

trofista como quase todos os geólogos da época, Henslow aconselhou ao seu antigo aluno que se deliciasse com o estilo de Lyell, mas advertiu-o para que não levasse a sério as suas opiniões radicais. Charles Darwin concordou alegremente, pôs o livro na mala e partiu no *Beagle*.

## NOTAS

1. In Lyell, 1877, p. 29. A pontuação foi levemente modificada.
2. S. Sambursky, "The Stoic Doctrine of Eternal Recurrence", in Capek, 1976, p. 170.
3. Aristóteles, *Meteorologia* 352b. Trad. ing. de E. W. Webster, in Aristóteles, 1984, p. 574.
4. J. D. North, "Chronology and the Age of the World", in Youngrau e Breck, 1977, pp. 307 ss.
5. In Toulmin e Goodfield, *The Discovery of Time*, 1982, p. 144.
6. In Ogburn, 1968, p. 32.
7. In Lovejoy, 1953, p. 184.
8. In Eiseley, 1970, p. 39.
9. In Lovejoy, p. 243.
10. In Loren Eiseley, "Charles Lyell", *Scientific American*, vol. 201 pp. 1959, 98-106.
11. In Toulmin e Goodfield, *The Discovery of Time*, 1982, p. 157.
12. Burnet, Livro II, p. 173.
13. Lyell, 1863, vol. II, p. 101.
14. In Knedler, p. 10.
15. *Ibid.*, p. 16.
16. *Ibid.*, p. 41.
17. *Ibid.*
18. *Ibid.*, p. 51.
19. *Ibid.*, p. 55.
20. *Ibid.*, p. 56.

# A IDADE DA TERRA

A antigüidade do tempo é a juventude do mundo.

*Francis Bacon*

O que nos parece ser a história da natureza é apenas a história muito incompleta de um instante.

*Denis Diderot*

O livro de Lyell transformou a viagem de Darwin numa excursão pelo tempo. Começou a lê-lo quase imediatamente, em seu beliche, sofrendo o primeiro dos muitos ataques de enjôo que o perseguiriam durante os cinco anos seguintes — o *Beagle*, um forte e bojudo brigue de 27m de comprimento por 7,5m de largura, era confortável sob muitos aspectos, mas seu casco era redondo, e o navio jogava. Darwin começou a aplicar o que chamou de "maravilhosa superioridade da maneira de Lyell tratar a geologia"<sup>1</sup> tão logo a expedição baixou a terra, nas ilhas do Cabo Verde.

A formulação de uma teoria de base empírica, como a explicação dada por Darwin à evolução, exige não apenas dados da observação, mas também uma hipótese organizadora. Darwin baseou tal hipótese — de que o mundo é velho e continua a mudar hoje tal como mudou no passado — em grande parte em Lyell. "O grande mérito dos *Princípios*", escreveu, "é modificar todo o tom do nosso espírito, e portanto, quando vemos uma coisa que Lyell nunca viu, ainda assim a vemos parcialmente com os seus olhos". Mais tarde, Darwin admitiu que "sinto como se a metade de meus livros viesse do cérebro de Sir Charles Lyell".<sup>2</sup>

Quanto às observações, o próprio Darwin estava em boas condições de fazê-las. "Nada lhe escapa", escreveu o Dr. Darwin Eickstead Lane, com quem freqüentemente passeava pelo Moor Park.

Nenhum objeto da natureza, fosse flor, pássaro ou inseto de qualquer tipo, podia passar sem seu reconhecimento carinhoso. Sabia sobre todos eles ... e podia dar-nos intermináveis informações ... de uma maneira tão pertinente, com tanto entusiasmo e interesse vivo, e tão encantadora, que não podíamos deixar de experimentar grande prazer, nem deixar de sentir ... que estávamos recebendo um presente intelectual enorme, que jamais seria esquecido.<sup>3</sup>

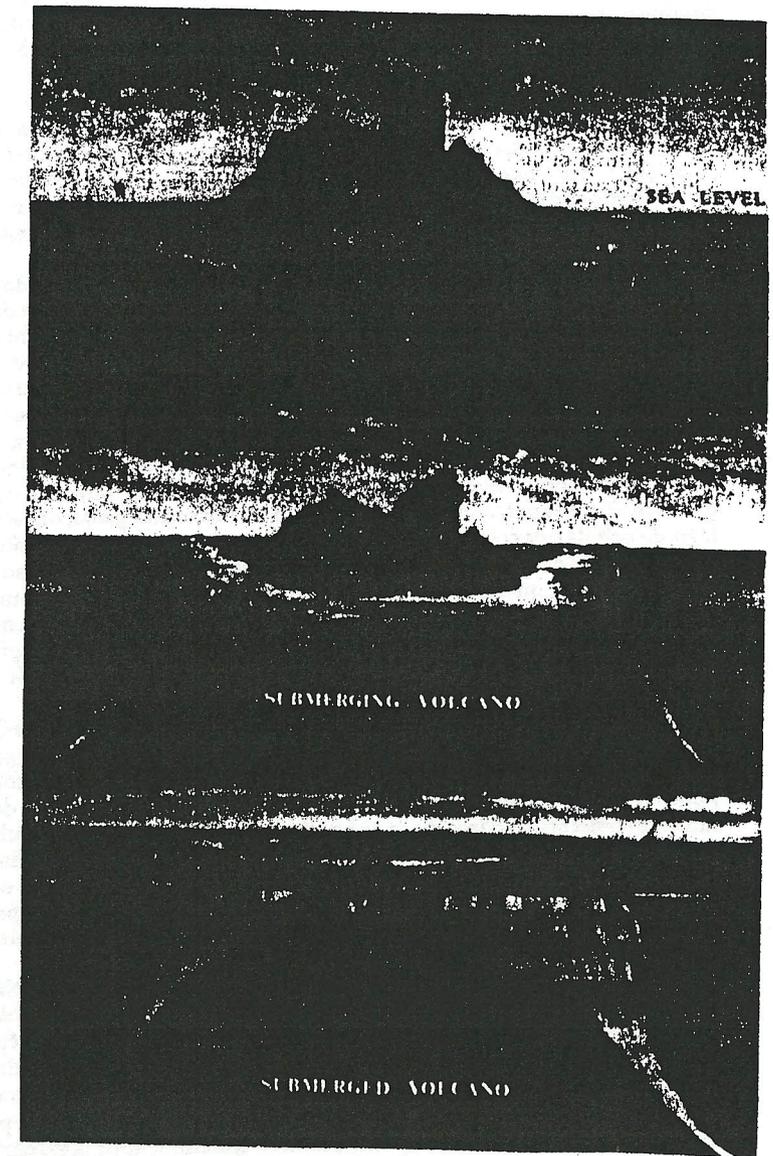
Durante a expedição do *Beagle*, Darwin viu o mundo como poucos, em sua rica diversidade e detalhe, viajando a cavalo, de mula e a pé, explorando cavernas e fazendo incursões pelo gelo ou pelas arcias escaldantes, da Patagônia à Austrália e às ilhas Keeling do oceano Índico. Ele notava tudo, absorvia tudo e recolhia tantas amostras de plantas e animais, que seus companheiros de viagem indagavam se tinha o propósito de afundar o *Beagle*.

No Chile, Darwin encontrou fósseis marinhos no alto de montanhas a 3.500m de altura e presenciou um terremoto que fez o chão elevar-se um metro em questão de minutos — prova lyelliana de que a operação mais ou menos uniforme dos processos geológicos pode provocar modificações tão dramáticas quanto as atribuídas às catástrofes antigas pelos teólogos. A princípio ele foi cauteloso nas conclusões. Ao relatar suas descobertas ao ex-professor Henslow, escreveu que: "Receio que me mande aprender o ABC — a distinguir o quartzo do feldspato — antes de me dedicar a tais especulações."<sup>4</sup> Mas quando o *Beagle* chegou ao Pacífico Sul, Darwin já tinha quatro anos de rigoroso trabalho de campo em sua experiência, e começou a sentir-se mais confiante em sua capacidade de interpretar as observações em termos de hipóteses.

Ali, arriscou-se a criar uma engenhosa teoria sobre a origem dos atóis de coral. Num quente dia de outono de 1834, enquanto o *Beagle* avançava das ilhas Galápagos para Taiti, ele subiu no mastro e viu os brancos atóis do arquipélago Tuamotu espalhados pelo mar como um rendilhado. Ficou impressionado com sua aparência de fragilidade: "Essas baixas ilhas vazias, de coral, não têm nenhuma proporção com o vasto oceano do qual surgem abruptamente", escreveu ele, "e parece maravilhoso que tais invasores fracos não sejam esmagados pelas poderosas e incansáveis ondas desse grande mar indevidamente chamado de Pacífico."<sup>5</sup>

Darwin formulou a teoria de que os atóis marcavam o local de vulcões desaparecidos.\* Um vulcão novo pode irromper do leito do mar, e em erupções sucessivas, transformar-se numa ilha montanhosa que se eleva acima do mar. Quando a lava pára de fluir e as coisas se acalmam, um recife de coral vivo forma-se nos flancos do vulcão, logo abaixo do nível do mar. E aqui começa a contribuição de Darwin. Por fim, disse ele, o vulcão inativo pode começar a afundar, seja devido à erosão ou ao lento colapso do leito marítimo. Quando a velha ilha afun-

\* Embora Darwin, repetindo Newton, descrevesse grande parte de sua pesquisa como puramente indutiva — "Trabalhei segundo princípios verdadeiramente baconianos", disse sobre a evolução, "e sem qualquer teoria, recolhi fatos em grande escala" — tal afirmação é difícil de ser justificada com rigor, e Darwin formulou sua teoria da formação dos atóis quando ainda estava na América do Sul, antes de ter jamais visto um deles.



Vulcano — Vulcão. Sea level — Nível do mar. Coral — Coral. Submerging volcano — Vulcão em submersão. Coral — Coral. Submerged volcano — Vulcão submerso.

Explicação dada por Darwin à origem dos atóis, segundo a qual, quando uma montanha no mar afunda, corais vivos continuam a se acumular ao longo do trecho que foi o topo da montanha, até que o anel de coral é tudo o que resta.

da aos poucos, o coral vivo continua a aumentar por cima do coral morto e agonizante. A ilha original desaparece com o tempo, sob as ondas, deixando atrás dela um anel de coral. "O recife que faz os corais, escreveu Darwin, "na verdade criou e preservou monumentos maravilhosos sobre as oscilações subterrâneas de nível; vemos em cada banco de recifes uma prova de que a terra ali baixou, e em cada atol um monumento sobre uma ilha desaparecida."<sup>6</sup>

A beleza dessa teoria, do ponto de vista uniformitário, era que o processo *tinha* de ser gradual. O coral vivo exige a luz solar; como Darwin observou, ele "não pode viver numa profundidade superior a 20 ou 30 braças", ou cerca de 36 a 55 m.<sup>7</sup> Se as ilhas tivessem afundado rapidamente, como pretendia o catastrofismo, o coral teria sido mergulhado nas escuras profundidades do mar antes que o coral novo tivesse tempo de crescer em cima dele, e não restaria nenhum atol.

Quando Darwin chegou à Inglaterra, depois de cinco anos a bordo do *Beagle*, seu pai, ao vê-lo, "voltou-se para minhas irmãs e exclamou: 'A forma de sua cabeça está muito modificada!'"<sup>8</sup> Isso era uma brincadeira familiar; a frenologia e a fisionomia eram paixões vitorianas que Robert Darwin compartilhava com Robert Fitz-Roy, capitão do *Beagle*, que a princípio se recusara a contratar o jovem Darwin devido ao que considerou como forma pouco auspiciosa do seu nariz. Mas o Darwin pai era um observador sensível e seu comentário refletia a consciência de que muita coisa se tinha modificado também dentro do crânio do filho. Isso foi motivo de comemorações, pois o jovem Darwin tinha sido um rapaz preguiçoso e aparentemente vadio, com o gosto das cavalgadas, da caça, do jogo, da bebida e da coleta de ramos e pedras. "Você não se interessa senão pela caça, pelos cães e em apanhar ratos, e será uma vergonha para você mesmo e toda a sua família", queixava-se o pai, para o prazer de muitos biógrafos futuros.<sup>9</sup> Darwin abandonou a escola de medicina, decepcionando o pai, que era médico respeitado, e não se distinguiu nem mesmo nos fáceis estudos teológicos a que fora encaminhado, com a intenção de prepará-lo para a sinecura de uma função eclesiástica no interior do país.

As mudanças que o levaram a um beliche no *Beagle* começaram em Cambridge. Ali Darwin conheceu Adam Sedgwick, um dos mais completos geólogos de campo do mundo, seguiu cursos de botânica com Henslow, que combinava um espírito agudamente racional com uma aparência folgazã digna de um Lineu, e começou a compreender que poderia, por meio da ciência, combinar seus poderes de observação com seu amor pela vida ao ar livre e sua inclinação pelas coleções. "Descobri, embora inconsciente e insensivelmente, que o prazer de observar e raciocinar era muito superior ao da habilidade e do esporte" escreveu ele anos depois. "Os instintos primevos do bárbaro cederam lentamente aos gostos adquiridos do homem civilizado."<sup>10</sup>

Quando deixou a Inglaterra, Darwin ainda era um criacionista. "Não tinha então a menor dúvida da verdade estrita e literal de todas as palavras da Bíblia", disse ele, e acreditava, como a maioria dos geólogos e biólogos da época, que todas as espécies de vida tinham sido criadas simultânea e individualmente.<sup>11</sup> Voltou com dúvidas a esse respeito. Tinha visto provas de que a Terra está às voltas com modificações constantes, e indagava se as espécies também poderiam mudar, e sua mutabilidade poderia causar o aparecimento de novas espécies.

A evolução, em si mesma, não era uma idéia nova. Quando criança,

Darwin leu com interesse o livro de seu avô Erasmus Darwin, *Zoonomia*, um tratado evolucionário cheio de robustas exclamações sobre a idéia de que toda vida poderia ter evoluído de um único ancestral:

Seria demasiado ousado imaginar que, talvez milhões de eras antes do começo da história da humanidade, todos os animais de sangue quente tivessem surgido de um filamento vivo, que a *grande causa primeira* dotou de animalidade...? Que idéia magnífica do poder infinito do *grande Arquitecto! causa das causas! pai dos pais!*<sup>12</sup>

Darwin estava também familiarizado com as opiniões evolucionárias do biólogo francês Jean-Baptiste de Lamarck, de que os traços adquiridos pelos indivíduos, através da experiência, podiam ser transmitidos aos filhos. Num mundo lamarckiano, cavalos que se tornavam ágeis com as corridas legavam sua rapidez às crias, enquanto as girafas, estendendo o pescoço para alcançar as folhas das árvores, tornavam ainda mais comprido o pescoço da geração seguinte de girafas. O lamarckismo estava cheio de conotações morais gratas aos vitorianos, pois deixava implícito que os pais que trabalhavam com afinco e evitavam vícios teriam filhos geneticamente predispostos ao trabalho e à vida decente. Falhava, porém, na explicação do aparecimento de novas espécies. Mostrava o caminho para se chegar a cavalos e girafas cada vez melhores, mas não para a origem das espécies, e com isso deixava sem solução a questão das espécies encontradas nos registros fósseis, e que são diferentes das existentes hoje.

A contribuição de Darwin não foi simplesmente a de argumentar que a vida tinha evoluído — ele nem mesmo gostava da palavra "evolução" — mas sim indentificar o mecanismo evolucionário pelo qual novas espécies entraram em existência. Foi por isso que deu ao seu livro o nome de *A origem das espécies*. Sua teoria pode ser delineada em termos de três premissas e uma conclusão.

A primeira premissa relaciona-se com a *variação*. Segundo ela, cada componente individual de uma espécie é diferente — cada qual tem, como diríamos hoje, uma constituição genética distinta. Darwin compreendeu isso muito bem. Formou-se numa época em que a criação de animais e os enxertos de plantas floresciam na Inglaterra — seu sogro, Josiah Wedgwood, fabricante de cerâmicas, era um notável criador de ovelhas, e seu pai, de pombos — e aprendeu a atentar para as características individuais, freqüentemente sutis, que eles buscavam eliminar ou perpetuar.\* Conhecendo os detalhes específicos da variedade biológica, o pensamento de Darwin era um mosaico de aspectos particulares. Dezenas de artigos que publicou consistem de pequenas notas saídas no *Gardener's Chronicle and Agricultural Gazette* e no *Journal of Horticulture and Cottage Gardener*, sobre questões como: "Teria alguém que guardou semen-

\* A intensificação da criação de animais foi estimulada pela crescente industrialização da Inglaterra, que atraiu trabalhadores do campo, onde podiam criar pequenos animais, para as cidades, onde eram alimentados pelos rebanhos cada vez maiores criados com o objetivo de obter o máximo de lucro. Mais geralmente, o advento do próprio darwinismo pode ter sido estimulado por um certo distanciamento entre os seres humanos e as criaturas por eles estudadas; só quando as pessoas deixavam de coabitar com os animais é que começavam a ter idéias de que estavam aparentadas com eles.

tes de ervilhas perto de sementes de outros tipos observado deformações ou cruzamentos na colheita seguinte?"<sup>13</sup> "Haverá algum registro do diâmetro alcançado pelos maiores amores-perfeitos?"<sup>14</sup>

A segunda premissa de Darwin era que todas as criaturas vivas tendem a produzir mais descendentes do que o ambiente pode sustentar. É um mundo cruel, no qual apenas uma fração dos lobos e tartarugas e libélulas que nascem consegue encontrar sustento e evitar os predadores o tempo suficiente para se reproduzirem. O economista inglês Thomas Malthus tinha quantificado essa dura realidade, mostrando que a maioria das espécies se reproduz geometricamente, quando o meio ambiente não pode sustentar mais do que um aumento linear em sua população.\* Darwin leu o *Ensaio sobre o princípio da população*, de Malthus, em Londres em 1838 — "para divertir-me", lembrava ele — e a hipótese da evolução pela seleção natural começou a formar-se em sua mente. "Poderíamos dizer que há uma força como cem mil cunhas tentando enquadra todo tipo de estrutura adaptada nas lacunas da economia da natureza", escreveu ele, "ou antes, formando lacunas pela expulsão das mais fracas."<sup>15</sup> Foi na combinação da ilimitada fecundidade das coisas vivas com os limitados recursos disponíveis para sustentá-las que Darwin encontrou um mecanismo natural, global, que trabalhava constantemente para extinguir a maioria das variações, preservando apenas as existentes nos indivíduos que conseguiam sobreviver e reproduzir-se.

Isso nos leva à terceira premissa — que as diferenças entre indivíduos, combinados com as pressões ambientais ressaltadas por Malthus, afetam a probabilidade de que determinado indivíduo sobreviva o bastante para transmitir suas características genéticas. É esse o processo que Darwin chamou de "seleção natural". As mariposas brancas dão-se melhor na neve, onde sua coloração serve como camuflagem e as protege dos pássaros predadores, enquanto as mariposas marrons vicejam nas florestas outonais sem neve, onde sua cor se funde com os troncos de árvores marrons.\*\* É nesse sentido que "os mais capazes" (a expressão é de Herbert Spencer) sobrevivem, não por serem de alguma maneira superiores aos seus companheiros, mas porque estão melhor "adequados" ao seu ambiente. Quando as condições ambientais se modificam, os indivíduos a ela mais adaptados podem, de repente, ver que já não se adequam ao meio; é então a vez dos estranhos e inadaptados herdarem o futuro.

A conclusão de Darwin era que a seleção natural leva à origem de novas espécies. Como o mundo está constantemente em estado de mutação, a natureza favorece as espécie variadas — uma comunidade de mariposas predomi-

\* Malthus, incidentalmente, parece ter-se inspirado, em parte na leitura do avô de Darwin, Erasmus. O mundo era pequeno, ou, pelo menos, era pequeno na Inglaterra Vitoriana.

\*\* Exemplo notável de modificação adaptativa da cor ocorreu entre as mariposas pintadas na Inglaterra, perto de Manchester. No século XVIII todas essas mariposas colecionadas eram claras; em 1849 uma única mariposa negra foi apanhada na área, e na década de 1880 elas passaram a ser a maioria. Por quê? Porque a poluição industrial tinha escurecido os troncos das árvores nas vizinhanças, privando as mariposas originais de sua camuflagem, e dando tais vantagens às poucas mariposas escuras que havia ali. Quando as medidas antipoluição foram postas em prática, a cor escura desapareceu lentamente das árvores e a população de mariposas pintadas claras voltou a crescer.

nantemente brancas tem melhores condições, se contiver também algumas mariposas escuras, para a possibilidade de uma poluição do ar — e as geograficamente dispersas, que não se concentram num mesmo lugar. Em consequência, o grau de variações individuais encontrado dentro de determinada espécie tende a aumentar com a passagem do tempo, até que certos grupos se tenham tornado tão diferentes de outros que já não se podem acasalar e produzir rebentos férteis. A essa altura, uma nova espécie surgiu. Como escreveu Darwin:

Durante a modificação dos descendentes de qualquer espécie, e durante a luta incessante de todas as espécies para aumentar seus números, quanto mais diversificados se tornam os descendentes, maior será sua possibilidade de êxito na luta pela vida. Assim, as pequenas diferenças que distinguem variedades da mesma espécie tendem a aumentar constantemente, até igualar as diferenças maiores entre espécies...<sup>16</sup>

Darwin notou que sob certos aspectos sua teoria lembrava a imagem bíblica da Árvore da Vida. Mas agora a árvore, em lugar de ser estática como na visão criacionista, se tinha tornado viva e continuava a crescer:

Os verdes e florescentes ramos podem representar as espécies existentes; e os produzidos em anos anteriores podem representar a longa sucessão de espécies extintas... A Árvore da Vida ... enche com seus ramos mortos e quebrados a crosta da Terra, e cobre sua superfície com belas ramificações sempre crescentes.<sup>17</sup>

Críticos com certa preferência pelas histórias da *Bíblia* queixavam-se de que a seleção natural era fria e mecânica. Mas aos olhos de Darwin, ela animava e esclarecia o mundo natural:

Quando não olhamos mais para um ser orgânico como um selvagem olha para um navio, como alguma coisa totalmente fora do seu entendimento; quando consideramos toda produção da natureza como dotada de uma longa história; quando contemplamos toda estrutura e todo instinto complexos como a súpula de muitas características, cada qual útil ao seu possuidor, da mesma maneira que qualquer grande invenção mecânica é a súpula do trabalho, experiência, razão e até mesmo dos erros de numerosos trabalhadores; quando vemos assim cada ser orgânico, como se torna muito mais interessante — falo por experiência — o estudo da história natural!<sup>18</sup>

E acrescentou, em palavras que se tornariam o credo dos evolucionistas:

Há uma grandeza nessa visão da vida, com seus vários poderes, originalmente soprados pelo Criador numas poucas formas, ou numa; e que, enquanto este planeta continuava girando de acordo com a lei fixa da gravidade, de um começo tão simples um número interminável de formas, das mais belas e maravilhosas, tenha evoluído, e continue evoluindo.<sup>19</sup>

Darwin já tinha formulado os elementos essenciais da sua teoria à época do seu casamento em 1839, e em 1844 já a delineara num ensaio de 230 páginas. Não obstante, sustou sua publicação durante mais 15 anos. Enquanto o ensaio permanecia em sua gaveta, acompanhado de rígidas instruções de publica-

ção no caso de sua morte, Darwin instalou-se no campo, teve 10 filhos, correspondeu-se com Lyell e uma centena de outros cientistas e escreveu livros — entre eles um diário da viagem do *Beagle*, uma exposição de sua teoria dos recifes de coral, um tratado sobre vulcões e outro sobre a geologia da América do Sul, e um estudo magistral sobre a craca que lhe exigiu sete anos de trabalho e o levou a dizer, irritado: "Odeio a craca como jamais homem algum a odiou"<sup>20</sup>. No total, Darwin manteve a sua teoria da evolução em segredo quase que pelo mesmo tempo que Copérnico escondeu sua cosmologia heliocêntrica. Por que a demora?

Uma explicação, que ainda é apresentada por vezes, é que Darwin estava constantemente doente. Isso não explica nada. Doente ele certamente estava: desde a época de seu casamento, mais ou menos, e provavelmente muito antes, sofria de dores de cabeça intensas, vômitos e palpitações cardíacas. Consultou os melhores médicos da Inglaterra em busca de uma cura, fez-se hipnotizar e recorreu à hidroterapia, passando os dias de inverno embrulhado em lençóis molhados e frios. "Sua vida", escreveu seu filho Francis Darwin, "foi uma longa luta contra o desgaste e a tensão da enfermidade"<sup>21</sup>. A doença não foi nunca diagnosticada de maneira conclusiva e tem sido atribuída a muitas causas, desde a doença de Chagas, provocada pelo que Darwin chamou de "ataque (pois não merece melhor nome) dos Benchuca, o grande inseto negro dos pampas" no dia 26 de março de 1835, aos efeitos psicossomáticos do conflito íntimo entre este ex-candidato ao sacerdócio e as implicações anticlericais de sua teoria. Uma possibilidade maior, embora menos romântica, é de que sofresse de alergias sérias. De qualquer modo, a doença, por si só, não pode explicar por que Darwin reteve sua teoria de seleção natural, já que durante esses mesmos anos escreveu prolificamente sobre outros assuntos.

É muito mais provável que Darwin temesse a tempestade da oposição que sabia que suas idéias provocariam. Era um homem gentil, sincero, quase infantilmente simples, que em geral respeitava a opinião dos outros e era avesso às disputas. Sabia que a sua teoria provocaria ataques, não só do clero como também de colegas cientistas.

A oposição religiosa prometia ser formidável. Darwin não precisava de nenhum esforço de imaginação para prever o que a ortodoxia faria com a sua afirmação de que animais e homens são parentes e que mutações ao acaso impulsionam a evolução. Defender isso, disse ele ao amigo Joseph Hooker, equivalia a fessar um assassinato. (O assassinato de Adão, como seria chamado.) Nem precisava olhar para além da Inglaterra para ver o que o esperava, quando a teoria fosse conhecida. Quando William Lawrence, mais tarde presidente do Real Colégio de Médicos, disse que o homem evolui herdando traços inatos, em lugar de adquiri-los, o presidente da Câmara dos Lordes declarou seu livro contrário às Escrituras e negou-lhe o direito de ser publicado. A lendária erudição de Benjamin Jowett, de Oxford, é lembrada numa famosa quadra do espetáculo teatral amadorista do Balliol College:

Primeiro, eu; meu nome é Jowett.  
Não há nada que eu não saiba.  
Sou o mestre deste colégio,  
O que não sei, não é cultura.

Mas quando Jowett publicou, em 1855, uma interpretação controversa das Epístolas de São Paulo, foi acusado de heresia e seu salário foi congelado. Darwin, cuidando calmamente de flores em jardins que seu conhecimento tornava tão luminescentes quanto o Éden, não tinha pressa em ver o dia em que milhares de clérigos de aldeias transformariam seu nome em sinônimo do anticristo.

A oposição científica veio, em grande parte, do desprezo profissional pelo conceito mesmo da evolução, há muito motivo de entusiasmo de extáticos e ocultistas dedicados a sessões e histórias de fadas que percorriam as charnecas pela madrugada. Defender uma teoria tão amadorística era ser ridicularizado pelos eruditos. Quando, em 1844, uma teoria da evolução foi apresentada num livro anônimo e muito popular, *Vestígios da história natural da criação*, foi atacada por autoridades como o mineralogista de Cambridge, William Whewell (de quem se dizia ser "a ciência o seu forte, a onisciência o seu fraco"), o astrônomo John Herschel e o geólogo Adam Sedgwick, que dedicou 85 páginas da *Edinburgh Review* à sua demolição (e que submeteria o livro de Darwin a um ataque semelhante, quando foi finalmente publicado).

Contra essas forças Darwin, como Copérnico, teria de defender uma teoria que sabia estar incompleta, pois nem ele, nem ninguém mais, compreendia o micromecanismo da hereditariedade. "As leis que governam a herança", como admitia ele, "são totalmente desconhecidas"<sup>22</sup>. Faltavam provas da existência da unidade hereditária fundamental, o *quantum* biológico — em suma, o *gene*. Sem a estabilidade proporcionada pelo gene, as mutações inovadoras se diluiriam como gotas de sangue no oceano, antes que tivessem tempo para se disseminar entre qualquer número significativo de pessoas. Nessa situação, a seleção natural poderia ocorrer, mas dificilmente explicaria a origem das espécies.

A primeira prova da existência do gene só aparece em 1866, oito anos depois de ter sido Darwin obrigado a publicar *A origem das espécies*, quando o monge moraviano Gregor Mendel divulgou os resultados de suas amplas experiências com ervilhas verdes na horta de um mosteiro agostiniano — resultados que demonstraram a persistência necessária dos quanta de hereditariedade — e as descobertas de Mendel foram, de qualquer modo, universalmente desconhecidas até atraírem a atenção em 1900, quando Darwin já estava morto. Darwin tentou compensar tal deficiência propondo uma teoria da "pangênese" para explicar a transmissão dos traços hereditários, mas continuou consciente de sua vulnerabilidade, sob esse aspecto. Como disse certa vez, compreendia as deficiências de sua teoria melhor do que a maioria dos que a criticavam.

Foi, portanto, um Darwin relutante que, por insistência de Lyell, começou finalmente a escrever uma exposição exaustiva da origem das espécies pela seleção natural. Pretendia fazer dela um tomo alentado, cuja conclusão levaria seguramente vários anos: talvez, como Copérnico, ele não estivesse vivo para ler as críticas. Mas a 3 de junho de 1858, tendo escrito apenas os poucos capítulos iniciais, tudo se modificou. Uma carta com o carimbo do Arquipélago Malaio chegou à casa de Darwin. Seu remetente era o naturalista Alfred Russel Wallace, e ela trazia o esboço de um ensaio de Wallace intitulado "Sobre a tendência das variedades de se afastarem indefinidamente do tipo original". Wallace pedira os comentários de Darwin ao seu trabalho.

Darwin fez comentários, sim, e foram de um espanto horrorizado: a teo-

ria delineada no ensaio era idêntica à sua. "Nunca vi uma coincidência mais espantosa", escreveu ele a Lyell, naquela tarde.<sup>23</sup>

Como Darwin, Wallace era um incansável colecionador de plantas e insetos.\* Também ele se impressionara com a leitura do livro de Lyell, e por muito tempo refletira sobre "a questão de como as modificações nas espécies poderiam ter sido provocadas", e chegou à resposta depois de ler Malthus. Como ele próprio contou, estava convalescendo de malária quando "ocorreu-me de repente que ... em cada geração os inferiores seriam inevitavelmente mortos e os superiores permaneceriam — isto é, que os *mais capazes sobreviveriam*" (grifo de Wallace).<sup>23</sup> Wallace esboçou a teoria em três noites e mandou-a, pelo correio seguinte, a Darwin, cujas simpatias pela hipótese da evolução eram conhecidas nos círculos científicos.

A inclinação inicial de Darwin foi adotar uma atitude magnânima, renunciar à sua prioridade e dar todo o crédito a Wallace. "Eu preferia queimar todo o meu livro, do que levá-lo, ou a quaisquer outros, a pensar que eu me havia comportado de maneira mesquinha", disse a Lyell.<sup>26</sup> Este, porém, juntamente com Hooker, convenceram-no a publicar, em lugar disso, uma comunicação conjunta sobre as suas conclusões e as de Wallace, e em seguida preparar uma breve exposição da sua teoria, para publicação imediata. Foi o que fez, apressando-se a concluir o que chamou de "resumo" de sua teoria, dentro de um ano. Foi *A origem das espécies por meio da seleção natural*.

Com mais de 200 mil palavras, a *Origem* parece menos um resumo do que uma constante, para não dizer incansável, descrição de pontos específicos: a incidência dos danos causados pelos besouros nas ameixas roxas americanas; o tamanho da haste dos nabos suecos; o número exato de penas da cauda do pombo; a tática empregada pelos jacarés machos ao lutarem pelas fêmeas. O livro é objetivo ao ponto de parecer sem vida; nele não há explosões extáticas comparáveis aos tributos de Copérnico ao Sol, nem tiradas filosóficas iguais às descrições que Newton fez das obras de Deus, nada da agressividade dos diálogos de Galileu. Há, em lugar disso, uma massa de detalhes factuais, progressiva como depósitos de aluvião que se consolidam em rocha sedimentária.\*\*

Na verdade, o livro era *tão* detalhado e modesto que pareceu a muitos leitores como auto-evidente. Isso lhe dava força, pois nada persuade mais o homem a aceitar uma idéia nova do que a impressão de que já conhecia a sua verdade. ("Que tolice a minha não ter pensado nisso", disse Thomas Huxley, até então um cético quanto ao evolucionismo, depois de ler a *Origem*.<sup>27</sup>) Muitos

\* Wallace teve, porém, a má sorte de perder seus espécimes num incêndio no mar. Olhando, de um bote aberto, o navio em chamas afundar sob as ondas, Wallace contou: "Comecei a sentir a grandeza de minha perda... Não tinha nenhum espécime para ilustrar as terras desconhecidas que havia percorrido, ou para recordar as cenas de vida selvagem que tinha presenciado! Mas tais lamentos eram inúteis... e tentei ocupar-me do estado de coisas que existia realmente".<sup>24</sup>

\*\* Os leitores que se cansarem dos detalhes encontrados na *Origem* podem consolar-se lembrando que até ser interrompido pela carta de Wallace, Darwin pretendia incluir muitos outros. "Para um tratamento adequado do assunto é necessário apresentar um longo catálogo de fatos concretos", escreveu no Cap. 2 da *Origem*, "mas tais fatos eu reservarei para uma obra futura." Manteve a promessa em seu exaustivo, para não dizer cansativo, livro *The Variations of Animals and Plants Under Domestication* (*As variações nos animais e plantas domesticados*).

cientistas e estudiosos convenceram-se logo do ponto de vista de Darwin — Hooker imediatamente, o botânico Asa Gray pouco depois, e Lyell, o que foi notável para uma figura pública tão destacadamente caracterizada como antievolucionista, apenas cinco anos depois — embora muitos concordassem com Whitehead, que numa conversa em 1844 declarou que "Darwin é realmente grande, mas é o mais maçante dos grandes homens que conheço."<sup>29</sup> Darwin respondeu às críticas contemporâneas desse tipo com sua habitual moderação:

Alguns dos meus críticos disseram. "Ah, ele é um bom observador, mas não tem capacidade de argumentação." Isso não me parece ser exato, pois *A origem das espécies* é uma longa argumentação do começo ao fim, e conseguiu convencer não poucos homens capazes. Ninguém poderia tê-lo escrito sem ter certa capacidade de argumentação.<sup>30</sup>

Admitia porém que, embora o estudo das coisas vivas não tivesse perdido nunca a atração que exercia sobre ele, os anos de trabalho haviam cobrado um preço dos seus interesses não-científicos: nem a música, nem a literatura, e nem mesmo uma "bela paisagem" proporcionavam-lhe mais algum prazer. Disse ele em sua *Autobiografia*: "Minha mente parece ter-se tornado uma espécie de máquina de produzir leis gerais a partir de uma grande coleta de fatos."<sup>31</sup>

A reação religiosa foi tão veemente quanto Darwin tinha receado, mas em grande parte tão retórica que passou à volta da *Origem* como a água em torno de uma pedra. O bispo Wilberforce, de Oxford, deu o tom para o prolongado espetáculo burlesco que se seguiria. Conferencista apaixonado, apelidado de "Ensaboador" pelo hábito que tinha de esfregar as mãos ao falar, Wilberforce condenou a teoria de Darwin como: "uma visão desonrosa da Natureza ... absolutamente incompatível com a palavra de Deus." Prisioneiro de sua própria paixão, ele logo exagerou. A ocasião disso foi uma reunião da Associação Britânica para o Progresso da Ciência, em Oxford, a 30 de junho de 1860. Participava da discussão Thomas Huxley, que adorava um bom debate e intitulava-se "o buldogue de Darwin", pelas suas incansáveis investidas contra os adversários da evolução. Com um riso sarcástico, Wilberforce voltou-se para Huxley e perguntou se "era por parte do seu avô, ou de sua avó, que ele [Huxley] pretendia descender de um macaco?"<sup>32</sup> Huxley murmurou ao amigo Benjamin Brodie, sentado ao seu lado: "Deus o colocou nas minhas mãos." Depois, levantou-se, saboreando o momento, e respondeu:

O homem não tem motivos para envergonhar-se por ter um macaco como avô. Se houvesse um ancestral que eu me envergonharia de recordar seria antes um *homem* — um homem de intelecto inquieto e versátil — que, não satisfeito com o sucesso em sua esfera de atividades, mergulha nas questões científicas, das quais não tem real conhecimento, apenas para obscurecê-las com sua retórica sem finalidade e distrair a atenção dos ouvintes do verdadeiro problema em discussão, por digressões eloqüentes e hábeis recursos aos preconceitos religiosos.<sup>33</sup>

O público rompeu em gargalhadas. Na agitação geral que se seguiu, Lady Bruster desmaiou e teve de ser retirada da sala, enquanto o Cap. Fitz-Roy, do *Beagle*, caminhava pelos corredores com uma *Bíblia* levantada na mão, gritan-

do: "O Livro, o Livro!" O drama do darwinismo contra o fundamentalismo cristão continuou frente a casas cheias no tribunal de Dayton, Tennessee, onde Clarence Darrow defendeu John Scopes, e produções itinerantes ainda atraíram multidões aos chamados julgamentos da "ciência da criação", na década de 1980. Um desses casos chegou ao Supremo Tribunal dos Estados Unidos, que decidiu em 1987 que o estado de Louisiana não tinha o direito de exigir que o criacionismo fosse ensinado juntamente com a evolução, nas escolas públicas (com o voto contrário do presidente do Tribunal, William Rehnquist). Mas ciência não é retórica, e os debates evolucionários, embora interessantes, foram sempre mais um espetáculo do que uma discussão substancial.

A ascensão da teoria de Darwin trouxe nova vitalidade à questão da idade da Terra. O darwinismo foi uma bomba-relógio: para que as espécies tivessem evoluído até a sua atual diversidade, através do lento funcionamento da mutação aleatória e seleção natural, era necessário que a duração do passado fosse muito superior aos cerca de seis mil anos sugeridos pela *Bíblia*. Darwin enfrentou com decisão o problema: "Quem ... não reconhecer como foram vastos os períodos de tempo do passado pode fechar imediatamente este volume", escreveu na *Origem*.<sup>35</sup>

Embora a evolução de Darwin e a geologia de Lyell deixassem implícita a velhice da Terra, não a provaram. Essa tarefa coube aos físicos, que abordaram a questão da idade da Terra através da termodinâmica, a nascente ciência da transferência de calor. A Terra, como sabem os mineiros de carvão, é mais quente no fundo do que na superfície. Portanto, ela deve estar irradiando calor para o espaço, em lugar de receber todo o seu calor apenas do Sol. (Se assim não fosse, a superfície da Terra seria mais quente do que o seu interior.) Supondo-se, portanto, que a Terra começou como uma bola de fogo e vem se resfriando desde então, e se pudéssemos determinar o ritmo desse resfriamento, seria possível calcular a sua idade.

As primeiras experiências significativas nessa linha foram realizadas na década de 1770 por Buffon, um dos primeiros defensores da teoria da antiguidade da Terra. Num laboratório localizado num porão termicamente estável, Buffon colocou cinco pequenas esferas de 2,5 a 12 cm de diâmetro, feitas de material adequado e colhido no solo, aqueceu-as, determinou quanto tempo levavam para esfriar, e extrapolou os resultados para a esfera muitíssimo maior da Terra. Tomou suas medidas sentando-se no escuro e observando quanto tempo era necessário para que uma bola em brasa desaparecesse na invisibilidade, ou tocando-as com as mãos até sentir que tinham voltado à temperatura ambiente. Os resultados, embora reconhecidamente grosseiros, proporcionaram uma geocronologia generosa pelos padrões da época: Buffon calculou que a Terra tinha cerca de 75.000 a 168.000 anos, e reservadamente admitiu que o provável número correto estaria mais próximo de meio milhão. Isso, porém, ainda era pouco para que a evolução darwiniana tivesse trazido a vida à Terra, a partir de um organismo unicelular até o mundo de hoje, de orquídeas, serpentes e chimpanzés. Tal feito teria demandado *bilhões* de anos.

A termodinâmica tinha avançado muito quando Darwin entrou em cena. Graças, em grande parte, às suas importantes aplicações práticas aos projetos de máquinas a vapor, o estudo do calor atraiu alguns dos intelectos mais intrépidos do século XIX — homens da estatura de Lorde Kelvin, Hermann von

Helmholtz, Rudolf Clausius e Ludwig Boltzmann. Mas quando toda essa força intelectual aplicou-se à questão da geocronologia, o veredicto não foi favorável a Darwin e aos geólogos uniformitaristas.

Os titãs da física preferiram focalizar menos a Terra do que um corpo adequadamente maior e mais luminoso, o Sol. Helmholtz foi útil: tão bom filósofo quanto cientista, divertiu-se ao saber que para o falecido Immanuel Kant (de quem discordava em quase tudo) o Sol "era um corpo flamejante, e não uma massa de matéria em fusão e brilhante".<sup>36</sup> Helmholtz, o físico, sabia que isso estava errado: se o Sol estivesse simplesmente queimando-se como uma gigantesca fogueira, seu combustível teria acabado em apenas um milhar de anos. Buscando uma fonte de energia alternativa para o Sol, Helmholtz chegou à contração gravitacional: a matéria solar, raciocinou ele, concentra-se na direção do centro, liberando energia gravitacional potencial na forma de calor. Esse mecanismo de produção de energia solar — o mais eficiente que a física do século XIX podia conceber — dava ao Sol uma idade de cerca de 20 ou 40 milhões de anos — muito mais do que a cronologia de Buffon ou da *Bíblia*, embora ainda insuficiente para satisfazer os darwinistas.

A questão da idade do Sol foi atacada por Lorde Kelvin, figura imponente dentro de qualquer padrão intelectual. Nascido em Belfast em 1824, Kelvin (cujo nome era William Thompson) foi admitido à Universidade de Glasgow aos 10 anos de idade, publicou seu primeiro trabalho sobre matemática aos 17, e foi nomeado professor de filosofia natural em Glasgow aos 22. Músico de talento, navegador perito, além de matemático, físico e inventor de fama, Kelvin era um homem de quem era difícil discordar. Além disso, seu forte era o calor: a escala Kelvin de temperatura absoluta tem o seu nome, e ele muito contribuiu para a identificação da primeira lei da termodinâmica (a energia é conservada em todas as interações, ou seja, nenhuma máquina pode produzir mais energia do que consome), e da segunda lei (alguma energia deve sempre perder-se nesse processo). Quando Kelvin anunciou o veredicto da termodinâmica na questão da idade do Sol, poucos mortais, e ainda menor número de biólogos, teriam condições de divergir dele com autoridade.

Kelvin calculou que o Sol, liberando energia em virtude da contração gravitacional, não podia estar brilhando por mais de 500 milhões de anos. Isso foi um desastre para Darwin. "Levo o Sol muito a sério", escreveu a Lyell em 1868. "Ainda não fui capaz de digerir a idéia fundamental de uma idade reduzida para ele e para a Terra" — escreveu a Wallace três anos depois.<sup>37</sup> Huxley, o buldogue, debateu a geocronologia de Kelvin numa reunião da Sociedade Geológica de Londres, mas Kelvin não era o bispo Wilberforce, e Huxley não conseguiu nada. Era claro que ou a teoria de Darwin, ou os cálculos de Kelvin, estavam errados. Darwin morreu sem saber qual a verdade.

Para o crédito de ambos, tanto Darwin como Kelvin admitiam a possibilidade de que algum elemento importante tivesse escapado à sua consideração. Nas palavras de Darwin, ao defender sua posição numa edição mais recente da *Origem*: "Somos confessadamente ignorantes; nem sequer sabemos a extensão da nossa ignorância."<sup>38</sup> Kelvin, por sua vez, admitia que sua avaliação da idade do Sol dependia da exatidão da hipótese de Helmholtz, de que a energia solar vinha da suposta contração do astro. Observou, num dos parênteses mais

cheios de significado da história da física, que: "Não digo que não possa haver leis ainda não descobertas."<sup>39</sup>

Foi ao reconhecer que suas opiniões podiam ser incompletas que ambos se mostraram mais proféticos. Faltava-lhes o conhecimento de duas das forças fundamentais da natureza, denominadas em conjunto de energia nuclear. É a degeneração do material radioativo — através da força nuclear fraca — que tem mantido a Terra quente por cerca de cinco bilhões de anos. É a fusão nuclear — que também envolve a força forte — que tem alimentado o Sol pelo mesmo período, e que promete mantê-lo brilhante por outros cinco bilhões de anos. Com a descoberta da energia nuclear, o debate sobre a escala do tempo foi resolvido em favor de Darwin, as portas da física nuclear escancararam-se e o mundo perdeu sua inocência.

Pode-se dizer que a aurora nuclear despontou a 8 de novembro de 1895 num laboratório da Universidade de Würzburg, nas mãos do físico Wilhelm Conrad Röntgen, que fazia experiências com a eletricidade numa válvula semi-elétrica. O laboratório estava às escuras. Ele notou que do outro lado da sala, um anteparo revestido de bário, platina e cianeto, brilhava no escuro sempre que se ligava a energia à válvula, como se a luz desta o alcançasse. Mas a luz comum não podia provocar isso: a válvula estava encerrada em papelão preto e nenhuma luz escapava dela. Intrigado, Röntgen colocou a mão entre a válvula e o anteparo e ficou surpreso ao ver que os ossos de sua mão se tornavam visíveis, como se a carne tivesse ficado transparente. Röntgen tinha detectado os "raios X" — fótons de alta energia gerados pelas transições de elétrons nas camadas interiores dos átomos.\*

Entre as dezenas de físicos que tomaram conhecimento da descoberta dos raios X por Röntgen estava Henri Becquerel, da terceira geração de estudiosos da fosforescência, que compartilhava com o pai e o avô um fascínio por tudo o que brilhava no escuro. A descoberta de Becquerel, como a de Röntgen, foi acidental, embora ambos ilustrassem a validade da frase de Louis Pasteur, de que o acaso favorece a mente preparada. Entre experimentos em seu laboratório em Paris, Becquerel guardou chapas fotográficas envoltas em papel preto, numa gaveta. Um pedaço de urânio estava, por acaso, em cima delas. Quando Becquerel revelou as chapas vários dias depois, verificou que tinham sido impressas, na obscuridade total, com uma imagem do pedaço de urânio. Tinha descoberto a radioatividade, a emissão de partículas subatômicas por átomos instáveis como os do urânio — que, como Becquerel observou ao anunciar seus resultados em 1896, era particularmente radioativo. Seu trabalho contribuiu para a abertura de um caminho de pesquisas que levaria, por fim, à compreensão einsteiniana de que todo átomo é um feixe de energia.

Na Universidade McGill, em Montreal, o vigoroso experimentalista Ernest Rutherford, um homem enorme cuja voz poderosa fazia tremer seus assistentes e os vidros de seu laboratório, verificou que materiais radioativos podiam produzir volumes surpreendentemente grandes de energia. Um pedaço de rádio,

\* Não muito antes da descoberta de Röntgen, Frederick Smith, em Oxford, foi informado por um assistente de que chapas fotográficas guardadas perto de uma válvula de raios catódicos estavam ficando embaçadas. Smith, em lugar de examinar a questão, simplesmente mandou que as chapas fossem guardadas em outro lugar.

comprovou ele, gera calor suficiente para derreter seu peso em gelo a cada hora, e pode continuar a gerá-lo por mil anos, ou mais. Outros elementos radioativos duram ainda mais; alguns mantêm-se vivos, sem perder quase nenhum vigor, por bilhões de anos.

Era essa, portanto, a resposta a Kelvin, e uma resposta que foi a libertação do falecido Charles Darwin: a Terra permanece quente porque é aquecida pelos elementos radioativos das pedras e do núcleo em fusão do globo. Como escreveu Rutherford:

A descoberta dos elementos radioativos, que na sua desintegração liberam enormes volumes de energia, aumenta o possível limite da duração da vida neste planeta, e concede o tempo pretendido pelos geólogos e biólogos para o processo de evolução.<sup>40</sup>

Satisfeito, como era de se esperar, com esta conclusão, o jovem Rutherford inscreveu-se para falar numa reunião da Royal Institution, e descobriu entre os presentes o único cientista no mundo que se poderia irritar com o seu trabalho:

Entre na sala, que estava na semi-obscuridade, vi Lorde Kelvin entre os presentes, e compreendi que eu poderia enfrentar problemas na parte final de minha comunicação, relativa à idade da Terra, na qual minhas opiniões entravam em choque com as suas. Para meu alívio, Kelvin adormeceu, mas quando cheguei no ponto importante, vi a velha águia apumar-se, abrir os olhos e lançar-me um olhar maligno. Tive, então, uma súbita inspiração, e disse que Lorde Kelvin tinha limitado a idade da Terra, condicionando-a à não-descoberta de nenhuma nova fonte de energia. Esse pronunciamento profético refere-se ao que estamos discutindo esta noite, o rádio E o velho abriu-me um largo sorriso.<sup>41</sup>

O material radioativo não só testemunhava a antiguidade da Terra, como também proporcionava uma maneira de medi-la. O biógrafo de Rutherford, A. S. Eve, conta uma conversação que marcou essa nova descoberta:

Mais ou menos nessa ocasião Rutherford, passeando pelo *campus* com uma pequena pedra preta na mão, encontrou o professor de geologia. "Adams", disse ele, "que idade se supõe que a Terra tenha?" A resposta foi que vários métodos levaram a uma estimativa de cem milhões de anos. "Eu sei," respondeu Rutherford calmamente, "que este pedaço de pechblenda tem 700 milhões de anos."<sup>42</sup>

O que Rutherford fez foi determinar o ritmo em que o rádio e o urânio radioativos na pedra emitiam o que chamou de partículas alfa, que são os núcleos dos átomos de hélio, e em seguida mediu a proporção de hélio na pedra. O resultado, 700 milhões de anos, constituía uma estimativa razoavelmente precisa do tempo que o material radioativo estava ali, emitindo hélio.

Rutherford tinha dado o primeiro passo para a ciência da datação radiométrica. Toda substância radioativa tem uma meia-vida característica, durante a qual metade dos átomos em qualquer amostra desse elemento se decompõem em outro elemento mais leve. Comparando a abundância do isótopo original (ou "pai") com o do produto da radioatividade (ou "filho") é possível saber

a idade de uma pedra, de uma ponta de flecha ou do osso que contém os isótopos pai e filho.

O carbono-14 é particularmente útil para isso, já que tudo o que vive na Terra contém carbono. A meia-vida do carbono-14 é de 5.570 anos, ou seja, depois de 5.570 anos metade dos átomos do carbono-14, em qualquer amostra, se terão transformado em átomos de nitrogênio-14. Se examinarmos, por exemplo, os restos de uma fogueira dos índios Navaho e verificarmos que metade do carbono-14 que restou da madeira calcinada decompôs-se em nitrogênio-14, podemos concluir que tal fogueira foi feita há 5.570 anos. Se três quartos do carbono se transformaram em nitrogênio, então a lenha tem duas vezes essa idade — 11.140 anos — e assim por diante. Depois de cinco meias-vidas, o volume do isótopo pai que resta torna-se, geralmente, demasiado escasso para ser medido com precisão, mas os geólogos recorrem a outros elementos radioativos de maior vida. O urânio-238 entre outros, tem uma meia-vida de mais de 4 bilhões de anos, enquanto a meia-vida do rubídio-87 chega às proporções matusalênicas de 47 bilhões de anos.

Na prática, a datação radiométrica é um processo sutil, com grande potencial de erro. Primeiro, é necessário verificar quando o relógio começou a funcionar. No caso do carbono-14, isso ocorre geralmente quando o tecido vivo que o continha, morreu. O carbono-14 está sendo constantemente produzido pela colisão de partículas subatômicas de alta energia, do espaço, com átomos da atmosfera superior da Terra. As plantas e os animais vivos ingerem carbono-14, juntamente com outras formas de carbono, apenas enquanto estão vivos. O cientista que chega anos depois para datar esses restos está, portanto, vendo um relógio que entrou em funcionamento quando o seu portador morreu. A exatidão do processo depende da suposição de que o carbono-14 existente no meio ambiente da época era aproximadamente o mesmo de hoje. Se não — se, por exemplo, uma tempestade de partículas subatômicas vindas do espaço aumentou o volume do carbono-14 há cerca de milhares de anos — então a data radiométrica será menos precisa. No caso de materiais inorgânicos, podemos estar às voltas com átomos radioativos mais velhos do que a própria Terra: seus relógios podem ter começado com a explosão de uma estrela morta quando o Sol era apenas um brilho num olho nebuloso. Mas se essas complexidades complicam o processo de datação radiométrica, também evidenciam uma gama extraordinária de aplicações potenciais, em áreas que vão da geologia e geofísica até a astrofísica e a cosmologia.

O processo de datar radiometricamente as camadas geológicas começou a ser usado dez anos apenas após a descoberta da própria radioatividade, quando o jovem geólogo britânico Arthur Holmes, em seu livro *A idade da Terra*, correlacionou as idades de rochas ígneas portadoras de urânio com as de camadas sedimentares em que havia fósseis. Na década de 1920 geólogos, físicos e astrônomos já aceitavam, em geral, que a Terra tem bilhões de anos e que a datação radiométrica constitui uma maneira fidedigna de estabelecer sua idade. Desde então, rochas antigas no sudoeste da Groenlândia foram datadas radiometricamente em 3,7 bilhões de anos, significando que a crosta da Terra não pode ter menos do que isso. Presumivelmente, o planeta é ainda mais velho, tendo sido necessário certo tempo para que esfriasse, desde a bola de fogo, e formasse uma crosta. Rochas lunares recolhidas pelos astronautas da Apollo têm

cerca de 4,6 bilhões de anos, mais ou menos a mesma idade dos meteoritos — pedaços de rocha que vagavam no espaço e foram colhidos pela Terra em sua órbita em volta do Sol. É sobre essa base que os cientistas declaram que o sistema solar tem cerca de 5 bilhões de anos, uma descoberta que se enquadra nas conclusões dos astrofísicos, de que o Sol é uma estrela normal que está na metade de sua vida prevista de 10 bilhões de anos.

Quando a fissão nuclear, a produção de energia pela divisão do núcleo, foi descoberta pelos químicos alemães Otto Hahn e Fritz Strassmann em 1938, e a fusão nuclear, que libera energia pela combinação de núcleos, foi identificada pelo físico norte-americano Hans Bethe no ano seguinte, a humanidade pôde, por fim, contemplar o mecanismo que dá energia ao Sol e às outras estrelas. No sentimento geral de triunfo, foram poucos os que atentaram para a aterrorizante possibilidade de que tal poder esmagador fosse usado com intenções violentas sobre a pequena Terra. Einstein, entre outros, achou que seria impossível fazer uma bomba de fissão; comparou o problema de provocar uma reação em cadeia à tentativa de caçar aves à noite num lugar onde há pouquíssimas aves. Viveu o suficiente para constatar que estava enganado. A primeira bomba de fissão (ou "atômica") foi detonada no Novo México a 16 de julho de 1945, e duas outras foram lançadas sobre as cidades de Hiroxima e Nagasaki, poucas semanas depois. A primeira bomba de fusão (ou "hidrogênio"), tão poderosa que empregou uma arma de fissão apenas como detonador, foi explodida nas ilhas Marshall a 1º de novembro de 1952.

Uns poucos pessimistas tinham sido capazes de pressentir o sombrio futuro nuclear, embora suas palavras não fossem ouvidas na época. Pierre Curie advertia, já em 1903, sobre os riscos potenciais das armas nucleares: "É concebível que o rádio, em mãos criminosas, possa tornar-se muito perigoso", disse ele, ao receber o Prêmio Nobel.\* "...Explosivos de grande potência permitiram ao homem realizar algumas obras admiráveis. São também um meio de destruição terrível nas mãos dos grandes criminosos que levam as nações à guerra."<sup>43</sup> Arthur Stanley Eddington, suspeitando que a liberação de energia nuclear era o que movimentava as estrelas, escreveu em 1919 que: "ela parece tomar um pouco mais próxima a realização de nosso sonho de controlar essa força latente para o bem-estar da humanidade — ou para o seu suicídio."<sup>44</sup> Apesar dessas advertências, e de muitas outras, as nações industrializadas começaram a fabricar bombas tão logo puderam, e em fins de década de 1980, havia mais de 50.000 armas nucleares no mundo que se tornara mais velho, porém, não mais prudente. Estudos indicam que a detonação de apenas 1% dessas ogivas nucleares reduziria as sociedades combatentes a níveis "medievais" e que os efeitos climáticos depois de uma detonação não muito maior levaria à fome global e à possível extinção da espécie humana. Esses estudos tiveram ampla divulgação, mas passaram-se os anos e o arsenal estratégico não foi reduzido.

\* A mulher de Curie, Marie, ganhadora de dois Prêmios Nobel, morreu dos efeitos da radiação sofridos durante anos de pesquisa experimental de isótopos radioativos. Seus equipamentos de laboratório e até mesmo seus livros de culinária em casa, examinados 50 anos depois, estavam contaminados de radiação letal.

Foi graças aos esforços dos fabricantes de bombas que a centenária teoria de Darwin sobre a origem dos atóis de coral teve, finalmente, confirmação. Logo depois da Segunda Guerra Mundial os geólogos, usando novas brocas de grande resistência, perfuraram quase um quilômetro e meio do coral do atol de Eniwetok e chegaram até as rochas vulcânicas, tal como Darwin tinha previsto. A missão dos geólogos, porém, nada tinha com a evolução. Seu objetivo era determinar a estrutura e resistência do atol antes de destruí-lo, num teste da primeira bomba de hidrogênio. Quando ela foi detonada, sua bola de fogo vaporizou a ilha em que tinha sido colocada, abriu uma cratera de 3km de profundidade no leito do mar e lançou uma nuvem de átomos radioativos fresquíssimos por todas as paradisíacas ilhas situadas a favor do vento. O presidente Truman, em sua última mensagem sobre o Estado da União, declarou que "na guerra do futuro o homem terá a capacidade de extinguir milhões de vidas de um só golpe, fazer desaparecer as realizações culturais do passado e destruir a própria estrutura da civilização."

E Truman acrescentou: "Tal guerra não pode ser uma política de homens racionais."<sup>45</sup> Não obstante, os cinco presidentes que o sucederam acharam aconselhável ameaçar os soviéticos com o uso de armas nucleares. Como observou o físico inglês P. M. S. Blackett: "Quando uma nação entrega a sua segurança a uma arma absoluta, torna-se emocionalmente necessário acreditar num inimigo absoluto."<sup>46</sup>

Einstein, triste estudioso da tragédia humana, encerrou o círculo da evolução, da termodinâmica e da fusão nuclear numa única frase: "O homem esfria mais depressa do que o planeta que ele habita."<sup>47</sup>

## NOTAS

1. In Keynes, 1979, p. 18.
2. In Loren Eiseley, "Charles Lyell", *Scientific American*, vol. 201, agosto de 1959, pp. 98, 106.
3. In W. W. Bartley III "What Was Wrong with Darwin?", *The New York Review of Books*, 15 de setembro de 1977, p. 37.
4. In Keynes, p. 295.
5. Darwin, 1962, pp. 402-403.
6. *Ibid.*, p. 480.
7. *Ibid.*, p. 469.
8. In Keynes, p. 19.
9. In *Encyclopaedia Britannica*, 15ª ed., vol. 5, p. 492.

10. In Keynes, p. 19.
11. In Darwin, Francis, 1950, p. 57.
12. Darwin, Erasmus, 1818, vol. I, pp. 397, 400. Destaques de Darwin.
13. Darwin, in *Gardener's Chronicle and Agricultural Gazette*, vol. 45, 8 de novembro de 1862, p. 1.052.
14. Darwin, in *Journal of Horticulture and Cottage Gardener*, vol. 3, 2 de dezembro de 1862, p. 696.
15. Darwin, "Notebooks on Transmutation of Species", série D, in Ruse, 1979, p. 173.
16. Darwin, 1872, p. 99.
17. *Ibid.*, pp. 99-100.
18. *Ibid.*, p. 371.
19. *Ibid.*, p. 374.
20. In DeBeer, 1964, p. 253.
21. In W. W. Bartley III, "What Was Wrong with Darwin?", *The New York Review of Books*, 15 de setembro de 1977, p. 34.
22. In Patterson, 1978, p. 14.
23. Darwin, carta a Lyell, 3 de junho de 1858, *Encyclopaedia Britannica*, 15ª ed., vol. 19, p. 530.
24. In Marchant, vol. 1, 1916, pp. 29-30.
25. *Ibid.*, p. 110.
26. In DeBeer, p. 149.
27. In Darwin, Francis, 1888, vol. 2, pp. 179-204.
28. Darwin, 1872, p. 38.
29. In Price, 1956, p. 28.
30. In Darwin, Francis, 1950, p. 68.
31. *Ibid.*, p. 67.
32. In Huxley, Julian, 1903, vol. I, pp. 265-266.
33. *Ibid.*, p. 268. Os relatos sobre o debate diferem um pouco quanto às palavras exatas da citação, como Huxley filho mostra na obra citada. Esta citação foi feita pelo Huxley pai, como a mais exata das várias versões oferecidas pelas testemunhas do debate.
34. In DeBeer, p. 167.
35. Darwin, 1872, p. 236.
36. Kant, 1969, p. 159.
37. In Eiseley, 1958, pp. 234, 240.
38. In Toulmin e Goodfield, *The Discovery of Time*, 1982, p. 222.
39. Thompson, William, barão Kelvin, 1891, vol. I, p. 16.
40. Rutherford, 1904, p. 657.
41. In Eve, 1939, p. 107.
42. *Ibid.*
43. In Segr, 1980, p. 42.
44. Arthur Stanley Eddington, "The Internal Constitution of the Stars", *Nature*, 1920, vol. 106, pp. 14-20, in Lang e Gingerich, 1979, p. 281.
45. In Moss, 1968, p. 59.
46. P. M. S. Blackett, *New Statesman*, 5 de dezembro de 1959.
47. In Dukas e Hoffmann, 1979, p. 81.