qual a densidade (massa/volume) aproximada dos núcleos atômicos?
9. Se o núcleo de um átomo fosse do tamanho de uma bola de gude, estime a que distância estariam os elétrons mais distantes.

10. Estime a ordem de grandeza da densidade média de um átomo.

11. Praticamente toda a massa do sistema solar está concentrada no Sol. Considerando o raio da órbita de Plutão igual a 40 U.A., estime a densidade média do sistema solar.

12. Estime a distância em metros correspondente a 1 ano-luz.

13. Estime o número de átomos em um grão de areia, no corpo de um adulto e na Terra.

14. Nas melhores câmaras de ultra-alto-vácuo temos uma pressão de  $10^{-9}$  Pa ( $10^{-14}$  atmosferas ou  $10^{-11}$  mm de Hg). Estime o número de moléculas por centímetro cúbico.

No caso dos exemplos de número 8 a 14, visamos uma exploração preliminar nos estados de agregação da matéria no universo, para salientar por exemplo o quão condensada é a matéria nuclear e o quão vazio é o sistema solar.

Os exemplos que apresentamos acima representam uma fração ínfima do universo que pode ser explorado através da criatividade dos professores e estudantes.

#### **IV. Agradecimentos**

Aos professores Maria Cristina Varriale, Silvia H. B. Livi, Victor Hugo Guimarães e Rolando Axt agradecemos pelas sugestões nas diferentes etapas do trabalho.

#### **V. Referência Bibliográfica**

1. INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA, NORMALIZAÇÃO E QUALIDADE INDUSTRIAL. **Sistema Internacional de Unidades**. 3. ed. Duque de Caxias: INMETRO, 1984. 72 p.