

tolices brilhantes

Mario Livio

**de Darwin a Einstein,
os grandes erros
dos maiores cientistas**

Tradução de
CATHARINA PINHEIRO

1ª edição



E D I T O R A R E C O R D
RIO DE JANEIRO • SÃO PAULO

2017

ERROS E MANCADAS

Grandes mancadadas com frequência são compostas, como cordas grossas, de uma variedade de fibras. Pegue a corda fio por fio, separe todas as causas determinantes e as rasgue, e então dirá: isso é tudo. Junte e amarre-as, e então elas se tornarão uma enormidade.

VICTOR HUGO, *OS MISERÁVEIS*

Quando o mercurial Bobby Fischer, talvez o jogador mais famoso de xadrez da história do jogo, finalmente apareceu em Reykjavik, Islândia, no verão de 1972 para a partida contra Boris Spasski por ocasião do campeonato mundial,¹ a expectativa no mundo do xadrez era palpável. Até mesmo pessoas que jamais haviam demonstrado qualquer interesse por xadrez prendiam o fôlego para o que fora chamado de “a Partida do Século”. Contudo, na 29ª jogada do primeiro jogo, em uma posição que parecia conduzir a um *dead draw*,* Fischer optou por um movimento que até os jogadores mais amadores

* Posição em que nenhum jogador tem qualquer possibilidade de vencer, ou uma situação de impasse que só pode ser resolvida caso um jogador faça uma jogada propositadamente errada. [N. da T.]

de xadrez teriam rejeitado instintivamente como erro. A jogada pode ter sido uma manifestação típica do que é conhecido como “cegueira enxadrística” — um erro denotado na literatura do xadrez por “??” — e teria sido vergonha até para uma criança de 5 anos em um clube de xadrez local. Mais surpreendente foi o fato de o erro ter sido cometido por um homem que abrira caminho até a partida com o russo Spasski após uma sequência extraordinária de vinte vitórias consecutivas contra os maiores jogadores do mundo. (Em muitas competições de nível mundial, não raro o número de empates iguala ao de vitórias.) Esse tipo de “cegueira” é algo que acontece apenas no xadrez? Ou será que outras atividades intelectuais também estão sujeitas a erros surpreendentes?

Oscar Wilde certa vez escreveu: “Experiência é o nome que todos dão aos seus erros.” Na verdade, todos cometemos inúmeros erros no nosso dia a dia. Trancamos nossas chaves dentro do carro, investimos nas ações erradas (ou às vezes nas ações certas, mas no momento errado), sobrestimamos excessivamente nossa capacidade de realizar múltiplas tarefas ao mesmo tempo e com frequência culpamos as causas erradas para os nossos infortúnios. Essa atribuição equivocada de culpa, aliás, é uma das razões por que raramente aprendemos com nossos erros. É claro que em todos os casos só identificamos um erro depois de o termos cometido — daí a definição de Wilde da “experiência”. Além disso, somos muito melhores ao julgar outras pessoas do que ao analisar a nós mesmos. Como o psicólogo e ganhador do prêmio Nobel em economia Daniel Kahneman colocou: “Não sou muito otimista em relação à habilidade das pessoas de mudarem a forma como pensam, mas sou muito otimista em relação à sua habilidade de detectar erros alheios.”

Mesmo processos construídos com atenção e cuidado, tais como os envolvidos no sistema de justiça criminal, ocasionalmente falham — muitas vezes com consequências trágicas. Ray Krone, de Phoenix,² Arizona, por exemplo, passou mais de dez anos atrás das grades e enfrentou pena de morte depois de ter sido condenado *duas vezes* por um assassinato brutal que não cometeu. Ele acabou sendo totalmente inocentado (e o verdadeiro culpado condenado) por evidências com DNA.

O foco deste livro, porém, não é esse tipo de erros, por mais graves que possam ser, e sim as grandes *mancadas científicas*. Por “mancadas científicas”, refiro-me em particular a erros conceituais sérios que poderiam ter comprometido teorias e estratégias inteiras — ou, ao menos em princípio, atrasar o progresso da ciência.

A história humana está cheia de casos de mancadas momentâneas em uma grande variedade de disciplinas. Alguns desses importantes erros remontam às Escrituras ou à mitologia grega. No livro do Gênesis, por exemplo, o primeiro ato de Eva — a mãe bíblica de todos os seres humanos — foi recorrer à ardilosa serpente e ao fruto proibido. Esse lapso momentâneo de julgamento levou, nada mais nada menos, ao banimento de Adão e Eva do Jardim do Éden, e — ao menos de acordo com o teólogo do século XIII Tomás de Aquino — até mesmo à proibição eterna do acesso dos seres humanos à verdade absoluta. Na mitologia grega, o envolvimento imprudente de Páris com a bela Helena, mulher do rei de Esparta, resultou na destruição total da cidade de Troia. Mas esses exemplos sequer arranham a superfície. No decorrer da história, nem comandantes militares renomados, nem filósofos famosos ou pensadores pioneiros foram imunes a mancadas sérias. Durante a Segunda Guerra Mundial, o marechal de campo alemão Fedor von Bock cometeu a tolice de repetir o malfadado ataque de Napoleão à Rússia de 1812. Nenhum dos dois avaliou a força insuperável do “General Inverno” — o longo e duro inverno russo para o qual estavam lamentavelmente despreparados. O historiador britânico A. J. P. Taylor certa vez resumiu as calamidades sofridas por Napoleão da seguinte forma: “Como a maioria daqueles que estudam história, ele [Napoleão] aprendeu com os erros do passado como cometer erros novos.”³

Na arena filosófica, as ideias errôneas de Aristóteles sobre a física (como a crença de que todos os corpos se movem em direção ao seu lugar “natural”) estavam tão longe da verdade quanto as previsões distorcidas de Karl Marx do colapso iminente do capitalismo. Analogamente, muitas das especulações psicanalíticas de Sigmund Freud, fossem sobre o “instinto de morte” — o suposto impulso de retornar ao estado de quietude anterior

à vida — ou sobre o papel de um complexo de Édipo infantil nas neuroses das mulheres, não passavam de erros patéticos, isso para ser gentil.

Você pode pensar: Tudo bem, as pessoas cometem erros; mas sem dúvida os maiores *cientistas* dos dois últimos séculos — como o duas vezes honrado pelo prêmio Nobel Linus Pauling ou o formidável Albert Einstein — estavam corretos pelo menos nas teorias pelas quais são mais conhecidos, certo? Afinal de contas, a glória intelectual dos tempos modernos não foi precisamente o estabelecimento da ciência como uma disciplina empírica e da matemática à prova de qualquer erro como a “linguagem” da ciência fundamental? As teorias dessas mentes ilustres e de outros pensadores incomparáveis não estariam, portanto, livres de mancadas graves? Absolutamente não!

O propósito deste livro é apresentar com detalhes algumas das mancadas mais surpreendentes de alguns dos maiores cientistas e seguir as consequências inesperadas dessas mancadas. Ao mesmo tempo, meu objetivo também é tentar analisar as prováveis causas dessas mancadas e, na medida do possível, revelar as relações fascinantes entre tais erros e os traços ou as limitações da mente humana. Por último, todavia, espero demonstrar que a estrada para a descoberta e a inovação pode ser construída mesmo ao longo do caminho improvável das mancadas.

Como veremos, os fios frágeis da evolução estão entrelaçados com todas as mancadas em particular que selecionei para explorar com detalhes no livro. Isto é, esses erros crassos estão relacionados às teorias da evolução da vida na Terra, da evolução da própria Terra e da evolução do nosso universo como um todo.

As mancadas da evolução e a evolução das mancadas

Uma das definições da palavra “evolução” encontradas no *Oxford English Dictionary* diz: “O desenvolvimento ou crescimento, de acordo com tendências inerentes, de qualquer coisa que possa ser comparada a um organismo vivo... Também o aumento ou origem de qualquer coisa

pelo desenvolvimento natural, em oposição à sua produção por um ato específico.” Esse não era o significado original da palavra. Em latim, *evolutio* referia-se ao desenrolar e à leitura de um livro em forma de pergaminho. Mesmo quando a palavra começou a se popularizar na biologia, a princípio era usada apenas para descrever o crescimento de um embrião. O primeiro uso da palavra “evolução” no contexto da gênese das espécies pode ser encontrado nos escritos do naturalista suíço do século XVIII Charles Bonnet, que argumentou que Deus organizara previamente o nascimento das espécies nos germes das primeiras formas de vida que criara.

No decorrer do século XX, a palavra “evolução” tornou-se tão intimamente associada ao nome de Darwin que você pode achar difícil acreditar que na primeira edição, de 1859, da sua obra magistral, *A origem das espécies*, Darwin não menciona a palavra “evolução” sequer uma vez. Entretanto, a última palavra do livro é “evoluiu”.

Desde a publicação de *A origem das espécies*, a palavra assumiu o sentido mais amplo da definição acima, e hoje podemos falar de evolução em referência a temas tão diversos quanto língua inglesa, moda, música, evolução sociocultural, opiniões e assim por diante. (Vide quantas páginas da web são dedicadas à “evolução do *hipster*”.) O presidente Woodrow Wilson enfatizou certa vez que a forma correta de compreender a Constituição dos Estados Unidos era por meio da evolução: “O governo não é uma máquina, mas uma coisa viva... Ele é explicado por Darwin, e não por Newton.”²⁴

O fato de eu ter me concentrado na evolução da vida, da Terra e do universo não significa que essas são as únicas arenas científicas em que foram cometidas mancadas. Em vez disso, escolhi esses tópicos em particular por duas razões principais. Em primeiro lugar, eu queria fazer uma análise crítica dos grandes erros cometidos por alguns estudiosos que aparecem nas listas rápidas de quase qualquer pessoa quando o assunto é as grandes mentes. Os erros desses indivíduos notáveis, ainda que pertençam a séculos passados, são extremamente relevantes para as questões que os cientistas (e as pessoas em geral) enfrentam hoje. Como

espero conseguir mostrar, a análise desses erros forma um corpo vivo de conhecimento não apenas interessante por si só, mas que também pode ser usado para orientar as ações em domínios que vão das práticas científicas ao comportamento ético. A segunda razão é simples: os tópicos da evolução da vida, da Terra e do universo têm intrigado os seres humanos — e não apenas cientistas — desde os primórdios da civilização e inspiraram buscas incansáveis para revelar as nossas origens e o nosso passado. A curiosidade intelectual humana em relação a esses assuntos está, ao menos em parte, na raiz das nossas crenças religiosas, dos mitos da criação e das investigações filosóficas. Ao mesmo tempo, o lado mais empírico baseado em evidências dessa curiosidade por fim deu origem à ciência. O progresso feito pela humanidade na decifração de alguns dos processos mais complexos envolvidos na evolução da vida, da Terra e do cosmos não é nada menos que milagroso. É difícil acreditar, mas achamos que podemos refazer a trajetória da evolução cósmica que se deu desde que o universo tinha apenas uma fração de segundo de idade. Não obstante, muitas questões continuam sem resposta, e na atualidade o tópico da evolução continua sendo controverso.

Precisei de algum tempo para selecionar os cientistas a serem incluídos nessa jornada através de águas intelectuais e práticas profundas, mas no final me concentrei nas mancadas de cinco indivíduos. Minha lista de indivíduos que já cometeram erros clássicos é composta pelo celebrado naturalista Charles Darwin; pelo físico Lord Kelvin (cujo nome foi usado para batizar a escala de temperatura); por Linus Pauling, um dos químicos mais influentes da história; pelo famoso astrofísico e cosmologista Fred Hoyle; e por Albert Einstein, que dispensa introduções. Em cada caso, explorarei o tema central de duas perspectivas muito diferentes, mas complementares. Por um lado, este livro aborda algumas teorias desses grandes sábios e as relações fascinantes entre elas, visualizadas em parte do ponto de vista incomum das suas fraquezas — e algumas vezes até das suas falhas. Por outro, farei uma breve análise dos vários tipos de mancadas e tentarei identificar suas causas psicológicas (ou, se possível, neurocientíficas). Como veremos, essas mancadas não

se originam da mesma forma, e as mancadas dos cinco cientistas da minha lista têm naturezas muito diferentes. A mancada de Darwin foi não perceber todas as implicações de uma hipótese em particular. Kelvin deu uma mancada ao ignorar possibilidades imprevistas. A mancada de Pauling foi o resultado do excesso de confiança gerado por um sucesso anterior. Hoyle errou ao insistir em divergir da ciência tradicional. Einstein falhou por causa de um senso equivocado do que constitui a simplicidade estética. O ponto principal, porém, é que ao longo do caminho descobriremos que erros crassos são não apenas inevitáveis, mas também parte essencial do progresso na ciência. O desenvolvimento da ciência não é uma marcha direta rumo à verdade. Se não fossem as falsas largadas e becos sem saída, os cientistas passariam muito tempo percorrendo os caminhos errados. Todos os erros descritos neste livro, de uma forma ou de outra, serviram como catalisadores para avanços consideráveis — daí sua descrição como “mancadas brilhantes”. Eles serviram de agentes que eliminaram a neblina através da qual a ciência estava progredindo, em sua sucessão habitual de passos curtos, ocasionalmente pontuada por saltos quânticos.

Organizei o livro de modo a apresentar primeiro a *essência* de algumas das teorias pelas quais cada cientista é mais conhecido. São resumos muito concisos cujo objetivo é servir de introdução às ideias desses mestres, fornecendo um contexto apropriado para as mancadas, e não oferecer descrições amplas das respectivas teorias. Preferi me concentrar em apenas *um* grande erro em cada caso, em vez de analisar um rol de todos os possíveis erros cometidos por esses *experts* durante suas longas carreiras. Começarei pelo homem sobre o qual o *New York Times* escreveu corretamente em seu obituário (publicado em 21 de abril de 1882): ele “foi muito lido, mas falado ainda mais”.

A ORIGEM

Há grandeza nesta visão da vida, com suas várias forças, originalmente tornadas em algumas formas ou em apenas uma; e isso, enquanto este planeta passava por ciclos de acordo com a lei fixa da gravidade, a partir de origens tão simples infindáveis formas, as mais belas e maravilhosas, se desenvolveram ou estão se desenvolvendo.

CHARLES DARWIN

A coisa mais notável sobre a vida na Terra é sua diversidade prodigiosa. Faça uma caminhada casual em uma tarde de primavera e provavelmente encontrará inúmeros tipos de pássaros, muitos insetos, talvez um esquilo, algumas pessoas (entre as quais uma ou outra passeando com um cachorro) e uma grande variedade de plantas. Mesmo no que diz respeito às propriedades que são mais fáceis de discernir, os organismos presentes na Terra apresentam tamanhos, cores, formas, habitats, costumes alimentares e capacidades diferentes. De um lado, há bactérias com menos de cem milésimos de uma polegada; de outro, baleias azuis, com mais de 30 metros de comprimento. Entre os milhares de espécies conhecidas dos moluscos marinhos chamados

de nudibrânquios, muitos possuem aparências pouco dignas de nota, enquanto outros apresentam as cores mais suntuosas exibidas por uma criatura da Terra. Pássaros podem alcançar altitudes incríveis na atmosfera: no dia 29 de novembro de 1975,¹ um grande abutre foi sugado pelo motor de um avião a uma altitude de 37,9 mil pés sobre a Costa do Marfim, na África Ocidental. Outros pássaros, como o migratório ganso de cabeça listrada e os cisnes bravos, regularmente voam a altitudes superiores a 25 mil pés. Já criaturas do oceano alcançam recordes semelhantes em profundidade. No dia 23 de janeiro de 1960, o explorador recordista Jacques Piccard e o tenente Don Walsh, da Marinha americana, desceram lentamente em um veículo submersível de exploração chamado batiscafo até o ponto mais profundo do oceano Pacífico — a Fossa das Marianas — no sul de Guam.² Quando eles finalmente tocaram a profundidade recorde de 35,8 mil pés, ficaram surpresos ao descobrir ao seu redor um novo tipo de camarões que habitam o fundo do mar, aparentemente não afetados pela pressão ambiente de cerca de 8 toneladas por polegada quadrada. No dia 26 de março de 2012, o diretor de cinema James Cameron alcançou o ponto mais profundo na Fossa das Marianas, em um submersível especialmente designado para a missão. Ele descreveu o local como uma paisagem gelatinosa tão desolada quanto a Lua. Entretanto, também disse ter visto criaturas parecidas com camarões com no máximo 1 polegada de comprimento.

Ninguém sabe ao certo quantas espécies habitam atualmente a Terra. Um catálogo recente, publicado em setembro de 2009, descreve formalmente, com nomes oficiais, cerca de 1,9 milhão de espécies.³ Todavia, como quase todas as espécies vivas são micro-organismos ou invertebrados minúsculos, muitos dos quais de difícil acesso, a maior parte das estimativas feitas do número total de espécies não passa de palpites bem informados. Geralmente, as estimativas vão de 5 a cerca de 100 milhões de espécies diferentes, embora o número considerado mais provável seja de 5 a 10 milhões. (O estudo mais recente supõe por volta de 8,7 milhões.)⁴ Essa grande incerteza não surpreende nem um pouco, já que sabemos que uma mera colher de poeira sob nossos pés pode conter milhares de espécies de bactérias.⁵

A segunda característica incrível da vida na Terra, além da diversidade, é o nível impressionante de *adaptação* exibido tanto por plantas como por animais. Do focinho comprido semelhante a um tubo do tamanduá, ou da língua longa e rápida do camaleão (capaz de alcançar presas em cerca de 30 milésimos de segundo!), passando ao bico poderoso e único do pica-pau, até os cristalinos dos olhos dos peixes, os organismos vivos parecem ter sido moldados perfeitamente para os requisitos que lhes são impostos pela vida. Não apenas as abelhas são formadas de modo a poderem se encaixar confortavelmente nas angiospermas das quais extraem o néctar, mas as próprias plantas exploram as visitas das abelhas para a sua multiplicação, enchendo os corpos e as pernas das abelhas com pólen, que é transportado para outras flores.

São inúmeras as espécies que vivem em uma fantástica interação do tipo “coce minhas costas que eu coço a sua”, conhecida como *simbiose*. O peixe palhaço *ocellaris*, por exemplo, vive entre os tentáculos da anêmona *Heteractis magnifica*.⁶ Os tentáculos protegem o peixe palhaço dos seus predadores, e o peixe retribui o favor protegendo as anêmonas de outros peixes que se alimentam delas. O muco especial presente no corpo do peixe palhaço o guarda dos tentáculos venenosos da hospedeira, o que torna essa adaptação harmoniosa perfeita. Parcerias se desenvolveram até mesmo entre bactérias e animais. Por exemplo, nas fontes hidrotermais dos assoalhos oceânicos, foram encontrados mexilhões banhados por fluidos ricos em hidrogênio que se desenvolvem ao mesmo tempo servindo de apoio a e consumindo uma população interna de bactérias que se alimentam de hidrogênio. Da mesma forma, descobriu-se que uma bactéria do gênero *Rickettsia* garante vantagens de sobrevivência para as moscas-brancas da batata-doce — e, com isso, também para si mesma.

Por outro lado, é provável que um exemplo bem popular de um relacionamento notavelmente simbiótico não passe de um mito. Muitos textos descrevem a ajuda mútua entre o crocodilo do Nilo e um pássaro pequeno conhecido como tarambola egípcia. De acordo com o filósofo grego Aristóteles, quando o crocodilo boceja, o passarinho “entra voando em sua boca e limpa seus dentes” — e, assim, também se alimenta — para

a “tranquilidade e conforto” do crocodilo.⁷ Uma descrição semelhante aparece no influente *Natural History*, do filósofo naturalista do século I Plínio, o Velho.⁸ Entretanto, não há absolutamente nenhum relato dessa simbiose na literatura científica moderna, e tampouco qualquer registro fotográfico documentando tal comportamento. Talvez não devêssemos nos surpreender, considerando o registro questionável de Plínio: muitas de suas afirmações científicas acabaram por ser falsas!

Associada às complexas relações e à adaptação de uma riqueza fantástica de formas de vida, a prolífica diversidade convenceu muitos teólogos naturalistas, de Tomás de Aquino no século XIII a William Paley no século XVIII, de que a vida na Terra requeria a mão de um arquiteto supremo. Essas ideias já apareciam no século I a.C. O famoso orador romano Marco Túlio Cícero argumentou que o mundo natural precisava vir de alguma “razão” divina:

Se todas as partes do universo foram designadas de forma a não poderem ser nem mais bem adaptadas para uso, nem ter sua aparência tornada mais bela... Se, portanto, as realizações da natureza transcendem as alcançadas pelos desígnios, e se nem todos os talentos humanos alcançam nada sem a aplicação da razão, precisamos admitir que a natureza também não é desprovida de razão.⁹

Cícero foi o primeiro a invocar a metáfora do relojoeiro que mais tarde se tornou o principal argumento favorável a um “criador inteligente”. Nas palavras de Cícero:

Certamente não pode ser correto reconhecer como obra de arte uma estátua ou um quadro pintado, ou ser convencido a partir de observações distantes do curso de um navio de que seu progresso é controlado pela razão e pelas habilidades humanas, ou do exame de um relógio de sol ou de um relógio de água apreciar que o cálculo do tempo do dia é feito pela habilidade, e não pelo acaso, e não obstante considerar que o universo é desprovido de propósito e razão, embora abranja as próprias habilidades e todos os artesãos que as aplicam, além de tudo o mais.

Essa foi precisamente a linha de raciocínio adotada por William Paley quase dois milênios depois: uma invenção implica um inventor, assim como um projeto implica um criador.¹⁰ Um relógio complexo, argumentou Paley, atesta a existência de um relojoeiro. Assim, não deveríamos concluir o mesmo em relação a algo tão complexo quanto a vida? Afinal de contas, “Cada indicação de uma invenção, cada manifestação de um projeto existente no relógio existe nas engrenagens da natureza; com a diferença, no que diz respeito à natureza, de ser mais e maior, e isso em um grau que excede todos os cálculos.” Essa defesa fervorosa da necessidade imperativa de um “criador” (já que a única alternativa possível, mas inaceitável, era considerada a eventualidade ou o acaso) convenceu muitos filósofos naturalistas quase até o início do século XIX.

Implícito no argumento do desenho inteligente estava outro dogma: acreditava-se que as espécies eram absolutamente *imutáveis*. A ideia da existência eterna tinha suas raízes em uma longa cadeia de certezas sobre outras entidades consideradas duradouras e constantes. Na tradição aristotélica, por exemplo, supunha-se que a esfera das estrelas fixas era completamente inviolável. Somente na época de Galileu essa noção em particular foi destruída por completo com a descoberta das “novas” estrelas (que, na verdade, eram *supernovas* — as explosões de estrelas velhas). Os avanços impressionantes na física e na química ocorridos nos séculos XVII e XVIII apontavam, todavia, que algumas essências na verdade eram mais básicas e permanentes que outras, e que poucas eram quase eternas para muitos propósitos práticos. Por exemplo, percebeu-se que elementos químicos como o oxigênio e o carbono eram constantes (ao menos durante a história humana) em suas propriedades básicas — o oxigênio respirado por Júlio César era idêntico ao exalado por Isaac Newton. De forma semelhante, as leis do movimento e da gravidade formuladas por Newton se aplicavam em tudo, de maçãs em queda às órbitas dos planetas, e pareciam ser positivamente imutáveis. Contudo, na ausência de padrões para determinar quais quantidades ou conceitos eram genuinamente fundamentais e quais não eram (apesar de alguns esforços valiosos por filósofos empiristas como John Locke,

George Berkeley e David Hume), muitos naturalistas do século XVIII optaram por simplesmente adotar o antigo ponto de vista grego das espécies imutáveis ideais.

Essas eram as correntes prevalentes de pensamento sobre a vida — até que um homem teve a audácia, a visão e a profunda perspicácia de combinar um enorme grupo de ideias independentes para tecer uma tapeçaria magnífica. Esse homem era Charles Darwin (imagem 1 do encarte), e sua grandiosa concepção unificada se tornou a mais inspiradora teoria não relacionada à matemática da humanidade. Darwin literalmente transformou as ideias sobre a vida na Terra de mito em ciência.

Revolução

A primeira edição do livro de Darwin, *A origem das espécies*, foi publicada no dia 24 de novembro de 1859 em Londres, e a partir daquele dia a biologia jamais seria a mesma.¹¹ (A imagem 2 do encarte exibe a página-título da primeira edição.) Antes de examinarmos os argumentos centrais de *A origem das espécies*, é importante entender o que *não* é discutido no livro. Darwin não diz sequer uma palavra seja sobre a *origem* propriamente dita da vida ou sobre a *evolução* do universo como um todo. Além disso, ao contrário do que rezam certas crenças populares, ele tampouco discute a evolução da humanidade, a não ser em um parágrafo profético e otimista encontrado já quase no fim do livro, em que Darwin diz: “Em um futuro distante, vejo campos abertos para pesquisas mais importantes. A psicologia se baseará em uma nova fundação, a da aquisição necessária de cada potencialidade e capacidade mental pela graduação. Será lançada luz sobre a origem do homem e sua história.”¹² Somente em um livro posterior, *A descendência do homem*, publicado doze anos depois de *A origem das espécies*, foi que Darwin decidiu deixar claro que acreditava que suas ideias sobre a evolução também deveriam ser aplicadas aos humanos. Na verdade, ele foi muito

mais específico do que isso, concluindo que os seres humanos eram os descendentes naturais das criaturas simiescas que provavelmente viviam nas árvores do “Velho Mundo” (a África):

Assim, tomamos conhecimento de que o homem descende de um quadrúpede peludo e com rabo, provavelmente arbóreo em seu hábitat e habitante do Velho Mundo. Essa criatura, se sua estrutura completa fosse examinada por um naturalista, seria classificada entre os quadrumanos [primatas de quatro mãos, como os macacos] com tanta certeza quanto os progenitores ainda mais antigos dos macacos do Velho e do Novo Mundo.¹³

A parte mais pesada do trabalho intelectual sobre a evolução, contudo, já fora realizada em *A origem das espécies*. Com um único golpe, Darwin descartou a noção do desenho inteligente, eliminou a ideia de que as espécies são eternas e imutáveis, e propôs um mecanismo pelo qual a adaptação e a diversidade podiam ser alcançadas.

Em termos simples, a teoria de Darwin consiste em quatro pilares principais suportados por um mecanismo notável.¹⁴ Os pilares são: a *evolução*, o *gradualismo*, a *descendência comum* e a *espeiação*. O mecanismo crucial que move tudo e combina os diferentes elementos que cooperam é a *seleção natural* — que, como sabemos hoje, é até certo ponto complementada por outros veículos da mudança evolucionária, alguns dos quais não poderiam ser conhecidos por Darwin.

Este é um relato muito sucinto desses componentes distintos da teoria de Darwin. A descrição em sua maior parte identificará as origens das próprias ideias de Darwin em vez das versões atualizadas, modernizadas, desses conceitos. Todavia, em determinados momentos, será essencialmente impossível evitar o delineamento das evidências que se acumularam desde a época de Darwin. Como descobriremos no próximo capítulo, porém, Darwin cometeu um erro grave que poderia ter refutado a sua descoberta mais importante: a seleção natural. A raiz do erro não foi culpa de Darwin — ninguém no século XIX compreendia

a genética — mas Darwin não percebeu que a teoria da genética com a qual estava trabalhando era letal para o conceito da seleção natural.

A primeira essência na teoria era a da própria evolução. Apesar de algumas das ideias de Darwin sobre a evolução terem um *pedigree* mais antigo, os naturalistas franceses e ingleses que o precederam (entre os quais se destacam figuras como Pierre-Louis Moreau de Maupertuis, Jean-Baptiste Lamarck, Robert Chambers e o avô do próprio Darwin, Erasmus Darwin) não conseguiram fornecer um mecanismo convincente para possibilitar a evolução.¹⁵ Foi assim que Darwin descreveu a evolução: “O ponto de vista mantido pela maioria dos naturalistas, e que eu mesmo antes tinha — ou seja, o de que cada espécie foi criada de forma independente —, é errôneo. Estou completamente convencido de que as espécies não são imutáveis; mas aquelas que pertencem ao que é chamado de mesmo gênero são descendentes diretas de outras, geralmente extintas, espécies.” Em outras palavras, as espécies que encontramos hoje nem sempre existiram. Em vez disso, são descendentes de espécies anteriores que se extinguiram. Os biólogos modernos tendem a estabelecer uma distinção entre a *microevolução* e a *macroevolução*.¹⁶ A microevolução abrange pequenas mudanças (como as observadas de vez em quando nas bactérias) resultantes do processo evolucionário ocorrido em períodos de tempo relativamente curtos, geralmente em populações locais. A macroevolução se refere aos resultados da evolução ocorrida durante períodos longos, geralmente entre espécies — e que também pode envolver episódios de extinção em massa, como o que levou ao desaparecimento dos dinossauros. Nos anos transcorridos desde a publicação de *A origem das espécies*, a ideia da evolução se tornou de tal forma o princípio fundamental de todas as pesquisas nas ciências da vida que em 1973 Theodosius Dobjanski, um dos biólogos mais eminentes do século XX, publicou um ensaio intitulado “Nothing in Biology Makes Sense Except in the Light of Evolution” [Nada faz sentido na biologia, exceto sob a luz da evolução].¹⁷ No fim do artigo, Dobjanski observou que o filósofo francês e padre jesuíta do século

XX Pierre Teilhard de Chardin “era um criacionista, mas que entendia que a Criação é realizada neste mundo por meio da evolução”.

Darwin pegou emprestada a ideia incorporada ao seu segundo pilar, o do gradualismo, principalmente das obras de dois geólogos. Um era o geólogo do século XVIII James Hutton e o outro era o contemporâneo de Darwin, Charles Lyell, que mais tarde também se tornaria seu amigo íntimo. Os registros geológicos exibiam padrões de camadas horizontais cobrindo grandes áreas geológicas. Combinada à descoberta de diferentes fósseis nessas camadas, essa informação sugeria uma progressão de alterações incrementais. Hutton e Lyell foram, em grande parte, responsáveis pela formulação da teoria moderna do *uniformitarianismo*: a noção de que o ritmo de processos como a erosão e a sedimentação no presente é semelhante ao ritmo dos mesmos processos no passado.¹⁸ (Retornaremos a esse conceito no capítulo 4, quando discutiremos Lord Kelvin.) Darwin argumentou que, assim como a ação geológica molda a Terra gradualmente, as mudanças evolucionárias são o resultado de transformações ocorridas ao longo de centenas de milhares de gerações. Não devemos, portanto, esperar ver alterações significativas em menos de dezenas de milhares de anos, exceto, talvez, em organismos que se multiplicam com grande frequência, como as bactérias — que, como sabemos hoje, podem desenvolver resistência a antibióticos em períodos extremamente curtos de tempo. Ao contrário do que diz o uniformitarianismo, contudo, o ritmo das mudanças evolucionárias geralmente não é uniforme em tempo para uma dada espécie, e pode variar ainda mais de uma espécie para outra. Como veremos mais tarde, é a pressão exercida pela seleção natural, principalmente, que determina a rapidez com que se manifesta a evolução. Alguns “fósseis vivos”, como a lampreia — um vertebrado marinho sem mandíbula e com uma boca em forma de funil —, parecem não ter tido nenhuma ou quase nenhuma evolução ao longo de 360 milhões de anos.¹⁹ Como aparte fascinante, devo observar que a ideia das alterações graduais foi apresentada no século XVII pelo filósofo empirista John Locke, que escreveu: “Os limites entre as espécies, por meio dos quais os homens as classificam, são estabelecidos pelos homens.”

O pilar seguinte da teoria de Darwin, o conceito do *ancestral comum*, é o que se tornou, na sua encarnação moderna, o principal fator de motivação para todas as buscas atuais pelas origens da vida.²⁰ Darwin primeiro argumentou que não há dúvidas de que todos os membros de qualquer classe taxonômica — como todos os vertebrados — se originaram de um ancestral comum. Mas sua imaginação o levou muito mais longe nesse conceito. Apesar de sua teoria ter antecedido qualquer conhecimento dos fatos de que todos os organismos vivos compartilham características, tais como a molécula de DNA, um pequeno número de aminoácidos e a molécula que serve como combustível para a produção de energia, Darwin ainda assim foi ousado o bastante para declarar: “A analogia me levaria um passo além, ou seja, a acreditar que todos os animais e plantas descendem de algum protótipo único.” Além disso, depois de ter tido a prudência de admitir que a “analogia pode ser um guia enganador”, ele ainda concluiu que “provavelmente todos os seres orgânicos que já viveram na Terra descenderam de alguma forma primordial única, a primeira a ter recebido o sopro da vida”.

Mas talvez você esteja se perguntando: se todas as formas de vida da Terra se originaram de um único ancestral comum, como surgiu tamanha riqueza em diversidade? Afinal de contas, essa foi a primeira característica da vida que identificamos como requerendo uma explicação. Darwin não recuou diante desse desafio, encarando-o de frente — não era à toa que o título do seu livro incluía a palavra “espécies”. A solução de Darwin para o problema da diversidade envolvia outra ideia original: a da ramificação, ou especiação.²¹ Darwin argumentou que a vida tem início a partir de um ancestral comum, da mesma forma que a árvore só tem um tronco. Assim como o tronco desenvolve galhos, que depois se dividem em ramos, a “árvore da vida” se desenvolve por meio de vários eventos de ramificação, criando espécies separadas a cada nó de divisão.²² Muitas dessas espécies são extintas, assim como os galhos mortos e quebrados de uma árvore. Entretanto, como a cada divisão o número de espécies geradas por um dado ancestral dobra, o número de espécies diferentes pode aumentar dramaticamente. Quando a especiação ocorre?

De acordo com o pensamento moderno, principalmente quando um grupo de membros de uma espécie em particular é geograficamente separado. Por exemplo, um grupo pode ir para o lado chuvoso de uma cordilheira de montanhas, enquanto o resto da espécie permanece do lado seco. Com o tempo, esses ambientes diferentes produzem trajetórias evolucionárias diferentes, o que no final leva à existência de duas populações que não podem mais procriar entre si — ou, em outras palavras, espécies diferentes. Em ocasiões mais raras, a especiação poderia criar novas espécies a partir da cruzada entre espécies diferentes. Esse parece ter sido o caso do pardal italiano, que em 2011 averiguou-se ser um intermediário genético entre o pardal espanhol e o pardal doméstico.²³ O pardal italiano e o espanhol se comportam como espécies diferentes, mas o pardal italiano e o pardal doméstico formam zonas híbridas em que os limites entre as duas espécies tornam-se turvos.

Surpreendentemente, em 1945, Vladimir Nabokov, autor de *Lolita* e *Fogo pálido*, apresentou uma hipótese incrível para a evolução de um grupo de borboletas conhecidas como *Polyommatus* azuis.²⁴ Nabokov, que sempre tivera um grande interesse por borboletas, especulou que elas vieram para o Novo Mundo da Ásia em uma série de ondas migratórias que duraram milhões de anos. Para a sua surpresa, um grupo de cientistas que usou a tecnologia do sequenciamento genético comprovou a conjectura de Nabokov em 2011. Eles descobriram que a espécie do Novo Mundo tinha um ancestral que viveu há cerca de 10 milhões de anos, mas que muitas espécies do Novo Mundo apresentavam mais semelhanças com as borboletas do Velho Mundo do que com suas vizinhas.

Darwin estava bastante ciente da importância do conceito da especiação para a sua teoria, pois incluiu um diagrama esquemático da árvore da vida (ver imagem 3 do encarte). Na verdade, esta é a única figura encontrada no livro. Para o nosso fascínio, Darwin incluiu a observação “Eu acho” no topo da página!

Em muitos casos, biólogos evolucionistas conseguiram identificar a maioria das etapas intermediárias envolvidas na especiação: de pares

de espécies que com grande probabilidade se dividiram recentemente a partir de uma única espécie a pares que estão prestes a sofrer uma separação. Em um nível de maior detalhe, uma combinação de dados moleculares e fósseis produziu, por exemplo, uma árvore filogenética relativamente bem resolvida para todas as famílias de mamíferos vivos e extintos em épocas recentes.²⁵

Aqui, não posso evitar fazer um pequeno desvio para observar que, do meu ponto de vista, existe outro aspecto das noções do ancestral comum e da especiação que torna a teoria de Darwin muito especial. Há cerca de uma década, enquanto trabalhava no livro *The Accelerating Universe* [O universo acelerado], eu tentava identificar os ingredientes que tornam uma teoria física do universo “bela” aos olhos dos cientistas.²⁶ No final, concluí que dois fatores absolutamente essenciais eram a *simplicidade* e algo conhecido como *princípio copernicano*. (No caso da física, o terceiro ingrediente era a *simetria*.) Por “simplicidade”, refiro-me ao reducionismo no sentido em que a maioria dos físicos o compreende: a habilidade de explicar o máximo possível de fenômenos com o mínimo possível de leis.²⁷ Isso sempre foi, e continua sendo, o objetivo da física moderna. Os físicos não estão satisfeitos, por exemplo, com o fato de terem uma teoria extremamente bem-sucedida (a mecânica quântica) para o mundo subatômico e uma teoria com o mesmo sucesso (a relatividade geral) para o universo como um todo. Eles gostariam de ter uma “teoria de tudo” unificada, capaz de explicar todas as coisas.

O princípio copernicano deve seu nome ao astrônomo polonês Nicolau Copérnico, que no século XVI tirou a Terra de sua posição privilegiada como centro do universo. Teorias que seguem o princípio copernicano não requerem que os seres humanos ocupem nenhum lugar especial para que elas funcionem. Copérnico nos ensinou que a Terra não é o centro do sistema solar, e todas as descobertas feitas na astronomia depois disso só fortaleceram sua compreensão de que, da perspectiva da física, os humanos não têm um papel especial no cosmos. Vivemos em um planeta minúsculo que gira ao redor de uma estrela pouco notável, em uma galáxia que contém centenas de bilhões de estrelas semelhantes. E nossa insigni-

ficância física não para por aí. Não apenas existem cerca de 200 bilhões de galáxias na porção do universo que somos capazes de observar, como até a matéria comum — de que somos feitos nós, todas as estrelas e o gás em todas as galáxias — constitui pouco mais de 4% da energia do universo. Em outras palavras, não somos mesmo nada em especial. (No capítulo 11, discutiremos algumas ideias que sugerem que não deveríamos levar a modéstia copernicana tão a sério.)

Tanto o reducionismo quanto o princípio copernicano são as verdadeiras marcas registradas da teoria da evolução de Darwin. Ele explicou quase tudo no que diz respeito à vida na Terra (exceto sua origem) com uma visão unificada. Seria difícil ser mais reducionista que isso. Ao mesmo tempo, sua teoria era completamente copernicana. Os humanos se desenvolveram como qualquer outro organismo. Na analogia da árvore, todos os brotos mais jovens são separados do tronco principal por um número semelhante de nós de divisão, sendo a única diferença o fato de apontarem em direções diferentes. Da mesma forma, no esquema evolucionário de Darwin, todos os organismos vivos hoje, incluindo os seres humanos, são os produtos de trajetórias semelhantes de evolução. Os humanos definitivamente não ocupam lugar excepcional ou único nesse esquema — eles não são os senhores da criação —, mas são a adaptação e o desenvolvimento de seus ancestrais na Terra. Esse foi o fim do “antropocentrismo absoluto”. Todas as criaturas terrestres fazem parte da mesma grande família. Nas palavras do influente biólogo evolucionista Stephen Jay Gould, “a evolução darwiniana é um arbusto, e não uma escada”. Em grande medida, o que alimentou a oposição a Darwin por mais de 150 anos foi precisamente o temor de que a teoria da evolução pudesse tirar o ser humano do pedestal sobre o qual ele se colocou. Darwin deu início a uma reformulação do pensamento sobre a natureza do mundo e dos seres humanos. Observe que, num quadro onde apenas o “mais apto” sobrevive (como logo discutiremos no contexto da seleção natural), poderíamos argumentar que os insetos claramente superaram os humanos, já que existem em número muito maior. Na verdade, ao geneticista britânico J. B. S. Haldane é atribuída (talvez de forma apócrifa) a observação de que

Deus “gosta muito de besouros”.²⁸ Hoje, sabemos que até em termos do tamanho do genoma — a totalidade da informação genética — os humanos não chegam aos pés, acreditem ou não, de um ameboide de água doce chamado *Polychaos dubium*.²⁹ Com 670 bilhões de pares de bases registrados em seu DNA, o genoma desse micro-organismo pode ser mais de duzentas vezes maior do que o genoma humano!

A teoria de Darwin, portanto, satisfaz amplamente dois critérios aplicáveis (que, admitamos, são um tanto subjetivos) a uma teoria verdadeiramente bela. Não é de surpreender, então, que *A origem das espécies* tenha produzido o que pode ter sido a mudança mais dramática de pensamento já desencadeada por um tratado científico.

Retornando à teoria em si, Darwin não ficou satisfeito em apenas fazer afirmações sobre mudanças evolucionárias e a produção da diversidade. Ele achava que a sua principal tarefa era explicar *como* esses processos ocorreram. A fim de alcançar esse objetivo, precisava apresentar uma alternativa convincente para o criacionismo no que diz respeito ao que parecia ser um desenho inteligente presente na natureza. Sua ideia — a seleção natural — foi elogiada pelo filósofo Daniel C. Dennett, da Universidade Tufts, como não menos que “a melhor ideia que alguém já teve”.

A seleção natural

Um dos desafios que o conceito da evolução apresentava estava relacionado à adaptação: a observação de que as espécies pareciam perfeitamente harmonizadas com seus ambientes e a capacidade de adaptação mútua dos traços dos organismos — partes do corpo e processos psicológicos — uns aos outros. Isso deu origem a um quebra-cabeça que confundia até mesmo os naturalistas predecessores de Darwin que pensavam de forma evolucionista: se as espécies encontram-se tão bem adaptadas, como poderiam se desenvolver e continuar assim? Darwin estava ciente desse enigma, e certificou-se de que seu princípio da seleção natural oferecesse uma solução satisfatória.

A ideia básica por trás da seleção natural é muito simples (depois de ser apontada!).³⁰ Como acontece às vezes com as descobertas cuja momento chegou, o naturalista Alfred Russel Wallace formulou ideias muito semelhantes por volta da mesma época, de forma independente. Wallace, não obstante, foi muito claro em relação a quem achava merecer a maior parte do crédito. Em uma carta para Darwin de 29 de maio de 1864, ele escreveu:

Quanto à teoria da seleção natural, devo sempre manter que ela é sua e apenas sua. Você já a havia formulado em detalhes nos quais nunca pensei anos antes de eu ter sequer um raio de luz sobre o assunto, e meu artigo jamais teria convencido ninguém ou sido identificado como qualquer coisa além de especulação inteligente, ao passo que seu livro revolucionou o estudo da história natural.³¹

Tentemos seguir a linha de pensamento de Darwin: em primeiro lugar, ele notou, as espécies tendem a produzir uma prole maior do que seria possível sobreviver. Em segundo, os indivíduos dentro de uma dada espécie nunca são precisamente idênticos. Se alguns deles apresentam qualquer tipo de vantagem no tocante à habilidade de lidar com as adversidades do meio ambiente — e *supondo que essa vantagem seja hereditária e passada para os seus descendentes* — com o tempo a população gradualmente passará a ser formada por organismos que apresentarão uma adaptação melhor. Foi assim que Darwin colocou isso no capítulo 3 de *A origem das espécies*:

Devido a essa luta pela vida, qualquer variação, por menor e por qualquer causa que seja, se for de alguma forma vantajosa para um indivíduo de qualquer espécie, em suas relações infinitamente complexas com outros seres orgânicos e com a natureza externa, tenderá à preservação desse indivíduo, e, em geral, será herdada por sua prole. Seus descendentes também terão uma chance maior de sobreviver, pois, entre os muitos indivíduos de quaisquer espécies que nascem periodicamente, apenas um pequeno número pode sobreviver. Chamei esse princípio, pelo qual cada pequena variação, caso útil, é preservada, pelo termo “seleção natural”.³²