

# Universo e Educação em Ciências

## Artefatos Culturais - A estruturação do Olhar

### 2 O tamanho do céu



## Texto complementar: Bilhões e Bilhões

Há alguns [...] para quem o número de [grãos de] areia é infinito [...] Há outros que, mesmo sem considerá-lo infinito, acham que ainda não foi definido um número que seja bastante grande [...] Mas vou tentar lhe mostrar [números que] não só superam o número da massa de areia necessária para encher a Terra [...] mas também o da massa equivalente à magnitude do Universo.

Arquimedes (cerca de 287-212 a.C.) em “O contador de grãos de areia”

Eu nunca disse isso. Juro. Bem, disse que há talvez 100 bilhões de galáxias e 10 bilhões de trilhões de estrelas. É difícil falar sobre o cosmos sem usar números grandes. Falei “bilhões” muitas vezes na série de televisão **Cosmos**, que foi vista por muitas pessoas. Mas nunca disse “bilhões e bilhões”. Para começo de conversa, é muito impreciso. Quantos bilhões são “bilhões e bilhões”? Alguns bilhões? Vinte bilhões? Cem bilhões? “Bilhões e bilhões” é bastante vago. Quando reconfiguramos e atualizamos a série, verifiquei — e, sem dúvida nenhuma, nunca disse tal coisa.

Mas Johnny Carson — em cujo programa de entrevista apareci quase trinta vezes ao longo dos anos — disse. Ele colocava um casaco de veludo cotelê, um suéter de gola rulê e uma espécie de grenha como peruca. Tinha criado uma imitação tosca de mim que andava pela televisão tarde da noite dizendo „bilhões e bilhões“. Costumava me incomodar um pouco ter um simulacro da minha persona andando por aí por conta própria, dizendo coisas que os amigos e colegas me relatavam na manhã seguinte.

Espantosamente, “bilhões e bilhões” pegou. As pessoas gostaram do som da expressão. Mesmo hoje em dia, ainda me param na rua, num avião ou numa festa, e me perguntam, um pouco timidamente, se eu não diria — apenas para elas — “bilhões e bilhões”.

“Sabem, eu realmente não disse isso”, eu lhes respondo.

“Ok”, replicam. “Mas diga de qualquer maneira.”

Ainda me citam como tendo dito essa expressão em revistas de computadores (“Como diria Carl Sagan, são necessários bilhões e bilhões de bytes”), artigos elementares de economia nos jornais, discussões sobre salários de jogadores de esportes profissionais e coisas do gênero. Durante algum tempo, por um ressentimento infantil, não pronunciava

nem escrevia a expressão, mesmo quando me pediam. Mas superei essa fase. Assim, para ficar registrado, aqui vai: “Bilhões e bilhões.”

O que torna “bilhões e bilhões” tão popular? Antes era “milhões” o termo para um número grande. Os imensamente ricos eram milionários. A população da Terra na época de Jesus consistia talvez em 250 milhões de pessoas. Havia quase 4 milhões de norte-americanos na época da Convenção Constituinte de 1787; no início da Segunda Guerra Mundial, havia 132 milhões. Existem 150 milhões de quilômetros da Terra até o Sol. Aproximadamente 40 milhões de pessoas foram mortas na Primeira Guerra Mundial; 60 milhões, na Segunda Guerra Mundial. Há 31,7 milhões de segundos num ano. Os arsenais nucleares globais no fim da década de 80 continham um poder explosivo suficiente para destruir 1 milhão de Hiroshimas. Para muitos fins e por um longo tempo, o “milhão” era a expressão dos números grandes.

Mas os tempos mudaram. Agora o mundo tem um grupo de bilionários — e não somente por causa da inflação. A idade da Terra está bem determinada em 4,6 bilhões de anos. A população humana está se aproximando de 6 bilhões de pessoas. Cada aniversário representa outros bilhões de quilômetros ao redor do Sol. Quatro bombardeiros B-2 custam 1 bilhão de dólares. Quando se computam os custos secretos, o orçamento de defesa dos Estados Unidos importa em mais de 300 bilhões de dólares por ano. A estimativa das mortes imediatas numa guerra nuclear total entre os Estados Unidos e a Rússia é de mais ou menos 1 bilhão de pessoas. Algumas polegadas são 1 bilhão de átomos lado a lado. E há todos aqueles bilhões de estrelas e galáxias.



Há uma antiga piada sobre o expositor de planetário que relata à sua plateia que, em 5 bilhões de anos, o Sol vai aumentar até se tornar um gigante vermelho inchado, que engolfará os planetas Mercúrio e Vênus e, finalmente, engolirá até a Terra. Mais tarde, um ansioso membro da plateia o aborda:

“Desculpe-me, doutor, o senhor disse que o Sol vai engolir a Terra em 5 bilhões de anos?”

“Sim, mais ou menos.”

“Graças a Deus. Por um momento pensei que tivesse dito 5 milhões.”

Sejam 5 milhões ou 5 bilhões, isso tem pouca importância para nossas vidas pessoais, por mais interessante que possa ser o destino final da Terra. Mas a distinção entre milhões e bilhões é muito mais vital em questões como orçamentos nacionais, população mundial e mortes na guerra nuclear. Embora a popularidade de “bilhões e bilhões” ainda não tenha desaparecido completamente, esses números também estão se tornando um pouco diminutos. Um número muito mais elegante está agora aparecendo no horizonte, ou perto dele. O **trilhão** está quase entre nós.

Os gastos militares mundiais são, hoje em dia, de quase 1 trilhão de dólares por ano. O endividamento total de todas as nações subdesenvolvidas para com os bancos ocidentais está chegando aos 2 trilhões de dólares (era de 60 bilhões em 1970). O orçamento anual do governo dos Estados Unidos também se aproxima de 2 trilhões de dólares. A estimativa de custo do plano tecnicamente duvidoso da Guerra nas Estrelas na era Reagan ficava entre 1 trilhão e 2 trilhões de dólares. Todas as plantas na Terra pesam 1 trilhão de toneladas. As estrelas e os trilhões têm uma afinidade natural: a distância do nosso sistema solar até a estrela mais próxima, a Alfa do Centauro, é cerca de 40 trilhões de quilômetros.

A confusão entre milhões, bilhões e trilhões ainda é endêmica na vida diária, e rara é a semana que se passa sem uma dessas trapalhadas no noticiário da TV. Assim, eu talvez possa ser desculpado por perder algum tempo distinguindo: 1 milhão é mil milhares, ou o número 1 seguido de seis zeros; 1 bilhão é mil milhões, ou o número 1 seguido de nove zeros; e 1 trilhão é mil bilhões (ou, equivalentemente, 1 milhão de milhões), que é o número 1 seguido de doze zeros.

Um modo inequívoco de determinar o número grande que está em discussão é simplesmente contar os zeros depois do número 1. Mas se há muitos zeros, isso pode se tornar aborrecido. É por essa razão que colocamos pontos ou espaços depois de cada grupo de três zeros. Assim, 1 trilhão é 1.000.000.000.000 ou 1 000 000 000 000. (Nos Estados Unidos, colocam-se vírgulas no lugar dos pontos.) Para números maiores que 1 trilhão, é preciso contar quantos grupos de três números existem. Seria ainda mais fácil se, ao nomear um número grande, pudéssemos apenas dizer diretamente quantos zeros existem depois do número 1.

Como são pessoas práticas, os cientistas e os matemáticos fazem exatamente isso. Chama-se notação exponencial. Você escreve o número 10; depois um número pequeno, alçado à direita do 10 como um sobrescrito, informa quantos zeros existem depois do número 1. Assim,  $10^6 = 1000000$ ;  $10^9 = 1000000000$ ;  $10^{12} = 1000000000000$ ; e assim por diante. Esses pequenos sobrescritos são chamados expoentes ou potências; por exemplo,  $10^9$  é descrito como “10 elevado à potência 9” ou, de modo equivalente, “10 elevado à nona” (à exceção de  $10^2$  e  $10^3$ , que são chamados “10 ao quadrado” e “10 ao cubo”, respectivamente). Essa expressão, “à potência” — como “parâmetro” e vários outros termos científicos e matemáticos —, está entrando na linguagem de todos os dias, mas com o significado cada vez mais obscuro e distorcido.

Além da clareza, a notação exponencial tem um maravilhoso benefício colateral, pois é possível multiplicar dois números quaisquer simplesmente somando-se os expoentes apropriados. Ou seja,  $1000 \times 1000000000$  é o mesmo que  $10^3 \times 10^9$ , que é igual a  $10^{12}$ . Vamos tomar alguns números maiores: se existem  $10^{11}$  estrelas numa galáxia típica e  $10^{11}$  galáxias, há  $10^{22}$  estrelas no cosmos. No entanto, ainda há resistência à notação exponencial por parte de pessoas um pouco assustadas com a matemática (embora a notação não complique, ao contrário simplifique, a nossa compreensão).

Os primeiros seis números grandes que têm seus próprios nomes são mostrados no quadro da página 18. Cada um é mil vezes maior que o anterior. Acima de 1 trilhão, os nomes quase nunca são usados. Contando-se um número a cada segundo, dia e noite, levaríamos mais de uma semana para contar de um a 1 milhão. Um bilhão nos custaria metade da vida. E não se conseguiria contar 1 quintilhão, nem que se tivesse a idade do universo para fazê-lo. Depois de se dominar a notação exponencial, pode-se lidar, sem esforço, com números imensos, como o número aproximado de micróbios numa colher de chá cheia de terra ( $10^8$ ); de grãos de areia em todas as praias da Terra (talvez  $10^{20}$ ); de seres vivos sobre a Terra ( $10^{29}$ ); de átomos em toda a vida sobre a Terra ( $10^{41}$ ); de núcleos atômicos no Sol ( $10^{57}$ ); ou o número de partículas elementares (elétrons, prótons, nêutrons) em todo o cosmos ( $10^{80}$ ). Isso não significa que se possa **imaginar** 1 bilhão ou 1 quintilhão de objetos — ninguém pode. Mas, com a notação exponencial, podemos **pensar** sobre esses números e calculá-los. Bastante bom para seres autodidatas que começaram a partir do nada e que contavam os amigos com os dedos das mãos e dos pés.

Na realidade, os números grandes são parte integrante da ciência moderna. Mas não quero deixar a impressão de que foram inventados na nossa época.

A aritmética indiana tem sido igual a números grandes há muito tempo. Hoje em dia encontram-se facilmente, nos jornais indianos, referências a multas ou gastos de **lakh** ou **crore** rúpias. O padrão é: **das** = 10; **san** = 100; **hazar** = 1.000; **lakh** =  $10^5$ ; **crore** =  $10^7$ ; **arahb** =  $10^9$ ; **carahb** =  $10^{11}$ ; **nie** =  $10^{13}$ ; **padham** =  $10^{15}$  e **sankh** =  $10^{17}$ . Antes que sua cultura fosse aniquilada pelos europeus, os maias do antigo México projetaram uma escala de tempo mundial que eclipsava os insignificantes milhares de anos que, segundo os europeus, tinham se passado desde a criação do mundo. Entre os monumentos em ruínas de Coba, em Quintana Roo, existem inscrições mostrando que os maias imaginavam um universo com aproximadamente  $10^{29}$  anos. Os hindus sustentavam que a presente encarnação do universo tem  $8,6 \times 10^9$  anos — acertando quase na mosca. E Arquimedes, o matemático siciliano do século III a.C., em seu livro “O contador de grãos de areia”, estimava que fossem necessários  $10^{63}$  grãos de areia para encher o cosmos. Sobre as questões realmente grandes, bilhões e bilhões eram meros trocados mesmo naquela época.

Números maiores são chamados 1 sextilhão ( $10^{21}$ ), 1 setilhão ( $10^{24}$ ), 1 octilhão ( $10^{27}$ ), 1 nonilhão ( $10^{30}$ ) e 1 decilhão ( $10^{33}$ ). A Terra tem uma massa de 6 octilhões de gramas.

Essa notação científica ou exponencial é também descrita por palavras. Assim, um elétron tem um femtômetro ( $10^{-15}$  m) de extensão; a luz amarela tem um comprimento de onda de meio micrômetro (0,5  $\mu$ m); o olho humano mal consegue ver um micróbio com um décimo de milímetro de extensão ( $10^{-4}$  m); a Terra tem um raio de 6.300 quilômetros (6.300 km = 6,3 Mm); e uma montanha pode pesar cem petagramas (100 Pg =  $10^{15}$  g). A lista completa dos prefixos é a seguinte:

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

Adaptado de C. Sagan - BILHÕES E BILHÕES  
Por Cristiano Mattos