

LISA RANDALL

Batendo à porta do céu

*O bóson de Higgs e como a física moderna
ilumina o universo*

Tradução
Rafael Garcia

Copyright © 2011 by Lisa Randall
Copyright do prefácio © 2012 by Lisa Randall
Todos os direitos reservados

*Grafia atualizada segundo o Acordo Ortográfico da Língua Portuguesa de 1990,
que entrou em vigor no Brasil em 2009.*

Título original

Knocking on Heaven's Door: How Physics and Scientific Thinking Illuminate
the Universe and the Modern World

Capa

Marcos Kotlhar

Foto de capa

Cortesia do CERN

Preparação

Cacilda Guerra

Índice remissivo

Luciano Marchiori

Revisão

Luciane Helena Gomide

Carmen T. S. Costa

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
(Câmara Brasileira do Livro, SP, Brasil)

Randall, Lisa

Batendo à porta do céu : O bóson de Higgs e como a física
moderna ilumina o universo / Lisa Randall ; tradução Rafael Garcia.
— 1. ed. — São Paulo : Companhia das Letras, 2013.

Título original: Knocking on Heaven's Door: How Physics and
Scientific Thinking Illuminate the Universe and the Modern
World

ISBN 978-85-359-2365-8

1. Cosmologia - Obras populares 2. Física - Obras populares 1.
Título.

13-11013

CDD-530

Índice para catálogo sistemático:

1. Física 530

[2013]

Todos os direitos desta edição reservados à

EDITORA SCHWARCZ S.A.

Rua Bandeira Paulista, 702, cj. 32

04532-002 — São Paulo — SP

Telefone: (11) 3707-3500

Fax: (11) 3707-3501

www.companhiadasletras.com.br

www.blogdacompanhia.com.br

Sumário

<i>Lista de figuras</i>	7
<i>Prefácio à segunda edição</i>	11
<i>Introdução</i>	17

PARTE I — A REALIDADE EM ESCALA

1. O que é tão pequeno para você é tão grande para mim . .	33
2. Destrancando segredos	62
3. Vivendo num mundo material	79
4. Procurando respostas	102

PARTE II — A MATÉRIA EM ESCALA

5. <i>Magical Mistery Tour</i>	115
6. “Ver” para crer	145
7. A borda do universo	167

PARTE III — MAQUINÁRIO, MEDIDAS E PROBABILIDADE

8. Um anel para a todos governar	185
--	-----

9. O retorno do anel	204
10. Buracos negros que devorarão o mundo	232
11. Negócio arriscado	246
12. Medida e incerteza	275
13. Os experimentos CMS e ATLAS	292
14. Identificando partículas	324

PARTE IV — MODELAGEM, PREVISÃO E ANTECIPAÇÃO
DE RESULTADOS

15. Verdade, beleza e outros equívocos científicos	345
16. O bóson de Higgs	366
17. O próximo modelo nº 1	396
18. De baixo para cima ou de cima para baixo	436

PARTE V — O UNIVERSO EM ESCALA

19. De dentro para fora	451
20. O que é tão grande para você é tão pequeno para mim	470
21. Visitantes das trevas	491

PARTE VI — RECAPITULAÇÃO

22. Pensar globalmente e agir localmente	515
<i>Conclusão</i>	532
<i>Agradecimentos</i>	541
<i>Notas</i>	545
<i>Índice remissivo</i>	555

PARTE I
A REALIDADE EM ESCALA

1. O que é tão pequeno para você é tão grande para mim

Entre as muitas razões pelas quais escolhi entrar para a física estava o desejo de fazer alguma coisa que pudesse ter impacto permanente. Se eu iria investir tanto tempo, energia e comprometimento, queria que fosse em nome de algo com uma bandeira de longevidade e verdade. Como a maioria das pessoas, eu pensava sobre avanços científicos como ideias que resistiam ao teste do tempo.

Minha amiga Anna Christina Büchmann estudou inglês na faculdade enquanto eu me formava em física. Ironicamente, ela estudou literatura pela mesma razão que me deixei levar pela matemática e pela ciência. Ela amava o modo como uma história inspirada se conservava por séculos. Quando, muitos anos depois, discutimos o romance *Tom Jones*, de Henry Fielding, descobri que a edição que eu tinha lido e apreciado tanto era aquela para a qual ela ajudara a produzir notas quando estava na pós-graduação.¹

Tom Jones foi publicado 250 anos atrás, mas seus temas e sua sagacidade ressoam até hoje. Durante minha primeira visita ao Japão, li o muito mais antigo *Genji Monogatari* [Conto de Genji] e fiquei maravilhada com a atualidade de seus personagens também,

apesar dos mil anos que se passaram desde que Murasaki Shikibu escreveu sobre eles. Homero criara a *Odisseia* cerca de 2 mil anos antes. E, a despeito de sua idade e de seu contexto tão diferentes, continuamos a saborear o conto da jornada de Odisseu e suas descrições atemporais sobre a natureza humana.

Cientistas quase nunca leem textos científicos velhos — muito menos os antigos. Em geral, deixamos isso para historiadores e críticos literários. Não obstante, aplicamos o conhecimento que foi adquirido ao longo do tempo, tenha ele vindo de Newton no século XVII ou de Copérnico mais de cem anos antes. Podemos negligenciar os livros, mas temos cuidado em preservar as ideias importantes que eles podem conter.

A ciência decerto não é a declaração estática de leis universais que todos ouvimos na escola elementar. Nem é um conjunto de regras arbitrárias. A ciência é um corpo de conhecimento em evolução. Muitas das ideias que investigamos hoje se provarão erradas ou incompletas. As descrições científicas sem dúvida mudam quando cruzamos fronteiras que circunscrevem aquilo que sabemos e quando nos aventuramos em territórios mais remotos onde podemos vislumbrar pistas para verdades mais profundas.

O paradoxo com o qual os cientistas têm de brigar é que, apesar de almejarmos a permanência, com frequência investigamos ideias que dados experimentais ou uma melhor compreensão nos forçarão a mudar ou descartar. O núcleo sólido do conhecimento que foi testado e reconhecido é sempre cercado de uma fronteira amorfa de incertezas que constituem o domínio da pesquisa atual. As ideias e sugestões que nos empolgam hoje serão logo esquecidas se forem invalidadas por trabalhos mais abrangentes e mais convincentes amanhã.

Quando o candidato republicano à presidência dos Estados Unidos Mike Huckabee se alinhou à religião contra a ciência — em parte porque “crenças” científicas mudam, enquanto cristãos

têm como sua autoridade um Deus eterno e imutável —, ele não estava totalmente errado em sua caracterização. O universo evoluiu, e nosso conhecimento científico sobre ele também. Ao longo do tempo, cientistas descascam camadas de realidade para expor aquilo que está além da superfície. Ampliamos e enriquecemos nossa compreensão à medida que sondamos escalas cada vez mais remotas. O conhecimento avança, e a região inexplorada recua, quando alcançamos essas distâncias difíceis de acessar. As “crenças” científicas, então, evoluem de acordo com nosso conhecimento expandido.

Contudo, mesmo quando a tecnologia aprimorada torna possível aumentar o alcance das observações, não necessariamente abandonamos as teorias que foram bem-sucedidas em suas previsões dentro das distâncias e energias, ou velocidades e densidades, que eram acessíveis no passado. As teorias científicas crescem e se expandem para absorver um conhecimento aumentado, ao mesmo tempo que retêm as partes confiáveis de ideias que as antecederam. A ciência, então, incorpora o velho conhecimento bem estabelecido a um quadro mais abrangente que emerge de uma faixa maior de observações experimentais e teóricas. Tais mudanças não necessariamente significam que as velhas regras estejam erradas, mas elas podem indicar, por exemplo, que essas regras já não são aplicáveis em escalas pequenas, quando novos componentes são revelados. O conhecimento pode, portanto, abraçar velhas ideias enquanto se expande com o tempo, mesmo que talvez sempre reste mais a ser explorado. Assim como viajar pode ser fascinante — mesmo que você nunca visite cada lugar do planeta (muito menos do cosmo) —, ampliar nossa compreensão da matéria e do universo enriquece nossa existência. O que permanece desconhecido serve para inspirar futuras investigações.

Meu próprio campo de pesquisa, a física de partículas, investiga distâncias cada vez menores para estudar componentes cada

vez mais diminutos da matéria. A atual pesquisa experimental e teórica tenta expor o que a matéria esconde — aquilo que está abrigado mais em seu interior. Apesar da famosa analogia com a boneca russa *matrioshka*, com elementos similares replicados em escalas sucessivamente menores, a matéria não é assim. O que torna interessante a investigação de distâncias cada vez menores é que as regras podem mudar quando alcançamos novos domínios. Novas forças e interações podem aparecer em escalas cujo impacto era muito pequeno para ser detectado nas distâncias maiores investigadas em um momento anterior.

A noção de escala, que diz aos físicos qual faixa de tamanhos ou de energias é relevante para uma pesquisa em particular, é crítica para a compreensão do progresso científico, bem como para muitos outros aspectos do mundo à nossa volta. Ao separar o universo em diferentes tamanhos compreensíveis, aprendemos que as leis da física que funcionam melhor não são necessariamente as mesmas para todos os processos. Temos de relacionar conceitos que se aplicam melhor em uma escala àqueles que são mais úteis em outra. Categorizar dessa maneira nos permite incorporar tudo aquilo que conhecemos dentro de um quadro consistente, ao mesmo tempo que permite mudanças radicais em descrições sobre diferentes comprimentos.

Neste capítulo, veremos como a repartição por escala — qualquer escala é relevante — ajuda a aclarar nosso pensamento — tanto o científico como os demais — e por que as propriedades sutis dos blocos que compõem a matéria são tão difíceis de perceber em distâncias com as quais lidamos em nosso dia a dia. Ao fazer isso, também discutiremos o significado de “certo” ou “errado” em ciência, e por que mesmo as descobertas que parecem radicais não necessariamente levam a mudanças drásticas nas escalas com as quais já estamos familiarizados.

É IMPOSSÍVEL

É comum as pessoas confundirem conhecimento científico em evolução com ausência total de conhecimento e equipararem uma situação na qual estamos descobrindo novas leis da física a uma total falta de regras confiáveis. Uma conversa com o roteirista Scott Derrickson durante uma recente visita à Califórnia me ajudou a cristalizar a origem de alguns desses desentendimentos. Na época, Scott estava trabalhando em roteiros de filme que propunham conexões entre ciência e fenômenos que, ele suspeitava, cientistas talvez descartassem como sobrenaturais. Decidido a evitar maiores gafes, ele queria mostrar algum respeito pela ciência em suas imaginativas ideias de histórias, submetendo-as ao escrutínio de uma física — naquele caso, eu. Marcamos então um almoço num café ao ar livre para compartilhar nossos pensamentos, além do prazer que uma tarde ensolarada de Los Angeles proporciona.

Sabendo que roteiristas com frequência fazem caracterizações erradas da ciência, Scott queria que suas histórias sobre fantasmas e viagens no tempo fossem escritas com uma dose razoável de credibilidade científica. O desafio particular que ele encarava como roteirista era a necessidade de apresentar à sua audiência não apenas novos fenômenos interessantes, mas também alguns que pudessem ser de fato traduzidos para a tela de cinema. Embora não fosse treinado em ciência, Scott era perspicaz e receptivo a novas ideias. Expliquei-lhe então por que, apesar da engenhosidade e do valor de entretenimento de alguns argumentos de suas histórias, os limites físicos os tornavam cientificamente insustentáveis.

Scott respondeu que existem alguns fenômenos que já foram considerados impossíveis por cientistas, mas que depois acabaram se revelando verdadeiros. “Os cientistas também não desacreditavam antes daquilo que a relatividade nos conta agora?” “Quem

diria que a aleatoriedade teria algum papel nas leis fundamentais da física?” Apesar de seu grande respeito pela ciência, Scott ainda se perguntava se, dada sua natureza evolutiva, os cientistas não estariam errados às vezes sobre as implicações e limitações de suas descobertas.

Alguns críticos podem ir ainda mais longe, afirmando que, embora os cientistas possam prever muitas coisas, a confiabilidade dessas previsões é invariavelmente suspeita. Céticos insistem, a despeito das evidências científicas, que sempre pode haver uma “pegadinha” ou um subterfúgio. Talvez as pessoas possam voltar da morte e atravessar um portal para a Idade Média ou para a Terra Média. Esses questionadores simplesmente não confiam nas alegações da ciência de que certas coisas são, sem sombra de dúvida, impossíveis.

Contudo, apesar da sabedoria de manter a mente aberta e reconhecer que novas descobertas estão por vir, há uma profunda falácia embutida nessa lógica. O problema se torna claro quando dissecamos o significado de declarações como aquelas mencionadas e, em particular, quando aplicamos a noção de escala. Essas questões ignoram o fato de que, mesmo que sempre existam distâncias inexploradas ou faixas de energia nas quais as leis da física podem mudar, conhecemos muito bem as leis da física nas escalas humanas. Tivemos ampla oportunidade de testar essas leis ao longo dos séculos.

Quando conheci a coreógrafa Elizabeth Streb no Museu Whitney, onde ambas participamos de um painel sobre criatividade, ela também subestimava a robustez do conhecimento científico em escalas humanas. Elizabeth formulou uma questão similar àquela de Scott: “Poderiam as pequenas dimensões propostas por físicos, encurvadas num tamanho inimaginavelmente pequeno, afetar o movimento de nosso corpo?”

O trabalho dela é maravilhoso, e seu questionamento das

suposições básicas sobre dança e movimento é fascinante. Mas a razão pela qual não podemos determinar se novas dimensões existem, ou qual seria seu papel caso elas existam, é que elas seriam muito pequenas ou muito encurvadas para que sejamos capazes de detectá-las. Com isso, quero dizer que ainda não detectamos sua influência em nenhuma quantidade que observamos até agora, mesmo com medições extremamente detalhadas. Só se as consequências das dimensões extras forem fenômenos físicos muito maiores é que elas podem influenciar de maneira discernível o movimento de alguém. Se elas de fato tivessem um impacto significativo, já teríamos observado esses efeitos. Portanto, sabemos que os fundamentos da coreografia não vão mudar, mesmo quando nossa compreensão da gravidade quântica for aprimorada. Seus efeitos são largamente suprimidos em relação a qualquer coisa perceptível na escala humana.

No passado, quando cientistas se davam conta de que estavam errados sobre alguma coisa, em geral era porque ainda não tinham explorado distâncias, velocidades ou energias muito grandes ou muito pequenas. Isso não significava que, como os ludditas, eles tivessem fechado a mente para a possibilidade de progresso. Significava apenas que confiavam nas mais atualizadas descrições matemáticas do mundo e nas previsões bem-sucedidas sobre objetos e comportamentos então observáveis. Fenômenos que eles acreditavam ser impossíveis podiam ocorrer, e às vezes ocorriam, em distâncias ou velocidades que esses cientistas ainda não tinham experimentado — ou testado. Mas, é claro, eles não poderiam conceber ideias e teorias que em última análise prevaleceriam em regimes de pequenas distâncias e energias enormes com as quais ainda não estavam familiarizados.

Quando nós, cientistas, dizemos que sabemos algo, queremos dizer apenas que temos certas ideias e teorias cujas previsões foram bem testadas *dentro de certa faixa de distâncias e energias*. Es-

As ideias e teorias não são necessariamente leis eternas nem as leis físicas mais fundamentais. São regras que se aplicam tão bem quanto experimentos podem testá-las, dentro de um alcance de parâmetros disponível com a tecnologia atual. Isso não significa que essas leis jamais serão superadas por outras novas. As leis de Newton são instrumentais e corretas, mas deixam de ser aplicáveis no caso de fenômenos que envolvem velocidades próximas ou iguais à da luz, aos quais as teorias de Einstein são aplicáveis. As leis de Newton são ao mesmo tempo corretas e incompletas. Elas podem ser aplicadas ao longo de um domínio limitado.

A tecnologia mais avançada que ganhamos por meio de melhores medições, na verdade, é um aprimoramento que ilumina novos e diferentes conceitos de base. Sabemos de muitos fenômenos que os antigos não poderiam ter deduzido ou descoberto com suas técnicas observacionais mais limitadas. Então, Scott estava certo em dizer que em alguns casos os cientistas estavam errados — pensando fenômenos impossíveis que no fim se revelariam perfeitamente verdadeiros. Mas isso não quer dizer que não existam regras. Fantasmas e pessoas que viajam no tempo não aparecem em nossas casas, e criaturas alienígenas não emergem de repente de nossas paredes. Dimensões extras de espaço podem existir, mas elas têm de ser muito pequenas e encurvadas ou ocultas à nossa visão para que possamos explicar por que ainda não se notou evidência de sua existência. Fenômenos exóticos podem de fato ocorrer. Mas tais fenômenos acontecerão apenas em escalas difíceis de observar, que estão cada vez mais longe de nossa percepção geral ou de nossa compreensão intuitiva. Se eles permanecerem inacessíveis para sempre, não serão tão interessantes para cientistas. E serão menos interessantes também para autores de ficção se não tiverem nenhum impacto observável em nosso cotidiano.

Coisas estranhas são possíveis, mas aquelas nas quais os não físicos estão compreensivelmente mais interessados são as que

podemos observar. Como Steven Spielberg apontou numa discussão sobre um filme de ficção científica que ele estava cogitando, um mundo estranho que não pode ser apresentado numa tela de cinema — e cujos personagens em um filme jamais possam viver — não é tão interessante para um espectador. (A figura 1 é uma divertida evidência.) Só um novo mundo que possamos acessar, e do qual tenhamos consciência, é que seria interessante. Mesmo que ambas requeiram imaginação, as ideias abstratas e a ficção são diferentes e têm objetivos diferentes. As ideias científicas podem se aplicar a regimes que são remotos demais para interessar a um filme, ou a nossas observações diárias, mas são essenciais para nossa descrição do mundo físico.



Figura 1. Uma tira da série XKCD que captura a natureza oculta das pequenas dimensões extras encurvadas.