STEPHEN HAWKING UMA BREVE HISTORIA DOTEMPI Intrinseca



UMA BREVE HISTÓRIA DO TEMPO

STEPHEN HAWKING

Tradução de Cássio de Arantes Leite

Revisão técnica de Amâncio Friaça Astrofísico do Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas da USP



Copyright © 1988, 1996 Stephen Hawking Copyright das ilustrações © 1988 Ron Miller

TÍTULO ORIGINAL A Brief History of Time

PREPARAÇÃO Ângelo Lessa

REVISÃO Isabela Fraga Luara França

DIAGRAMAÇÃO Filigrana

ILUSTRAÇÕES Ron Miller

Imagem da p. 57: Nasa, ESA, S. Beckwith (STScI) e equipe The Hubble Heritage (STScI/AURA)

Imagem da p. 123: Nasa, ESA e Digitized Sky Survey 2. Crédito: Davide De Martin (ESA/Hubble)

CIP-BRASIL. CATALOGAÇÃO-NA-FONTE SINDICATO NACIONAL DOS EDITORES DE LIVROS, RI

H325g

Hawking, S. W. (Stephen W.), 1942-Uma breve história do tempo/Stephen Hawking; ilustração Ron Miller; tradução Cássio de Arantes Leite. - 1. ed. - Rio de Janeiro: Intrínseca, 2015. 256 p.: il.; 23 cm.

Tradução de: A Brief History of Time Inclui índice ISBN 978-85-8057-646-7

1. Física. 2. Espaço e tempo. 3. Cosmologia. I. Título.

14-17908 CDD: 523.1 CDU: 524

[2015]
Todos os direitos desta edição reservados à Editora Intrínseca Ltda.
Rua Marquês de São Vicente, 99, 3° andar 22451-041 – Gávea
Rio de Janeiro – RJ
Tel./Fax: (21) 3206-7400
www.intrinseca.com.br

SUMÁRIO

	Prefacto	/
1	Nossa imagem do universo	11
2	Espaço e tempo	27
3	O universo em expansão	55
4	O princípio da incerteza	75
5	Partículas elementares	
	e as forças da natureza	87
6	Buracos negros	107
7	Buracos negros não são tão negros	129
8	A origem e o destino do universo	147
9	A seta do tempo	179
10	Buracos de minhoca e	
	viagem no tempo	191
11	A unificação da física	205
12	Conclusão	225
	Albert Einstein	231
	Galileu Galilei	233
	Isaac Newton	237
	Glossário	239
	Agradecimentos	247
	Índice	249

PREFÁCIO

Não escrevi um prefácio à edição original de *Uma breve história do tempo*. Foi Carl Sagan quem escreveu. Em vez disso, escrevi um texto curto intitulado "Agradecimentos", no qual fui aconselhado a agradecer a todo mundo. Só que algumas fundações que me deram apoio não ficaram muito contentes ao ser mencionadas, pois isso levou a um enorme aumento do número de pedidos de subsídio para pesquisa.

Acho que ninguém — nem meus editores, nem meu agente, nem eu mesmo — esperava que o livro fosse tão bem-sucedido. Ele permaneceu na lista de mais vendidos do *Sunday Times* londrino por 237 semanas, mais do que qualquer outro livro (aparentemente, a Bíblia e Shakespeare não contam). Já foi traduzido para mais ou menos quarenta idiomas e vendeu cerca de um exemplar para cada 750 homens, mulheres e crianças no planeta. É como Nathan Myhrvold (um antigo pós-doutorando meu) comentou: vendi mais livros sobre física do que a Madonna sobre sexo.

O êxito de *Uma breve história do tempo* indica que existe um amplo interesse pelas grandes questões como: De onde viemos? Por que o universo é do jeito que é?

Aproveitei a oportunidade para atualizar o livro e incluir novos resultados teóricos e observacionais que foram obtidos após a primeira edição (lançada no Dia da Mentira de 1988). Incluí um novo capítulo sobre buracos de minhoca e viagens no tempo. A teoria da relatividade geral de Einstein parece oferecer a possibilidade de criar e manter buracos de minhoca, pequenos tubos que conectam diferentes regiões do espaço-tempo. Nesse caso, talvez sejamos capazes de usá-los para viajar rapidamente pela galáxia ou para voltar no tempo. Claro, nunca encontramos ninguém do futuro (ou será que encontramos?), mas discuto uma possível explicação para isso.

Descrevo também o progresso feito nos últimos tempos na descoberta de "dualidades" ou correspondências entre teorias da física aparentemente distintas. Essas correspondências são um forte indicativo de que existe uma teoria unificada completa da física, mas sugerem também que talvez não seja possível expressá-la em uma única formulação fundamental. Em vez disso, talvez tenhamos que usar diferentes ponderações da teoria básica em situações diversas. Podemos comparar isso ao fato de sermos incapazes de representar a superfície da Terra em um único mapa e de precisarmos usar mapas distintos para regiões diferentes. Isso seria uma revolução em nossa concepção sobre a unificação das leis da ciência, mas não mudaria a questão mais importante: que o universo é governado por uma série de leis racionais que podemos descobrir e compreender.

No que diz respeito à observação, o acontecimento mais importante com certeza foi a medição de flutuações na radiação cósmica de fundo em micro-ondas feita pelo satélite Cobe (Cosmic Background Explorer), entre outras colaborações. Essas flutuações são as impressões digitais da criação, minúsculas irregularidades iniciais em um

PRFFÁCIO

universo primitivo, liso* e uniforme que posteriormente evoluíram em galáxias, estrelas e todas as estruturas que vemos ao nosso redor. As formas dessas flutuações coincidem com as previsões da proposição de que o universo não tem contornos ou bordas na direção imaginária do tempo; mas observações posteriores serão necessárias para distinguir essa proposição de outras explicações possíveis para as flutuações na radiação cósmica de fundo. Entretanto, daqui a alguns anos deveremos saber se podemos acreditar que vivemos em um universo completamente contido em si mesmo e sem início nem fim.

Stephen Hawking

^{*} *Smooth*, no original; opõe-se a *lumpy*, aqui traduzido por "inomogêneo". (N. do T.)

1

Nossa imagem do universo

ERTA VEZ, UM RENOMADO CIENTISTA (ALGUNS DIZEM QUE FOI Bertrand Russell) proferiu uma palestra sobre astronomia. Ele descreveu o modo como a Terra orbita o Sol e como o Sol, por sua vez, orbita o centro de uma vasta coleção de estrelas que chamamos de nossa galáxia. Ao fim da palestra, uma senhorinha no fundo da sala levantou-se e disse: "O que o senhor acabou de falar é bobagem. Na verdade, o mundo é um prato achatado apoiado no dorso de uma tartaruga gigante." O cientista abriu um sorriso de superioridade antes de perguntar: "No que a tartaruga está apoiada?" "O senhor é muito esperto, rapaz, muito esperto", respondeu a mulher. "Mas tem tartarugas até lá embaixo!"

A maioria das pessoas acharia um tanto ridícula a imagem do nosso universo como uma torre infinita de tartarugas, mas por que acreditamos saber mais do que isso? O que sabemos sobre o universo, e como sabemos? De onde ele veio e para onde está indo? O universo

teve um começo? Se teve, o que aconteceu *antes*? Qual é a natureza do tempo? Um dia ele vai chegar ao fim? Podemos voltar no tempo? Avanços recentes na física, em parte possibilitados por novas tecnologias fantásticas, sugerem respostas a algumas dessas questões tão antigas. Um dia, talvez essas respostas pareçam tão óbvias para nós quanto a Terra orbitando o Sol — ou talvez tão ridículas quanto uma torre de tartarugas. Só o tempo (seja lá o que isso for) dirá.

Já em 340 a.C., o filósofo grego Aristóteles foi capaz de apresentar, em sua obra Sobre o céu, dois bons argumentos para a crença de que a Terra era uma esfera redonda, e não um prato achatado. Primeiro: ele percebeu que os eclipses lunares eram causados pela Terra, ao se posicionar entre o Sol e a Lua. A sombra da Terra no satélite era sempre redonda, o que só aconteceria se nosso planeta fosse esférico. Se fosse um disco chato, a sombra seria alongada e elíptica, a menos que o eclipse ocorresse sempre em uma época em que o Sol ficasse diretamente sob o centro do disco. Segundo: os gregos sabiam, por suas viagens, que a estrela Polar aparecia em uma parte mais baixa do céu quando vista do sul do que quando avistada de regiões mais setentrionais. (Uma vez que a estrela Polar fica no zênite do polo norte, ela parece estar diretamente acima de um observador nesse ponto geográfico, mas, para uma pessoa olhando do equador, parece bem próxima do horizonte.) Pela diferença na posição aparente da estrela Polar no Egito e na Grécia, Aristóteles até apresentou uma estimativa de que a circunferência da Terra era de quatrocentos mil estádios. Não se sabe a medida exata correspondente a um estádio, mas é provável que fosse algo em torno de 180 metros, o que faria da estimativa de Aristóteles mais ou menos o dobro do número aceito atualmente. Os gregos tinham ainda um terceiro argumento de que a Terra devia ser redonda: por que outro motivo veríamos primeiro as velas de um navio se aproximando no horizonte e só depois o casco?

Aristóteles achava que a Terra era estacionária e que o Sol, a Lua, os planetas e as estrelas moviam-se em órbitas circulares ao redor dela. Ele acreditava nisso porque sentia, por motivos místicos, que

a Terra era o centro do universo e que o movimento circular era o mais perfeito. No século II d.C., essa ideia foi aperfeiçoada por Ptolomeu em um modelo cosmológico completo. Nosso planeta ficava no centro, cercado por oito esferas que incluíam a Lua, o Sol, as estrelas e os cinco planetas conhecidos na época: Mercúrio, Vênus, Marte, Júpiter e Saturno [Figura 1.1]. Os planetas moviam-se em círculos menores ligados a suas respectivas esferas, o que explicava as trajetórias um tanto complicadas observadas no céu. A esfera mais exterior abarcava as estrelas denominadas fixas, que sempre ficam nas mesmas posições em relação às outras, mas giram juntas pelo céu. O que havia além da última esfera nunca ficou muito claro, mas sem dúvida não era parte do universo observável pela humanidade.

O modelo de Ptolomeu ofereceu um sistema razoavelmente preciso para prever as posições dos corpos celestes no firmamento. No entanto, a fim de fazê-lo de forma correta, Ptolomeu precisou aventar a hipótese de que a Lua seguia uma trajetória que às vezes a deixava duas vezes mais próxima da Terra. E isso significava que a Lua devia, de vez em quando, parecer duas vezes maior! Ptolomeu reconhecia essa falha, mas ainda assim, de modo geral, seu modelo foi aceito — embora não de modo universal. A Igreja cristã o adotou como a imagem do universo que estava de acordo com as Escrituras, pois tinha a grande vantagem de deixar bastante espaço além da esfera de estrelas fixas para o céu e o inferno.

Contudo, um modelo mais simples foi proposto em 1514 pelo padre polonês Nicolau Copérnico. (No início, talvez devido ao medo de ser estigmatizado como herege pela Igreja, Copérnico divulgou seu modelo sob anonimato.) Sua ideia era a de que o Sol ficava estacionário no centro e a Terra e os planetas se moviam em órbitas circulares em torno dele. Quase um século se passou até que essa ideia fosse levada a sério. Então, dois astrônomos — o alemão Johannes Kepler e o italiano Galileu Galilei — começaram a apoiar publicamente a teoria copernicana, a despeito do fato de que as órbitas que ela previa não casavam muito bem com os resultados

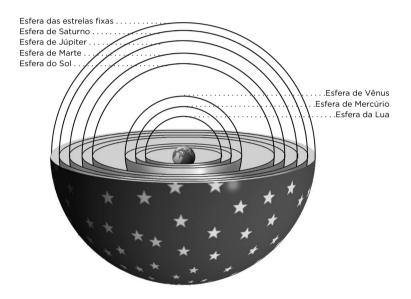


FIGURA 1.1

observáveis. O golpe de misericórdia na teoria aristotélica/ptolomaica veio em 1609. Nesse ano, Galileu começou a observar o céu noturno com um telescópio, que acabara de ser inventado. Quando olhou para Júpiter, descobriu que o planeta era acompanhado por diversos pequenos satélites ou luas que orbitavam à sua volta. Isso significava que nem tudo tinha de orbitar diretamente a Terra, como Aristóteles e Ptolomeu haviam pensado. (Claro que ainda era possível acreditar que a Terra ficava estacionária no centro do universo e que as luas de Júpiter moviam-se em trajetórias muito complicadas em torno do nosso planeta, dando a impressão de que orbitavam Júpiter. Entretanto, a teoria de Copérnico era muito mais simples.) Nesse meio-tempo, Johannes Kepler modificara a teoria de Copérnico, sugerindo que os planetas não se moviam em círculos, mas em elipses (uma elipse é um círculo alongado). As previsões enfim passaram a bater com as observações.

Para Kepler, órbitas elípticas eram só uma hipótese ad hoc — e, aliás, das mais execráveis, porque elipses eram claramente menos perfeitas do que círculos. Tendo descoberto quase por acidente que órbitas elípticas enquadravam-se bem nas observações, ele não podia conciliá-las com sua ideia de que forças magnéticas faziam os planetas orbitar o Sol. Só bem mais tarde, em 1687, surgiu uma explicação, quando Sir Isaac Newton publicou Philosophiae Naturalis Principia Mathematica, provavelmente a obra mais importante já editada nas ciências físicas. Nela, Newton não apenas apresentou uma teoria de como os corpos se movem no espaço e no tempo, mas também desenvolveu a complexa matemática necessária para analisar esses movimentos. Além disso, Newton postulou uma lei da gravitação universal, segundo a qual todo corpo no universo seria atraído para todos os outros corpos por uma força que se intensificava quanto maior fosse a massa dos corpos e quanto mais perto estivessem uns dos outros. Essa era a mesma força que fazia os objetos caírem no chão. (A história de que Newton foi inspirado por uma maçã que o acertou na cabeça é quase certamente apócrifa. Tudo que o próprio Newton disse foi que a ideia de gravidade lhe ocorreu quando ele estava sentado "em um estado de espírito contemplativo" e "foi ocasionada pela queda de uma maçã".) Depois ele demonstrou que, segundo essa lei, a gravidade faz a Lua se mover em uma órbita elíptica em torno da Terra e faz todos os planetas seguirem trajetórias elípticas em torno do Sol.

O modelo copernicano se livrou das esferas celestes ptolomaicas e, com elas, da ideia de que o universo tinha um contorno natural. Uma vez que as "estrelas fixas" não pareciam mudar de posição — exceto por uma rotação no céu, causada pelo giro da Terra em seu próprio eixo —, foi natural supor que as estrelas fixas eram objetos como nosso Sol, embora bem mais distantes.

Newton percebeu que, segundo sua teoria da gravitação, as estrelas deviam se atrair mutuamente. Desse modo, parecia que, por essência, elas não poderiam permanecer imóveis. Elas não cairiam umas nas outras em determinado momento? Em uma carta escrita em 1691 para Richard Bentley, outro grande pensador da época, Newton argumentou que isso de fato aconteceria se houvesse um número finito de estrelas distribuídas por uma região também finita do espaço. Mas ele deduziu que, por outro lado, se houvesse um número infinito de estrelas, distribuídas de modo mais ou menos uniforme por um espaço infinito, isso não aconteceria, pois não haveria nenhum ponto central onde pudessem cair.

Esse argumento é um exemplo das armadilhas que podemos encontrar quando falamos sobre o infinito. Em um universo infinito, todo ponto pode ser considerado o centro, pois todo ponto tem um número infinito de estrelas de cada lado. A abordagem correta, conforme só se percebeu muito mais tarde, é considerar a situação finita, na qual as estrelas caem todas umas sobre as outras, e então perguntar em que as coisas mudarão se, fora dessa região, mais estrelas forem acrescentadas de maneira mais ou menos uniforme. Segundo a lei de Newton, na média o acréscimo não faria a menor diferença; assim, as estrelas continuariam caindo com a mesma

rapidez. Podemos acrescentar quantas estrelas quisermos, mas elas sempre cairão umas sobre as outras. Hoje sabemos que é impossível ter um modelo estático e infinito do universo no qual a gravidade sempre exerça atração.

O fato de ninguém ter sugerido que o universo estivesse se expandindo ou se contraindo é um reflexo interessante do clima geral do pensamento anterior ao século XX. De modo geral, aceitava-se que ou o universo sempre existira em um estado inalterado ou fora criado em um tempo finito no passado, mais ou menos da maneira como o vemos hoje. Em parte, isso talvez se devesse à tendência das pessoas de acreditar em verdades perpétuas, bem como no conforto de pensar que, ainda que venhamos a envelhecer e morrer, o universo é eterno e imutável.

Nem mesmo aqueles que notaram que a teoria da gravitação de Newton mostrava que o universo não podia ser estático pensaram em sugerir que ele pudesse estar em expansão. Em vez disso, tentaram modificar a teoria fazendo a força gravitacional ser repulsiva em distâncias muito grandes. Isso não afetou significativamente as previsões dos movimentos dos planetas, porém permitiu que uma distribuição infinita de estrelas permanecesse em equilíbrio — com as forças de atração entre as estrelas próximas contrabalançadas pelas forças repulsivas das que estavam longe. Entretanto, hoje acreditamos que um equilíbrio desses seria instável: se as estrelas em alguma região ficassem apenas um pouco mais próximas das outras, as forças de atração entre elas se tornariam mais intensas e suplantariam as forças repulsivas, de modo que as estrelas continuariam caindo umas sobre as outras. Por outro lado, se as estrelas ficassem um pouco mais distantes umas das outras, as forças repulsivas venceriam e as afastariam ainda mais.

Outra objeção a um universo estático e infinito costuma ser atribuída ao filósofo alemão Heinrich Olbers, que escreveu sobre essa teoria em 1823. Na verdade, vários contemporâneos de Newton haviam apontado o problema, e o artigo de Olbers não foi sequer

o primeiro a apresentar argumentos plausíveis contra ela. No entanto, foi o primeiro a ser amplamente conhecido. A dificuldade é que, em um universo estático e infinito, quase todo campo de visão recairia sobre a superfície de uma estrela. Assim, seria de esperar que o céu fosse tão brilhante quanto o Sol, mesmo à noite. O contra-argumento de Olbers era que a luz de estrelas distantes se atenuaria ao ser absorvida pela matéria entre nós e elas. Contudo, se isso acontecesse, a matéria interveniente no caminho da luz se aqueceria até o ponto de brilhar com tanta intensidade quanto as estrelas. O único modo de evitar a conclusão de que o céu noturno devia ser tão brilhante quanto a superfície do Sol seria supor que as estrelas não brilhavam desde sempre, mas que haviam sido acesas em algum momento finito no passado. Nesse caso, a matéria absorvente talvez ainda não tivesse se aquecido ou a luz das estrelas distantes talvez ainda não tivesse chegado até nós. E isso nos leva à pergunta sobre o que poderia ter acendido as estrelas.

O início do universo já fora debatido bem antes disso, é claro. Segundo uma série de antigas cosmologias e a tradição judaica/cristã/ muculmana, ele teve início em um momento finito, e não muito distante, do passado. Um dos argumentos era a percepção de que é necessário haver uma "Causa Primeira" para explicar a existência do universo. (Dentro do universo, a causa de um evento era sempre algum outro evento anterior, mas a existência do próprio universo só podia ser explicada dessa maneira se ele tivesse um início.) Outro argumento foi proposto por santo Agostinho na obra A cidade de Deus. Ele observou que a civilização está progredindo e que nós lembramos quem realizou tal feito ou desenvolveu tal técnica. Então, o homem, e talvez também o universo, por extensão, não podia existir havia tanto tempo assim. Santo Agostinho admitia uma data de cerca de 5000 a.C. para a criação do universo, de acordo com o livro do Gênesis. (É interessante que isso não é tão longe do fim da última Era do Gelo, cerca de 10.000 a.C., que é quando a civilização começou de fato, segundo a arqueologia.)

Por outro lado, Aristóteles e a maioria dos demais filósofos gregos não gostavam da ideia de uma criação, pois isso cheirava demais a intervenção divina. Eles acreditavam, portanto, que a raça humana e o mundo ao seu redor sempre existiram e sempre existiriam. Os antigos já haviam considerado o argumento sobre o progresso e responderam dizendo que houvera dilúvios periódicos ou outros desastres que repetidas vezes lançaram a raça humana de volta ao início da civilização.

As questões sobre se o universo teve um início no tempo e se ele é limitado no espaço foram amplamente examinadas mais tarde pelo filósofo Immanuel Kant em sua monumental (e muito obscura) Crítica da razão pura, publicada em 1781. Ele chamava essas questões de antinomias (isto é, contradições) da razão pura porque achava que havia argumentos igualmente persuasivos para acreditar na tese — de que o universo teve um início — e na antítese — de que ele existira desde sempre. Seu argumento para a tese era de que, se o universo não teve um início, haveria um período infinito de tempo antes de qualquer evento, o que ele considerava absurdo. O argumento para a antítese dizia que, se o universo teve um início, haveria um infinito período de tempo antes disso, e, assim, por que o universo deveria começar em algum momento específico? Com efeito, suas defesas tanto da tese quanto da antítese são na verdade o mesmo argumento. Ambas se baseiam na pressuposição tácita de que o tempo continua indefinidamente para trás, tenha ou não o universo existido desde sempre. Como veremos, o conceito de tempo não tem significado antes do início do universo. Isso foi observado pela primeira vez por santo Agostinho. Quando lhe perguntavam "O que Deus fazia antes de criar o universo?", sua resposta não era "Ele estava preparando o inferno para pessoas que fizessem perguntas como essa". Em vez disso, respondia que o tempo era uma propriedade do universo criada por Deus e não existia antes dele.

Quando a maioria das pessoas acreditava em um universo essencialmente estático e imutável, a questão de ter ou não ocorrido um início pertencia, na verdade, à metafísica ou à teologia. Tudo que se observava podia ser explicado tanto pela teoria de que o universo sempre existira quanto pela teoria de que ele começou em algum momento finito do tempo, de forma que parecia ter existido desde sempre. No entanto, em 1929 Edwin Hubble fez a observação revolucionária de que, para onde quer que olhemos, as galáxias distantes estão se afastando depressa de nós. Em outras palavras, o universo está se expandindo. Isso significa que, antes, os objetos teriam estado mais próximos. Aliás, parece ter havido um momento, entre dez e vinte bilhões de anos atrás, em que todos eles estavam exatamente no mesmo ponto e, por conseguinte, a densidade do universo era infinita. Essa descoberta enfim trouxe a questão do início do universo para o âmbito da ciência.

As observações de Hubble sugeriam que houve um momento, chamado de Big Bang, em que o universo era infinitesimalmente pequeno e infinitamente denso. Sob tais condições, todas as leis da ciência, e, portanto, toda a capacidade de predizer o futuro, fracassariam. Se houve eventos anteriores a esse momento, eles não puderam afetar o que acontece no presente. Sua existência pode ser ignorada porque não teria consequências observacionais. Pode-se dizer que o tempo teve início no Big Bang, no sentido de que tempos anteriores simplesmente não teriam definição. É necessário enfatizar que esse início no tempo é muito diferente daqueles que eram considerados até então. Em um universo imutável, um início no tempo é algo que precisa ser imposto ao universo por um ser exterior; não há necessidade física de um início. Pode-se imaginar que Deus criou o universo em literalmente qualquer momento do passado. No entanto, se o universo está se expandindo, deve haver motivos físicos pelos quais teve de haver um início. Ainda é possível imaginar que Deus criou o universo no instante do Big Bang, ou mesmo depois, de maneira que pareça ter havido um Big Bang, porém não faria sentido supor que ele foi criado antes do Big Bang. Um universo em expansão não impede que haja um criador, mas impõe limites sobre quando esse trabalho pode ter sido executado!

A fim de falar sobre a natureza do universo e discutir questões como se ele tem um início ou um fim, devemos esclarecer o que é uma teoria científica. Vou adotar a visão simplória de que uma teoria é apenas um modelo do universo — ou uma parte restrita dele — e um conjunto de regras que relacionam as quantidades no modelo às observações que fazemos. Ela existe apenas em nossas mentes e não possui qualquer outra realidade (seja lá o que isso possa significar). Uma teoria é considerada boa se satisfaz dois requisitos: descreve de forma adequada um grande número de observações com base em um modelo que contém apenas poucos elementos arbitrários e faz previsões precisas sobre os resultados de futuras observações. Por exemplo, Aristóteles acreditava na teoria de Empédocles de que tudo era feito dos elementos: terra, ar, fogo e água. Isso era bastante simples, mas não se traduzia em previsões precisas. Já a teoria da gravitação de Newton se baseava em um modelo ainda mais simples, no qual os corpos atraíam uns aos outros com uma força proporcional a uma grandeza chamada de massa e inversamente proporcional ao quadrado da distância entre eles. E, contudo, ela prevê os movimentos do Sol, da Lua e dos planetas com alto grau de precisão.

Qualquer teoria física é sempre provisória, no sentido de que é apenas uma hipótese: nunca se pode prová-la. Não importa quantas vezes os resultados dos experimentos coincidam com alguma teoria, nunca se pode ter certeza de que o resultado não irá contradizê-la da vez seguinte. Em contrapartida, podemos refutar uma teoria ao encontrar uma única observação em desacordo com as previsões. Como o filósofo da ciência Karl Popper frisou, uma boa teoria se caracteriza por criar uma série de previsões que, a princípio, poderiam ser refutadas ou invalidadas pela observação. Cada vez que observamos novos experimentos coincidirem com as previsões, a teoria sobrevive e nossa confiança nela aumenta; porém, se em algum

momento uma nova observação a contradiz, temos de abandonar a teoria ou modificá-la.

Pelo menos é isso que deveria acontecer, mas sempre se pode questionar a competência da pessoa que realizou a observação.

Na prática, muitas vezes imagina-se uma nova teoria que, na verdade, se trata de uma extensão da teoria precedente. Por exemplo, observações muito precisas do planeta Mercúrio revelaram uma pequena diferença entre seu movimento e as previsões da teoria gravitacional de Newton. A teoria da relatividade geral de Einstein previa um movimento levemente diferente da teoria de Newton. O fato de que as previsões de Einstein batiam com o que era observado, ao passo que as de Newton não, foi uma das confirmações cruciais da nova teoria. Entretanto, ainda usamos a teoria de Newton para todos os propósitos práticos, pois a diferença entre seus prognósticos e os da teoria da relatividade geral é muito pequena nas situações com que costumamos lidar. (A teoria de Newton também tem a grande vantagem de ser muito mais simples de se trabalhar do que a de Einstein!)

O objetivo final da ciência é fornecer uma teoria única que descreva todo o universo. No entanto, a abordagem que a maioria dos cientistas de fato segue é separar o problema em duas partes. Primeiro, há as leis que nos dizem como o universo muda com o tempo. (Se soubermos como é o universo em dado momento, essas leis físicas nos dirão como ele será em qualquer momento posterior.) Segundo, há a questão do estado inicial do universo. Algumas pessoas acham que a ciência deve se ocupar apenas da primeira parte; elas encaram o problema da situação inicial como um assunto para a metafísica ou a religião. Elas diriam que Deus, sendo onipotente, poderia ter começado o universo como bem lhe aprouvesse. Talvez seja verdade, mas, nesse caso, ele também poderia tê-lo levado a se desenvolver de maneira completamente arbitrária. Contudo, parece que optou por fazê-lo evoluir de forma bastante regular, de acordo com certas leis. Parece, portanto, igualmente razoável supor que também há leis governando o estado inicial.

Acontece que é muito difícil conceber uma teoria para descrever o universo em uma só tacada. Assim, dividimos o problema em pequenas partes e inventamos uma série de teorias parciais. Cada uma delas descreve e prevê uma gama limitada de observações, desprezando os efeitos de outras quantidades ou representando-as por conjuntos simples de números. Talvez essa abordagem esteja completamente errada. Se cada coisa no universo depende de todo o resto de maneira fundamental, talvez seja impossível chegar a uma solução completa investigando partes do problema de forma isolada. Não obstante, foi assim que progredimos no passado. Mais uma vez, o exemplo clássico é a teoria da gravitação de Newton, segundo a qual a força gravitacional entre dois corpos depende apenas de uma grandeza associada a cada corpo (sua massa), mas, por outro lado, independe da matéria de que os corpos são feitos. Assim, não é preciso uma teoria da estrutura e da constituição do Sol e dos planetas para calcular suas órbitas.

Hoje, os cientistas descrevem o universo a partir de duas teorias parciais básicas: a teoria da relatividade geral e a mecânica quântica. Elas são as grandes realizações intelectuais da primeira metade do século XX. A teoria da relatividade geral descreve a força da gravidade e a estrutura em grande escala do universo, ou seja, a estrutura em escalas que vão de apenas alguns quilômetros a medidas tão vastas quanto um milhão de milhões de milhões de milhões (1 seguido de 24 zeros) de quilômetros — o tamanho do universo observável. A mecânica quântica, por sua vez, lida com fenômenos em escalas minúsculas, tais como um milionésimo de milionésimo de centímetro. Infelizmente, porém, sabemos que essas duas teorias são incompatíveis entre si — não é possível que ambas estejam corretas. Um dos maiores esforços na física atual, e o tema principal deste livro, é a busca por uma nova teoria que irá incorporar ambas: uma teoria da gravitação quântica. Ainda não temos essa teoria e pode ser que estejamos longe de consegui-la, mas sem dúvida já conhecemos muitas das propriedades que ela deve exibir. E, como veremos nos próximos capítulos, já sabemos um bocado sobre as previsões que uma teoria da gravitação quântica deve fazer.

Ora, se acreditamos que o universo não é arbitrário, mas governado por leis bem definidas, ao fim teremos de combinar as teorias parciais em uma teoria unificada completa que descreverá tudo no universo. Entretanto, há um paradoxo fundamental na busca por uma teoria unificada completa como essa. As ideias sobre teorias científicas que delineamos nos parágrafos anteriores partem do pressuposto de que o homem é uma criatura racional livre para observar o universo como quiser e extrair deduções lógicas do que vê. Nesse esquema, é razoável supor que podemos progredir cada vez mais na direção das leis que governam nosso universo. Contudo, se de fato existe uma teoria unificada completa, é de se presumir que ela também determinaria nossas ações. E assim a própria teoria determinaria o resultado de nossa busca por ela! E por que ela deveria determinar que chegamos às conclusões corretas com base nas evidências? Ela não pode muito bem determinar que tiramos a conclusão errada? Ou nenhuma conclusão?

A única resposta que posso dar para esse problema se baseia no princípio da seleção natural de Darwin. A ideia é que em qualquer população de organismos capazes de se reproduzir haverá variações no material genético e na criação de novos indivíduos. Essas diferenças significarão que uns indivíduos serão mais capazes do que outros de tirar conclusões corretas sobre o mundo à sua volta e agir de forma apropriada. Tais indivíduos terão maior probabilidade de sobreviver e se reproduzir, e, assim, seu padrão de comportamento e pensamento passará a ser dominante. No passado, sem dúvida foi verdade que o que chamamos de inteligência e descoberta científica transmitiu uma vantagem na sobrevivência. Não está tão claro que esse ainda seja o caso: nossas descobertas científicas podem muito bem nos destruir, e, mesmo que não o façam, uma teoria unificada completa talvez não influencie tanto nossas chances de sobrevivência. Porém, contanto que o universo tenha evoluído de maneira

NOSSA IMAGEM DO UNIVERSO

regular, podemos esperar que as capacidades de raciocínio legadas a nós pela seleção natural sejam válidas também em nossa busca por uma teoria unificada completa e, assim, não nos conduzam às conclusões erradas.

Como as teorias parciais de que já dispomos são suficientes para fazer previsões precisas em quase todas as situações, exceto as extremas, a busca pela teoria final do universo parece difícil de justificar em termos práticos. (Vale ressaltar, porém, que argumentos semelhantes poderiam ter sido usados não só contra a relatividade como também contra a mecânica quântica, e essas teorias nos deram tanto a energia nuclear como a revolução microeletrônica!) A descoberta de uma teoria unificada completa, portanto, talvez não ajude na sobrevivência de nossa espécie. Pode ser que ela nem sequer afete nosso estilo de vida. Contudo, desde a aurora da civilização as pessoas não se dão por satisfeitas com a noção de que os eventos são desconectados e inexplicáveis. Sempre ansiamos por compreender a ordem subjacente do mundo. Hoje, ainda almejamos saber por que estamos aqui e de onde viemos. O desejo profundo da humanidade pelo conhecimento é justificativa suficiente para nossa busca contínua. E nossa meta não é nada menos do que uma descrição completa do universo onde vivemos.

