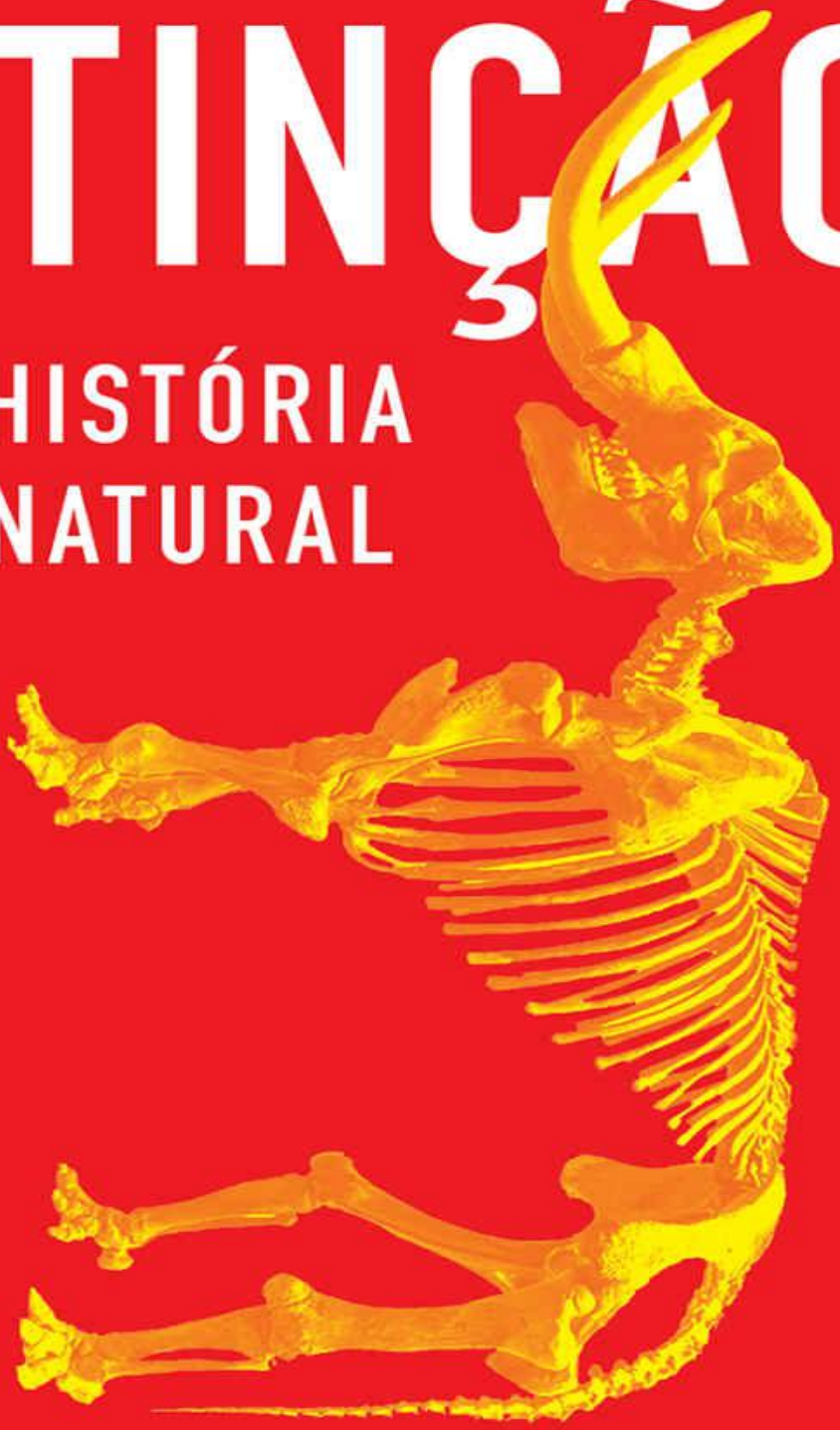
A SEXTA EXTINÇÃO

UMA HISTÓRIA NÃO NATURAL



Vencedor do PULITZER 2015

ELIZABETH KOLBERT

intrínseca

A SEXTA EXTINÇÃO

UMA HISTÓRIA NÃO NATURAL



ELIZABETH KOLBERT

Tradução de Mauro Pinheiro

intrínseca

Copyright © 2014 by Elizabeth Kolbert

TÍTULO ORIGINAL
The Sixth Extinction: An Unnatural History

PREPARAÇÃO
Isabela Fraga

REVISÃO
Eduardo Carneiro
Rayssa Galvão

REVISÃO TÉCNICA
Nílber Silva

ADAPTAÇÃO DE CAPA
Julio Moreira

ARTE DE CAPA
Rick Pracher

IMAGEM DE CAPA
National Museum of Natural History, cortesia da Smithsonian Institution

GERAÇÃO DE EPUB
Intrínseca

REVISÃO DE EPUB
Antonio Hermida

E-ISBN
978-85-8057-805-8

Edição digital: 2015

1ª edição

TIPOGRAFIA
Palatino

Todos os direitos desta edição reservados à

Editora Intrínseca Ltda.

Rua Marquês de São Vicente, 99, 3º andar
22451-041 – Gávea
Rio de Janeiro – RJ
Tel./Fax: (21) 3206-7400
www.intrinseca.com.br


You
Tube


intrínseca

Se houver qualquer risco para a trajetória humana, ele não reside tanto na sobrevivência de nossa própria espécie, mas na concretização da suprema ironia da evolução orgânica: no instante em que alcançou o conhecimento de si própria por meio da mente humana, a vida condenou suas mais maravilhosas criações.

— E. O. Wilson

Séculos e séculos, e só agora as coisas acontecem.

— Jorge Luis Borges

SUMÁRIO

Capa
Folha de rosto
Créditos
Mídias sociais
Epígrafe
Prólogo
I: A sexta extinção
II: Os molares do mastodonte
III: O pinguim original
IV: A sorte das amonites
V: Bem-vindo ao Antropoceno
VI: O mar ao nosso redor
VII: Viajando no ácido
VIII: A floresta e as árvores
IX: Ilhas em terra firme
X: A nova Pangeia
XI: O rinoceronte faz uma ultrassonografia
XII: O gene da loucura
XIII: A coisa com penas
Agradecimentos
Notas
Bibliografia selecionada

Créditos de fotos e ilustrações
Sobre a autora
Leia também

PRÓLOGO

DIZEM QUE OS primórdios tendem a ser obscuros. O mesmo ocorre com esta história, que começa com o surgimento de uma nova espécie há mais ou menos duzentos mil anos. A espécie ainda não tem nome — nada tem nome —, mas tem a capacidade de nomear as coisas.

Como acontece com qualquer espécie jovem, a situação dessa é precária. Tem poucos membros, que se restringem a uma fatia da África Oriental. A população cresce lentamente, mas é bem provável que logo diminua outra vez — alguns afirmam que de maneira quase fatal —, reduzida a apenas alguns milhares de casais.

Os membros da espécie não são particularmente ágeis, fortes nem férteis. Demonstram, contudo, uma engenhosidade singular. Aos poucos, avançam para regiões com climas, predadores e presas diferentes. Nenhum dos obstáculos mais comuns em relação a hábitat ou geografia parece detê-los. Eles atravessam rios, planícies e cadeias de montanhas. Nas regiões costeiras, coletam moluscos; longe do mar, caçam mamíferos. Em todos os lugares onde se estabelecem, se adaptam e inovam. Ao chegarem à Europa, encontram criaturas muito parecidas com eles mesmos, porém mais robustas e possivelmente mais fortes, que vivem há muito mais tempo no continente. Eles se miscigenam com essas criaturas até, no fim das contas, dizimá-las.

O encerramento desse caso será exemplar. À medida que a espécie amplia sua área de atuação, seus caminhos se cruzam com os de animais duas, dez e até vinte vezes maiores: gatos enormes, ursos imensos, tartarugas grandes como elefantes, bichos-preguiça de cinco metros. Essas espécies são mais poderosas e, com frequência, mais violentas, mas demoram para procriar e acabam sendo extintas.

Embora seja terrestre, nossa espécie — sempre inventiva —

atravessa o mar. Chega a ilhas habitadas por criaturas remotas da evolução: pássaros que põem ovos de trinta centímetros, hipopótamos do tamanho de um porco, lagartos gigantes. Habituados ao isolamento, esses animais não estão preparados para lidar com os recém-chegados nem com seus companheiros de viagem (principalmente os ratos). Muitos também sucumbem.

Aos trancos e barrancos, o processo continua durante mil anos, até a espécie, já não tão nova, se espalhar por quase todos os cantos do planeta. A essa altura, várias coisas acontecem mais ou menos ao mesmo tempo para permitir que o *Homo sapiens* — como essa criatura acabou por chamar a si mesma — se reproduza numa escala sem precedentes. Num único século, a população duplica; depois, duplica outra vez, e de novo. Vastas florestas são destruídas. Os seres humanos fazem isso deliberadamente, com o propósito de se alimentar. De forma menos deliberada, deslocam organismos de um continente para outro, reorganizando a biosfera.

Enquanto isso, uma transformação mais forte e radical está prestes a acontecer. Após descobrirem reservas de energia subterrâneas, os seres humanos começam a alterar a composição da atmosfera. Isso, por sua vez, modifica o clima e a química dos oceanos. Algumas plantas e animais se adaptam e se deslocam para outro lugar, subindo montanhas e migrando na direção dos polos. Contudo, uma imensa quantidade de espécies — a princípio centenas, depois milhares e, por fim, talvez milhões — se vê ilhada. Os níveis de extinção disparam, e a trama da vida se transforma.

Nenhuma criatura alterou a vida no planeta dessa forma, mas, ainda assim, já ocorreram eventos comparáveis. Muito, mas muito de vez em quando, no passado remoto, o planeta sofreu mudanças tão violentas que a diversidade da vida despencou de repente. Cinco desses antigos eventos tiveram um impacto catastrófico o suficiente para merecer uma única categoria: as Cinco Grandes Extinções. No que parece ser uma coincidência fantástica, mas que provavelmente não é coincidência alguma, a história desses eventos é recuperada bem na hora em que as pessoas começam a perceber que estão provocando mais um. Embora ainda seja demasiado cedo para saber se atingirá as proporções dos anteriores, esse novo

evento fica conhecido como a Sexta Extinção.

A história da Sexta Extinção, pelo menos da maneira como escolhi narrar, tem treze capítulos. Cada um rastreia uma espécie que é de algum modo emblemática — o mastodonte-americano, o arau-gigante ou uma amonite extinta no fim do período cretáceo junto com os dinossauros. As criaturas retratadas nos primeiros capítulos já desapareceram, e essa parte do livro se concentra mais nas grandes extinções do passado e na história sinuosa de suas descobertas, a começar pelo trabalho do naturalista francês Georges Cuvier. A segunda parte do livro se passa principalmente no presente — na cada vez mais fragmentada floresta tropical amazônica; numa montanha dos Andes que sofre com o aquecimento acelerado; nas extremidades da Grande Barreira de Corais. Resolvi viajar para esses lugares específicos pelas razões jornalísticas habituais: porque havia uma estação de pesquisa no local ou porque eu tinha sido convidado para acompanhar uma expedição. As mudanças que ocorrem hoje em dia são tão grandes que eu encontraria indícios delas se fosse para quase qualquer lugar, desde que recebesse orientação adequada. Um dos capítulos trata de uma extinção que está acontecendo mais ou menos no meu próprio quintal (e muito provavelmente no seu).

Se a extinção é um assunto mórbido, a extinção em massa é um assunto muito mais. No entanto, também é fascinante. Nas próximas páginas, tento ser fiel a estes dois aspectos: a empolgação e o horror das descobertas recentes. Minha esperança é que os leitores deste livro consigam compreender o momento extraordinário que estamos vivendo.

CAPÍTULO I

A SEXTA EXTINÇÃO

Atelopus zeteki

A CIDADE DE EL Valle de Antón, na região central do Panamá, fica no meio de uma cratera vulcânica formada há cerca de um milhão de anos. A cratera mede quase sete quilômetros de largura, mas, quando o tempo está limpo, é possível ver o recorte das montanhas que cercam a cidade como se fossem muralhas de uma torre em ruínas. El Valle tem uma via principal, uma delegacia e uma feira de rua. Além da variedade habitual de chapéus-panamá e bordados em cores vibrantes, a feira abriga o que deve ser a maior coleção mundial de esculturas de rãs douradas. Há rãs douradas descansando em folhas, rãs douradas apoiadas nas patas traseiras e — o que é ainda mais incompreensível — rãs douradas segurando telefones celulares. Há também rãs douradas usando saias de babados, rãs douradas fazendo poses de dança e rãs douradas fumando cigarro com uma piteira, igualzinho a Franklin Delano Roosevelt. A rã-dourada-do-panamá, amarela como um táxi e com manchas marrom-escuras, é endêmica dessa área ao redor de El Valle. O animal é considerado um amuleto da sorte no país, e sua imagem é impressa (ou pelo menos era) nos bilhetes de loteria.

Há cerca de uma década, era fácil avistar rãs-douradas-do-panamá nas montanhas ao redor de El Valle. As rãs são tóxicas — calcula-se que o veneno contido na pele de um único espécime poderia matar mil camundongos de tamanho médio —, daí sua cor vibrante, o que as destaca no solo da floresta. Um riacho perto de El Valle foi batizado de córrego das Mil Rãs. Caminhando pelas margens dava para ver uma quantidade tão grande de rãs-douradas-do-panamá tomando sol na ribanceira que, como ouvi de

um herpetólogo que conhecia bem o lugar, “era uma loucura, uma loucura total”.

Então as rãs em torno de El Valle começaram a desaparecer. O problema — até então ainda não considerado crítico — foi notado inicialmente a oeste, próximo da fronteira do Panamá com a Costa Rica. Uma estudante americana de pós-graduação por acaso estava pesquisando anuros na floresta tropical daquela área. Ela voltou para os Estados Unidos por um tempo a fim de escrever sua tese e, quando retornou a El Valle, não encontrou mais nenhuma rã — nem qualquer tipo de anfíbio. Ela não fazia ideia do que estava acontecendo, mas, como precisava de sapos para seus estudos, criou outro sítio de pesquisa, mais a leste. No início, as rãs do novo local lhe pareceram saudáveis, até a história se repetir: os anfíbios desapareceram. A calamidade se espalhou pela floresta tropical até que, em 2002, os sapos nas montanhas e nos riachos em torno de Santa Fé, cerca de oitenta quilômetros a oeste de El Valle, desapareceram por completo. Em 2004, pequenos cadáveres começaram a aparecer cada vez mais perto de El Valle, em volta da cidade de El Copé. Foi quando um grupo de biólogos, alguns panamenhos e outros americanos, concluiu que a rã-dourada-do-panamá corria sério risco. Tentaram, então, preservar o que restava da população e removeram da floresta algumas dezenas de cada sexo para criá-las num abrigo. Contudo, o agente misterioso que estava matando aquelas rãs avançou mais rápido do que os biólogos temiam. Antes que pudessem pôr seu plano em ação, foram surpreendidos.

• • •

A primeira vez que li sobre as rãs de El Valle[1] foi numa revista infantil sobre natureza que pertencia aos meus filhos. A matéria, ilustrada com fotos coloridas das rãs-douradas-do-panamá e outras espécies de cores vibrantes, contava a história da catástrofe em expansão e do empenho dos biólogos para lidar com o problema. Os cientistas achavam que teriam um novo laboratório em El Valle, mas a construção não terminou a tempo. Eles se apressaram para

tentar salvar o máximo possível de animais, mesmo que não houvesse lugar para colocá-los. O que acabaram fazendo? Puseram os bichos “num hotel para rãs, é claro!”. O “incrível hotel para rãs” — na verdade, uma pousada local — concordou em mantê-las (dentro de seus tanques) numa área de quartos reservados.

“Com os biólogos à sua total disposição, as rãs desfrutaram acomodações de primeira classe, o que incluía serviços de limpeza e arrumação”, informava a reportagem. As rãs também recebiam refeições frescas e deliciosas: “Tão frescas, na verdade, que a comida podia sair pulando do prato.”

Poucas semanas antes de ler sobre o “incrível hotel para rãs”, eu me deparei com outro artigo sobre sapos,[2] escrito numa linguagem bem diferente. Publicado na *Proceedings of the National Academy Science*, o artigo fora escrito por uma dupla de herpetólogos. O título era “Será que estamos no meio da sexta extinção em massa? Uma visão do mundo dos anfíbios”. Os autores, David Wake, da Universidade da Califórnia em Berkeley, e Vance Vredenburg, da Universidade do Estado de São Francisco, observaram que “houve cinco grandes extinções em massa ao longo da história da vida em nosso planeta”. Eles descreviam essas extinções como acontecimentos que levaram “a uma perda profunda de biodiversidade”. A primeira ocorreu no fim do período ordoviciano, cerca de 450 milhões de anos atrás, quando a maioria das criaturas vivas se restringia apenas ao ambiente aquático. A mais devastadora aconteceu no fim do período permiano, há cerca de 250 milhões de anos, e quase esvaziou o planeta inteiro (esse evento às vezes é chamado de “a mãe das extinções em massa” ou “o grande extermínio”). A mais recente — e famosa — extinção ocorreu no fim do período cretáceo: além dos dinossauros, foram varridos da face da Terra os plesiossauros, mosassauros, as amonites e os pterossauros. Wake e Vredenburg argumentam que, com base nas taxas de extinção dos anfíbios, um evento com um potencial semelhante de catástrofe estava em curso. O artigo era ilustrado apenas com uma foto de dez rãs-de-perna-amarela (*Rana muscosa*) — todas mortas — inchadas e de barriga para cima sobre

algumas pedras.



1.

Entendi por que a revista infantil preferira publicar fotos de animais vivos em vez dos mortos. Compreendi também o impulso de evocar o encanto das histórias infantis de Beatrix Potter, com as rãs pedindo serviço de quarto. Ainda assim, enquanto jornalista, me pareceu que a revista dera muita importância a um fato secundário. Qualquer evento que tenha ocorrido apenas cinco vezes desde o surgimento do primeiro animal com espinha dorsal, há cerca de quinhentos milhões de anos, deve ser qualificado como excepcionalmente raro. A ideia de que um sexto evento como esse estaria ocorrendo neste exato momento, mais ou menos diante dos nossos olhos, me deixou muito impressionada. Com certeza essa história — a maior, mais sombria e mais significativa — também merecia ser narrada. Se Wake e Vredenburg estão certos, nós que vivemos hoje em dia somos não apenas testemunhas de um dos eventos mais raros na história da vida, mas também seus causadores. “Uma espécie daninha”, observaram os autores, “alcançou sem querer a capacidade de afetar diretamente seu

próprio destino, bem como o da maioria das espécies do planeta". Alguns dias depois de ler o artigo de Wake e Vredenburg, reservei uma passagem para o Panamá.

• • •

O El Valle Amphibian Conservation Center [Centro de Preservação de Anfíbios de El Valle, Evacc, na sigla em inglês] situa-se às margens de uma estrada de terra próxima daquela feira de rua onde são vendidas as esculturas de rãs douradas. Ele tem as dimensões de uma casa de fazenda e ocupa os fundos de um pequeno e pacato jardim zoológico, logo após a jaula de alguns bichos-preguiça também pacatos. O lugar é repleto de tanques, alguns enfileirados ao longo das paredes, outros instalados no centro, como livros nas estantes de uma biblioteca. Os tanques mais altos abrigam espécies como a perereca-lêmure, que vive nas copas das árvores da floresta, enquanto os menores servem para espécies como a rã *Craugastor megacephalus*, que vive no solo da floresta. Os tanques com pererecas *Gastrotheca cornuta*, que carregam os ovos numa espécie de bolsa, ficam ao lado de tanques com *Hemiphractus fasciatus*, espécie que carrega seus ovos nas costas. Algumas dezenas de tanques abrigam as rãs-douradas-do-panamá, *Atelopus zeteki*.

As rãs-douradas-do-panamá se movem de uma maneira lenta e característica que lembra um bêbado tentando andar em linha reta. Elas têm membros longos e magros, focinho pontudo e amarelo e olhos muito escuros, pelos quais parecem observar o mundo com cautela. Sei que soa meio bobo, mas elas parecem inteligentes. Na floresta, as fêmeas põem os ovos em águas rasas e correntes, e, enquanto isso, os machos defendem seu território do alto de rochas musgosas. No Evacc, cada tanque de rã-dourada-do-panamá tem uma fonte de água corrente individual, de maneira que os animais possam se reproduzir perto de um simulacro dos córregos que já foram seu hábitat. Num desses córregos artificiais, notei uma fileira de ovos pequenos como pérolas. Num quadro branco ali perto, alguém anotara com entusiasmo que uma das rãs "*depositó*

huevos!”.



2. Rã-dourada-do-panamá (*Atelopus zeteki*).

O Evacc está situado mais ou menos no centro da área das rãs-douradas-do-panamá, mas seu projeto também o deixa totalmente isolado do mundo exterior. Nada passa pelas portas sem ser desinfetado por completo — incluindo as rãs, que, para terem acesso, devem receber um tratamento com uma solução de água sanitária. Visitantes humanos devem calçar sapatos especiais e deixar na entrada qualquer bolsa, mochila ou equipamento que tenham usado em campo. Toda água que entra nos tanques é filtrada e devidamente tratada. A natureza inviolável do lugar dá a impressão de se estar dentro de um submarino ou, como talvez seja mais apropriado, a bordo de uma arca em pleno dilúvio.

O diretor do Evacc é um panamenho chamado Edgardo Griffith, um homem alto e de ombros largos, com rosto redondo e sorriso aberto. Ele usa uma argola de prata em cada orelha e exibe uma grande tatuagem do esqueleto de um sapo na canela esquerda.

Griffith está com trinta e poucos anos e dedicou praticamente toda a vida adulta aos anfíbios de El Valle, além de ter transformado a própria esposa, uma americana que foi para o Panamá como voluntária do Corpo da Paz, em mais uma aficionada por rãs. Griffith foi o primeiro a notar as pequenas carcaças que apareceram na região, e recolheu ele mesmo grande parte das várias centenas de anfíbios que se hospedaram no hotel. (Os animais foram transferidos para o Evacc assim que as obras terminaram.) Se o Evacc é o equivalente a uma arca, então Griffith é Noé, mas um Noé fazendo hora extra, já que está nessa há muito mais de quarenta dias. Griffith me contou que parte essencial de seu trabalho foi tratar as rãs como indivíduos. “Para mim, cada uma delas tem o mesmo valor que um elefante”, disse.

Na primeira vez que visitei o Evacc, Griffith me mostrou as representantes das espécies que agora são consideradas extintas na natureza. Entre elas, além da rã-dourada-do-panamá, há a *Ecnomiohyla rabborum*, identificada pela primeira vez somente em 2005. Como na época de minha visita havia apenas um exemplar dessa espécie no Evacc, as chances de salvar ao menos um único casal para a arca de Noé tinham obviamente se perdido. A rã, de um marrom-esverdeado com manchas amarelas, tinha cerca de dez centímetros de comprimento, e suas patas, muito grandes, a faziam lembrar um adolescente desajeitado. Exemplares de *Ecnomiohyla rabborum* viviam na floresta acima de El Valle e depositavam ovos em buracos nas árvores. Num acordo incomum — e talvez único —, os machos cuidavam da prole, permitindo que ela comesse, literalmente, a pele de seus dorsos. Segundo Griffith, é provável que houvesse várias outras espécies de anfíbios que passaram despercebidas na pressa da coleta inicial realizada pelo Evacc e que, desde então, tinham sido extintas. Era difícil saber quantas, já que a maior parte devia ser desconhecida pela ciência. “Infelizmente estamos perdendo todos esses anfíbios antes mesmo de sabermos que eles existem.”

“Mesmo as pessoas comuns em El Valle percebem isso”, continuou ele. “Elas me perguntam: ‘O que aconteceu? Não ouvimos mais as rãs coaxarem.’”

• • •

Quando os primeiros relatórios sobre o declínio das populações de rãs foram divulgados, poucas décadas atrás, algumas das pessoas mais versadas nesse campo foram as mais céticas. Afinal, os anfíbios estão entre os grandes sobreviventes do planeta. Os ancestrais dos anuros de hoje saíram de dentro da água há cerca de quatrocentos milhões de anos, e 250 milhões de anos atrás já haviam surgido os primeiros representantes do que se tornariam as ordens dos anfíbios modernos: a primeira inclui sapos, rãs e pererecas; a segunda, tritões e salamandras; e a terceira é formada pelas estranhas criaturas sem membros chamadas gimnofionos (conhecidos no Brasil como cobras-cegas). Isso não apenas significa que os anfíbios existiam no planeta antes dos mamíferos ou dos pássaros, mas também que eles estão aqui desde o período que precedeu os dinossauros.

A maioria dos anfíbios — a palavra vem do grego e significa “duas vidas” — ainda tem uma estreita ligação com o reino aquático de onde saíram. (Na Antiguidade, os egípcios achavam que esses animais eram produzidos a partir da cópula da terra com a água nas épocas de inundações do Nilo.) Seus ovos, que não têm cascas, devem ser mantidos úmidos para que se desenvolvam. Existem várias espécies que, como as rãs-douradas-do-panamá, põem seus ovos em água corrente. Há também as que os desovam em poças temporárias, outras os depositam debaixo da terra, e ainda existem aquelas que os colocam em ninhos formados com espuma. Além das pererecas que carregam seus ovos nas costas e em bolsas, há espécies que os transportam embrulhados como ataduras em torno das patas. Até pouco tempo atrás, quando ambas foram extintas, havia duas espécies de rãs conhecidas como rãs-de-ninhada-gástrica (*Rheobatrachus*), que carregavam os ovos dentro do estômago e davam à luz pequenas rãzinhas pela boca.

Os anfíbios surgiram numa época em que toda a área terrestre do planeta fazia parte de um vasto continente chamado Pangeia. Desde a fragmentação de Pangeia, os membros dessa classe se adaptaram às condições de todos os continentes, exceto a

Antártida. No mundo todo, pouco mais de sete mil espécies foram identificadas, e, embora a maioria seja encontrada nas florestas tropicais, há uma ou outra espécie, como o *Arenophryne rotunda* da Austrália, que vive no deserto. Existem também os que conseguem viver acima do Círculo Ártico, como o *Lithobates sylvaticus*. Diversas espécies comuns na América do Norte, a exemplo do *Pseudacris crucifer*, são capazes de sobreviver ao inverno congelados, como picolés. A longa história evolutiva dos anfíbios significa que mesmo grupos que parecem bastante semelhantes da perspectiva humana podem, do ponto de vista genético, ser tão diferentes uns dos outros como, por exemplo, os morcegos dos cavalos.

David Wake, um dos autores do artigo que me levou a ir até o Panamá, é um dos que não acreditavam, de início, que os anfíbios estivessem desaparecendo. Isso ocorreu em meados dos anos 1980. Os alunos de Wake começaram a retornar com as mãos vazias das viagens de coletas de anfíbios em Sierra Nevada. Wake lembrou que, quando era estudante, na década de 1960, era difícil não encontrar um desses animais lá. “Caminhando pelos prados, de repente, sem querer, pisava-se em um”, contou o cientista. “Eles estavam por toda parte.” Wake supôs que os alunos estivessem indo aos lugares errados ou que talvez simplesmente não soubessem procurar. Então um aluno de pós-doutorado com vários anos de experiência em coletas informou-o que também não conseguia achar os anfíbios. “Eu disse: ‘Tudo bem, vamos voltar até lá e visitar alguns locais já comprovados.’ Eu o levei a um desses lugares, e achamos no máximo dois sapos.”

Uma das razões que tornavam essa situação tão desconcertante era de ordem geográfica: os anfíbios pareciam estar desaparecendo não apenas de áreas populosas e degradadas, mas também de lugares relativamente intocados, como Sierra Nevada e as montanhas da América Central. No fim da década de 1980, uma herpetóloga americana[3] foi para a reserva florestal de Monteverde Cloud, ao norte da Costa Rica, a fim de pesquisar os hábitos reprodutores dos sapos-dourados (*Bufo periglenes*). Ela passou duas temporadas fazendo buscas. Em uma localidade onde outrora

uma infinidade de sapos se acasalavam, a pesquisadora só encontrou um único macho. (O sapo-dourado, hoje classificado como extinto, era, na verdade, de um tom vibrante de tangerina. Tinha um parentesco bem remoto com a rã-dourada-do-panamá, que, graças a duas glândulas localizadas atrás dos olhos, tecnicamente também é um sapo.) Na mesma época, na região central da Costa Rica, biólogos notaram que populações de várias espécies endêmicas desses anfíbios tinham diminuído muito. Espécies raras e bastante adaptadas estavam sumindo, assim como muitas espécies mais conhecidas. No Equador, o sapo-jambato (*Atelopus ignescens*), frequentador assíduo dos quintais, desapareceu em poucos anos. E, na região nordeste da Austrália, o *Taudactylus diurnus*, outrora um dos mais comuns na área, já não era mais encontrado.

A primeira pista do misterioso assassino que estava dizimando esses anfíbios de Queensland até a Califórnia se encontrava — talvez ironicamente, talvez não — no jardim zoológico. O National Zoo, em Washington, fora bem-sucedido na criação em cativeiro de rãs *Dendrobates tinctorius*, nativas do Suriname, por várias gerações. Então, quase do dia para a noite, as pererecas criadas nos tanques do jardim zoológico começaram a morrer. Um veterinário patologista do local coletou algumas amostras das rãs mortas e as examinou com um microscópio eletrônico de varredura. Ele descobriu um micro-organismo estranho na pele dos animais, que por fim foi identificado como um fungo pertencente a uma divisão chamada *Chytridiomycota*. Esses fungos são onipresentes, podem ser encontrados nas copas das árvores e nas profundezas do solo. A espécie em particular, porém, nunca tinha sido vista. Na verdade, era tão incomum que todo um gênero foi criado para acomodá-la. Deram-lhe o nome de *Batrachochytrium dendrobatidis* — *batrachos*, em grego, significa “sapo” —, abreviado para Bd.

O veterinário patologista enviou amostras de rãs infectadas do National Zoo para um micologista da Universidade do Maine. O micologista criou culturas dos fungos e mandou algumas delas de volta para Washington. Quando as *Dendrobates tinctorius* saudáveis foram expostas ao Bd cultivado no laboratório, adoeceram. Em três

semanas, todas estavam mortas. Pesquisas subsequentes mostraram que o Bd interfere na capacidade das rãs de absorver eletrólitos importantes através da pele, levando-as a sofrer o que é, na verdade, um ataque cardíaco.

• • •

O Evacc talvez seja mais bem descrito como uma obra em progresso. Na semana que passei no centro, havia uma equipe de voluntários americanos por lá, ajudando a preparar uma exposição. Como a mostra seria aberta ao público, o local teve que ser isolado e equipado com uma entrada própria separada, por razões de biossegurança. Havia buracos nas paredes onde, ao final, seriam instalados aquários, e uma paisagem montanhosa muito parecida com a que se via lá fora tinha sido pintada ao redor dos buracos. A atração principal da exposição seria um enorme aquário repleto de rãs-douradas-do-panamá, e os voluntários estavam tentando construir uma cascata de quase um metro de altura para elas. Mas o sistema de bombeamento de água estava com problemas, e era difícil conseguir peças de substituição num vale onde não havia sequer uma loja de ferragens. Os voluntários pareciam ficar um bom tempo à toa, esperando.

Passei bastante tempo com eles. Como Griffith, todos os voluntários eram fascinados pelos anfíbios. Descobri que vários trabalhavam com esses animais em jardins zoológicos nos Estados Unidos. (Um deles me disse que os sapos tinham arruinado seu casamento.) A dedicação dessa equipe me deixou comovida, pois era o mesmo tipo de empenho que deu origem ao “hotel das rãs” e, em seguida, fez o Evacc funcionar, embora de maneira ainda parcial. Mas não pude deixar de sentir que havia algo muito triste naquelas montanhas pintadas de verde e na cascata artificial.

Como não sobrara quase nenhum anfíbio nas florestas em torno de El Valle, havia justificativas claras para a decisão de levar os animais ao Evacc. Ainda assim, quanto mais tempo os anfíbios passavam no centro, mais difícil ficava explicar o motivo de estarem ali. Acontece que o fungo *Batrachochytrium dendrobatidis* não

precisa dos anfíbios para sobreviver. Ou seja, mesmo após ter dizimado os animais daquela área, ele continua a viver, fazendo o que quer que esses fungos façam. Portanto, se as rãs-douradas-do-panamá do Evacc aos poucos fossem reintroduzidas nas montanhas ao redor de El Valle, elas adoeceriam e morreriam. (Embora o fungo possa ser extirpado com água sanitária, é obviamente impossível desinfetar toda uma floresta tropical.) Todas as pessoas com quem falei no Evacc me disseram que o objetivo do centro era preservar os animais até que pudessem ser soltos para repovoar as florestas, mas todos também admitiram que não conseguiam imaginar quando isso poderia de fato ocorrer.

"Temos a esperança de que isso dê certo de alguma maneira", disse-me Paul Crump, herpetólogo do jardim zoológico de Houston, que coordenava o projeto de simulação de cascata. "Precisamos torcer para que algo aconteça e sejamos capazes de encontrar soluções para tudo voltar a ser como antes — o que, agora que estou dizendo em voz alta, parece um tanto estúpido."

"A questão é conseguir levá-los de volta, e cada dia isso me parece mais uma fantasia", afirmou Griffith.

Quando a quitridiomicose começou a devastar El Valle, a doença não parou mais e seguiu para o leste. Tem sido assim desde que chegou ao Panamá, vinda da direção oposta, da Colômbia. O fungo se disseminou em todas as regiões montanhosas da América do Sul, assim como pela costa leste da Austrália, e atravessou para a Nova Zelândia e a Tasmânia. Então cruzou o Caribe e foi detectado na Itália, na Espanha, na Suíça e na França. Nos Estados Unidos, ele parece ter irradiado de diversos pontos, não num padrão devastador, como grandes ondas, mas numa série de marolas. A essa altura, o fungo parece de fato incontrolável.

• • •

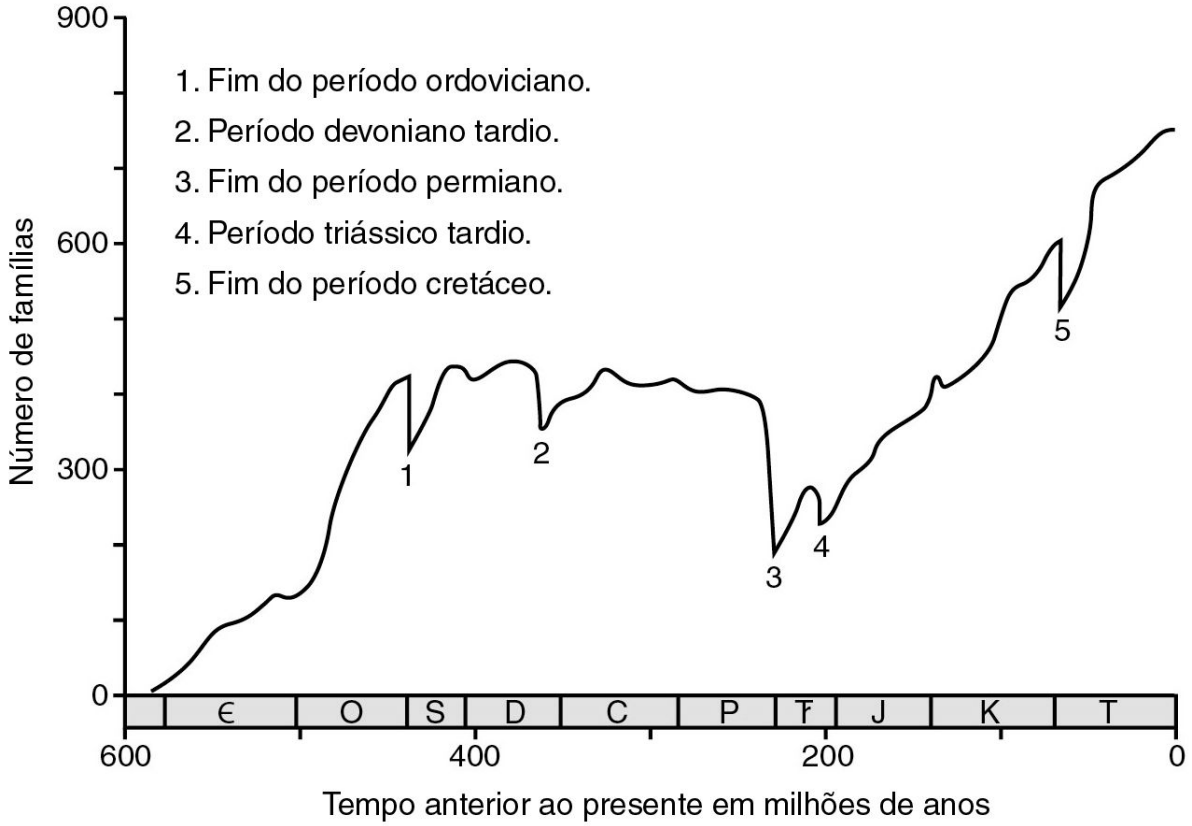
Da mesma forma que os engenheiros de som falam de "ruído de fundo", os biólogos falam de "extinção de fundo". Em tempos normais — conceito que deve ser entendido aqui como épocas geológicas inteiras —, é muito raro ocorrer uma extinção. Mais raro

até do que as especiações e só ocorre dentro de um fenômeno que é conhecido como taxa de extinção de fundo. Essa taxa varia de um grupo de organismos para outro e muitas vezes é expressa em termos de extinções por milhão de espécies-anos. Calcular a taxa de extinção de fundo é uma tarefa trabalhosa, que implica passar um pente-fino em bancos de dados completos sobre os fósseis. No que diz respeito ao grupo mais estudado,[4] os mamíferos, foi constatada uma taxa de aproximadamente 0,25 por um milhão de espécies-anos. Isso significa que, considerando que existem cerca de 5.500 espécies de mamíferos vivas hoje em dia, de acordo com a taxa de extinção de fundo podemos esperar — ainda que de modo aproximado — que uma espécie desaparecerá a cada setecentos anos.

As extinções em massa são diferentes. Em vez de um zumbido ao fundo, há um estrondo, e as taxas de extinção disparam. Anthony Hallam e Paul Wignall, paleontólogos britânicos[5] que escreveram muitos artigos sobre o assunto, definem extinções em massa como eventos que eliminam uma "parcela significativa da biota global num espaço de tempo geologicamente insignificante". Outro especialista, David Jablonski,[6] caracteriza as extinções em massa como "perdas substanciais de biodiversidade" que ocorrem muito depressa e em "dimensão global". Michael Benton, um paleontólogo[7] que estudou a extinção no fim do Permiano, utiliza a metáfora da árvore da vida: "Durante uma extinção em massa, vários galhos da árvore são cortados, como se ela estivesse sendo atacada por homens brandindo machados." Um quinto paleontólogo, David Raup,[8] tentou observar a questão do ponto de vista das vítimas: "Na maior parte do tempo, as espécies correm pouco risco de extinção." Contudo, em raros intervalos essa "condição de relativa segurança é permeada por um risco muito maior". Assim, a história da vida consiste de "longos períodos de tédio interrompidos pelo pânico ocasional".

Em tempos de pânico, grupos inteiros de organismos outrora dominantes podem desaparecer ou ser relegados a papéis secundários, quase como se o planeta tivesse passado por uma

troca de elenco. Essas perdas por atacado levaram os paleontólogos a supor que, durante eventos de extinção em massa — além das chamadas Cinco Grandes, houve várias extinções de magnitude inferior —, as leis habituais de sobrevivência são suspensas. As condições mudam de maneira tão drástica ou repentina (ou *ambas*) que a história evolutiva é de pouca importância. Na verdade, os mesmos aspectos que se mostraram mais úteis para lidar com as ameaças comuns podem acabar se revelando fatais em circunstâncias tão extraordinárias.



3. As Cinco Grandes Extinções, conforme observadas no registro de fósseis marinhos, resultaram num declínio abrupto da diversidade no nível das famílias. Se ao menos uma das espécies de uma família conseguiu sobreviver, a família é contada como sobrevivente, portanto, no nível das espécies as perdas são muito maiores.

Ainda não foi feito um cálculo rigoroso da taxa de extinção de fundo para os anfíbios, em parte porque os fósseis desses animais são raríssimos. É quase certo, contudo, que a taxa é inferior[9] à dos mamíferos. O mais provável é que uma espécie de anfíbios seja

extinta a cada mil anos, mais ou menos. Essa espécie pode ser da África, da Ásia ou da Austrália. Em outras palavras, as chances de um indivíduo testemunhar esses eventos deveriam ser nulas. Griffith já observou diversas extinções de anfíbios. Quase todo herpetólogo que trabalha no campo já testemunhou várias. (Até mesmo eu, no período em que passei pesquisando para escrever este livro, encontrei uma espécie que desde então foi extinta, e três ou quatro outras, como a rã-dourada-do-panamá, que hoje estão extintas no ambiente natural.) “Quis seguir a carreira de herpetologia[10] porque gosto de trabalhar com animais”, escreveu Joseph Mendelson, herpetólogo no jardim zoológico de Atlanta. “Não previa que acabaria fazendo algo muito parecido com a paleontologia.”

Hoje, os anfíbios desfrutam da distinção dúbia de ser a classe mais ameaçada do mundo no reino animal: calcula-se que a taxa de extinção do grupo[11] pode ser até 45 mil vezes superior à taxa de fundo. Mas as taxas de extinção entre vários outros grupos estão se aproximando do nível da dos anfíbios. Estima-se que um terço de todos os recifes de corais,[12] um terço de todos os moluscos de água doce, um terço dos tubarões e arraias, um quarto dos mamíferos, um quinto de todos os répteis e um sexto de todas as aves estão a caminho do desaparecimento. Essas perdas estão ocorrendo em todos os lugares: no Pacífico Sul e no Atlântico Norte, no Ártico e no deserto do Sahel, em lagos e ilhas, nos cumes das montanhas e nos vales. Se você souber observar, há grandes chances de que encontrará indícios da atual extinção em seu próprio quintal.

Existem todos os tipos de razões aparentemente incompatíveis para o desaparecimento dessas espécies. Mas, se o processo for rastreado com profundeza suficiente, o mesmo culpado será achado: “uma espécie daninha”.

O Bd é capaz de se locomover sozinho. O fungo produz células reprodutivas microscópicas com flagelos longos e finos, que se impulsionam dentro da água e podem ser transportados por distâncias muito maiores, através de córregos ou escoamentos após fortes tempestades. (É provável que esse tipo de dispersão tenha provocado o que ocorreu no Panamá, como uma praga se

alastrando para o leste.) No entanto, esse tipo de deslocamento não explica o surgimento do fungo em partes tão diferentes do planeta — América Central, América do Sul, América do Norte, Austrália — mais ou menos ao mesmo tempo. Uma teoria diz que o Bd foi movido pelo mundo afora com cargas de rãs africanas da espécie *Xenopus laevis*, usadas em testes de gravidez nos anos 1950 e 1960. (Ao receber uma injeção com a urina de uma mulher grávida, a fêmea *Xenopus* põe ovos em poucas horas). De maneira sugestiva, as *Xenopus* africanas não parecem sofrer impactos adversos pelo fungo, embora estejam bastante infectadas. Uma segunda teoria sustenta que o fungo foi espalhado pelas rãs-touro-americanas (*Lithobates catesbeianus*), introduzidas — às vezes de modo acidental, às vezes, deliberado — na Europa, na Ásia e na América do Sul, muitas vezes exportadas para o consumo humano. As rãs-touro-americanas também são bastante infectadas pelo Bd, mas isso não parece afetá-las. A primeira teoria poderia se chamar de “Mama África” e a segunda, de hipótese da “Sopa de Sapo”.

De um modo ou de outro, a etiologia é a mesma. Seria impossível um anfíbio portador do fungo ir da África para a Austrália ou da América do Norte para a Europa sem que alguém o carregasse em um navio ou avião. Esse tipo de reorganização intercontinental, que hoje passa totalmente despercebida, talvez seja inédito nos três bilhões e meio de anos que constituem a história da vida.

• • •

Embora a esta altura o *Batrachyochytrium dendrobatidis* tenha devastado a maior parte do Panamá, Griffith ainda vai a campo de vez em quando fazer coletas para o centro, em busca de sobreviventes. Agendei minha visita de modo a coincidir com uma dessas excursões de coleta. Assim, certo dia, ao entardecer, saí com dois voluntários americanos que trabalhavam na cascata artificial. Seguimos para o leste, cruzando o canal do Panamá, e passamos a noite numa região conhecida como Cerro Azul, numa pousada cercada por grades de ferro de 2,5 metros de altura. Ao

amanhecer, fomos para um posto da guarda florestal, na entrada do Parque Nacional de Chagres. Griffith esperava encontrar fêmeas de duas espécies escassas no Evacc. Ele sacou sua permissão de coleta emitida pelo governo e a apresentou às autoridades sonolentas que guarneciam o posto. Alguns cães subnutridos apareceram para farejar nosso veículo.

Depois do posto da guarda florestal, a estrada se transformava numa série de crateras ligadas por sulcos profundos. Griffith pôs Jimi Hendrix para tocar, e fomos sacolejando sob aquele ritmo pulsante. Coletar anfíbios requer vários equipamentos, por isso Griffith contratara dois homens para nos ajudar com o transporte. Na última aglomeração de casas pela qual passamos, na pequenina Los Ángeles, os dois ajudantes se materializaram no meio da neblina. Depois, o carro sacudiu até não conseguir mais seguir em frente, então saltamos e começamos a caminhar.

A trilha serpenteava pela floresta tropical numa profusão de lama avermelhada. Em intervalos de algumas centenas de metros, a trilha era atravessada por outros caminhos, mais estreitos, feitos por formigas-cortadeiras, que realizavam milhões — talvez bilhões — de viagens para carregar pedacinhos de folhas de volta para suas colônias. (As colônias, que pareciam montinhos de serragem, chegam a cobrir uma área do tamanho de um parque urbano.) Um dos americanos, Chris Bednarski, do jardim zoológico de Houston, me aconselhou a evitar as formigas soldado, capazes de deixar a mandíbula cravada na sua perna mesmo depois de mortas. “Elas acabam mesmo com você”, observou. O outro americano, John Chastain, do jardim zoológico de Toledo, carregava uma longa haste com um gancho na ponta para se proteger de serpentes venenosas. “Por sorte, aquelas que podem fazer mal de verdade são bem raras”, garantiu Bednarski, ao som de bugios berrando ao longe. Enquanto isso, Griffith apontava para pegadas de onça no solo macio.

Depois de cerca de uma hora, chegamos a uma chácara que alguém construíra em meio às árvores. Havia alguns pés de milho, mas ninguém por perto, e era difícil saber se o fazendeiro desistira do solo pobre da floresta tropical ou se apenas saíra naquele dia.

Um grupo de papagaios verde-esmeralda levantou voo. Após mais algumas horas, chegamos a uma pequena clareira. Uma borboleta-azul passou voando, com suas asas cor de céu. Havia uma pequena cabana no terreno, mas estava tão arruinada que todos optaram por dormir do lado de fora. Griffith me ajudou a armar minha cama — uma mistura de tenda com rede que precisava ser suspensa entre duas árvores. A única entrada era uma abertura no fundo, e a parte de cima deveria oferecer proteção contra a inevitável chuva. Quando entrei naquela coisa, tive a impressão de estar deitada num caixão.

Naquela noite, Griffith preparou arroz num fogareiro portátil. Depois, prendemos lanternas à cabeça e descemos até um córrego próximo. Muitos anfíbios são criaturas noturnas, e a única maneira de vê-los é vasculhando a escuridão, uma tarefa tão difícil quanto parece. Eu não parava de escorregar e desobedecer à Regra nº 1 de segurança na floresta tropical: nunca se segure em algo que você não sabe o que é. Depois de cair algumas vezes, Bednarski apontou para uma tarântula do tamanho do meu punho, numa árvore ao lado.

Caçadores experientes conseguem encontrar rãs à noite focando suas lanternas na floresta e procurando o brilho refletido pelos olhos dos animais. O primeiro anfíbio que Griffith avistou era uma *Cochranella euknemos* empoleirada sobre uma folha. Essa espécie faz parte de uma grande família conhecida como Centrolenidae (conhecida como pererecas-de-vidro, porque sua pele translúcida revela os contornos de seus órgãos). Aquela perereca-de-vidro em particular era verde com pontinhos amarelos. Griffith sacou luvas cirúrgicas da mochila. Ele permaneceu totalmente imóvel e então, como uma garça, deu um bote e pegou a rã. Com a mão livre, apanhou algo parecido com a ponta de um cotonete e raspou a barriga do anfíbio. Depois, colocou a ponta de cotonete dentro de um frasco — que mais tarde seria analisado num laboratório em busca do Bd — e, como não era uma das espécies que estava procurando, recolocou a rã sobre a folha. Em seguida, pegou a câmera. A rã encarou a lente, impassível.

Continuamos tateando pelo escuro, com dificuldade. Alguém localizou uma rã *Pristimantis caryophyllaceus*, que tem os olhos alaranjados como o solo da floresta; depois identificaram uma rã-de-warszewitsch (*Lithobates warszewitschii*), que é de um verde brilhante e tem a forma de uma folha. Griffith realizava o mesmo procedimento com cada animal: apanhava-o, raspava sua barriga e o fotografava. Enfim, encontramos duas rãs-douradas-do-panamá envolvidas num amplexo — a versão anfíbia do sexo. Griffith deixou-as em paz.

Um dos dois anfíbios que Griffith queria coletar, o *Gastrotheca cornuta*, tem um coaxar bem distinto, que se assemelha ao estouro da tampa de uma garrafa de champanhe. À medida que chapinhávamos na água — a essa altura estávamos andando no meio do córrego —, escutamos o tal coaxar, que parecia vir de diversas direções ao mesmo tempo. De início, parecia que estávamos bem perto, mas, quando nos aproximávamos, o som parecia se distanciar. Griffith começou a imitar o coaxo, fazendo com a boca o ruído de uma garrafa de champanhe estourando. Finalmente, concluímos que estávamos assustando as rãs com o barulho de nossos passos na água. Seguimos em frente nos arrastando e permanecemos por um bom tempo com água até os joelhos, tentando não nos mexer. Quando Griffith enfim acenou para nós, ele estava em pé diante de uma grande rã amarela com dedos longos e cara de coruja. Ela descansava em um galho de árvore, um pouco acima da altura dos olhos. O que Griffith procurava era uma fêmea de *Gastrotheca cornuta* para adicionar à coleção do Evacc. Ele moveu o braço com agilidade, agarrou a rã e a virou. Onde uma fêmea daquela espécie deveria exibir uma bolsa, não havia nada. O biólogo raspou sua pele com outro daqueles cotonetes, fotografou-a e devolveu-a à árvore.

“Você é um belo rapaz”, murmurou para o animal.

Por volta da meia-noite, voltamos para o acampamento. Os únicos animais que Griffith levou com ele foram duas *Andinobates minutus* e uma salamandra esbranquiçada, cuja espécie nem ele nem os dois outros americanos conseguiram identificar. As rãs e a salamandra foram colocadas em sacos plásticos com algumas

folhas, para conservar a umidade. Pensei então que as rãs e suas proles, se tivessem alguma, bem como as proles de suas proles, nunca mais tocariam o solo daquela floresta tropical e passariam a viver seus dias dentro de tanques de vidro desinfetados. Naquela noite, caiu uma tempestade e, dentro de minha rede-caixão, tive sonhos intensos e inquietantes. A única cena de que consegui me lembrar mais tarde foi a de uma rã amarelo vivo fumando um cigarro com piteira.

CAPÍTULO II

OS MOLARES DO MASTODONTE

Mammut americanum

A EXTINÇÃO TALVEZ SEJA a primeira ideia científica com a qual as crianças de hoje em dia precisam lidar. Com um ano, elas ganham dinossauros de brinquedo e, aos dois, entendem, pelo menos de maneira vaga, que aquelas pequenas criaturas de plástico representam animais enormes. Se forem rápidas no aprendizado — ou se demorarem a aprender a usar o banheiro —, crianças ainda de fraldas conseguem explicar que já existiram vários tipos de dinossauro no mundo e que todos eles foram extintos muito tempo atrás. (Meus filhos, ainda bem pequenos, passavam horas com um conjunto de dinossauros que podiam ser dispostos sobre um tapete de plástico que retratava uma floresta do período jurássico ou cretáceo. O cenário também exibia um vulcão cuspindo lavas que, quando pressionado com o dedo, emitia um rugido deliciosamente assustador.) Tudo isso para dizer que a extinção nos parece uma ideia óbvia. Não é.

Aristóteles escreveu a *História dos animais* em dez livros, sem jamais levar em conta a possibilidade de que os animais tivessem de fato uma história. A *História natural* de Plínio inclui descrições de animais verdadeiros e também de animais míticos, mas nenhuma descrição dos animais extintos. A ideia não floresceu na Idade Média nem durante o Renascimento, quando a palavra “fóssil” era utilizada para se referir a qualquer coisa escavada do solo (daí o termo “combustíveis fósseis”). No Iluminismo, a visão preponderante era de que todas as espécies estivessem ligadas a uma imensa e indestrutível “cadeia de seres”. Como escreveu Alexander Pope, em seus *Ensaios sobre o homem*:

Todos somos apenas partes de uma totalidade estupenda,
Cujo corpo é a natureza, e Deus, a alma.

Quando Carlos Lineu apresentou seu sistema de nomenclatura binominal, não fez a distinção entre o vivo e o morto, porque, na sua visão, isso não era necessário. A décima edição de seu *Systema Naturae*, publicada em 1758, relaciona 63 espécies de escaravelhos, 34 de caramujos *Conus* e dezesseis de linguados. Ainda assim, no *Systema Naturae*, há apenas um tipo de animal — aqueles que existem.

Essa perspectiva perdurou, apesar da razoável quantidade de fatos que evidenciavam o contrário. Gabinetes de curiosidades em Londres, Paris e Berlim estavam cheios de vestígios de criaturas estranhas que ninguém jamais tinha visto — os restos de animais que seriam hoje identificados como trilobitas, belemnites e amonites. Alguns desses últimos eram tão grandes que suas conchas fossilizadas tinham quase o tamanho de uma roda de carroça. No século XVIII, ossadas de mamutes começaram a aparecer da Europa à Sibéria. Esse caso também foi encaixado à força dentro do sistema. Os ossos pareciam bastante com os dos elefantes. Como claramente não existiam elefantes na Rússia daquele tempo, concluiu-se que aquelas ossadas deviam pertencer a bichos que foram arrastados para o norte pelo dilúvio do Gênesis.

A extinção só surgiu como um conceito na França revolucionária — e não deve ter sido coincidência. Isso aconteceu em grande parte graças a um animal, a criatura hoje em dia chamada de mastodonte-americano, ou *Mammut americanum*, e um homem — o naturalista Jean-Léopold-Nicolas-Frédéric Cuvier, conhecido após a morte de seu irmão apenas como Georges. Cuvier é uma figura ambígua na história da ciência. Ele estava muito à frente de seus contemporâneos, mas também prejudicava o trabalho de muitos. Conseguia ser encantador e ardiloso; era um visionário e, ao mesmo tempo, um reacionário. Em meados do século XIX, muitas de suas ideias tinham sido desacreditadas. Mas a maior parte das descobertas recentes tende a sustentar as teorias de Cuvier, completamente difamadas no passado, de tal modo que sua visão

trágica sobre a história da Terra acabou parecendo profética.

• • •

Não se sabe ao certo quando os europeus se depararam pela primeira vez com os ossos de um mastodonte-americano. Um único molar desenterrado de um campo no norte do estado de Nova York foi enviado para Londres em 1705; estava etiquetado como “dente de um gigante”.[1] Os primeiros ossos de mastodonte submetidos ao que pode, de maneira anacrônica, ser chamado de estudo científico foram descobertos em 1739. Naquele ano, Charles de Moyne, o segundo barão de Longueuil, descia o rio Ohio com quatrocentos soldados, alguns franceses, como ele mesmo, mas a maioria composta de índios algonquinos e iroqueses. A viagem foi árdua e os suprimentos eram escassos. Como lembraria mais tarde um soldado francês,[2] houve um trecho do caminho no qual os homens sobreviveram consumindo frutos do carvalho. Em algum momento, provavelmente no outono, Longueuil e seus soldados acamparam na margem oriental do rio Ohio, perto de onde hoje fica a cidade de Cincinnati. Vários nativos americanos saíram para caçar. Alguns quilômetros adiante, eles encontraram o trecho de um pântano que exalava cheiro de enxofre. Havia pegadas de búfalos na direção do pântano vindas de todos os lados, e centenas — talvez milhares — de ossos imensos brotavam da terra, como mastros de um navio destruído. Os homens voltaram para o acampamento carregando um fêmur com mais de um metro de comprimento, uma enorme presa e vários dentes imensos. As raízes dos dentes eram grandes como a mão humana, e cada um pesava quase cinco quilos.

Longueuil ficou tão intrigado com os ossos que instruiu seus homens a levá-los com eles, quando desmontaram o acampamento. Arrastando as presas, o fêmur e os molares enormes, os homens seguiram seu caminho pela floresta até enfim chegarem ao rio Mississippi, onde encontraram um segundo contingente de soldados franceses. Ao longo dos vários meses seguintes, muitos homens de Longueuil adoeceram e morreram, e a campanha que pretendiam travar contra a tribo Chickasaw terminou em humilhação e derrota.

Ainda assim, Longueuil conseguiu preservar aqueles ossos estranhos. Ele se dirigiu para Nova Orleans e, de lá, enviou a presa, os dentes e o fêmur para a França. Lá, foram apresentados a Luís XV, que os instalou em seu museu, o Cabinet du Roi. Décadas depois, os mapas do vale do rio Ohio ainda eram bastante vagos, exceto pelo *Endroit où on a trouvé des os d'Élephant* — o "local onde os ossos de elefante foram encontrados". (Hoje, o "local onde os ossos de elefante foram encontrados" é um parque estadual no Kentucky conhecido como Big Bone Lick.)

Os ossos de Longueuil deixaram todos que os examinaram desconcertados. O fêmur e a presa pareciam ter pertencido a um elefante ou a um mamute — o que era quase a mesma coisa, segundo a taxonomia da época. Mas os dentes do animal eram um enigma. Eles resistiam à categorização. Os dentes dos elefantes (e também dos mamutes) têm a parte superior plana, com sulcos transversais, de modo que as superfícies de mastigação parecem a sola de um tênis de corrida. Os dentes dos mastodontes, por sua vez, são pontudos. Eles parecem, na verdade, pertencer a um humano de tamanho colossal. O primeiro naturalista a estudar um deles, Jean-Étienne Guettard, recusou-se até mesmo a supor qual seria sua procedência.

"De que animal isso vem?",[3] indagou Guettard, em tom de lamento, num artigo para a Real Academia de Ciências da França, em 1752.

Em 1762, o responsável pelo Cabinet du Roi, Louis-Jean-Marie Daubenton, tentou resolver o mistério daqueles dentes curiosos declarando que "o animal desconhecido de Ohio" não era um animal. Na verdade, eram dois. As presas e os ossos da perna pertenciam a elefantes; já os molares vinham de uma criatura totalmente diferente. Era provável, concluiu ele, que essa outra criatura fosse um hipopótamo.

Por volta dessa mesma época, um segundo carregamento de ossos de mastodonte foi enviado à Europa, dessa vez para Londres. Os vestígios, também originários de Big Bone Lick, apresentavam as mesmas características desconcertantes: os ossos e as presas

pareciam os de um elefante, ao passo que os molares eram cobertos de protuberâncias. William Hunter, médico oficial da rainha, achou que a explicação de Daubenton carecia de fundamentos. Ele ofereceu então uma explicação diferente — a primeira parcialmente exata.

"O suposto elefante americano",[4] argumentou, era um animal totalmente novo, com "o qual os anatomistas não estavam familiarizados". Ele concluiu que se tratava de uma criatura carnívora, daí aqueles dentes assustadores. E batizou o bicho de *incognitum* americano.

O célebre naturalista francês Georges-Louis Leclerc, conde de Buffon, provocou outra reviravolta no debate. Ele argumentou que os restos em questão representavam não um ou dois, mas três animais diferentes: um elefante, um hipopótamo e um terceiro, de espécie ainda desconhecida. Com grande apreensão, o conde de Buffon admitiu[5] que essa última espécie — "a maior de todas" — parecia ter desaparecido. Era, sugeriu, a única espécie de animal a ter sido extinta.

Em 1781, Thomas Jefferson foi atraído para a polêmica. Em seu livro *Notes on the State of Virginia* [Notas sobre o estado da Virgínia], escrito logo após deixar o governo desse estado, Jefferson expôs sua própria versão sobre o *incognitum*. Concordando com Buffon, ele dizia que o animal era o maior de todos existentes — "cinco ou seis vezes o volume cúbico do elefante". (Isso desacreditava a teoria, popular na Europa àquela época, de que os animais do Novo Mundo eram menores e mais "degenerados" do que os do Velho Mundo.) Fazendo coro também a Hunter, Jefferson dizia que o animal provavelmente era carnívoro. No entanto, acreditava que ele ainda existia, em algum lugar. Se não era encontrado na Virgínia, devia estar vagando por aquelas partes do continente que "permaneciam em seu estado aborígene, inexplorado e intacto". Quando, já presidente, enviou Meriwether Lewis e William Clark para o noroeste do país, Jefferson esperava que eles encontrassem o animal *incógnito* vivo nas florestas.

"A economia da natureza é tal", escreveu, "que nenhuma

instância que permita qualquer uma das raças de seus animais se extinguir pode ser produzida a partir dela. Em sua grande obra, ela não teria criado elo algum que pudesse ser partido".

• • •

Cuvier foi para Paris no começo de 1795, meio século após os restos mortais do vale do rio Ohio chegarem à cidade. Ele tinha 25 anos, olhos cinza bem separados, nariz proeminente e um temperamento que um amigo comparava[6] à parte externa da Terra — em geral tranquila, mas capaz de tremores violentos e erupções. Cuvier fora criado numa cidadezinha na fronteira com a Suíça e tinha pouco contato com a capital. Mesmo assim, lá conseguira uma posição de prestígio, em parte pelo fim do Antigo Regime e em parte por seu sublime egocentrismo. Anos depois, um colega mais velho descreveria[7] que Cuvier brotara em Paris "como um cogumelo".

O trabalho de Cuvier no Museu de História Natural de Paris — o sucessor democrático do Cabinet du Roi — era, oficialmente, ensinar. Em seu tempo livre, no entanto, ele mergulhava no acervo do museu. Passava longas horas estudando os ossos que Longueuil enviara a Luís XV, comparando-os com outros espécimes. No dia 4 de abril de 1796 — ou, segundo o calendário revolucionário utilizado à época, 15 germinal do ano IV —, ele apresentou suas pesquisas numa conferência pública.

Cuvier começou falando dos elefantes. Já fazia muito tempo que europeus sabiam da existência de elefantes na África, tidos como perigosos, e de elefantes na Ásia, tidos como mais dóceis. Ainda assim, elefantes eram considerados elefantes, da mesma forma que cães eram cães — alguns mansos e outros ferozes. Com base em seus exames[8] dos restos de elefantes no museu, incluindo um crânio particularmente bem preservado do Ceilão, atual Sri Lanka, e outro do cabo da Boa Esperança, Cuvier reconheceu — de maneira correta, é claro — que os dois pertenciam a espécies diferentes.

"É evidente que há mais diferenças entre o elefante do Ceilão e o elefante da África do que entre um cavalo de um asno, ou entre um bode e um carneiro", declarou. Entre as várias características

distintivas dos animais, havia os dentes. O elefante do Ceilão possuía molares com sulcos ondulados na superfície “como laços decorativos”, ao passo que o elefante do cabo da Boa Esperança tinha dentes com arestas na forma de diamantes. Uma observação desses animais vivos não revelaria tal diferença, pois ninguém se atreveria a cometer a imprudência de enfiar a cabeça na boca de um elefante para dar uma espiada. “Essa interessante descoberta da zoologia deve-se unicamente à prática da anatomia”,[9] declarou Cuvier.

Após conseguir dividir o corpo do elefante em dois, Cuvier prosseguiu com a dissecação. Após “exames escrupulosos” das evidências, concluiu que a teoria mais difundida sobre os ossos gigantes da Rússia estava equivocada. Os dentes e as mandíbulas vindos da Sibéria “não se parecem muito com os de um elefante”. Eles pertenciam a outra espécie bem diferente. Quanto aos dentes do animal de Ohio, bem, bastava uma olhada “para perceber que as diferenças são ainda maiores”.

“O que aconteceu com esses animais enormes, dos quais não se acham mais quaisquer vestígios de vida?”, perguntou. A questão, tal como formulada por Cuvier, continha a resposta em si mesma. Aquelas eram *espèces perdues*, ou espécies perdidas. A essa época, Cuvier já duplicara o número de vertebrados extintos, de (possivelmente) um para dois. Ele estava apenas começando.

Alguns meses antes, o cientista recebera esboços de um esqueleto descoberto nas margens do rio Luján, a oeste de Buenos Aires. O esqueleto — com 3,6 metros de comprimento e quase dois de altura — fora enviado para Madri e depois remontado meticulosamente. Trabalhando a partir dos esboços, Cuvier identificou o dono daqueles ossos como um tipo gigantesco e estranho de bicho-preguiça — e acertou, mais uma vez. Ele o chamou de *Megatherium*, que significa “fera gigante”. Embora nunca tivesse viajado à Argentina ou, aliás, para qualquer lugar mais longe do que a Alemanha, Cuvier estava convencido de que o *Megatherium* não podia mais ser encontrado vagando ao longo dos rios da América do Sul. Ele também desaparecera. O mesmo valia

para o então chamado mosassauro, cujos restos — uma imensa mandíbula pontuda guarnecida de dentes que lembravam os de um tubarão — tinham sido encontrados numa pedreira holandesa. (O fóssil daquele mosassauro fora recentemente apreendido pelos franceses, que ocuparam os Países Baixos em 1795.)

Cuvier declarou que, se havia quatro espécies extintas, devia haver outras. A proposição era ousada, considerando as evidências disponíveis. Com base em alguns ossos espalhados, Cuvier concebera um modo totalmente novo de se observar a vida. As espécies se extinguiam. Não se tratava de um fenômeno isolado, mas, sim, amplamente difundido.

"Todos esses fatos, consistentes entre si, e sem que relatório algum os contradiga, parecem-me provar a existência de um mundo anterior ao nosso", declarou Cuvier. "Mas o que era essa Terra primitiva? E qual revolução foi capaz de destruí-la?"

• • •

Desde a época de Cuvier, o Museu de História Natural cresceu, transformando-se numa vasta instituição com filiais por toda a França. A sede, contudo, ainda ocupa o local dos antigos jardins reais no quinto *arrondissement* de Paris. Cuvier não trabalhou apenas no museu: na verdade, durante a maior parte de sua vida adulta, habitou uma grande casa de estuque no terreno que, desde então, foi transformada num escritório administrativo. Perto da casa, hoje em dia há um restaurante e, ao lado, um pequeno jardim zoológico, onde, no dia da minha visita, alguns pequenos cangurus tomavam sol no gramado. Do outro lado dos jardins, há um grande salão que abriga o acervo de paleontologia do museu.

Pascal Tassy, um dos diretores do lugar, é especializado na ordem dos proboscídeos, grupo que inclui os elefantes e seus primos extintos — mamutes, mastodontes e gonfoterídeos, para citar apenas alguns. Fui visitá-lo porque ele prometera me mostrar os mesmos ossos que Cuvier manipulara. Encontrei Tassy em seu escritório mal iluminado, no subsolo abaixo do salão de paleontologia, sentado em meio ao que parecia um mortuário, cheio

de crânios antigos. As paredes do escritório eram decoradas com as capas dos livros do personagem Tintim. Tassy me contou que decidira se tornar um paleontólogo aos sete anos, após ler uma aventura de Tintim sobre escavações.

Batemos um papo sobre os proboscídeos por algum tempo. “É um grupo fascinante”, comentou ele. “Por exemplo, a tromba, que é uma transformação anatômica extraordinária na área facial, evoluiu em cinco vezes distintas. Duas vezes já seria algo surpreendente. Mas aconteceu cinco vezes de forma independente! Somos obrigados a aceitar esse fato observando os fósseis.” Segundo Tassy, até agora foram identificadas cerca de 170 espécies de proboscídeos, datando de aproximadamente 55 milhões de anos, “e estamos muito longe do fim, tenho certeza”.

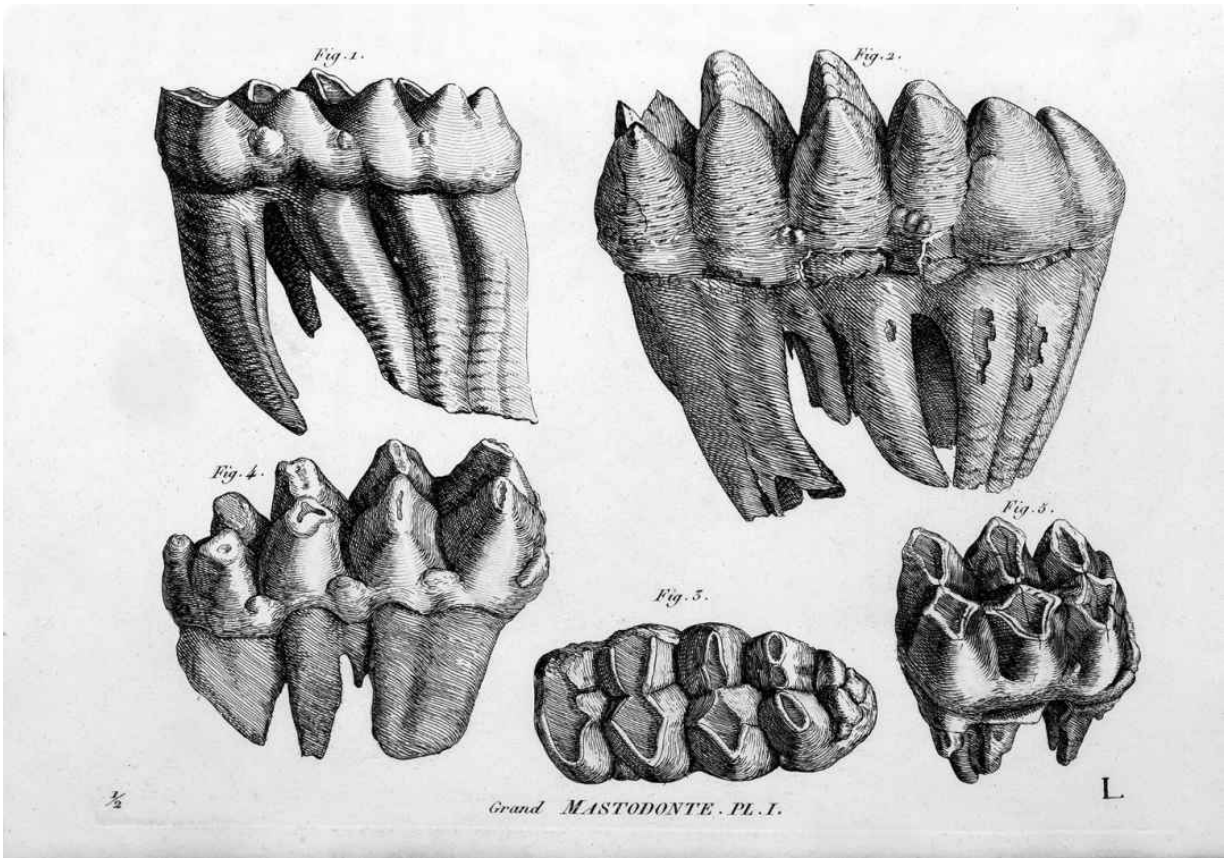
Subimos para o anexo nos fundos do salão de paleontologia. Tassy destrancou a porta de uma salinha repleta de armários de metal. Logo depois da porta, parcialmente embalado em plástico, havia algo parecido com um porta guarda-chuvas peludo. Tassy me explicou que aquilo era a perna de um mamute-lanoso, encontrada congelada e dessecada numa ilha no norte da Sibéria. Quando a observei mais de perto, vi que a pele da perna fora costurada, como um mocassim. O pelo era marrom-escuro e parecia, mesmo depois de mais de dez mil anos, quase em perfeito estado de conservação.

Tassy abriu um dos armários de metal e colocou o conteúdo dele em cima de uma mesa de madeira. Eram os dentes que Longueuil transportou ao descer o rio Ohio. Enormes, nodosos e enegrecidos.

“Isto é a *Mona Lisa* da paleontologia”, explicou Tassy, apontando para o maior dente de todos. “O começo de tudo. É incrível, porque o próprio Cuvier fez um desenho deste dente. Portanto, deve tê-lo examinado com muita atenção.” Tassy me mostrou os números do catálogo original, que tinham sido pintados sobre os dentes no século XVIII e agora estavam tão desbotados que mal era possível distingui-los.

Peguei o dente maior com as duas mãos. Era de fato um objeto formidável. Tinha cerca de vinte centímetros de comprimento e dez de largura — mais ou menos do tamanho de um tijolo e com um peso quase idêntico. As protuberâncias — quatro conjuntos — eram

pontiagudas e o esmalte estava em grande parte intacto. As raízes, espessas como uma corda, formavam uma massa sólida cor de mogno.



4. Esta gravura de dentes de mastodonte foi publicada com uma descrição de Cuvier em 1812.

De uma perspectiva evolutiva, não há nada estranho nos molares de um mastodonte. Como os dentes da maioria dos mamíferos, os desse animal têm um âmago de dentina envolvido por uma camada de esmalte mais dura, porém mais quebradiça. Há cerca de trinta milhões de anos, a linhagem de proboscídeos que conduziria ao mastodonte separou-se daquela que levaria aos mamutes e aos elefantes. Estes últimos acabariam desenvolvendo dentes mais sofisticados, feitos de placas esmaltadas que se fundiram numa estrutura que lembra um pão de forma. Essa disposição é bem mais resistente e permitiu aos mamutes — como ainda permite aos elefantes — consumir uma dieta extraordinariamente abrasiva. Os mastodontes, por sua vez, mantiveram os molares um tanto

primitivos (assim como os humanos) e continuaram mastigando. É evidente que, como observou Tassy, uma perspectiva evolutiva era justamente o que faltava a Cuvier, o que de algum modo torna suas realizações muito mais impressionantes.

"Claro que ele cometeu erros", comentou Tassy. "Mas a maioria de seus trabalhos técnicos é esplêndida. Ele era um anatomista realmente fantástico."

Após examinarmos os dentes por mais um tempo, Tassy me conduziu até o salão de paleontologia. Perto da entrada, montado sobre um pedestal, estava exposto o fêmur gigante que Longueuil enviara a Paris. Era espesso como um poste. Crianças de uma escola francesa passaram por nós, gritando animadas. Tassy tinha um grande molho de chaves, que usava para abrir várias gavetas sob os mostruários envidraçados da exposição. Ele me mostrou um dente de mamute que tinha sido examinado por Cuvier e fragmentos de várias outras espécies extintas que o célebre anatomista fora o primeiro a identificar. Em seguida, levou-me para ver o mosassauro, ainda hoje um dos fósseis mais famosos do mundo. (Embora os Países Baixos tenham pedido o esqueleto de volta repetidas vezes, os franceses o guardam há mais de duzentos anos.) No século XVIII, alguns pensavam que o fóssil encontrado em Maastricht era de um tipo estranho de crocodilo, ao passo que outros achavam que pertencia a uma baleia de dentes protuberantes. Em outra classificação correta, Cuvier o atribuiu a um réptil marinho. (A criatura seria mais tarde chamada de mosassauro.)

Na hora do almoço, caminhei com Tassy de volta ao escritório. Depois, passeei pelos jardins até o restaurante ao lado da antiga casa de Cuvier. Como parecia a coisa certa a fazer, pedi um *Menu Cuvier* — entrada à escolha do cliente e uma sobremesa. Enquanto eu me debruçava sobre o segundo prato — uma deliciosa torta de creme —, comecei a me sentir empanturrada. Lembrei-me de uma descrição que lera sobre a anatomia do naturalista. Durante a Revolução, Cuvier era magro.[10] Nos anos em que viveu nas instalações do museu, foi engordando cada vez mais até, ao fim da vida, se tornar imensamente obeso.

• • •

Com sua conferência sobre “as espécies de elefantes, tanto as vivas quanto as fossilizadas”, Cuvier conseguiu estabelecer a extinção como um fato. Contudo, sua asserção mais extravagante — de que certa vez existiu todo um mundo perdido, repleto de espécies desaparecidas — não passou disso. Se de fato houve tal mundo, os vestígios de outros animais extintos deveriam ser encontrados. Então, Cuvier partiu à procura deles.

Acontece que a Paris dos anos 1790 era um ótimo lugar para um paleontólogo. As colinas no norte da cidade eram sulcadas de pedreiras de onde se extraía a gipsita, principal ingrediente do gesso usado em Paris. (A capital crescera de maneira tão desordenada sobre tantas minas que, na época de Cuvier, os desmoronamentos eram um grande perigo.) Não raro, os mineiros achavam alguns ossos esquisitos, que eram valorizados pelos colecionadores, embora estes não soubessem de fato o que estavam colecionando. Com a ajuda de um desses entusiastas, Cuvier logo reuniu as partes de outro animal extinto, que batizou de *l’animal moyen de Montmartre* — o animal mediano de Montmartre.

Durante todo esse tempo, Cuvier solicitava espécimes de outros naturalistas em diferentes partes da Europa. Devido à reputação que os franceses ganharam por se apropriarem de objetos de valor, poucos colecionadores lhe enviavam fósseis verdadeiros. No entanto, desenhos detalhados começaram a chegar de Hamburgo, Stuttgart, Leiden e Bolonha, entre outros lugares. “Devo dizer que tenho recebido o apoio mais entusiasmado (...) de todos os franceses e estrangeiros que cultivam ou amam as ciências”,[11] escreveu Cuvier, em reconhecimento.

Por volta de 1800, ou seja, quatro anos após o ensaio sobre elefantes, o zoológico de fósseis de Cuvier se expandira a ponto de incluir 23 espécies que ele considerava extintas. Entre elas: um hipopótamo-pigmeu, cujos restos mortais descobriu num depósito no museu de Paris; um alce com chifres enormes e cujos ossos tinham sido encontrados na Irlanda; e um grande urso — que hoje é conhecido como o urso-das-cavernas — da Alemanha. A essa

altura, o animal de Montmartre tinha se dividido, ou multiplicado, em seis espécies diferentes. (Ainda hoje, pouco se sabe sobre essas espécies, exceto que eram unguladas — ou seja, mamíferos com cascos nas extremidades dos membros — e viveram há cerca de trinta milhões de anos.) “Se tantas espécies perdidas foram restauradas em tão pouco tempo, quantas mais deverão existir nas profundezas da Terra?”,[12] indagou Cuvier.

Cuvier possuía o dom do espetáculo e, bem antes de o museu empregar profissionais de relações públicas, soube como atrair atenção. (“Ele poderia ter sido uma estrela de televisão hoje em dia”, disse Tassy.) Certo dia, as minas de gipsita parisienses revelaram o fóssil de uma criatura do tamanho de um coelho, com o corpo estreito e a cabeça achatada. Cuvier concluiu, baseado na forma dos dentes, que o fóssil pertencia a um marsupial. Era uma afirmação audaciosa, já que não havia histórico de marsupiais no Velho Mundo. Para aumentar o tom dramático, Cuvier anunciou que colocaria sua identificação à prova para o público. Os marsupiais possuem um par de ossos característicos, hoje conhecidos como ossos epipúbicos, que se estendem a partir da pélvis. Embora esses ossos não fossem visíveis no fóssil que lhe foi apresentado, Cuvier previu que, se raspasse ao redor, esses ossos se revelariam. Ele convidou a elite científica de Paris para se reunir e assistir enquanto ele cutucava o fóssil com uma agulha fina. *Voilà*, os ossos apareceram. (Um molde do fóssil de marsupial está exposto no salão de paleontologia de Paris, mas o original é considerado valioso demais para ser exibido, portanto é conservado num cofre especial.)

Cuvier fez uma demonstração de sua arte performática paleontológica durante uma viagem aos Países Baixos. Num museu em Haarlem, examinou um espécime que consistia de um crânio grande em formato de meia-lua ligado a parte de uma coluna vertebral. O fóssil de um metro havia sido descoberto quase um século antes e fora atribuído — algo bastante curioso, considerando o formato da cabeça — a um ser humano. (Chegou até a receber um nome científico: *Homo diluvii testis*, ou “o homem que

testemunhou o dilúvio”.) A fim de refutar essa identificação, Cuvier primeiro pegou o esqueleto de uma salamandra comum. Então, com a aprovação do diretor do museu de Haarlem, começou a cinzelar a pedra em volta da espinha do “homem do dilúvio”. Quando os membros dianteiros do animal fossilizado foram revelados, estes tinham, conforme Cuvier previra, a mesma forma que os de uma salamandra.[13] A criatura não era um ser humano antediluviano, e sim algo bem mais extraordinário: um anfíbio gigante.

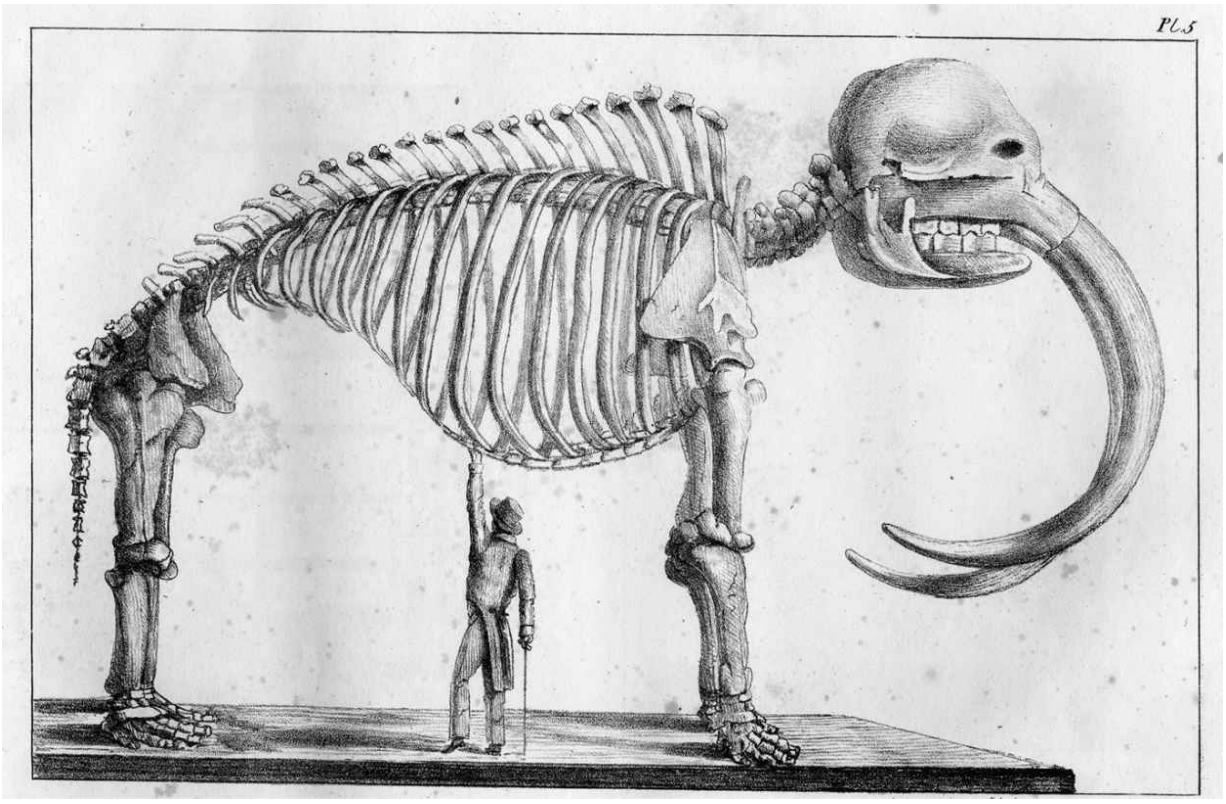
Quanto mais espécies extintas Cuvier apresentava, mais a natureza dos animais parecia mudar. Ursos-das-cavernas, bichos-preguiça gigantes e até mesmo salamandras gigantes — todos tinham alguma relação com espécies ainda vivas. Mas o que dizer de um fóssil estranho descoberto numa formação de pedras calcárias na Bavária? Cuvier recebeu uma gravura desse fóssil de um de seus vários correspondentes. Ela apresentava um entrelaçamento de ossos, inclusive o que parecia se tratar de braços muito compridos, dedos finos e um bico estreito. O primeiro naturalista a examiná-lo especulara que o fóssil pertencia a um animal marinho que usava os braços alongados como remos. Cuvier, com base na gravura, determinou — para seu espanto — que o animal era na verdade um réptil voador. Ele o chamou de *ptero-dactyle*, que significa “dedos de asa”.

• • •

A descoberta da extinção anunciada por Cuvier — de um “mundo anterior ao nosso” — foi um evento sensacional, e a notícia logo se propagou até o outro lado do oceano Atlântico. Quando um esqueleto quase completo foi desenterrado por alguns agricultores em Newburgh, Nova York, foi reconhecido como uma descoberta de imensa importância. Thomas Jefferson, à época vice-presidente, tentou várias vezes se apoderar dos ossos. E fracassou. Mas seu amigo ainda mais persistente, o artista Charles Willson Peale, que pouco antes criara o primeiro museu de história natural dos Estados Unidos, na Filadélfia, conseguiu.

Peale, talvez um *showman* com ainda mais traquejo que Cuvier,

passou meses tentando montar os ossos que conseguira em Newburgh, fabricando as peças ausentes com madeira e papel machê. O esqueleto foi apresentado ao público na noite de Natal, em 1801. Para divulgar a exposição, Peale mandou seu empregado negro, Moses Williams, vestir um cocar de índio e percorrer as ruas da Filadélfia montado num cavalo branco.[14] O esqueleto reconstruído media mais de três metros dos pés aos ombros e mais de cinco metros das presas até o rabo, uma dimensão um tanto exagerada. Os visitantes pagavam 50 centavos de dólar — uma quantia considerável na época — para vê-lo. A criatura — um mastodonte-americano — ainda carecia de nome e era chamada de vários nomes, um *incognitum*, o animal de Ohio e, de modo mais confuso, um mamute. Esse espetáculo foi o primeiro sucesso de bilheteria exibido e desencadeou uma "obsessão por mamutes". A cidade de Cheshire, em Massachusetts, produziu o "queijo mamute" de 558 quilos; um padeiro da Filadélfia criou o "pão mamute"; e os jornais passaram a falar de "pastinaca mamute", "pessegueiro mamute" e um "comilão mamute", indivíduo capaz de "engolir 42 ovos em dez minutos".[15] Peale também conseguiu remontar um segundo mastodonte a partir de ossos adicionais encontrados em Newburgh e nas cidades vizinhas da região de Hudson Valley. Após um jantar comemorativo realizado sob a espaçosa caixa torácica do animal, ele enviou seu segundo mamute para a Europa junto com dois de seus filhos. O esqueleto foi exibido durante vários meses em Londres e, nesse período, os jovens Peale concluíram que as presas do animal deviam apontar para baixo, como as de uma morsa. O plano era levar o esqueleto para Paris, a fim de vendê-lo a Cuvier. Mas, quando ainda estavam em Londres, estourou a guerra entre a Grã-Bretanha e a França, bloqueando o trajeto entre os dois países.



5.

Enfim, Cuvier deu ao *mastodonte* o devido nome num ensaio publicado no ano de 1806, em Paris. Essa peculiar designação vem do grego e significa “dente mamário”. Parece que as protuberâncias nodosas nos molares do animal lembravam-lhe mamilos. (A essa altura, o animal já recebera um nome científico de um naturalista alemão; infelizmente, esse nome — *Mammut americanum* — ajudou a perpetuar a confusão entre mastodontes e mamutes.)

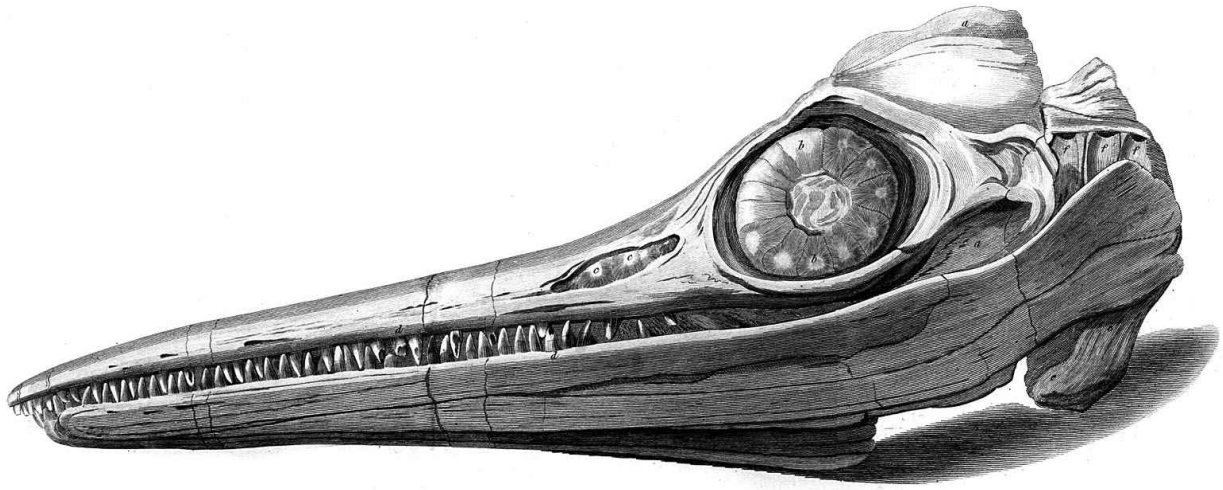
Apesar das hostilidades contínuas entre britânicos e franceses, Cuvier conseguiu obter ilustrações detalhadas do esqueleto que os filhos de Peale levaram a Londres, e estes lhe proporcionaram uma noção muito mais exata da anatomia do animal. Ele percebeu que os mastodontes eram criaturas bem mais distantes do elefante moderno do que os mamutes e atribuiu-lhes um novo gênero. (Hoje, os mastodontes não só possuem seu próprio gênero, mas também sua própria família.) Além do mastodonte-americano, Cuvier identificou outras quatro espécies de mastodontes, “todas inexistentes no mundo atual”. Peale só ficou sabendo do novo nome

dado por Cuvier em 1809 e, quando isso ocorreu, logo se aproveitou dele. Numa carta, propôs a Jefferson um “batizado” para o esqueleto de mastodonte em seu museu na Filadélfia.[16] Jefferson não se entusiasmou muito com o nome dado por Cuvier — “pode ser tão bom quanto qualquer outro”, desdenhou — e não se dignou a responder à sugestão do batizado.[17]

Em 1812, Cuvier publicou um compêndio de quatro volumes de seu trabalho com animais fósseis: *Recherches sur les ossements fossiles de quadrupèdes*. Antes de suas “*recherches*”, não existia, ou — dependendo de quem fizesse o cálculo — existia apenas um vertebrado extinto. Em grande parte, graças a seu empenho, eles passaram a ser 49.

À medida que a lista de Cuvier aumentava, o mesmo ocorria com sua fama. Pouquíssimos naturalistas ousavam anunciar suas descobertas em público antes de submetê-las a uma checagem. “Não será Cuvier o maior poeta de nosso século?”, perguntaria Honoré de Balzac.[18] “Nosso naturalista imortal restaurou mundos a partir de um osso desbotado; reconstruiu, como Cadmo, cidades a partir de um dente.” Cuvier foi homenageado por Napoleão e, quando as Guerras Napoleônicas enfim terminaram, foi convidado para ir à Grã-Bretanha, onde se apresentou à corte.

Os ingleses mergulharam com entusiasmo no projeto de Cuvier. Nos primeiros anos do século XIX, as coleções de fósseis se tornaram tão populares entre as classes mais altas que uma vocação inteiramente nova se difundiu. Um “fossilista” era alguém que ganhava a vida caçando espécimes para clientes ricos. No mesmo ano em que Cuvier publicou suas *Recherches*, um desses fossilistas, uma jovem moça chamada Mary Anning, descobriu um espécime particularmente bizarro. O crânio da criatura, encontrado nos penhascos de pedra calcária de Dorset, tinha pouco mais de um metro de comprimento e uma mandíbula em forma de alicate. As cavidades oculares, peculiarmente grandes, estavam cobertas de placas ósseas.

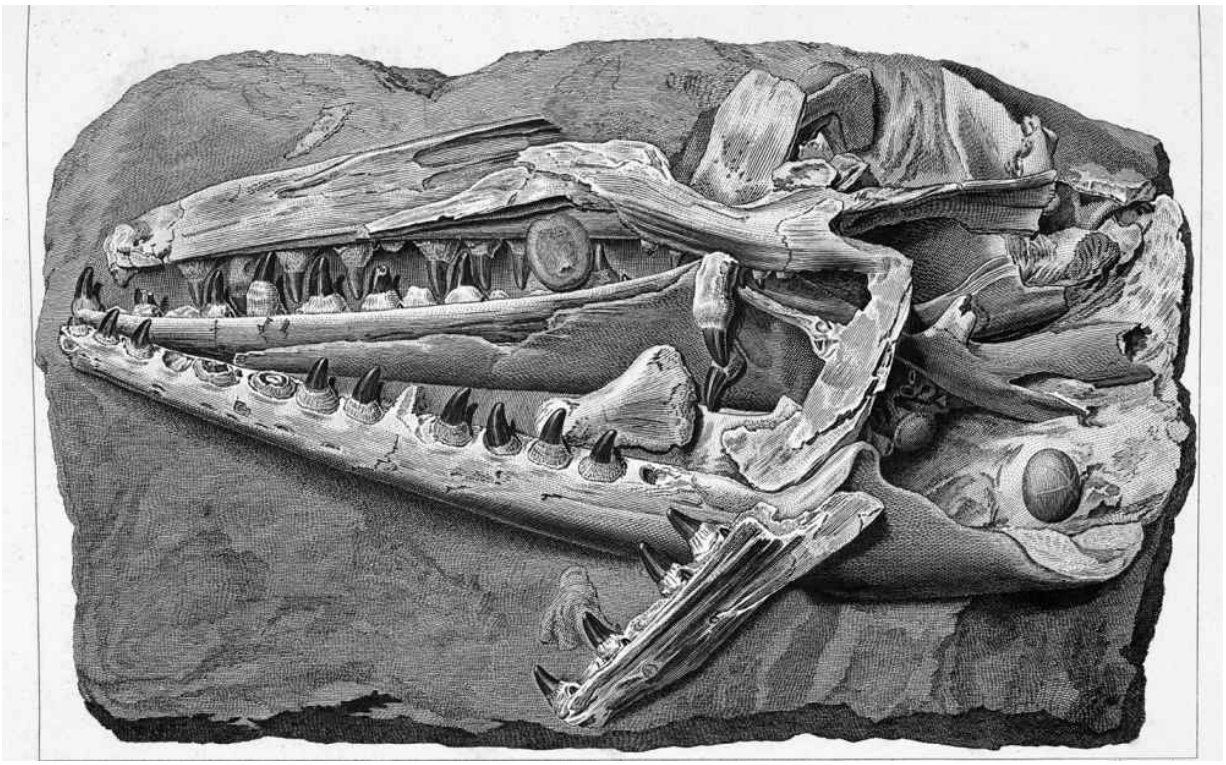


6. O primeiro fóssil descoberto de ictiossauro foi exibido no Salão Egípcio de Londres.

O fóssil acabou em Londres, no Salão Egípcio, um museu particular não muito diferente daquele de Peale. Em sua primeira exposição, foi classificado como peixe, depois como um equivalente a um ornitorrinco, antes de ser identificado como um novo tipo de réptil — um ictiossauro, ou peixe-lagarto. Alguns anos mais tarde, novos espécimes coletados por Mary Anning revelaram pedaços de outra criatura ainda mais selvagem, chamada de plesiossauro, ou “quase lagarto”. Na descrição elaborada pelo primeiro professor de geologia em Oxford, o reverendo William Buckland, o plesiossauro tinha “a cabeça de um lagarto” unida a um pescoço “semelhante ao corpo de uma serpente”, as “costelas de um camaleão e as nadadeiras de uma baleia”. Ao ser informado sobre a descoberta, Cuvier achou a descrição do plesiossauro tão ultrajante que se perguntou se o espécime tinha sido adulterado. Quando Anning encontrou outro fóssil de plesiossauro quase completo, o anatomista foi mais uma vez informado sobre a descoberta e, dessa vez, precisou reconhecer que estivera equivocado. “Não é possível prever o surgimento de algo mais monstruoso do que isso”, escreveu a um de seus correspondentes ingleses.[19] Durante sua visita à Inglaterra, Cuvier foi a Oxford, onde Buckland lhe mostrou mais um fóssil surpreendente: uma enorme mandíbula com um dente curvado e saliente, como uma cimitarra. Cuvier identificou esse animal como mais um tipo de lagarto. Algumas décadas

depois, a mandíbula seria reconhecida como pertencente a um dinossauro.

À época, os estudos de estratigrafia eram embrionários, mas já se sabia que diferentes camadas de rochas tinham sido formadas ao longo de diferentes períodos. O plesiossauro, o ictiossauro e o dinossauro ainda sem nome haviam todos sido descobertos em depósitos de calcário que eram atribuídos ao que na época se chamava era Secundária e que hoje conhecemos como era Mesozoica. O mesmo ocorrera com o *ptero-dactyle* e o mosassauro. Esse padrão levou Cuvier a outra percepção extraordinária sobre a história da vida: ela possuía uma direção. As espécies perdidas cujos vestígios podiam ser encontrados próximos à superfície terrestre, como os mastodontes e ursos-das-cavernas, pertenciam a ordens de criaturas ainda vivas. Escavando ainda mais no passado, descobriam-se criaturas como o animal de Montmartre, que não tinha correspondente moderno evidente. Com uma escavação ainda mais profunda, os mamíferos desapareciam de todos os registros de fósseis. Enfim, atingia-se um mundo não só anterior ao nosso, mas um mundo anterior àquele, dominado por répteis gigantes.



7. O mosassauro (animal de Maastricht) ainda está em exposição em Paris.

• • •

As ideias de Cuvier sobre essa história da vida — de que era longa, mutável e repleta de criaturas fantásticas que não existiam mais — poderiam tê-lo transformado num defensor natural da teoria da evolução. Mas Cuvier se opunha ao conceito de evolução, ou *transformisme*, como diziam em Paris na época, e tentou — com êxito, parece — humilhar qualquer colega que propusesse essa teoria. Curiosamente, as mesmas habilidades que o levaram a descobrir a extinção fizeram a evolução lhe parecer muito irracional, algo tão improvável quanto a ideia de levitar.

Como Cuvier gostava de salientar, sua fé estava na anatomia. Era essa prática que lhe permitira diferenciar os ossos de um mamute dos de um elefante e identificar uma salamandra gigante nos vestígios que outros pensavam ser de um homem. No cerne de seu entendimento sobre a anatomia, havia uma noção que ele chamava de “correlação das partes”. Com isso, o cientista queria dizer que todos os componentes de um animal se encaixavam e

eram perfeitamente designados para seu modo de vida particular. Assim, por exemplo, um carnívoro terá um sistema intestinal apropriado à digestão de carne. Ao mesmo tempo, suas mandíbulas serão

> elaboradas para devorar as presas; as patas, para agarrá-las e rasgá-las; os dentes, para cortar e dividir a carne; o sistema inteiro dos órgãos locomotores, para persegui-las e capturá-las; seus órgãos sensoriais, para detectá-las de longe.[20]

Por outro lado, um animal com cascos deve necessariamente ser herbívoro, pois não dispõe de meios para "agarrar a presa". Ele terá "dentes com uma coroa plana, para moer sementes e ervas" e uma mandíbula capaz de executar movimentos laterais. Caso uma dessas partes fosse alterada, a integridade funcional do todo seria arruinada. Um animal que, digamos, nascesse com dentes e órgãos sensoriais de algum modo diferentes dos de seus pais não seria capaz de sobreviver, muito menos de dar continuidade a um tipo novo de criatura.

À época de Cuvier, o mais importante proponente do *transformisme* era seu colega mais velho no Museu de História Natural, Jean-Baptiste Lamarck. Segundo Lamarck, havia uma força — a "força da vida" — que impelia os organismos a se tornarem cada vez mais complexos. Ao mesmo tempo, muitas vezes animais e plantas precisavam lidar com mudanças em seus meios ambientes. E o faziam ajustando seus hábitos. Esses novos hábitos, por sua vez, produziam modificações físicas que eram passadas para a prole. Pássaros que avistavam uma presa em lagos esticavam suas garras ao atingir a superfície da água, e assim vieram a desenvolver membranas entre elas e se tornaram patos. Toupeiras, após começarem a viver no subsolo, pararam de usar a visão, por isso, ao longo de várias gerações, seus olhos ficaram pequenos e frágeis. Lamarck se opunha com fervor à ideia de extinção de Cuvier. Ele não conseguia imaginar um processo capaz de varrer por completo um organismo da Terra. (Curiosamente, a única exceção que concebia era a humanidade, que poderia ser capaz de exterminar alguns animais grandes e de reprodução lenta.)

As *espèces perdues* de Cuvier eram, para Lamarck, apenas aquelas que tinham se transformado por completo.

Para Cuvier, a noção de que animais podiam transformar seus tipos físicos quando conveniente não passava de um absurdo. Ele satirizava a ideia de que “patos, de tanto mergulharem, tornavam-se lúcios; lúcios, pelo esforço de querer chegar à terra seca, tornavam-se patos; galinhas que procuravam alimento nas margens da água, no esforço de não molharem as coxas, tiveram tanto sucesso alongando as pernas que se tornaram garças ou cegonhas”.[21] Foi numa coleção de múmias que Cuvier descobriu o que era, ao menos a seu ver, a prova definitiva contra o *transformisme*.

Quando Napoleão invadiu o Egito, os franceses tinham, como de costume, confiscado tudo o que lhes interessava. Entre os saques enviados de volta a Paris havia um gato embalsamado.[22] Cuvier examinou a múmia, procurando sinais de transformação. E não encontrou. O antigo gato egípcio era, do ponto de vista anatômico, indistinguível de um gato parisiense de rua. Isso provava que as espécies eram fixas. Lamarck objetou que os poucos milhares de anos passados desde que o gato egípcio fora embalsamado representavam “um espaço de tempo infinitamente curto” em relação à vastidão do tempo.[23]

“Sei que alguns naturalistas confiam bastante nos milhares de anos que empilham com uma simples canetada”,[24] respondeu Cuvier, com desdém. Certa vez, Cuvier foi chamado para escrever um tributo a Lamarck — o que fez mais no espírito de sepultá-lo do que de enaltecê-lo. Lamarck, segundo Cuvier, era um fantasista. Como os “palácios encantados dos romances antigos”, suas teorias eram construídas sobre “fundações imaginárias”, de modo que “divertiam a imaginação de um poeta”, mas não conseguiriam “sustentar sequer por um momento o exame de alguém que tivesse dissecado uma mão, uma víscera ou mesmo uma pena”.[25]

Após descartar o *transformisme*, Cuvier encontrou uma lacuna escancarada. Ele não fazia ideia de como novos organismos podiam surgir nem dispunha de uma explicação sobre de que maneira o mundo tinha sido povoado por diferentes grupos de animais em

diferentes épocas. Isso não parece tê-lo incomodado. Seu interesse, afinal de contas, não estava na origem das espécies, mas no seu desaparecimento.

• • •

Na primeira vez que falou sobre o assunto, Cuvier insinuou que conhecia a força motriz por trás da extinção, quiçá seu mecanismo exato. Na conferência sobre "as espécies de elefantes, tanto as vivas quanto as fossilizadas", ele propôs que o mastodonte, o mamute e o *Megatherium* haviam sido todos extintos "por algum tipo de catástrofe". Cuvier hesitou em especular sobre a natureza exata da calamidade — "Não cabe a nós nos envolvermos com o vasto campo de conjunturas revelado por essas questões", disse —, mas parece ter acreditado, àquela altura, que um desastre teria sido suficiente.

Mais tarde, à medida que sua lista de espécies extintas aumentava, mudou de posição. Houvera, concluiu o anatomista, múltiplos cataclismos. "A vida na Terra foi diversas vezes perturbada por eventos terríveis", escreveu. "Inúmeros organismos vivos foram vítimas dessas catástrofes."[26]

Como sua opinião sobre o *transformisme*, a crença de Cuvier no cataclismo estava de acordo com — ou melhor, poderia se dizer que resultava de — suas convicções sobre a anatomia. Como os animais eram unidades funcionais, idealmente adequadas às próprias circunstâncias, não havia razão para que, no curso ordinário dos eventos, devessem desaparecer. Nem mesmo os eventos mais devastadores conhecidos no mundo contemporâneo — erupções vulcânicas, digamos, ou incêndios florestais — eram suficientes para explicar a extinção. Diante de tais mudanças, os organismos apenas seguiam em frente e sobreviviam.[27] Portanto, as mudanças que causaram as extinções deviam ter atingido magnitudes muito maiores — tão imensas que os animais não tinham sido capazes de se adaptar a elas. O fato de tais eventos tão extremos nunca terem sido observados por ele ou por qualquer outro naturalista era outra indicação da mutabilidade da natureza: no

passado, ela operara de modo diferente — mais intenso e mais selvagem — do atual.

"A corrente desses eventos se rompeu", escreveu Cuvier. "A natureza mudou de curso, e nenhum dos agentes que utiliza hoje teria sido suficiente para produzir as obras anteriores." O naturalista passou vários anos estudando as formações rochosas em torno de Paris — com um amigo, realizou o primeiro mapa estratigráfico da bacia parisiense — e também viu sinais de mudanças cataclísmicas. As rochas mostravam que a região tinha sido submersa em vários pontos. Cuvier concluiu que as alterações de um ambiente para outro — do marinho para o terrestre, ou, em alguns pontos, do marinho para água doce — "não haviam sido nada lentas". Na verdade, teriam acontecido por meio de repentinas "revoluções na superfície da Terra". A mais recente dessas revoluções devia ter ocorrido há relativamente pouco tempo, pois seus vestígios ainda eram aparentes por toda parte. O anatomista acreditava que esse evento se situava pouco além do limite da história registrada. Ele observou que muitos mitos e textos antigos, incluindo o Antigo Testamento, aludiam a algum tipo de crise — em geral, um dilúvio — que precedeu a ordem atual.

As ideias de Cuvier sobre um globo destruído de tempos em tempos por catástrofes se revelaram quase tão influentes quanto suas descobertas iniciais. Seu principal ensaio sobre o tema, publicado na França em 1812, foi editado em inglês logo que apareceu e então exportado para a América. Também foi lançado em alemão, sueco, russo e tcheco. Mas boa parte foi perdida, ou pelo menos mal interpretada, na tradução. O ensaio de Cuvier era claramente secular. Ele citava a Bíblia como uma das várias obras antigas (e não totalmente confiáveis), ao lado dos Vedas hindus e do *Shujing*. Esse tipo de ecumenismo era inaceitável para o clero anglicano que formava o corpo docente de instituições como Oxford — por isso, quando o ensaio foi traduzido para o inglês, Buckland e outros o interpretaram como provas do dilúvio de Noé.

Hoje em dia, as bases empíricas da teoria de Cuvier já foram bastante contestadas. As evidências físicas que o convenceram de uma "revolução" pouco antes da história registrada (interpretadas

pelos ingleses como prova do dilúvio) foram, na realidade, os vestígios deixados pela glaciação. A estratigrafia da bacia parisiense não reflete “irrupções” bruscas de água, mas, sim, mudanças graduais no nível do mar e os efeitos do movimento das placas tectônicas. Sobre todos esses assuntos, agora sabemos, Cuvier estava enganado.

Ao mesmo tempo, algumas afirmações do anatomista que poderiam soar mais tresloucadas acabaram se revelando surpreendentemente exatas. A vida na Terra *foi* perturbada por “eventos terríveis” e “incontáveis organismos” foram vitimados. Tais eventos não podem ser explicados pelas forças ou “agentes” em ação nos dias de hoje. A natureza de fato “muda de curso” de tempos em tempos — e, nesses momentos, é como se “a corrente de processos” fosse rompida.

Enquanto isso, no que diz respeito ao mastodonte-americano, Cuvier estava, até certo ponto, sinistramente correto. Ele concluiu que esses animais foram extintos cinco ou seis mil anos antes, na mesma “revolução” que matara o mamute e o *Megatherium*. Na verdade, o mastodonte-americano desapareceu há cerca de treze mil anos. Sua extinção foi parte de uma onda de desaparecimentos que se tornou conhecida como extinção da megafauna. Essa onda coincidiu com a propagação dos seres humanos modernos e, cada vez mais, é entendida como resultado dela. Nesse sentido, a crise que Cuvier identificou logo antes do limite da história registrada fomos nós.

CAPÍTULO III

O PINGUIM ORIGINAL

Pinguinus impennis

A PALAVRA "CATASTROFISMO" FOI cunhada em 1832 por William Whewell, um dos primeiros presidentes da Sociedade Geológica de Londres, que também inseriu em nosso vocabulário palavras como "ânodo", "cátodo", "íon" e "cientista". Embora o termo mais tarde viesse a evocar associações pejorativas, que se prenderam a ele como carrapatos, não era essa sua intenção. Quando o propôs, deixou claro que se considerava um "catastrofista" e que a maior parte dos outros cientistas que conhecia também era composta de catastrofistas.[1] Na verdade, ele conhecia apenas uma pessoa na qual esse rótulo não se encaixava: um geólogo jovem e promissor chamado Charles Lyell. Para Lyell, Whewell cunhou mais um neologismo. Ele o chamava de "uniformitarista".

Lyell cresceu no sul da Inglaterra, no tipo de mundo familiar aos admiradores de Jane Austen.[2] Ele cursou Oxford, onde estudou para se tornar advogado. Seus problemas de visão dificultaram a prática do direito, então ele optou pelas ciências naturais. Ainda jovem, Lyell fez várias viagens ao continente europeu e se aproximou de Cuvier, que com frequência o convidava para jantar em sua casa. Ele achava aquele cientista mais velho "muito prestativo"[3] — Cuvier permitiu que Lyell fizesse moldes de diversos fósseis famosos e os levasse de volta para a Inglaterra —, mas considerava a visão dele sobre a história da Terra bastante refutável.

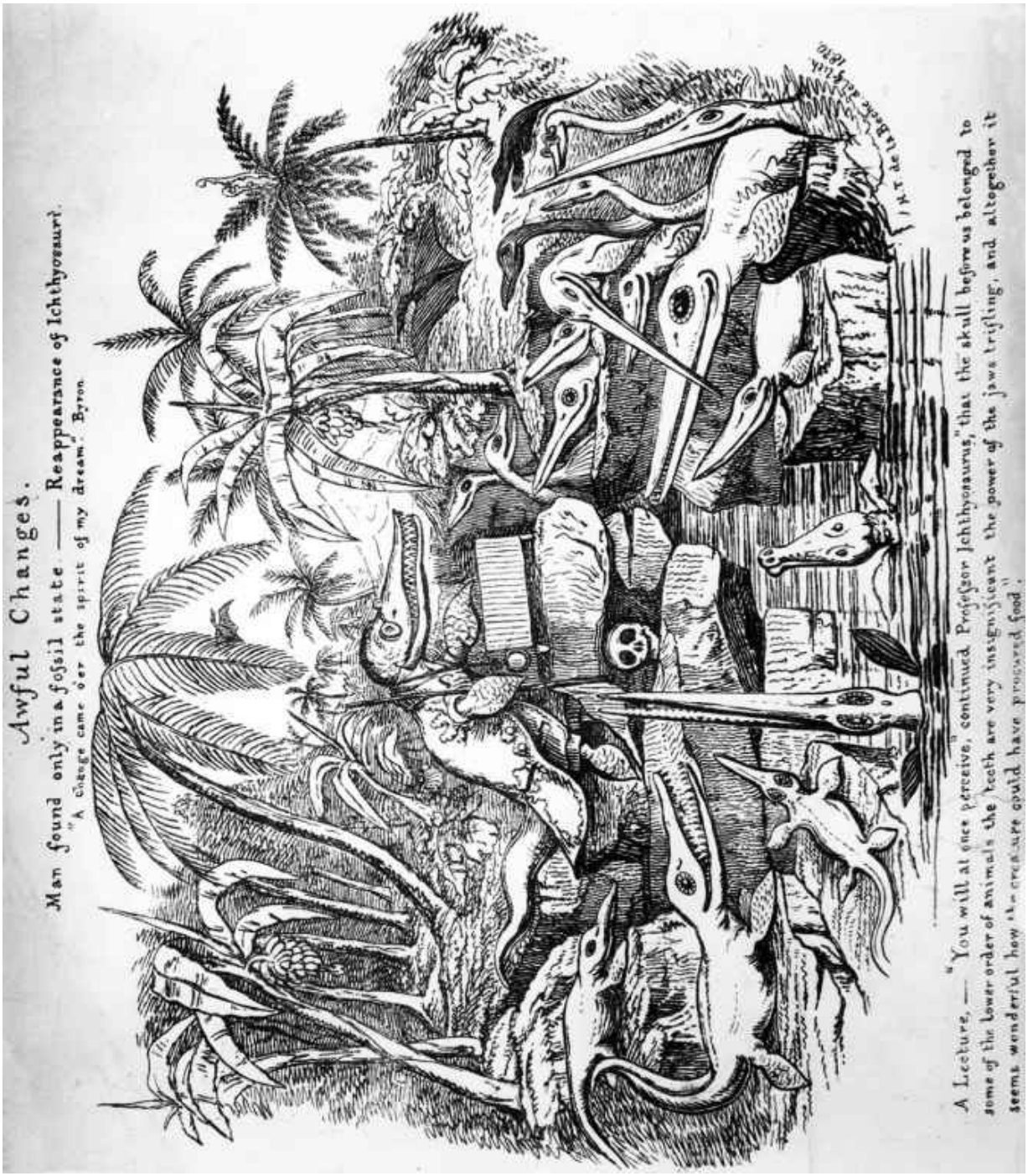
Quando Lyell olhava (com sua miopia) os afloramentos rochosos da zona rural da Inglaterra, os estratos da bacia de Paris ou as ilhas vulcânicas de Nápoles, não via evidências de cataclismo. Pelo

contrário: considerava pouco científico (ou, em suas próprias palavras, pouco filosófico) imaginar que o mundo tivesse um dia mudado por razões diferentes ou em níveis diferentes do que mudava nos tempos atuais. Segundo Lyell, cada característica da paisagem era o resultado de processos muito graduais que operavam ao longo de muitíssimos milênios — processos como sedimentação, erosão e vulcanismo, que ainda podiam ser observados sem dificuldade. Para gerações de alunos de geologia, a tese de Lyell seria resumida como “O presente é a chave para o passado”.

No que diz respeito à extinção, segundo Lyell, ela também teria ocorrido num ritmo bastante lento — tão lento que, a qualquer momento, em qualquer lugar, não seria surpreendente que se passasse despercebida. As evidências fósseis, que pareciam sugerir a extinção em massa de espécies em vários períodos, eram um sinal de que os registros não eram confiáveis. Mesmo a ideia de que a história da vida possuía uma direção — primeiro os répteis, depois os mamíferos — estava equivocada; era apenas mais uma inferência errônea extraída de dados inadequados. Todas as formas de organismo teriam existido em todas as eras, e aquelas que pareciam ter desaparecido para sempre podiam, sob certas circunstâncias, surgir outra vez. Assim, “o imenso iguanodonte poderia reaparecer nas selvas e o ictiossauro, no mar, enquanto o pterodáctilo poderia revoar novamente por cima de bosques frondosos”.[4] Como escreveu Lyell, está claro “que não há fundamento nos fatos geológicos para a teoria popular do desenvolvimento sucessivo do mundo dos animais e vegetais”.[5]

Lyell publicou suas ideias em uma obra de três espessos volumes, *Principles of Geology: Being an Attempt to Explain the Former Changes of the Earth’s Surface by Reference to Causes Now in Operation* [Princípios da geologia: uma tentativa de explicar as mudanças passadas na superfície da Terra por referência a causas hoje em curso]. A obra era voltada para o grande público, que a abraçou com entusiasmo. A primeira edição impressa, com 4.500 cópias, esgotou-se depressa, e foi encomendada uma

segunda tiragem, de nove mil exemplares. (Numa carta para sua noiva, Lyell se vangloriou, dizendo que isso representava “pelo menos dez vezes” mais livros do que qualquer outro geólogo inglês jamais vendera.)[6] Lyell se tornou uma espécie de celebridade — o Steven Pinker de sua geração —, e quando fez uma conferência em Boston, mais de quatro mil pessoas tentaram conseguir ingressos.[7]



8.

Para proporcionar maior clareza (e uma leitura prazerosa), Lyell fez uma caricatura de seus opositores, fazendo-os parecer muito mais “não filosóficos” do que de fato eram. Eles retribuíram na mesma moeda. Um geólogo britânico chamado Henry de la Beche, que levava jeito para o desenho, ridicularizou as ideias de Lyell

sobre o eterno retorno. Ele fez uma caricatura que mostrava Lyell na forma de um ictiossauro míope apontando para um crânio humano e dando aula para um grupo de répteis gigantes.[8]

"Vocês logo perceberão", informa o Professor Ictiossaurus a seus alunos, na legenda, "que o crânio anterior ao nosso pertenceu a alguma ordem inferior de animais, os dentes são bem pequenos, a força das mandíbulas é desprezível e, no geral, é incrível que essa criatura tenha conseguido se alimentar". De la Beche chamou o desenho de "Terríveis Mudanças".

• • •

Entre os leitores que conseguiram um exemplar de *Principles* estava Charles Darwin. Aos 22 anos e recém-formado em Cambridge, Darwin fora convidado a servir como acompanhante de Robert FitzRoy, capitão do navio real *Beagle*. O navio se dirigia para a América do Sul a fim de explorar o litoral e elucidar várias discrepâncias nos mapas que dificultavam a navegação. (O almirantado britânico estava particularmente interessado em descobrir a melhor forma de chegar às ilhas Malvinas, território recém-dominado pela Grã-Bretanha.) A viagem, que duraria até Darwin completar 27 anos, o levaria de Plymouth a Montevidéu, por meio do estreito de Magalhães, subiria até as ilhas Galápagos e cruzaria o oceano Pacífico até o Taiti. Dali partiriam para Nova Zelândia, Austrália e Tasmânia, pelo oceano Índico até Maurício, circundando o cabo da Boa Esperança, e voltariam para a América do Sul. No imaginário popular, essa viagem costuma ser vista como a época em que Darwin, ao encontrar uma variedade imensa de tartarugas-gigantes, lagartos marinhos e tentilhões com todas as formas e tamanhos imagináveis de bicos, descobriu a seleção natural. Na realidade, Darwin só desenvolveu essa teoria depois de voltar à Inglaterra, quando outros naturalistas organizaram a barafunda de espécimes que ele coletara.[9]

Seria mais exato descrever a viagem do *Beagle* como a época em que Darwin descobriu Lyell. Pouco antes de o navio zarpar, FitzRoy presenteou Darwin com um exemplar do primeiro volume de

Principles. Embora sentisse um enjoo terrível na primeira etapa da viagem (assim como em várias outras que se seguiram), Darwin admitiu ter lido Lyell “com atenção” enquanto o navio rumava para o sul. O *Beagle* fez sua primeira escala na ilha de Santo Jago — atual Santiago —, em Cabo Verde, e Darwin, ansioso para pôr em prática seus novos conhecimentos, passou vários dias coletando espécimes dos penhascos rochosos. Numa de suas afirmações centrais, Lyell dizia que algumas áreas da Terra estavam se elevando aos poucos, ao passo que outras gradualmente afundavam. (Lyell afirmou mais tarde que esses fenômenos estavam sempre em equilíbrio, de maneira a “preservar a uniformidade das relações gerais entre a terra e o mar”.)[10] Santo Jago parecia comprovar esse argumento. Estava claro que a ilha tinha origem vulcânica, mas apresentava diversos aspectos curiosos, como uma faixa de calcário branco no meio dos penhascos escuros. A única maneira de explicar essas características, concluiu Darwin, era interpretando-as como evidências de uma sublevação da crosta. Foi o primeiro lugar onde “eu geologicamente me convenci da infinita superioridade das ideias de Lyell”, escreveria ele, mais tarde. Darwin estava tão entusiasmado com *Principles* que pediu que o segundo volume lhe fosse enviado para Montevidéu. Tudo indica que o terceiro volume o alcançou nas ilhas Malvinas.[11]

Enquanto o *Beagle* navegava ao longo da costa sul-americana, Darwin passou vários meses explorando o Chile. Certa tarde, ele estava descansando após uma caminhada próxima à cidade de Valdivia quando o chão sob seus pés começou a tremer como se fosse feito de gelatina. “Basta um segundo para incutir na mente uma estranha ideia de insegurança que horas de reflexão jamais conseguiriam”, escreveu. Vários dias após o tremor, ao chegar ao porto de Concepción, Darwin notou que toda a cidade estava em destroços. “É a absoluta verdade, não sobrou nenhuma casa em condições de ser habitada”, relatou. A cena foi “o espetáculo mais horrível, ainda que interessante” que ele já testemunhara. Uma série de medições topográficas que FitzRoy fez ao redor do porto de Concepción mostrou que o terremoto elevara a praia em quase dois

metros e meio. Mais uma vez, os *Principles* de Lyell pareceram se confirmar de maneira espetacular. Com tempo suficiente, argumentava Lyell, repetidos tremores podem erguer toda uma cadeia montanhosa a milhares de metros de altura.

Quanto mais Darwin explorava o mundo, mais lyelliano este lhe parecia. Em torno do porto de Valparaiso, ele encontrou depósitos de conchas marinhas bem acima do nível do mar. Considerou-os o resultado de vários episódios de elevação, idênticos ao que acabara de testemunhar. “Sempre achei que o grande mérito de *Principles* era que o livro alterava por inteiro a modulação da mente”, escreveria Darwin mais tarde. (Quando estava no Chile, o naturalista também descobriu uma espécie nova e extraordinária de rã, que veio a ser chamada de *Rhinoderma darwinii* — rã-chilena-de-darwin. Os machos dessa espécie incubavam os girinos nos sacos vocais. Pesquisas recentes foram incapazes de encontrar qualquer *Rhinoderma darwinii*, e acredita-se que a espécie esteja extinta.)[12]

Quase no fim da viagem do *Beagle*, Darwin encontrou recifes de corais. Estes lhe proporcionaram a primeira descoberta importante, uma ideia surpreendente que facilitaria seu acesso à comunidade científica de Londres. Darwin notou que a chave para entender os recifes de corais era a interação entre biologia e geologia. Se um recife se formasse ao redor de uma ilha ou ao longo de uma costa continental que estivesse afundando aos poucos, os corais, crescendo lenta e verticalmente, poderiam manter sua posição em relação à água. Com o tempo, à medida que a terra cedia, os corais formavam uma barreira de recifes. Se, em algum momento, a terra afundasse completamente, o recife se tornaria um atol.

O relato de Darwin ia além e, até certo ponto, contradizia o de Lyell. Segundo as hipóteses do cientista mais velho, os recifes cresciam a partir das bordas de vulcões submersos. Contudo, as ideias de Darwin eram de natureza tão lyelliana que, ao retornar para a Inglaterra, ele as apresentou ao próprio Lyell, que ficou encantado.[13] Como escreveu o historiador da ciência Martin Rudwick, Lyell “reconheceu que Darwin o superara em questões de

lyellianismo”.[14]

Um biógrafo resumiu a influência de Lyell sobre Darwin da seguinte forma: “Sem Lyell, Darwin não teria existido.”[15] O próprio Darwin, após publicar seu relato sobre as viagens do *Beagle* e também um livro sobre os recifes de corais, escreveu: “Sempre sinto que meus livros emergem em parte do cérebro de Lyell.”

• • •

Para Lyell, que via mudanças ocorrendo o tempo todo e em todas as partes do mundo, o limite de sua teoria eram os seres vivos. Ele considerava impensável a hipótese de que uma espécie de planta ou animal pudesse, ao longo do tempo, dar origem a uma nova, e dedicou grande parte do segundo volume de *Principles* atacando essa ideia, chegando a citar a experiência do gato mumificado de Cuvier em apoio às suas objeções.

A oposição inflexível de Lyell à transmutação, como era conhecida em Londres, é quase tão enigmática quanto a de Cuvier. As novas espécies, Lyell percebeu, apareciam com regularidade nos registros fósseis. Mas sua origem era uma questão que ele nunca abordava, exceto para dizer que, provavelmente, cada uma tivera início com “um único casal, ou indivíduo, quando um indivíduo fosse suficiente”,[16] multiplicando-se e difundindo-se a partir daí. Esse processo, que parecia depender de uma intervenção divina, ou pelo menos oculta, ia de encontro aos preceitos que ele expusera para a geologia. Na verdade, como observou um comentarista, a teoria de Lyell parecia exigir “exatamente o tipo de milagre” que o próprio cientista rejeitava.[17]

Com sua teoria da seleção natural, Darwin mais uma vez “foi mais lyelliano do que Lyell”. Ele percebeu que, assim como as características do mundo inorgânico — deltas, vales fluviais, cadeias montanhosas — se formavam por meio de mudanças graduais, o mundo orgânico, do mesmo modo, estava sujeito a fluxos constantes. Ictiossauros e plesiossauros, aves, peixes e — o mais inquietante de tudo — os seres humanos tinham surgido por um processo de transformação que ocorrera ao longo de inúmeras

gerações. Esse processo, embora imperceptivelmente vagaroso, estava, segundo Darwin, ainda em pleno curso. Na biologia, assim como na geologia, o presente era a chave para o passado. Num dos trechos mais citados de *A origem das espécies*, Darwin escreveu:

> Pode-se dizer que a seleção natural esquadrinha todos os dias e todas as horas, em todo mundo, todas as variações, mesmo as mais insignificantes, rejeita o que é ruim, preserva e incorpora o que é bom e ocorre de maneira silenciosa e insensível, em todo momento e lugar nos quais a oportunidade se apresenta.[18]

A seleção natural eliminou a necessidade de qualquer tipo de milagres criadores. Com tempo suficiente, "todas as variações, mesmo as mais insignificantes", acumulam-se, e novas espécies podem surgir a partir das antigas. Dessa vez, Lyell não teve pressa para aplaudir a obra do pupilo. Apenas aceitou de má vontade a teoria de Darwin sobre "descendência com modificações", mas com tanta má vontade que sua posição parece ter acabado por arruinar a amizade entre os dois cientistas.

A teoria de Darwin sobre o surgimento das espécies também serviu como a teoria dos desaparecimentos. Extinção e evolução eram a urdidura e a trama do tecido da vida, ou, se preferir, duas faces da mesma moeda. "O aparecimento de novas formas e o desaparecimento de velhas formas" estavam, escreveu Darwin, "intrinsecamente ligados".[19] Nisso consistia a "luta pela existência", que recompensava o apto e eliminava o menos capaz.

> A teoria da seleção natural é baseada na crença de que cada nova variedade — e, em última análise, cada nova espécie — é produzida e conservada por dispor de alguma vantagem sobre aquelas com as quais compete. E a consequente extinção das formas menos favorecidas é uma decorrência quase inevitável.[20]

Darwin usou a analogia do gado. Quando uma variedade mais vigorosa e produtiva foi introduzida, logo tomou o lugar de outras raças. Ele observou que em Yorkshire, por exemplo, "é historicamente conhecido o fato de que o antigo gado negro foi substituído pelos de chifre longo", que foram mais tarde "eliminados" pelos de chifre curto, "como se tivessem sido vítimas de uma peste assassina".

Darwin salientou a simplicidade dessa teoria. A seleção natural era uma força tão poderosa que nenhuma outra se fazia necessária. Ao lado das origens miraculosas, as catástrofes capazes de transformar o mundo também podiam ser dispensadas. “Toda a questão da extinção das espécies tem sido envolvida no mais gratuito mistério”, escreveu, zombando implicitamente de Cuvier.

A partir das premissas de Darwin, seguiu-se um importante prognóstico. Se a extinção é causada pela seleção natural, e *somente* pela seleção natural, os dois processos devem ocorrer mais ou menos no mesmo ritmo. Quando muito, a extinção deve ocorrer de maneira mais gradual.

“A extinção completa das espécies de um grupo é, em geral, um processo mais lento do que sua produção”, observou Darwin a certa altura.[21]

Ninguém jamais testemunhara o surgimento de uma nova espécie, nem, segundo Darwin, deveria esperar por isso. O processo de formação das espécies (a especiação) é tão prolongado que chega a ser, para todos os efeitos, inobservável. “Não vemos qualquer aspecto dessas mudanças lentas em progresso”, escreveu Darwin. Era óbvio que as extinções deviam ser muito mais difíceis de testemunhar. Mas, ainda assim, não foram. Na verdade, durante os anos que Darwin passou entocado na Down House, desenvolvendo suas ideias sobre a evolução, os derradeiros indivíduos de uma das espécies mais famosas da Europa, o arau-gigante, desapareceram. Além disso, o evento foi descrito com esmero por ornitólogos britânicos. Nesse ponto, a teoria de Darwin foi diretamente contrariada pelos fatos, com potenciais implicações bastante profundas.

• • •

O Instituto de História Natural da Islândia ocupa um prédio novo numa colina isolada, na periferia de Reykjavik. O edifício tem o telhado inclinado, paredes de vidro inclinadas e parece um pouco com a proa de um navio. Foi projetado como um centro de pesquisa, fechado para o público, por isso é necessário marcar visita para ver

qualquer uma das espécies da coleção do instituto. Esses espécimes, como aprendi no dia em que lá estive, incluem um tigre empalhado, um canguru empalhado e um armário cheio de aves-do-paraíso empalhadas.

O motivo de minha visita ao instituto era seu arau-gigante. A Islândia ostenta a honra ambígua de ser o último lar conhecido dessas aves, e o espécime que eu queria observar fora morto em algum lugar do país — não se conhece o local exato — no verão de 1821. A carcaça da ave foi comprada por um conde dinamarquês, Frederik Christian Raben, que tinha ido à Islândia apenas para adquirir um arau-gigante para sua coleção (quase se afogando durante a tentativa). Raben levou o espécime para seu castelo, e o animal permaneceu em coleções particulares até 1971, quando foi leiloado em Londres. O Instituto de História Natural solicitou doações e, em três dias, os islandeses contribuíram com o equivalente a 10 mil libras esterlinas a fim de recomprar o arau-gigante. (Uma mulher com quem conversei, que tinha dez anos na época, lembrava-se de ter esvaziado seu cofre de porquinho para ajudar.) A Icelandair providenciou dois assentos no avião para a viagem de volta, um para o diretor do instituto e outro para a caixa que continha a ave.[22]

Guðmundur Guðmundsson, hoje diretor interino do instituto, fora designado para me mostrar o arau-gigante. Guðmundsson é um especialista em foraminíferos, minúsculas criaturas marinhas que formam conchas de aparência intricada, conhecidas como “testas”. A caminho da visita, paramos no escritório dele, repleto de caixas com pequenos tubos de ensaio, cada qual contendo uma amostra de testes, que chocalharam quando os peguei. Guðmundsson me contou que, em seu tempo livre, fazia traduções. Alguns anos antes, concluíra a primeira versão em islandês de *A origem das espécies*. O biólogo achou a prosa de Darwin bem difícil — “frases dentro de frases, dentro de frases” —, e o livro, *Uppruni Tegundanna*, não vendera bem, talvez pelo fato de muitos islandeses serem fluentes em inglês.

Seguimos para o depósito das coleções do instituto. O tigre

empalhado, embrulhado em plástico, parecia prestes a saltar sobre o canguru. O arau-gigante — *Pinguinus impennis* — estava exposto sozinho, num recipiente de acrílico feito sob encomenda, empoleirado numa falsa rocha, ao lado de um falso ovo.

Como o nome sugere, o arau-gigante era uma ave enorme. Adulta, podia passar de oitenta centímetros de altura. O arau-gigante não voava — era uma das poucas aves no hemisfério Norte incapazes de voar —, e suas asas curtas e grossas eram quase cômicas, de tão pequenas em comparação ao corpo. O arau que observei no instituto tinha penas marrons nas costas, mas é provável que fossem pretas quando o animal estava vivo e desde então tivessem desbotado. “Os raios ultravioleta”, explicou Guðmundsson, com pesar, “destroem a plumagem”. As penas no peito do arau eram brancas e havia uma mancha branca logo abaixo de cada olho. A ave tinha sido empalhada com sua característica mais particular — o bico largo com sulcos intricados — ligeiramente inclinada para cima, o que lhe conferia uma aparência tristemente arrogante.

Guðmundsson explicou que o arau-gigante ficara exposto em Reykjavik até 2008, quando o governo islandês reestruturou o instituto. Nessa época, uma nova agência governamental deveria estabelecer um novo lar para a ave, mas vários percalços, incluindo uma crise financeira, impediram que isso acontecesse. Foi por isso que encontrei o arau do conde Raben sentado sobre sua falsa rocha num canto do depósito. Sobre a rocha, havia uma inscrição pintada, que Guðmundsson traduziu para mim: A AVE AQUI EXPOSTA FOI MORTA EM 1821. TRATA-SE DE UNS DOS POUCOS ARAUS-GIGANTES AINDA EXISTENTES.

• • •

Em seu apogeu, ou seja, antes de os humanos descobrirem como chegar aos locais onde o animal formava seus ninhos, o arau-gigante se espalhava da Noruega até a Terra Nova (no Canadá) e da Itália até a Flórida. Sua população provavelmente chegava a milhões de indivíduos. Quando os seres humanos se estabeleceram

na Islândia, vindos da Escandinávia, os araus-gigantes eram tão comuns que costumavam ser servidos no jantar, e seus restos mortais foram encontrados em locais equivalentes a depósitos de lixo doméstico do século X. Em Reykjavik, visitei um museu construído sobre as ruínas do que se pensava ser uma das estruturas mais antigas da Islândia — uma casa rústica construída com torrões de grama. Segundo uma das exposições do museu, o arau-gigante era presa fácil para os habitantes medievais da Islândia. Além de dois ossos da ave, a exposição apresentava uma recriação em vídeo de um encontro remoto entre o homem e o arau. No vídeo, um vulto sombrio rasteja pelo litoral rochoso na direção de um arau, também sombrio. Quando chega perto o suficiente, saca uma vara e acerta a cabeça do animal. O arau reage com um grito, algo entre uma buzina e um grunhido. O vídeo era sombrio e fascinante, e assisti à cena mais umas seis vezes. Rastejamento, espancamento, grasno. Repetir.

Até onde se pode determinar, os araus-gigantes viviam de modo bem semelhante ao dos pinguins. Na verdade, os araus-gigantes eram os “pinguins” originais. Eles foram assim chamados — a etimologia de “pinguim” é incerta e pode ou não ter origem no latim *pinguis*, que significa “gordura” — pelos marinheiros europeus que os encontraram no Atlântico Norte. Mais tarde, quando gerações subsequentes de marinheiros encontraram no hemisfério Sul aves de coloração semelhante e incapazes de voar, usaram o mesmo nome — o que gerou muita confusão, já que os araus e os pinguins pertencem a famílias completamente diferentes. (Pinguins constituem uma família própria, ao passo que os araus são membros da família que inclui os papagaios-do-mar e as tordas. Análises genéticas mostraram que as tordas-mergulheiras são os parentes vivos mais próximos dos araus-gigantes.)[23]

Como os pinguins, os araus-gigantes eram exímios nadadores — relatos de testemunhas oculares atestam que as aves possuíam uma “velocidade espantosa” dentro da água — e passavam a maior parte da vida no mar.[24] Contudo, durante a época de reprodução, em maio e junho, bamboleavam pela terra firme em grandes

quantidades, momento em que ficavam mais vulneráveis. Os nativos americanos sem dúvida caçavam araus-gigantes — numa cova remota no Canadá, foram descobertos mais cem bicos desse pássaro —, assim como os europeus paleolíticos: ossos de araus-gigantes foram encontrados em sítios arqueológicos na Dinamarca, na Suécia, na Espanha, na Itália e em Gibraltar, entre outros lugares.[25] Quando os primeiros colonizadores chegaram à Islândia, muitos dos locais de procriação da ave haviam sido pilhados e já deviam estar bastante reduzidos. Foi quando começou a matança em massa.

Atraídos pela abundante pesca de bacalhau, os europeus começaram a viajar para a Terra Nova com frequência no início do século XVI. Pelo caminho, encontraram lajes de granito rosado com uma superfície de aproximadamente duzentos mil metros quadrados que sobressaíam entre as ondas. Na primavera, a laje ficava coberta de pássaros posicionados, por assim dizer, ombro a ombro. Muitos deles eram gansos-patola ou tordas-mergulheiras; os demais eram araus-gigantes. A laje, a cerca de sessenta quilômetros da costa nordeste da Terra Nova, tornou-se conhecida como ilha das Aves ou, em alguns relatos, ilha dos Pinguins — hoje chamada Ilha Funk. Ao fim de uma longa viagem transatlântica, quando as provisões começavam a escassear, a carne fresca era preciosa, e logo notaram a facilidade com que os araus podiam ser capturados na laje. Num relato datado de 1534, o explorador francês Jacques Cartier escreveu que alguns dos habitantes da ilha das Aves eram “grandes como gansos”.

> Ficam sempre dentro da água e são incapazes de voar, já que possuem asas bem curtas (...) com as quais (...) se movem tão rápido dentro da água quanto outras aves no ar. E são maravilhosamente gordas. Em menos de meia hora, enchemos dois barcos com elas, como se fossem pedras, de modo que aquelas que não comemos frescas foram salgadas, e cada navio dispunha de cinco ou seis barris cheios delas.[26]

Uma expedição britânica que desembarcou na ilha alguns anos mais tarde encontrou-a “cheia de grupos numerosos”. Os homens levaram “uma grande quantidade” para suas embarcações e

atestaram que os animais eram saborosos — “carne muito boa e nutritiva”. Um relato de 1622, feito pelo comandante Richard Whitbourne, descreve araus-gigantes sendo levados para os navios “a centenas de cada vez, como se Deus tivesse transformado a inocência daquelas pobres criaturas num admirável instrumento de sustento para o Homem”.[27]

Ao longo de várias décadas seguintes, o homem encontrou outras utilizações para os araus-gigantes, além do “sustento”. (Conforme observou um historiador, “os araus-gigantes da Ilha Funk foram explorados de todas as maneiras que o engenho humano podia conceber”.)[28] Os araus eram usados como isca para peixes, como fonte de plumas para forrar colchões e como combustível. Cercas de pedra foram erguidas na Ilha Funk — ainda hoje existem vestígios delas —, e as aves eram arrebanhadas para seu interior até que alguém tivesse tempo para abatê-las. Ou não. Segundo um marinheiro inglês chamado Aaron Thomas, que navegou até a Terra Nova a bordo do navio real *Boston*:

> Se o que se queria eram suas penas, ninguém se dava ao trabalho de matá-los, bastava agarrar um deles e arrancar o máximo de penas possível. Em seguida, largava-se o pobre pinguim à deriva, com a pele parcialmente nua e dilacerada, deixando-o perecer a seu bel-prazer.

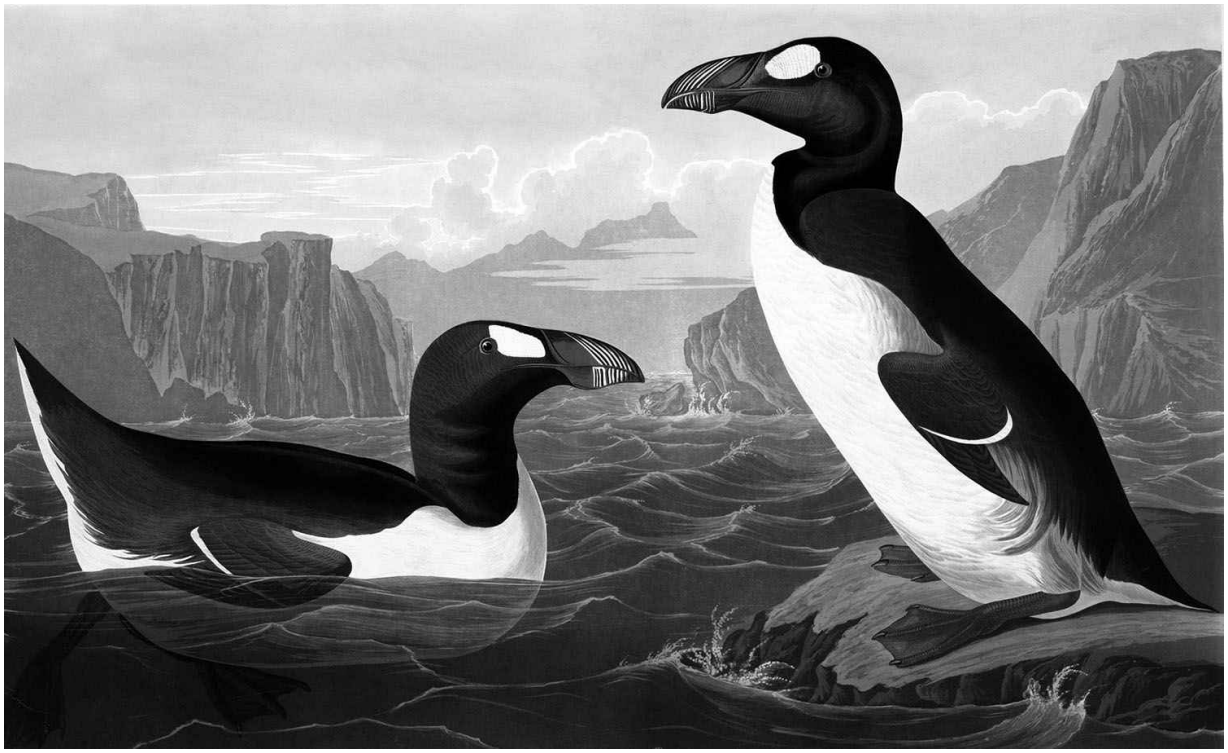
Não há árvores na Ilha Funk, portanto, não há nada para queimar. Isso levava a outra prática relatada por Thomas.

> Basta pegar uma caldeira, colocar dentro dela um ou dois pinguins e acender um fogo embaixo, e esse fogo é totalmente feito dos próprios pinguins. Seus corpos têm tanto óleo que logo produzem uma chama.[29]

Estima-se que, quando os europeus desembarcaram pela primeira vez na Ilha Funk, tenham encontrado centenas de milhares de casais de araus-gigantes cuidando de centenas de milhares de ovos.[30] (É provável que os araus-gigantes produzissem apenas um ovo por ano. Cada um tinha cerca de doze centímetros de altura e era pontilhado, ao estilo Jackson Pollock, de marrom e preto.) É certo que a colônia de reprodução da ilha deve ter sido bem grande,

para sobreviver a mais de dois séculos de devastação. No fim do século XVIII, porém, a quantidade de aves diminuíra bastante. O comércio de penas tinha se tornado tão lucrativo que grupos de homens passavam o verão inteiro na Ilha Funk, escaldando e depenando os animais. Em 1785, George Cartwright, um comerciante e explorador inglês, observou esses homens: “A destruição que causaram é inacreditável.”[31] Se não interrompessem logo aquelas atividades, previa ele, os araus-gigantes logo “seriam dizimados”.

Não se sabe ao certo se esses homens conseguiram matar até o último dos araus da ilha ou se a chacina simplesmente reduziu tanto a colônia que ela se tornou vulnerável a outras forças naturais. (A redução da densidade populacional pode ter tornado a sobrevivência menos provável para os indivíduos restantes, um fenômeno conhecido como efeito Allee.) Em todo caso, a data que se costuma estipular para a extirpação dos araus-gigantes da América do Norte é 1800. Cerca de trinta anos mais tarde, enquanto trabalhava em seu *As aves da América*, John James Audubon viajou para a Terra Nova em busca do arau-gigante para pintá-lo vivo. Ele não conseguiu achar nenhum e, para fazer a ilustração, precisou improvisar com uma ave empalhada da Islândia comprada por um negociante em Londres. Em sua descrição do arau-gigante, Audubon escreveu que era “raro e imprevisto nas costas da Terra Nova” e que diziam “que procriava sobre uma rocha daquela ilha”[32] — uma contradição curiosa, visto que nenhuma procriação pode ser considerada “imprevista”.


9. Araus-gigantes de Audubon.

• • •

Depois que as aves da Ilha Funk foram salgadas, depenadas e fritas até as cinzas do esquecimento, sobrou apenas uma colônia de dimensão razoável de araus-gigantes no mundo, numa ilha chamada Geirfuglasker, ou “ilhota do arau-gigante”, a cerca de cinquenta quilômetros da península de Reykjanes, no sudoeste da Islândia. Para grande infelicidade das aves, uma erupção vulcânica destruiu Geirfuglasker em 1830. Com isso, restou-lhes apenas um único refúgio solitário, uma ilha minúscula conhecida como Eldey. Àquela altura, o arau-gigante enfrentava uma nova ameaça: sua própria raridade. Peles e ovos eram avidamente cobiçados por cavalheiros como o conde Raben, que queriam enriquecer suas coleções. E foi a serviço desses entusiastas que o último casal conhecido de araus foi morto em Eldey, em 1844.

Antes de partir para a Islândia, resolvi visitar o último paradeiro do arau. Eldey fica a somente cerca de dezesseis quilômetros da costa da península de Reykjanes, logo ao sul de Reykjavik. No entanto, viajar até a ilha se revelou muito mais difícil do que eu

imaginara. Todas as pessoas com quem conversei na Islândia me disseram que ninguém ia até lá. Enfim, um amigo islandês entrou em contato com o pai, pastor em Reykjavik, que por sua vez procurou um amigo que é gerente de um centro de reserva natural numa cidadezinha na península conhecida como Sandgerði. O diretor do centro ecológico, Reynir Sveinsson, então, encontrou um pescador, Halldór Ármannsson, que se mostrou disposto a me levar até lá, mas só se as condições climáticas fossem favoráveis: se chovesse ou ventasse, a viagem seria perigosa e nauseante demais, e ele não queria correr esse risco.

Por sorte, o tempo estava ótimo no dia marcado. Encontrei Sveinsson no centro ecológico, que mantém uma exposição sobre um explorador francês, Jean-Baptiste Charcot, morto quando seu navio, com o nome infeliz de *Pourquoi-Pas*, naufragou perto de Sandgerði, em 1936. Caminhamos até o ancoradouro e encontramos Ármannsson carregando um baú para a embarcação, chamada *Stella*. Ele explicou que dentro do baú havia uma balsa salva-vidas suplementar. “Regras”, disse, dando de ombros. Ármannsson também trouxera com ele seu parceiro de pesca e uma caixa de isopor cheio de refrigerantes e biscoitos. Ele parecia contente por estar saindo ao mar sem ter que pescar bacalhau.

Nós nos afastamos do porto e rumamos para o sul, circundando a península de Reykjanes. O céu estava claro o suficiente para que conseguíssemos ver os picos nevados de Snæfellsjökull, a cerca de cem quilômetros de distância. (Para os leitores de Júlio Verne, Snæfellsjökull é mais conhecido como o local onde o herói de *Viagem ao centro da Terra* descobre um túnel que atravessa o globo.) Como é bem menor do que Snæfellsjökull, Eldey ainda não estava visível. Sveinsson explicou que o nome Eldey significa “ilha de fogo”. Disse também que, embora tivesse passado toda a vida naquela região, nunca havia ido até lá. Ele trouxera uma câmera sofisticada e não parava de tirar fotos.

Enquanto Sveinsson disparava sua câmera, bati um papo com Ármannsson dentro da pequena cabine do *Stella*. Fiquei intrigada ao reparar que seus olhos tinham duas cores muito diferentes, um azul e outro castanho. Ele me contou que, em geral, pescava bacalhau

com uma longa linha de dez quilômetros que arrastava doze mil anzóis. Levava quase dois dias para colocar iscas nos anzóis, o que era tarefa de seu pai. Uma boa pesca podia chegar a mais de sete toneladas. Ármannsson com frequência dormia a bordo do *Stella*, que estava equipado com um micro-ondas e dois leitos estreitos.

Depois de um tempo, Eldey surgiu no horizonte. A ilha parecia a base de uma enorme coluna, ou um pedestal gigante pronto para sustentar uma estátua ainda mais colossal. Quando chegamos a cerca de um quilômetro e meio de distância, vi que o cume da ilha, que de longe parecia plano, na verdade era inclinado num ângulo de aproximadamente dez graus. Chegamos pela extremidade mais baixa para conseguirmos avistar toda a superfície. Ela era branca e parecia encrespada. Ao chegarmos mais perto, percebi que o que a encrespava eram pássaros — tantos que pareciam cobrir a ilha toda — e, mais perto ainda, reparei que se tratava de gansos-patola — criaturas elegantes com pescoço comprido, cabeça cor de creme e bico afilado. Sveinsson explicou que Eldey era o hábitat de uma das maiores colônias mundiais de gansos-patola do norte — cerca de trinta mil casais. Ele me mostrou uma estrutura piramidal no alto da ilha. Era a plataforma onde a agência ambiental islandesa havia instalado uma *webcam*. Ela deveria transmitir ao vivo o comportamento dos gansos-patola para os observadores de pássaros, mas não funcionara conforme o previsto.

“As aves não gostam da câmera”, explicou Sveinsson. “Então a sobrevoam e defecam em cima dela.” O guano de trinta mil casais de gansos-patola sobre a ilha parece uma cobertura de baunilha.

Por causa dos gansos-patola, e talvez também por conta da história da ilha, não é permitido o desembarque de visitantes em Eldey sem autorização especial (dificílima de ser obtida). Quando ouvi isso pela primeira vez, fiquei decepcionada, mas, ao chegar perto da ilha e notar a maneira como o mar batia nos penhascos, minha sensação foi de alívio.


10. Ilha Eldey.

• • •

As últimas pessoas que viram os araus-gigantes vivos foram cerca de doze islandeses que fizeram uma viagem até Eldey num barco a remo. Eles partiram numa noite de junho de 1844, remaram a noite toda e chegaram à ilha na manhã seguinte. Com alguma dificuldade, três deles conseguiram escalar a ilha no único ponto de desembarque possível: um recife rochoso mais raso que se estende da ilha em direção nordeste. (Um quarto homem, que deveria acompanhá-los, recusou-se a desembarcar, alegando que era perigoso demais.) Àquela época, a população total de araus da ilha, que provavelmente nunca fora numerosa, parecia consistir apenas de um único casal e um ovo. Ao avistarem os seres humanos, as aves tentaram fugir, mas eram lentas demais. Em poucos minutos, os islandeses capturaram os araus e os estrangularam. Eles notaram que o ovo tinha rachado, talvez por conta da fuga precipitada, então o deixaram para trás. Dois dos homens

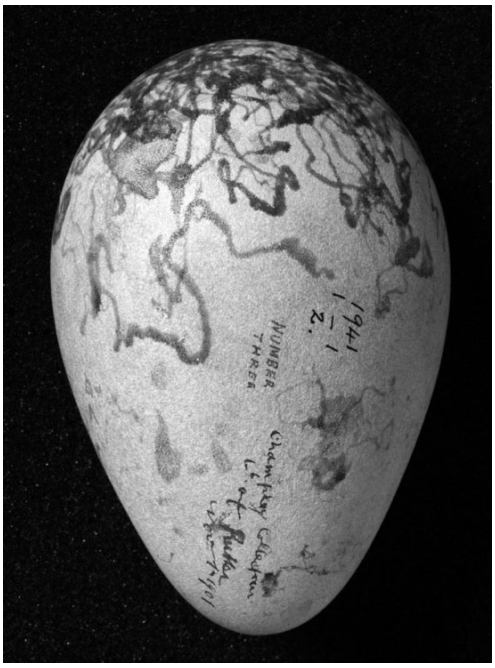
conseguiram pular para dentro do barco, o terceiro precisou ser rebocado pelas ondas com uma corda.

Os detalhes sobre os últimos momentos do arau-gigante, inclusive o nome dos homens que mataram as aves — Sigurður Iselfsson, Ketil Ketilsson e Jón Brandsson —, são conhecidos porque catorze anos depois, no verão de 1858, dois naturalistas britânicos viajaram até a Islândia à procura das aves. O mais velho deles, John Wolley, era médico e ávido colecionador de ovos. O mais jovem, Alfred Newton, era pesquisador de Cambridge e logo se tornaria o primeiro professor de zoologia da universidade. Ambos passaram várias semanas na península de Reykjanes, perto do local onde hoje se encontra o aeroporto internacional da Islândia, e, durante esse tempo, parecem ter conversado com todas as pessoas que já tinham visto um arau, ou ao menos ouvido falar de um — incluindo vários dos homens que haviam participado da expedição de 1844. O casal de aves morto nessa viagem, descobriram eles, fora vendido para um negociante pelo equivalente a 9 libras esterlinas. As vísceras das aves foram enviadas para o Museu Real de Copenhague, e ninguém sabia que fim levaram as peles. (Uma investigação subsequente rastreou a pele da fêmea de um arau hoje exposto no Museu de História Natural de Los Angeles.)[33]

Wolley e Newton queriam ir a Eldey, mas o tempo ruim os impediu. “Barco e homens foram contratados, provisões armazenadas a bordo, mas não houve sequer uma oportunidade para zarpar que oferecesse condições de desembarcar na ilha”, escreveria Newton, mais tarde. “Foi com o coração pesado que assistimos à estação chegar ao fim.”[34]

Wolley morreu pouco depois de a dupla voltar para a Inglaterra. Para Newton, a experiência da viagem se revelou transformadora. Concluindo que os araus haviam desaparecido — “para todos os fins práticos, podemos doravante falar deles como uma coisa do passado” —, ele desenvolveu o que um biógrafo chamou de uma “atração particular” por “faunas extintas ou em vias de extinção”.[35] Newton se deu conta de que as aves que procriavam ao longo da extensa costa britânica também corriam perigo. Ele observou que

esses animais estavam sendo mortos em grande quantidade por mera diversão.



11. Os araus-gigantes botavam apenas um ovo por ano.

“A ave que se mata é um genitor”, disse, dirigindo-se à Associação Britânica para o Avanço da Ciência. “Tiramos vantagem de seus instintos mais sagrados para emboscá-los e, tirando a vida do genitor, condenamos sua cria à mais desgraçada forma de morte, a fome. Se isso não é crueldade, então o que é?” Newton propunha uma proibição da caça durante o período de procriação, e seu empenho resultou numa das primeiras leis no sentido do que hoje chamaríamos de proteção da vida selvagem: a Lei de Preservação das Aves Marinhas.

• • •

Por coincidência, o primeiro ensaio de Darwin sobre seleção natural foi publicado justamente quando Newton voltava da Islândia. O ensaio, no *Journal of the Proceedings of the Linnean Society*, havia sido editado às pressas — com o auxílio de Lyell —, logo após Darwin descobrir que um jovem naturalista chamado Alfred Russel Wallace trabalhava com uma teoria semelhante. (Um ensaio escrito

por Wallace foi publicado no mesmo número do *Journal*.) Newton leu o ensaio de Darwin logo após o lançamento, o que o fez ficar acordado até tarde para terminá-lo, e na mesma hora tornou-se um neófito na teoria da evolução. “Ela veio a mim como uma revelação direta de uma força superior”, lembraria mais tarde, “e acordei na manhã seguinte consciente de que havia um fim para todo o mistério no simples termo ‘Seleção Natural’”.[36] Ele escreveu a um amigo contando que tinha sido contaminado pelo “puro e absoluto darwinismo”.[37] Alguns anos mais tarde, Newton e Darwin começaram a trocar cartas — Newton chegou a enviar a Darwin uma pata machucada de perdiz, que na sua opinião poderia interessar ao colega — e, em certo ponto, começaram a trocar visitas.

Não se sabe se os araus-gigantes chegaram a ser mencionados em suas conversas. Nada é mencionado nas correspondências preservadas entre os dois, tampouco Darwin aludiu à ave ou ao seu desaparecimento recente em qualquer outro de seus textos.[38] Contudo, Darwin devia estar a par das extinções provocadas pelo homem. Em Galápagos, ele mesmo testemunhara, se não um caso preciso de extinção em atividade, pelo menos algo bem perto disso.

A primeira visita de Darwin ao arquipélago ocorreu no outono de 1835, quase no quarto ano de viagem do *Beagle*. Na ilha Charles — hoje Floreana —, ele conheceu um inglês chamado Nicholas Lawson, governador interino de Galápagos e também diretor de uma pequena e deprimente colônia penal. Lawson dispunha de diversas informações úteis. Dentre os fatos que relatou a Darwin, disse que em cada uma das ilhas em Galápagos as tartarugas tinham cascos diferentes. Com base nisso, Lawson afirmava que seria capaz de “indicar de qual ilha cada tartaruga seria trazida”.[39] Lawson também contou a Darwin que as tartarugas tinham seus dias contados. As ilhas costumavam ser visitadas por navios-baleeiros, que capturavam os animais maiores para suas provisões de viagem. Apenas alguns anos antes, uma fragata que visitava a ilha Charles zarpara transportando duzentas tartarugas em seus porões. Em seu diário, Darwin anotou que, em consequência disso,

“a quantidade foi bastante reduzida”. Na época da visita do *Beagle*, as tartarugas tinham se tornado tão escassas na ilha Charles que Darwin, ao que tudo indica, não viu uma sequer. Lawson previa que as tartarugas da ilha Charles, hoje conhecidas como *Chelonoidis elephantopus*, desapareceriam por completo em vinte anos. Na verdade, elas provavelmente desapareceram em menos de dez.[40] (Ainda é debatido se a *Chelonoidis elephantopus* era uma espécie distinta ou uma subespécie.)

A familiaridade de Darwin com a extinção provocada pelo ser humano também está evidente em *A origem das espécies*. Em um dos vários trechos nos quais o cientista desdenha dos catastrofistas, ele observa que os animais se tornam raros antes de se tornarem extintos: “Sabemos que esse tem sido o processo dos eventos com aqueles animais que foram exterminados, seja localmente ou no mundo todo, por meio da ação humana.” Trata-se de uma alusão ligeira e, em sua brevidade, bastante sugestiva. Darwin supõe que seus leitores estejam familiarizados e já habituados a tais “eventos”. Ele próprio não parece achar nada de notável ou inquietante em relação a isso. Mas a extinção provocada pelo ser humano é evidentemente perturbadora por várias razões, algumas relacionadas à própria teoria de Darwin, e é intrigante que um escritor perspicaz e autocrítico como ele não tenha percebido isso.

Em *A origem das espécies,* Darwin não elaborou uma distinção entre o homem e outros organismos. Como reconheciam ele e muitos de seus contemporâneos, essa equivalência era o aspecto mais radical de seu trabalho. Os seres humanos, assim como qualquer outra espécie, descendiam, com modificações, de ancestrais antigos. Mesmo as qualidades que pareciam distinguir as pessoas — linguagem, saberes e o sentido do certo e do errado — tinham se desenvolvido da mesma maneira que outros traços de adaptação, como os bicos mais longos ou dentes incisivos mais afiados. No cerne da teoria de Darwin, como observou um de seus biógrafos, está “a negação de um status especial para os seres humanos”.[41]

E o que era verdade em relação à evolução também deveria

valer para a extinção, já que, na opinião de Darwin, a segunda era apenas um efeito colateral da primeira. Espécies eram aniquiladas, assim como eram criadas, por “causas de ação lenta e ainda existentes”, o que significa por meio da competição e da seleção natural. Evocar qualquer outro mecanismo nada mais era do que mistificação. Mas, então, como encontrar sentido em casos como o do arau-gigante e da tartaruga da ilha Charles, ou, dando sequência à lista, do dodô e da vaca-marinha-de-steller? Esses animais não foram exterminados por espécies rivais que aos poucos desenvolveram vantagens competitivas. Foram todos eliminados por uma mesma espécie e de repente — no caso do arau-gigante e da tartaruga da ilha Charles, durante a vida do próprio Darwin. Ou deveria haver uma categoria isolada para a extinção provocada pelo ser humano — e nesse caso as pessoas realmente *mereceriam* seu “status especial” como criaturas à parte da natureza —, ou seria preciso criar espaço na ordem natural para o cataclismo, e nesse caso Cuvier estava — assustadoramente — certo.

CAPÍTULO IV

A SORTE DAS AMONITES

Discoscaphites jerseyensis

A CIDADE SERRANA DE Gubbio, cerca de 150 quilômetros ao norte de Roma, pode ser descrita como um município fossilizado. As ruas são tão estreitas que em várias delas nem mesmo o Fiat mais compacto consegue passar, e as *piazzas* de pedras cinzentas mantêm a mesma aparência que tinham na época de Dante. (Na verdade, foi um poderoso gubbiano, empossado como prefeito de Florença, que planejou o exílio de Dante, em 1302.) Se você visitar Gubbio no inverno, como eu fiz, quando não há mais turistas, os hotéis estão fechados e o palácio da cidade, que parece ter saído de um livro infantil, está deserto, terá a vaga impressão de que o lugar foi enfeitiçado e aguarda que alguém o desperte.

Pouco depois dos limites da cidade, um desfiladeiro estreito avança para o nordeste. As paredes do lugar conhecido como Gola del Bottaccione são formadas por faixas diagonais de calcário. Muito antes de as pessoas se instalarem na região — muito antes de as pessoas existirem —, Gubbio ficava no fundo de um mar azul e límpido. Restos de minúsculas criaturas marinhas foram depositados sobre o solo desse mar, acumulando-se ano após ano, século após século, milênio após milênio. No soerguimento da crosta terrestre que criou os montes Apeninos, o calcário foi erguido e se inclinou num ângulo de 45 graus. Subir esse desfiladeiro hoje em dia é viajar através do tempo, camada por camada. No espaço de algumas centenas de metros, pode-se cobrir quase cem milhões de anos.

A Gola del Bottaccione é atualmente um destino turístico pelos próprios méritos, ainda que para um público mais restrito e

especializado. Foi lá que, no fim dos anos 1970, um geólogo chamado Walter Alvarez, que fora estudar as origens dos Apeninos, acabou, meio que por acidente, reescrevendo a história da vida. No desfiladeiro, ele descobriu os primeiros vestígios do asteroide gigante que pôs fim ao período cretáceo e provocou o que pode ter sido o pior dia do planeta Terra. Quando enfim a poeira — nesse caso, literal e figurativa — baixou, cerca de três quartos de todas as espécies tinham desaparecido.



12. Camada de argila em Gubbio, com um bombom marcando o local.

As evidências do impacto do asteroide estão numa fina camada de argila no meio da subida do desfiladeiro. Os turistas podem estacionar num desvio construído ali perto. Há também um pequeno quiosque explicando, em italiano, a importância daquele sítio. É fácil notar a camada de argila. Ela já foi remexida por centenas de dedos, um pouco como os pés de bronze de São Pedro, em Roma, gasto pelos beijos dos peregrinos. O dia da minha visita estava

nublado e revolto, e só havia eu por ali. Pensei no que levava as pessoas a enfiar os dedos naquela terra. Seria simples curiosidade? Uma forma de bisbilhotice geológica? Ou seria algo mais empático: o desejo de fazer contato — ainda que atenuado — com um mundo perdido? Eu também, é claro, tive que cutucar. Toquei na ranhura e raspei um pedacinho de argila. Ele tinha cor de tijolo desbotado e consistência de barro seco. Coloquei um pouco dentro de uma embalagem de bombom e enfiei no bolso — meu próprio naco do desastre planetário.

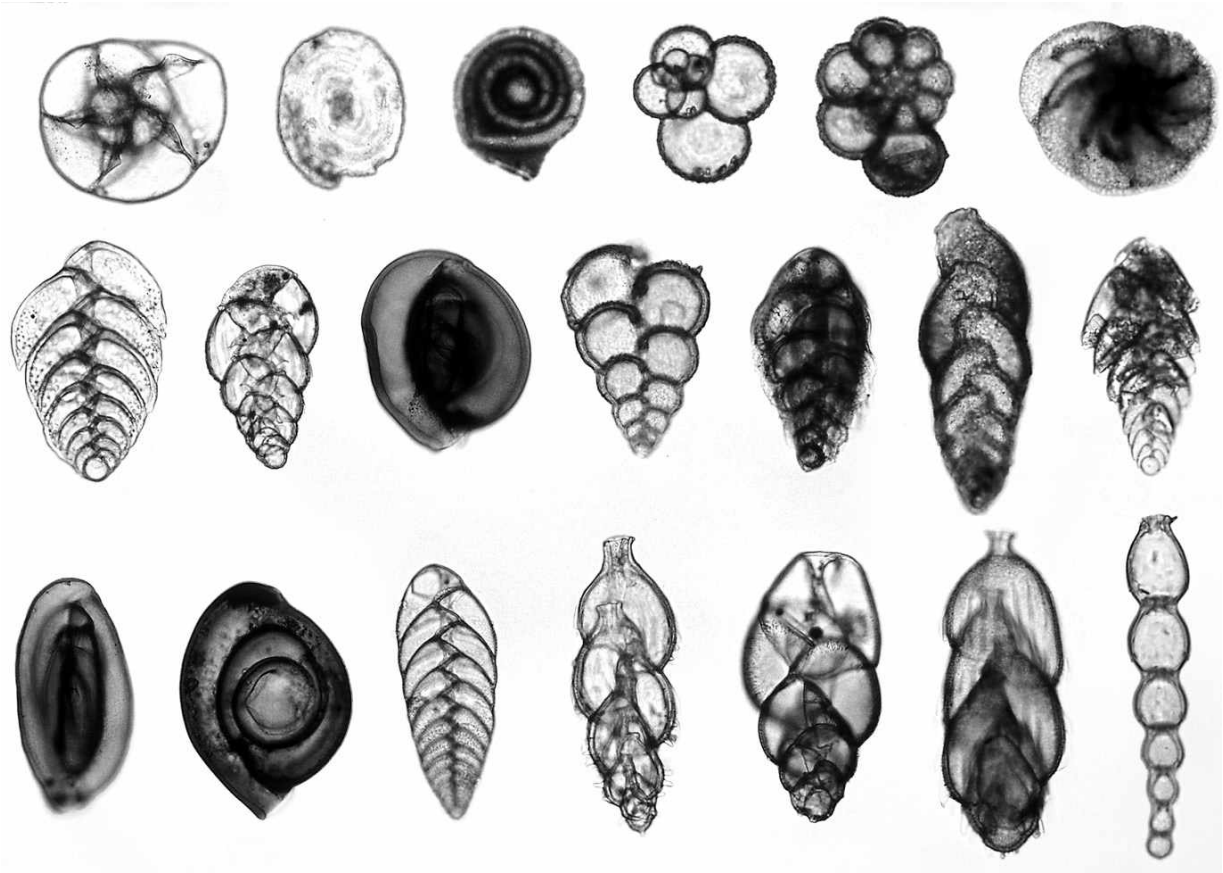
• • •

Walter Alvarez é descendente de uma longa linhagem de cientistas ilustres. Seu bisavô e seu avô foram médicos notórios, e seu pai, Luis, era físico na Universidade da Califórnia em Berkeley. Mas foi sua mãe, que o levava para longos passeios pelas montanhas de Berkeley, quem despertou seu interesse pela geologia. Walter fez pós-graduação em Princeton e foi trabalhar na indústria petrolífera. (Ele morava na Líbia quando Muammar Kadhafi tomou o poder, em 1969.) Alguns anos depois, conseguiu uma vaga de pesquisador no Lamont-Doherty Earth Observatory, acima de Manhattan, do outro lado do rio Hudson. Na época, o que às vezes é chamado de "revolução da tectônica de placas" influenciava toda a profissão, e praticamente todo mundo em Lamont foi arrebatado por ela.

Com base na tectônica de placas, Alvarez resolveu tentar elucidar como surgira a península Itálica. O essencial para o projeto era uma espécie de calcário avermelhado, conhecido como *scaglia rosso*, que pode ser encontrado, entre outros lugares, em Gola del Bottaccione. O projeto avançou, emperrou e mudou de rumo. "Na ciência, às vezes é melhor ser sortudo do que inteligente", diria Alvarez mais tarde sobre esses eventos.[1] Até que, um dia, ele foi trabalhar em Gubbio com uma geóloga italiana chamada Isabella Premoli Silva, especialista em foraminíferos.

Os foraminíferos são minúsculas criaturas marinhas que formam pequenas conchas ou testas de calcita, que se depositam no solo dos oceanos quando os animais em seu interior morrem. As testas

têm uma forma peculiar, variando de uma espécie para outra. Algumas lembram colmeias (se ampliadas); outras, tranças, bolhas ou cachos de uvas. As populações de foraminíferos tendem a ser bem distribuídas e são preservadas em abundância, o que os torna bastante úteis para a classificação de fósseis: com base nas espécies de foraminíferos encontradas em determinada camada, uma especialista como Silva pode determinar a idade da rocha. Ao subirem a Gola del Bottaccione, Silva mostrou para Alvarez uma sequência curiosa. O calcário do último estágio do período cretáceo continha foraminíferos diversificados, abundantes e relativamente grandes, muitos do tamanho de grãos de areia. Exatamente acima, havia uma camada de argila, com pouco mais de um centímetro de espessura, sem foraminíferos. Acima da argila, havia uma rocha calcária com mais foraminíferos, mas que pertenciam a somente algumas espécies, todas bem pequenas e muito diferentes das maiores que havia embaixo.



13. Foraminíferos têm formas peculiares e, às vezes, extravagantes.

A formação de Alvarez havia sido baseada, em suas próprias palavras, num “tipo de uniformitarismo radical”.[2] Ele fora instruído para acreditar, depois de Lyell e Darwin, que o desaparecimento de qualquer grupo de organismos deveria ser um processo gradual, no qual uma espécie se extinguisse aos poucos, depois outra, então uma terceira, e assim por diante. Observando a sequência nas rochas calcárias de Gubbio, porém, notou algo diferente. As várias espécies de foraminíferos na camada inferior pareciam desaparecer de repente e mais ou menos ao mesmo tempo. O processo inteiro, Alvarez se recordaria mais tarde, de fato “parecia muito abrupto”. Além disso, havia a questão curiosa do tempo. Os foraminíferos maiores pareciam sumir bem no ponto em que se pensa que o último dinossauro foi extinto. Isso pareceu ser mais do que uma simples coincidência. Alvarez pensou que seria interessante saber exatamente quanto tempo representava aquela argila de um centímetro de espessura.

Em 1977, Alvarez conseguiu um emprego em Berkeley, onde seu pai, Luis, ainda trabalhava, e levou consigo para a Califórnia as amostras coletadas em Gubbio. Enquanto Walter estudava a tectônica das placas, Luis ganhou o Prêmio Nobel. Ele também desenvolvera o primeiro acelerador linear de partículas, inventara uma nova espécie de câmara de borracha, projetara vários sistemas de radar inovadores e, com alguns colegas, descobrira o trítio. Em Berkeley, Luis ficou conhecido como “o homem de ideias indômitas”. Intrigado com o debate sobre a existência de câmaras repletas de tesouros dentro da segunda maior pirâmide do Egito, a certa altura planejou um teste que exigia a instalação de um detector de múon no deserto. (O detector mostrou que, na verdade, a pirâmide era formada de rochas sólidas.) Em outra ocasião, interessou-se pelo assassinato do presidente Kennedy e realizou uma experiência que envolvia embalar melões em fita adesiva e atingi-los com disparos de rifles. (A experiência demonstrou que o movimento da cabeça do presidente após ser atingido era coerente com as descobertas da Comissão Warren, encarregada da investigação.) Quando Walter contou ao pai sobre o enigma de Gubbio, Luis ficou fascinado. Foi

ele quem teve a ideia indômita de avaliar a idade da argila utilizando irídio.

O irídio é um elemento extremamente raro na superfície terrestre, mas bem comum em meteoritos. Na forma de grãos microscópicos de poeira cósmica, fragmentos de meteoritos formam uma chuva constante sobre o planeta. Luis pensou que, quanto mais tempo a camada de argila tivesse levado para se acumular, mais poeira cósmica teria caído, e, assim, mais irídio ela conteria. Ele entrou em contato com um colega de Berkeley, Frank Asaro, cujo laboratório era um dos poucos que dispunham dos equipamentos adequados para esse tipo de análise. Asaro concordou em realizar os testes com uma dúzia de amostras, embora dissesse duvidar muito de que chegassem a algum resultado. Walter lhe deu algumas amostras de calcário da parte superior da camada de argila, algumas da parte inferior e algumas da própria argila. Em seguida, esperou. Nove meses depois, recebeu um telefonema. Havia alguma coisa muito errada com as amostras da camada de argila. A quantidade de irídio nelas era extraordinária.[3]

Ninguém sabia o que fazer com essa informação. Seria uma estranha anomalia ou algo mais importante? Walter viajou para a Dinamarca, a fim de coletar alguns sedimentos do período cretáceo tardio dos penhascos de calcário conhecidos como Stevns Klint. Ali, o fim do Cretáceo aparece como uma camada de argila preta como piche e com cheiro de peixe morto. Quando as fedorentas amostras dinamarquesas foram analisadas, elas também revelavam níveis astronômicos de irídio. Um terceiro conjunto de amostras, vindo de South Island, na Nova Zelândia, também mostrou um “pico” de irídio ao fim do Cretáceo.

Os colegas de Luis contam que o físico reagiu à notícia “como um tubarão atraído por sangue”[4] — ele pressentiu a oportunidade de uma grande descoberta. Os dois Alvarez discutiram teorias, mas elas não se encaixavam nos dados disponíveis ou eram descartadas após novos testes. Então, enfim, depois de quase um ano de impasses, chegaram à hipótese do impacto. Num dia comum, 65 milhões de anos atrás, um asteroide de dez quilômetros

de largura colidiu com a Terra. Ao explodir após a colisão, ele liberou energia na ordem de cem milhões de megatons de TNT, ou um milhão de vezes mais do que a mais poderosa bomba de hidrogênio já testada. Os detritos, incluindo o irídio do asteroide pulverizado, se espalharam pelo globo. O dia virou noite e as temperaturas despencaram. Uma extinção em massa aconteceu.

Os Alvarez descreveram os resultados de Gubbio e Stevns Klint e os enviaram, junto com as explicações propostas, para a revista *Science*. “Lembro que trabalhei com afinco naquele artigo para que fosse o mais consistente possível”, contou Walter.

• • •

O artigo dos Alvarez, “Causas extraterrestres para a extinção do Cretáceo-Terciário”, foi publicado em junho de 1980. O texto gerou bastante entusiasmo, boa parte para além dos limites da paleontologia. Revistas científicas que iam da psicologia clínica à herpetologia noticiaram as descobertas dos Alvarez, e logo revistas como a *Time* e a *Newsweek* abordaram a ideia de um asteroide no fim do Cretáceo. Um jornalista observou que “associar os dinossauros, criaturas que interessam apenas aos indivíduos mais simplórios, a um espetacular evento extraterrestre” parecia “com uma daquelas tramas concebidas na cabeça de um editor esperto para assegurar as vendas”.[5] Inspirado pela hipótese do impacto do meteoro, um grupo de astrofísicos comandado por Carl Sagan resolveu criar um modelo dos efeitos de uma guerra avassaladora e chegou ao conceito de “inverno nuclear”, que, por sua vez, gerou sua própria onda de cobertura midiática.

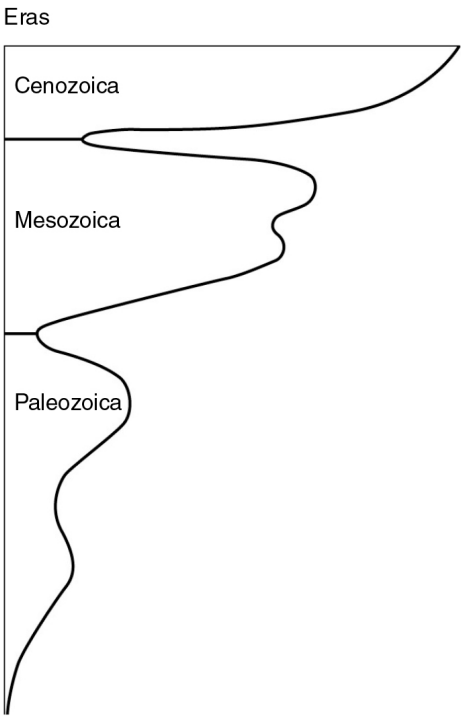
Entre os paleontólogos profissionais, contudo, a ideia e, em muitos casos, os próprios Alvarez foram insultados. “A aparente extinção em massa é um artefato de estatísticas e resultado de um mau entendimento da taxonomia”, disse um paleontólogo ao *The New York Times*.

“A arrogância dessas pessoas é inacreditável”, afirmou outro cientista. “Eles não sabem quase nada sobre como os animais de verdade evoluem, vivem e são extintos. Mas, apesar dessa

ignorância, os geoquímicos acham que basta uma máquina extravagante para revolucionar a ciência.”

“Bólidos invisíveis caindo sobre mares invisíveis não me interessam”, declarou um terceiro.

“As extinções do Cretáceo foram graduais, e a teoria da catástrofe é equivocada”, argumentou outro paleontólogo.[6] Mas “teorias simplistas continuarão surgindo para seduzir alguns cientistas e revigorar as capas de revistas populares”. Curiosamente, o conselho editorial do *Times* resolveu opinar sobre o assunto. “Os astrônomos deveriam deixar para os astrólogos a tarefa de buscar nas estrelas a causa dos eventos terrestres”, exortou o jornal.[7]



14. O desenho de John Phillips mostra a diversidade da vida se expandindo e contraindo.

Para compreender a veemência dessa reação, devemos voltar, mais uma vez, a Lyell. No registro fóssil, as extinções em massa se sobressaem de tal forma que até a linguagem usada para descrever a história da Terra é derivada delas. Em 1841, John Phillips, um contemporâneo de Lyell que o sucedeu como presidente da

Sociedade Geológica de Londres, dividiu a vida em três capítulos. O primeiro, chamou de Paleozoico, do grego “vida antiga”; o segundo, Mesozoico, que significa “meio da vida”; e o terceiro, Cenozoico, “nova vida”. Phillips fixou como marco divisório entre o Paleozoico e o Mesozoico o que hoje seria chamado de extinção do final do período permiano; e entre o Mesozoico e o Cenozoico, o evento do fim do Cretáceo. (No jargão geológico, o Paleozoico, o Mesozoico e o Cenozoico são “eras”, e cada era compreende vários “períodos”; o Mesozoico, por exemplo, cobre os períodos triássico, jurássico e cretáceo.) Os fósseis dessas três eras eram tão diferentes entre si que Phillips pensou que eles representavam realizações distintas da criação.

Lyell estava bastante ciente dessas quebras no registro fóssil. No terceiro volume de seus *Principles of Geology*, notou uma “lacuna” entre as plantas e os animais encontrados em rochas do final do período cretáceo e aqueles descobertos logo acima, no início do período terciário (que hoje é tecnicamente conhecido como o início do Paleogeno).[8] Por exemplo, os depósitos do fim do Cretáceo continham os restos mortais de diferentes espécies de belemnites — criaturas parecidas com lulas que deixaram fósseis na forma de balas de revólver. Mas os fósseis de belemnites nunca foram encontrados nos depósitos mais recentes. O padrão era o mesmo para as amonites e para os bivalves rudistas — moluscos formadores de imensos recifes. (Os rudistas têm sido descritos como ostras que se fingem de corais.)[9] Para Lyell, era simplesmente impossível, ou “não filosófico”, imaginar que essa “lacuna” representasse o que parecia representar: uma mudança global dramática e repentina. Assim, num elegante raciocínio circular, ele afirmou que a brecha na fauna era apenas uma brecha no registro fóssil. Após comparar as formas de vida nos dois lados dessa suposta lacuna, Lyell concluiu que o intervalo sem registros devia ter sido bem longo, aproximadamente o equivalente a todo o tempo que transcorrera desde que o registro fora retomado. Utilizando os métodos de datação atuais, a lacuna que ele postulou chegaria a cerca de 65 milhões de anos.

Darwin também estava bem informado sobre a descontinuidade no fim do Cretáceo. Em *A origem das espécies*, ele observou que o desaparecimento das amonites parecia ter sido “maravilhosamente repentino”. E, assim como Lyell, descartou as amonites e o que elas pareciam significar. “Na minha opinião”, observou,

> vejo o registro geológico natural como uma história do mundo conservada de maneira imperfeita e escrita num dialeto mutante. Dessa história, possuímos somente o último volume, relacionado a apenas dois ou três países. Desse volume, só dois ou três capítulos esparsos foram preservados, e, a cada página, apenas algumas linhas esparsas.[10]

A natureza fragmentária do registro significava que a impressão de uma mudança abrupta era simplesmente isto: “No que tange ao aparente extermínio repentino de famílias e ordens inteiras”, devemos lembrar que “amplos intervalos de tempo” ficaram provavelmente sem registro, escreveu ele. Se as evidências desses intervalos não tivessem se perdido, teriam demonstrado “um extermínio bastante lento”. Assim, Darwin deu continuidade ao projeto de Lyell de virar as evidências geológicas de cabeça para baixo. “Tão profunda é nossa ignorância e tão imensa nossa presunção que nos espantamos ao ouvir sobre a extinção de um ser orgânico, e, como não vemos a causa, apelamos para o cataclismo a fim de desolar o mundo!”, declarou.[11]

Os sucessores de Darwin herdaram a questão do “extermínio bastante lento”. A visão uniformitarista excluía qualquer mudança repentina ou arrebatadora. Entretanto, quanto mais se aprendia sobre registros fósseis, mais difícil se tornava sustentar que toda uma era, um período de dez milhões de anos, tivesse de algum modo desaparecido. Essa tensão crescente levou a uma série de explicações cada vez mais tortuosas. Talvez *tivesse* havido algum tipo de “crise” ao fim do Cretáceo, mas precisaria ser uma crise muito lenta. Talvez as perdas no fim do período constituíssem *de fato* uma “extinção em massa”. Mas extinções em massa não deviam ser confundidas com “catástrofes”. No mesmo ano em que os Alvarez publicaram seu artigo na *Science*, George Gaylord Simpson, à época provavelmente o mais influente paleontólogo do

mundo, escreveu que a “reviravolta” no fim do Cretáceo deveria ser considerada parte de “um processo longo e essencialmente contínuo”.[12]

No contexto do “uniformitarismo radical”, a hipótese do impacto era mais do que equivocada. Os Alvarez anunciavam a explicação de um evento que não acontecera — um evento que *não podia* ter acontecido. Era como vender um remédio para uma doença fictícia. Poucos anos depois de pai e filho publicarem sua hipótese, uma pesquisa informal foi realizada numa reunião da Sociedade de Paleontologia de Vertebrados. A maioria dos entrevistados disse achar que algum tipo de colisão cósmica poderia ter ocorrido, mas apenas um em vinte achava que esse evento tivesse alguma coisa a ver com a extinção dos dinossauros. Um paleontólogo na reunião rotulou a hipótese dos Alvarez como “tolice”.[13]

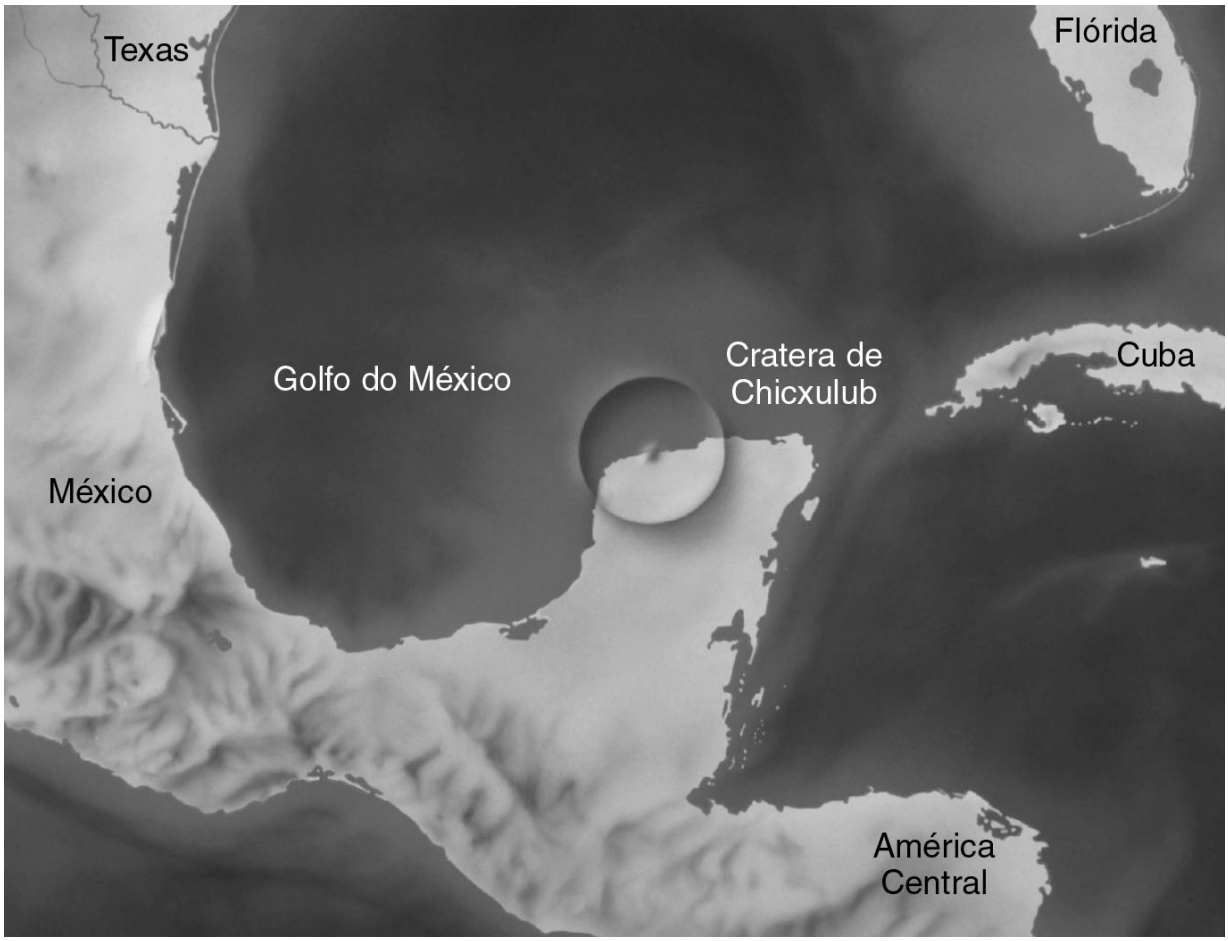
• • •

Enquanto isso, evidências para essa hipótese continuaram surgindo.

A primeira corroboração independente veio na forma de minúsculos grãos de rocha conhecidos como “quartzo de impacto”. Quando observado por uma lente de alta ampliação, sua superfície revela o que parecem ser arranhões, resultado de explosões de alta pressão que deformam a estrutura do cristal. O quartzo de impacto foi observado pela primeira vez em locais de testes nucleares e, mais tarde, esses grãos foram encontrados na vizinhança imediata das crateras resultantes. Em 1984, grãos de quartzo de impacto foram descobertos numa camada de argila do Cretáceo-Terciário, também chamado de limite K-T, no leste de Montana, nos Estados Unidos.[14] (O *K* é usado como abreviação de Cretáceo porque o *C* já havia sido utilizado para os Carboníferos. Hoje, essa área limítrofe é formalmente conhecida como fronteira Cretáceo-Paleogeno, ou K-Pg.)

A pista seguinte emergiu no sul do Texas, numa curiosa camada de arenito do fim do Cretáceo, que parece ter sido produzida por um imenso tsunami. Ocorreu a Walter Alvarez que, se tivesse havido um tsunami gigantesco provocado pelo impacto, teria varrido o

contorno das costas, deixando impressões singulares no registro sedimentário. Ele examinou os registros de milhares de núcleos de sedimentos extraídos do fundo dos oceanos e encontrou as mesmas impressões em núcleos originários do golfo do México. Enfim, uma cratera de 160 quilômetros de diâmetro foi encontrada, ou, para dizer de maneira mais exata, redescoberta, abaixo da península de Yucatán. Enterrada sob um quilômetro e meio de sedimentos mais recentes, a cratera fora revelada em levantamentos realizados nos anos 1950 pela petrolífera estatal do México. Os geólogos da empresa a interpretaram como vestígios de um vulcão submarino, e como vulcões não rendem petróleo, logo a deixaram de lado. Quando os Alvarez foram procurar núcleos que a empresa extraíra naquela área, receberam a informação de que tinham sido destruídos num incêndio. Mas, na verdade, estavam apenas perdidos. Os núcleos foram enfim localizados em 1991, e neles se descobriu uma camada de vidro — rocha que derretera e esfriara logo em seguida — bem no limite K-T. Para Alvarez, isso era uma prova contundente o bastante para atrair muitos dos cientistas ainda neutros para sua causa pró-impacto. “Cratera sustenta teoria de extinção”, anunciou o *Times*. A essa altura, Luis Alvarez morrera após complicações de um câncer no esôfago. Walter chamou a formação geológica de “Cratera da Destruição”. Ela se tornou mais conhecida como cratera de Chicxulub, o nome da cidade mais próxima.



15. A cratera de Chicxulub, ao largo da península de Yucatán, está enterrada sob uma camada de mais de um quilômetro de sedimentos.

"Aqueles onze anos pareceram longos na época, mas olhando para trás, parecem brevíssimos", contou-me Walter. "Pense bem. Tratava-se de um desafio para a visão uniformitarista que formara praticamente todos os geólogos e paleontólogos, assim como seus professores e os professores de seus professores, até chegarmos a Lyell. E o que vimos foram pessoas diante das evidências. E, aos poucos, elas acabaram mudando *mesmo* de opinião."

• • •

Quando os Alvarez publicaram sua hipótese, só conheciam três sítios onde a camada de irídio estava exposta: os dois que Walter visitara na Europa e um terceiro, do qual receberam amostras, na Nova Zelândia. Nas décadas seguintes, mais dezenas de sítios

como esses foram localizados, inclusive um perto de uma praia de nudismo, em Biarritz; outro no deserto da Tunísia; e um terceiro no subúrbio de Nova Jersey. Neil Landman, um paleontólogo especializado em amonites, costuma fazer pesquisas de campo neste último sítio, e, num dia agradável de outono, pedi para acompanhá-lo. Nós nos encontramos no Museu Americano de História Natural, em Manhattan — onde Landman mantém seu escritório numa torre com vista para o Central Park —, e acompanhados de dois estudantes de pós-graduação tomamos a direção do túnel Lincoln.

Seguindo pelo norte de Nova Jersey, passamos por uma sucessão de centros comerciais e revendedoras de veículos que pareciam se repetir por alguns quilômetros, como dominós. Até que, nas redondezas de Princeton, paramos num estacionamento ao lado de um campo de beisebol. (Landman disse preferir que eu não revelasse o local exato do campo, temendo atrair colecionadores de fósseis.) No estacionamento, encontramos um geólogo chamado Matt Garb, professor do Brooklyn College. Garb, Landman e os estudantes colocaram seus equipamentos nas costas. Demos a volta no campo de beisebol — que estava deserto por ser um dia útil — e nos enfiamos mato adentro. Logo alcançamos um córrego raso. As margens eram cobertas de um limo cor de ferrugem. Arbustos espinhosos pairavam sobre as águas. Tremulando nos galhos, detritos de todos os tipos: sacos plásticos, jornais rasgados, anéis de latinhas de cerveja. “Na minha opinião, isto aqui é melhor do que Gubbio”, declarou Landman.

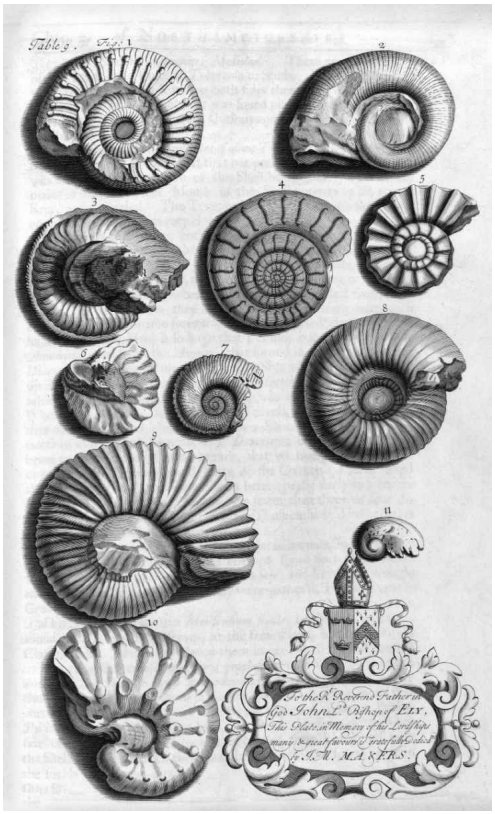
Ele me explicou que, durante o Cretáceo tardio, aquele parque, o leito do córrego e todo o resto num raio de muitos quilômetros estavam submersos. Na época, o mundo era bem quente — suntuosas florestas ocupavam o Ártico —, e os níveis do mar eram elevados. A maior parte de Nova Jersey formava um pedaço da plataforma continental que hoje é o leste da América do Norte que, assim como o Atlântico, era muito mais estreito e bem mais perto da Europa atual. Landman apontou para um ponto no leito do córrego, poucos centímetros acima da superfície da água. Ali, segundo ele, ficava a camada de irídio. Embora não houvesse qualquer distinção

visível, o paleontólogo conhecia a localização porque o trecho havia sido analisado poucos anos antes. Landman é um homem robusto, com o rosto largo e uma barba grisalha. Estava vestido para a excursão com bermuda cáqui e tênis velhos. Ele avançou com dificuldade pelo córrego para alcançar os outros, que já talhavam o leito com suas picaretas. Pouco tempo depois, alguém encontrou um dente de tubarão fossilizado. Outra pessoa escavou um pedaço de amonite. Era mais ou menos do tamanho de um morango e coberto com pequenas espinhas, ou tubérculos. Landman o identificou como pertencente à espécie *Discoscaphites iris*.

• • •

As amonites flutuaram sobre os oceanos rasos do planeta por mais de trezentos milhões de anos, e suas conchas fossilizadas aparecem no mundo todo. Plínio, o Velho, que morreu na erupção que soterrou Pompeia, já estava familiarizado com elas, embora achasse que fossem pedras preciosas. (Dizia-se que essas pedras proporcionavam sonhos proféticos, relatou em sua *História natural*.) Na Inglaterra medieval, as amonites eram conhecidas como “pedras-serpente” e, na Alemanha, eram usadas para tratar vacas doentes. Na Índia, eram — e de certo modo ainda são — reverenciadas como manifestações de Vishnu.

Como os náutilos, seus parentes distantes, as amonites formavam conchas espirais divididas em múltiplas cavidades. Os animais só ocupavam a última cavidade, a maior. O restante era cheio de ar — uma disposição que poderia ser comparada à de um prédio onde só a cobertura fosse alugada. As paredes entre as cavidades, conhecidas como septos, exibiam desenhos fantásticos, dobradas em rufos intricados, como as extremidades de um floco de neve. (Espécies específicas podem ser identificadas pelos padrões distintos de suas pregas.) A evolução permitiu que as amonites construíssem conchas ao mesmo tempo leves e robustas, capazes de suportar a pressão da água equivalente a várias atmosferas. A maioria das amonites caberia na palma da mão de um ser humano, mas algumas chegavam a atingir o tamanho de uma piscina infantil.



16. Fósseis de amonites numa gravura do século XIX.

Com base no número de dentes das amonites — nove —, acredita-se que seu parente vivo mais próximo seja o polvo. Entretanto, como as partes macias do corpo não foram preservadas, o que se sabe sobre a aparência exata do animal e seu modo de vida, em geral, não passa de especulação. É provável, mas não certo, que elas se propulsassem lançando um jato de água, o que significa que só podiam se mover para trás.

“Quando era criança, lembro-me de estudar paleontologia e aprender que pterodáctilos conseguiam voar”, contou Landman. “A primeira coisa que eu quis saber foi: quão alto eles voavam? E é difícil calcular esses números.”

“Estudo amonites há quarenta anos e ainda não tenho certeza de como elas eram”, prosseguiu. “Acho que gostavam de águas profundas, vinte, trinta, talvez quarenta metros. Elas nadavam, mas não eram ótimas nadadoras. Penso que viveram uma existência sossegada.” Nos desenhos, as amonites costumam ser representadas semelhantes a lulas que foram enfiadas dentro de

conchas de caracol. Landman, entretanto, vê problemas nessas ilustrações. Ele acredita que amonites, apesar de serem representadas com vários tentáculos, na verdade não possuíam sequer um. Numa ilustração que acompanha um artigo científico recente publicado na *Geobios*, as amonites se parecem mais com bolhas.[15] Elas têm apêndices curtos que lembram braços dispostos num círculo e ligados por uma teia de tecido. Nos machos, um dos braços sobressai da teia para formar a versão cefalópode de um pênis.

Landman fez pós-graduação em Yale nos anos 1970. Como estudante nos tempos pré-Alvarez, aprendeu que o número de amonites diminuiu ao longo de todo o Cretáceo, por isso sua eventual extinção não era nada com que se preocupar. “O sentido disso era ‘ah, você sabe, as amonites estavam simplesmente desaparecendo’”, contou-me ele. Descobertas posteriores, muitas realizadas pelo próprio Landman, têm demonstrado que, ao contrário, as amonites estavam vivendo muito bem.

“Há várias espécies aqui, e coletamos milhares de exemplares nos últimos anos”, disse, ao som das picaretas. Pouco tempo antes, de fato, Landman deparou-se com duas espécies totalmente novas de amonites no leito do córrego. Ele batizou uma delas em homenagem a um colega, *Discoscaphites minardi*, e a outra em homenagem ao lugar, *Discoscaphites jerseyensis*. É provável que as *Discoscaphites jerseyensis* tivessem pequenos espinhos brotando da concha, o que, Landman especula, ajudava o animal a parecer maior e mais intimidador do que de fato era.

• • •

Em seu ensaio original, os Alvarez propuseram que a principal causa da extinção em massa no limite K-T não foi o impacto em si, nem mesmo o que aconteceu em seguida. O efeito realmente catastrófico do asteroide — ou, para usar um termo mais genérico, do bólido — foi a poeira. Desde então, essa hipótese tem sido submetida a inúmeros refinamentos. (A data do impacto também foi atrasada para 66 milhões de anos atrás.) Embora ainda haja fortes

discordâncias sobre vários detalhes entre os cientistas, uma versão dos eventos é a seguinte:

O bólido chegou pelo sudeste, movendo-se num ângulo pequeno em relação à Terra, por isso a atingiu mais lateralmente do que de cima, como um avião perdendo altitude. Quando caiu sobre a península de Yucatán, a velocidade do corpo celeste era de aproximadamente 72 mil quilômetros por hora. Devido à sua trajetória, a América do Norte foi atingida com ainda mais força. Uma vasta nuvem de vapor fervente e detritos se precipitou sobre o continente, expandindo-se e incinerando tudo no caminho. Um geólogo me explicou esse cenário com a seguinte frase: "Basicamente, se você fosse um tricerátopo em Alberta, teria evaporado em dois minutos."[16]

No processo de escavar a enorme cratera, o asteroide fez explodir mais de cinquenta vezes sua própria massa em rochas pulverizadas. Quando a matéria ejetada na explosão caiu de volta na atmosfera, as partículas incandesceram, iluminando o céu inteiro de uma vez, diretamente de cima, e gerando calor suficiente para grelhar a superfície do planeta. Por conta da composição da península de Yucatán, a poeira lançada era rica em enxofre. Aerossóis à base de sulfato são particularmente eficazes para bloquear a luz do sol, razão pela qual uma única erupção vulcânica, como a de Krakatoa, pode reduzir a temperatura global por anos. Após a pulsão inicial de calor, o mundo enfrentou um "inverno de impacto" que durou várias estações. Florestas foram dizimadas. Palinólogos — estudiosos especialistas em esporos e pólens antigos — descobriram que diversas comunidades vegetais foram substituídas por samambaias que se disseminavam depressa. (Esse fenômeno ficou conhecido como "pico das samambaias".) Os ecossistemas marinhos foram devastados e permaneceram nesse estado por pelo menos meio milhão de anos, talvez até vários milhões. (O mar devastado após o impacto tem sido chamado de "Oceano do Doutor Fantástico".)

É impossível calcular com a mínima precisão as várias espécies, gêneros, famílias e mesmo ordens inteiras que foram extintas no

limite K-T. Na superfície da Terra, todos os animais maiores do que um gato parecem ter desaparecido. As vítimas mais famosas desse evento, os dinossauros — ou, para ser mais exato, os dinossauros não alados —, sofreram uma perda de 100%. Entre os grupos que provavelmente viveram até o fim do Cretáceo estão as figurinhas fáceis nas lojas dos museus, como os hadrossauros, anquilossauros, tiranossauros e tricerátopos. (A capa do livro de Walter Alvarez sobre a extinção, *T. Rex e a cratera da destruição*, mostra um tiranossauro zangado reagindo com horror ao impacto.) Os pterossauros também desapareceram e as aves foram bastante atingidas.[17] Talvez três quartos de todas as famílias de aves, ou mais, foram extintos. As aves enantiornithes, que preservavam características arcaicas como dentes, foram extintas, assim como os hesperornithines (aves aquáticas e, em sua maioria, incapazes de voar). O mesmo aconteceu com os lagartos e cobras:[18] cerca de quatro quintos de todas as espécies desapareceram. Quanto aos mamíferos, também foram dizimados.[19] Aproximadamente dois terços das famílias dos mamíferos vivos no fim do Cretáceo desapareceram nesse evento.

No mar, os plesiossauros, que Cuvier de início considerara implausíveis e, depois, “monstruosos”, morreram. Assim como os mosassauros, os belemnites e, é claro, as amonites. Os bivalves, que conhecemos hoje em dia na forma de mexilhões e ostras, sofreram grandes perdas, bem como os braquiópodes, que se parecem com mariscos mas têm uma anatomia totalmente diferente, e os briozoários, que se assemelham a corais, mas, mais uma vez, não têm relação alguma com eles. Vários grupos de micro-organismos marinhos escaparam da extinção por um triz. Entre os plânctons foraminíferos, algo em torno de 95% de todas as espécies desapareceram, incluindo o *Abathomphalus mayaroensis*, cujos vestígios são encontrados na última camada de calcário cretáceo de Gubbio. (Os plânctons foraminíferos vivem próximos à superfície oceânica, ao passo que as espécies bentônicas vivem no solo marinho.)

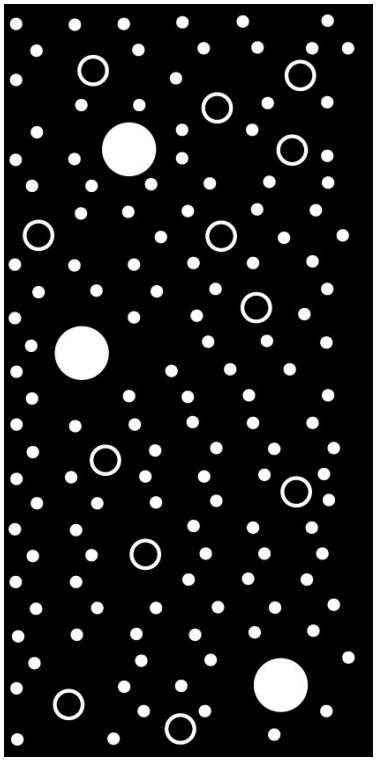
Em geral, quanto mais se descobre sobre a fronteira K-T, mais

equivocada parece a interpretação dos fósseis por parte de Lyell. O problema com seu registro não é que as extinções lentas parecem abruptas. O problema é que mesmo extinções abruptas podem parecer levar muito tempo.

Observe o diagrama a seguir. Toda espécie possui o que se conhece como um “potencial de preservação” — as chances de um indivíduo daquela espécie se tornar fóssil. A variação desse valor depende, entre outras coisas, de até que ponto o animal é comum, onde vive e do que é feito. (Organismos marinhos de carapaça espessa têm muito mais chances de serem preservados do que, digamos, pássaros com ossos ocos.)

No próximo diagrama, os grandes círculos brancos representam espécies que raramente são fossilizadas, os círculos médios são aquelas preservadas com mais frequência e os pequenos pontos brancos são espécies ainda mais abundantes. Mesmo que todas essas espécies tenham sido extintas no mesmo exato momento, *pareceria* que as espécies em círculos brancos teriam desaparecido muito antes, apenas porque seus vestígios são mais raros. Este efeito — conhecido como efeito Signor-Lipps, o nome dos cientistas que o identificaram pela primeira vez — tende a “macular” os eventos de extinção brusca, fazendo-os parecer longos e arrastados.

Após a extinção do K-T, foram necessários milhões de anos para a vida recuperar o nível de diversidade de antes. Enquanto isso, muitos táxons sobreviventes parecem ter encolhido. Esse fenômeno, que pode ser observado em minúsculos foraminíferos que aparecem acima da camada de irídio em Gubbio, é chamado de efeito Lilliput.



17.

• • •

Landman, Garb e os estudantes de pós-graduação escavaram o leito do rio durante toda a manhã. Embora estivéssemos no meio do estado mais densamente povoado dos Estados Unidos, nenhuma pessoa sequer passou por ali para perguntar o que estávamos fazendo. À medida que o dia foi esquentando e ficando úmido, tornou-se agradável ficar ali em pé, com a água até os tornozelos (embora aquela lama avermelhada me intrigasse). Alguém trouxera uma caixa de papelão vazia e, como eu não tinha picareta, ajudei reunindo os fósseis que os outros tinham encontrado e colocando-os dentro da caixa. Apareceram outros pedaços de *Discoscaphites iris*, assim como fragmentos de amonites, a *Eubaculites carinatus* — em vez de espiralada, sua concha era longa, fina e com formato de lança. (Uma teoria para o fim das amonites, popular no início do século XX, dizia que a concha desenrolada de espécies como a *Eubaculites carinatus* indicava que o grupo tinha exaurido suas possibilidades práticas e ingressado numa fase de decadência, mais

ou menos como Lady Gaga.) Em certo momento, Garb apareceu correndo, empolgado. Carregava na mão um naco extraído do leito do córrego do tamanho de um punho e apontava para algo na extremidade que parecia uma minúscula unha. Aquilo, explicou, era um pedaço da mandíbula da amonite. As mandíbulas das amonites são mais comuns do que outras partes de seu corpo, mas ainda assim são extremamente raras.

"Só isso já valeu a excursão!", exclamou.

Não se sabe ao certo qual consequência do impacto — o calor, a escuridão, o frio, a alteração química na água — acabou com as amonites. Tampouco se sabe muito bem por que seus primos cefalópodes sobreviveram. Ao contrário das amonites, os náutilos, por exemplo, atravessaram o evento da extinção: praticamente todas as espécies conhecidas do fim do Cretáceo sobreviveram até o Terciário.

Uma teoria sobre essa disparidade começa com os ovos. Amonites produzem ovos minúsculos, com menos de um centésimo de centímetro de largura. Os animais chocados, ou os *ammonitellae*, não dispunham de meios de locomoção — simplesmente flutuavam perto da superfície da água, ao sabor das correntes. Os náutilos, por sua vez, põem ovos bem grandes, entre os maiores na categoria dos invertebrados, com cerca de dois centímetros de diâmetro. A cria dos náutilos emerge, após quase um ano de gestação, como adultos em miniatura, e, imediatamente, começa a nadar em busca de alimento nas profundezas. Talvez, logo após o impacto, as condições da superfície oceânica fossem tão tóxicas que os *ammonitellae* não conseguiam sobreviver, ao passo que, em regiões mais profundas do oceano, a situação pudesse ser menos terrível, e os jovens náutilos conseguiram resistir.

Qualquer que seja a explicação, os destinos opostos dos dois grupos levantam uma questão importante. Todas as coisas (e todo mundo) que vivem hoje em dia descendem de um organismo que de algum modo sobreviveu ao impacto. Mas isso não quer dizer que eles (ou nós) sejam mais bem-adaptados. Em tempos de extrema tensão, todo o conceito de aptidão, pelo menos no sentido darwiniano, perde o sentido: como uma criatura poderia se adaptar,

bem ou mal, a condições que nunca encontrou antes em toda a sua história evolutiva? Nesses momentos, aquilo que Paul Taylor, paleontólogo do Museu de História Natural de Londres, chama de "as regras do jogo da sobrevivência" mudam de maneira drástica.[20] Características que foram favoráveis durante muitos milhões de anos de repente tornam-se letais (embora seja difícil identificar quais características eram essas, milhões de anos após o evento). E o que se aplica às amonites e aos náutilos serve também para belemnites e lulas, plesiossauros e tartarugas, dinossauros e mamíferos. A razão pela qual este livro é escrito por um bípede peludo, e não escamoso, tem mais a ver com a desgraça dos dinossauros do que com qualquer virtude particular dos mamíferos.

"As amonites não estavam fazendo nada errado", explicou Landman, enquanto embalávamos os últimos fósseis do córrego, preparando nosso retorno para Nova York. "Suas incubações deviam ter sido como as dos plânctons, o que teria sido fantástico pelo resto de suas existências. Qual melhor maneira de espalhar as espécies por aí? Ainda assim, no fim das contas, isso pode muito bem ter sido sua destruição."

CAPÍTULO V

BEM-VINDO AO ANTROPOCENO

Dicranograptus ziczac

EM 1949, DOIS psicólogos de Harvard recrutaram duas dezenas de universitários para um experimento sobre percepção. A experiência era simples: algumas cartas de baralho eram exibidas aos estudantes, que deveriam identificá-las enquanto a sequência passava. A maioria das cartas era totalmente comum, mas algumas tinham sido adulteradas, de forma que o baralho continha, entre outras singularidades, um seis vermelho de espadas e um quatro preto de copas. Quando as cartas passavam depressa, os estudantes tendiam a ignorar as incongruências. Por exemplo, declaravam que o seis vermelho de espadas era um seis de copas, ou chamavam o quatro preto de copas de quatro de espadas. Quando as cartas foram apresentadas mais devagar, eles se esforçavam para entender o que estavam vendo. Confrontados com uma carta vermelha de espadas, alguns disseram que ela parecia "roxa", "marrom" ou "preto-avermelhado", enquanto outros ficaram totalmente confusos.[1]

Os símbolos "parecem invertidos, ou algo parecido", observou um deles.

"Não consigo distinguir o naipe, seja lá qual for", alegou outro estudante. "Já não sei mais que cor é essa, ou se é de espadas ou de copas. Nem sei mais com certeza como é uma carta de espadas! Meu Deus!"

Os psicólogos descreveram os resultados num artigo intitulado "Sobre a percepção da incongruência: um paradigma". Entre os leitores que ficaram intrigados com o experimento estava Thomas Kuhn. Para Kuhn, o mais influente historiador da ciência do século

XX, a experiência era de fato paradigmática: ela revelava como as pessoas processavam informações desconcertantes. O primeiro impulso era obrigá-las a se encaixar numa estrutura familiar: copas, espadas, paus. Os indícios de incompatibilidade são ignorados pelo maior tempo possível — a carta vermelha de espadas parece "marrom" ou "roxa". No ponto em que a anomalia se torna evidente demais, acontece uma crise — que os psicólogos chamaram de "reação 'Meu Deus!'".

Em sua obra seminal, *A estrutura das revoluções científicas*, Khun argumentou que esse padrão era tão básico que dava conta não apenas das percepções individuais, mas também de campos inteiros de estudo. Os dados que não se encaixavam nas premissas mais aceitas de uma disciplina seriam desconsiderados ou contornados enquanto fosse possível. Quanto mais as contradições se acumulavam, mais intricada se tornava a racionalização. "Na ciência, como na experiência do jogo de cartas, as novidades só surgem com dificuldade", escreveu Khun.[2] Mas, então, enfim apareceu alguém disposto a chamar uma carta vermelha de espadas pelo que era. A crise levou à percepção, e a antiga estrutura deu lugar a uma nova. É assim que acontecem as grandes descobertas científicas, ou, para usar um termo que Khun popularizou, as "mudanças de paradigma".

A história da ciência da extinção pode ser contada como uma série de mudanças de paradigma. Até o fim do século XVIII, a categoria "extinção" nem sequer existia. Quanto mais estranhos eram os ossos desenterrados — mamutes, *Megatherium*, mosassauros —, mais árduo era o trabalho dos naturalistas para encaixá-los numa estrutura conhecida. E eles deram duro. Os ossos gigantes pertenciam a elefantes que haviam sido varridos para o norte, hipopótamos que tinham se deslocado para o oeste, ou baleias com sorrisos sinistros. Quando Cuvier chegou a Paris, viu que os molares dos mastodontes não se encaixavam na estrutura estabelecida — um instante do tipo "Meu Deus!" que o levou a propor um modo inteiramente novo de vê-los. A vida, reconhecia Cuvier, tinha uma história. Essa história era marcada por perdas e

pontuadas por eventos terríveis demais para a imaginação humana. “Embora o mundo não se altere com uma mudança de paradigma, o cientista passa a trabalhar num mundo diferente depois que isso acontece”, revelou Kuhn.

Em seu *Recherches sur les ossements fossiles*, Cuvier listou dezenas de *espèces perdues* e teve certeza de que havia mais delas aguardando para serem descobertas. Em poucas décadas, tantas criaturas extintas foram identificadas que a estrutura de Cuvier começou a rachar. Para continuar no ritmo crescente dos registros fósseis, a quantidade de desastres precisou se multiplicar. “Só Deus sabe quantas catástrofes” seriam necessárias, zombou Lyell, fazendo pouco de todo aquele empenho.[3] A solução de Lyell era rejeitar toda a ideia de catástrofe. Na formulação do cientista britânico, e mais tarde na de Darwin, a extinção era um caso isolado. Cada espécie extinta havia desaparecido por conta própria, como uma vítima da “luta pela vida” e de seus próprios defeitos enquanto “forma menos desenvolvida”.

A opinião uniformitarista sobre a extinção perdurou por mais de um século. Então, com a descoberta da camada de irídio, a ciência enfrentou uma nova crise. (Segundo um historiador, o trabalho dos Alvarez foi “tão explosivo para a ciência quanto o impacto do asteroide sobre a Terra”.)[4] A hipótese do impacto lidava com um momento único no tempo — um dia terrível e assustador no fim do Cretáceo. Mas aquele único momento fora suficiente para rachar a estrutura de Lyell e Darwin. Pois é, catástrofes *realmente* aconteciam.

O que por vezes é rotulado de neocatastrofismo, mas que hoje em dia é em grande parte considerado geologia padrão, defende que as condições da Terra mudam muito devagar, exceto quando isso não acontece. Nesse sentido, o paradigma vigente não é cuvieriano nem darwiniano, mas combina elementos importantes de ambos — “longos períodos de tédio interrompidos pelo pânico ocasional”. Embora raros, esses momentos de pânico são desproporcionalmente importantes. Eles determinam o padrão da extinção, ou seja, o padrão da vida.

• • •

O caminho sobe pela montanha, atravessa um riacho e passa pela carcaça de um carneiro que, mais do que morto, parece murcho, como um balão vazio. A montanha é de um verde vibrante, mas sem árvores, pois gerações de tios e tias daquele carneiro têm impedido que qualquer coisa cresça acima do nível do focinho. Na minha opinião, está chovendo. Entretanto, aqui, na região escocesa de Southern Uplands, sou informada pelo geólogo que caminha comigo de que isso é apenas uma garoa leve, ou, nas palavras dele, *smirr*.

Nosso objetivo é chegar a um local chamado Dob's Linn [a ravina de Dob], onde, segundo uma canção antiga, o próprio Diabo foi empurrado de um precipício por um pastor religioso chamado Dob. Quando alcançamos o penhasco, a *smirr* fica mais densa. Conseguimos ver uma cascata caindo em um vale estreito. Alguns metros à frente, surge um afloramento rochoso irregular, cortado na vertical por faixas claras e escuras. Jan Zalasiewicz, um estratígrafo da Universidade de Leicester, larga a mochila no chão encharcado e ajeita o casaco impermeável vermelho. Ele aponta para uma das faixas mais claras. "Coisas ruins aconteceram aqui", afirma.


18. A cascata em Dob’s Linn.

As rochas à nossa frente têm cerca de 445 milhões de anos e são da última parte do período ordoviciano. Àquela altura, o planeta enfrentava um congestionamento continental. A maior parte da Terra — inclusive o que são agora a África, a América do Sul, a Austrália e a Antártida — estava unida numa massa única e gigantesca, Gondwana, que se estendia por mais de noventa graus de latitude. A Inglaterra pertencia ao continente — hoje perdido — de Avalônia, e Dob’s Linn ficava no hemisfério Sul, na extremidade de um oceano conhecido como Jápeto.

O período ordoviciano se deu imediatamente após o Cambriano, que é conhecido por qualquer interessado casual em geologia pela “explosão” de novas formas de vida que surgiram.* O Ordoviciano também foi uma época em que a vida deu um salto triunfal em novas direções — a chamada radiação ordoviciana —, embora tenha permanecido, em sua maior parte, ainda confinado à água. Durante o Ordoviciano, a quantidade de famílias marinhas triplicou, e os mares se encheram de criaturas que hoje acharíamos mais ou

menos familiares (os progenitores das atuais estrelas-do-mar, ouriços, caramujos e náutilos) e também vários que não reconheceríamos (os conodontes, que provavelmente tinham a forma de enguias; os trilobitas, que se pareciam um pouco com o caranguejo-ferradura; e os escorpiões marinhos gigantes, que, até onde se pode determinar, pareciam algo saído de um pesadelo). Os primeiros recifes apareceram, e os ancestrais dos atuais mexilhões adotaram sua forma característica. Quase no meio do Ordoviciano, as primeiras plantas começaram a colonizar a Terra. Eram musgos e hepáticas e se agarravam ao solo como se não soubessem muito bem o que fazer naquele novo ambiente.

No fim do Ordoviciano, cerca de 444 milhões de anos atrás, os oceanos se esvaziaram. Algo em torno de 85% das espécies marinhas se extinguiram.[5] Durante um longo tempo, o evento foi considerado uma das pseudocatástrofes que serviam apenas para mostrar como não dava para confiar muito nos registros fósseis. Hoje, ele é visto como a primeira das Cinco Grandes Extinções, e acredita-se que ocorreu por causa de dois terremotos breves e intensamente letais. Embora suas vítimas não tenham sido tão carismáticas quanto aquelas eliminadas no fim do Cretáceo, marca também um ponto determinante na história da vida — um momento no qual as regras do jogo, de repente, foram alteradas, com consequências que, para todos os efeitos, durarão para sempre.

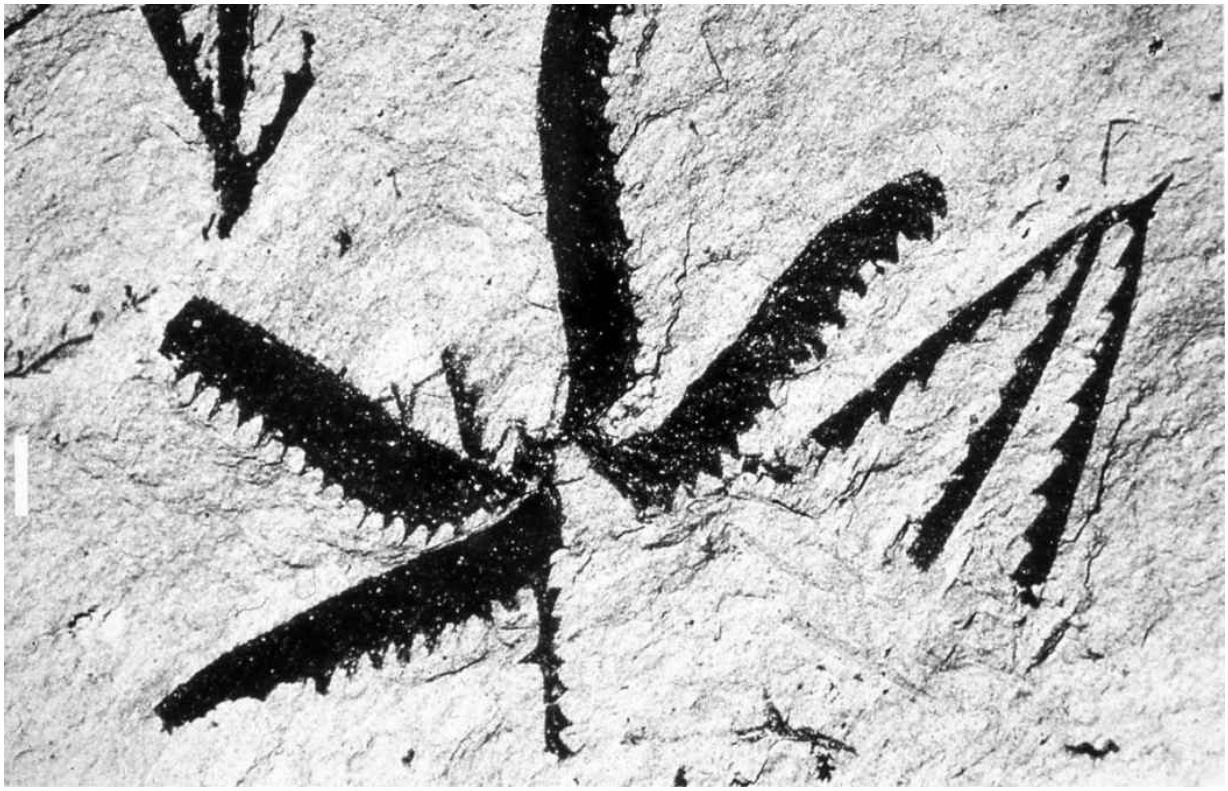
Os animais e plantas que conseguiram sobreviver à extinção ordoviciana “seguiram em frente e criaram o mundo moderno”, observou o paleontólogo britânico Richard Fortey. “Tivesse a lista de sobreviventes sido um pouquinho diferente, o mundo atual também seria.”[6]

• • •

Zalasiewicz — meu guia até Dob’s Linn — é um homem baixo com cabelos desgrenhados, olhos azul-claros e um jeito cerimonioso bem simpático. É um especialista em graptólitos, outrora uma classe vasta e bastante diversa de organismos marinhos que vicejaram durante o Ordoviciano e então, naquela primeira extinção em

massa, quase foram aniquilados. A olho nu, os fósseis dos graptólitos parecem arranhões ou, em alguns casos, minúsculos petróglifos. (A palavra “graptólito” vem do grego e significa “rocha escrita”. Foi cunhada por Lineu, que considerava os graptólitos incrustações minerais que tentavam se passar por restos de animais.) Vistos através de uma lupa, esses seres com frequência revelam ter formas bonitas e sugestivas; uma espécie lembra uma pena, outra uma lira, uma terceira, a folhagem de uma samambaia. Graptólitos eram animais coloniais. Cada indivíduo, conhecido como zooide, construía um pequenino abrigo tubular, conhecido como teca, que se unia ao de seu vizinho, como uma fileira de casas. Um único fóssil graptólito representa, assim, uma comunidade inteira, que flutuou — ou, mais provavelmente, nadou — como uma entidade única, alimentando-se dos menores plânctons. Ninguém sabe muito bem com o que os zooides se pareciam — como no caso das amonites, as partes macias das criaturas resistem à preservação —, mas, hoje em dia, acredita-se que os graptólitos sejam parentes dos Pterobranchia, uma classe de organismos vivos marinhos pequena e difícil de encontrar que parecem plantas papa-moscas.

Os graptólitos tinham um hábito — encantador, do ponto de vista de um estratígrafo — de especiação, difusão e extinção, tudo numa ordem um tanto curta. Zalasiewicz os compara a Natasha, a meiga heroína de *Guerra e paz*. Eram, segundo ele, “delicados, nervosos e muito sensíveis às coisas ao redor”. Essas características os tornam fósseis de referência bem úteis — espécies sucessivas podem ser usadas para identificar camadas rochosas sucessivas.


19. Fósseis de graptólitos do início do Ordoviciano.

Encontrar graptólitos em Dob’s Linn acabou se revelando fácil, mesmo para um colecionador amador. A pedra escura no afloramento irregular é xisto. Basta um golpe cuidadoso de martelo para extrair um pedaço. Mais um golpe e esse pedaço se racha na lateral, abrindo-se como um livro gasto. Muitas vezes, não há nada a se ver na superfície da pedra, mas com a mesma frequência acha-se uma leve marca (ou mais) — mensagens de um mundo passado. Um dos graptólitos que encontro sem querer está preservado com uma clareza peculiar. Ele tem a forma de um conjunto de cílios postiços, porém bem pequenos, como se fossem os de uma Barbie. Zalasiewicz diz — sem dúvida num exagero — que encontrei um “espécime digno de museu”. Eu aceito o elogio.

Quando Zalasiewicz dirige minha atenção para o lugar certo, também consigo distinguir o arco da extinção. No xisto escuro, graptólitos são abundantes e variados. Em pouco tempo, coleto tantos que os bolsos do meu casaco ficam abarrotados. Muitos dos fósseis são variações da letra *V*, com dois braços se bifurcando a partir de um nódulo central. Alguns parecem zíperes, outros, ossos

da sorte. E outros, ainda, possuem braços que crescem dos braços, como pequeninas árvores.

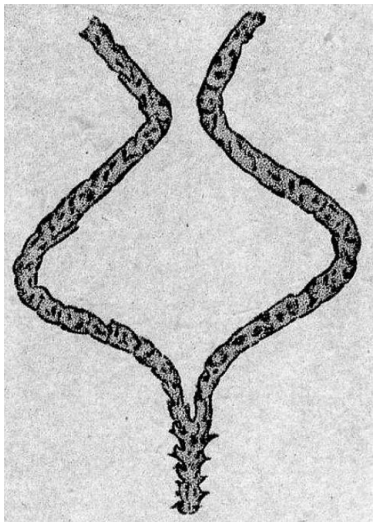
A pedra mais clara, em comparação, é vazia. Não há quase nenhum graptólito nela. A transição de um estado para outro — da pedra preta para a cinza, de uma abundância de graptólitos para quase nenhum — parece ter ocorrido de repente e, segundo Zalasiewicz, foi assim *mesmo* que aconteceu.

“Aqui, a mudança de preto para cinza demarca um ponto de virada, se quiser chamar assim, de um fundo marinho habitável para um fundo marinho inabitável”, explica ele. “E isso pode ter acontecido no espaço de uma vida humana.” Zalasiewicz descreve essa transição como especialmente “cuvieriana”.

Dois colegas de Zalasiewicz nos acompanharam nessa caminhada até Dob’s Linn: Dan Condon e Ian Millar, do Instituto de Pesquisa Geológica Britânico. Os dois são especialistas em química de isótopos e pretendem coletar amostras de cada uma das faixas do afloramento rochoso — amostras que eles torcem para conter minúsculos cristais de zircão. De volta ao laboratório, eles dissolverão os cristais e analisarão os resultados através de um espectrômetro de massa. Isso lhes permitirá identificar, com margem de erro de cerca de meio milhão de anos a mais ou a menos, quando foi formada cada uma das camadas. Millar é escocês e afirma não temer a *smirr*. Contudo, em certo ponto, até mesmo ele precisa admitir que está caindo um temporal. Riachos de lama começam a escorrer pela superfície do afloramento, impossibilitando a coleta de amostras limpas. Fica decidido que tentaremos de novo no dia seguinte. Os três geólogos guardam os equipamentos e descemos a trilha, chafurdando na lama até o carro. Zalasiewicz reservou quartos numa pousada perto da cidade de Moffat, cujos atrativos, pela minha pesquisa prévia, incluem o hotel mais estreito do mundo e um carneiro de bronze.

Assim que trocamos as roupas molhadas por outras secas, nós nos encontramos na sala de estar da pousada para tomar chá. Zalasiewicz levou várias de suas publicações recentes sobre os graptólitos na bagagem. Instalados em suas cadeiras, Condon e Millar reviram os olhos. Zalasiewicz os ignora, explicando-me com

paciência a importância de sua mais recente monografia, “Graptólitos na estratigrafia britânica”, que abrange 66 páginas com espaçamento simples e inclui ilustrações detalhadas sobre mais de 650 espécies. Na monografia, os efeitos da extinção aparecem de maneira mais sistemática, ainda que de modo menos vívido do que na encosta chuvosa e escorregadia da montanha. Até o fim do Ordoviciano, predominavam os graptólitos em forma de *V*. Estes incluíam espécies como o *Dicranograptus ziczac*, cujas pequenas conchas eram dispostas ao longo de membros mais curvados para fora e depois um na direção do outro, como presas de elefantes, e o *Adelograptus divergens*, que, além dos seus dois membros, possui bracinhos laterais sobressaindo como polegares. Apenas algumas espécies de graptólitos sobreviveram à extinção, e com o tempo elas se diversificaram e repovoaram os mares no Siluriano. Mas os graptólitos silurianos tinham uma linha corporal simplificada, mais parecida com um bastão do que com um conjunto de ramos. A forma em *V* se perdera e nunca mais reapareceria. Ali se encontrava inscrito, em pequena dimensão, o destino dos dinossauros, mosassauros e das amonites — uma forma outrora muito bem-sucedida relegada ao esquecimento.



20. Uma ilustração do graptólito *Dicranograptus ziczac*, várias vezes ampliado em relação ao seu tamanho real.

• • •

O que aconteceu 444 milhões de anos atrás para que quase todos os graptólitos fossem aniquilados, sem mencionar os conodontes, os braquiópodes, os equinodermos e os trilobitas?

Nos anos seguintes à publicação da hipótese de Alvarez, acreditava-se — pelo menos aqueles que consideravam a hipótese algo mais do que uma "tolice" — que uma teoria unificada da extinção em massa estava próxima. Se um asteroide tinha produzido uma "lacuna" no registro fóssil, parecia sensato esperar que outros impactos tivessem provocado todos os demais. A ideia ganhou força em 1984, quando dois paleontólogos da Universidade de Chicago publicaram uma análise abrangente do registro de fósseis marinhos. O estudo revelou que, além das cinco grandes extinções em massa, ocorreram vários eventos de extinção de menor grau. Quando todos esses eventos eram considerados juntos, surgia um padrão: as extinções em massa parecem ocorrer em intervalos regulares de aproximadamente 26 milhões de anos. A extinção, em outras palavras, ocorria em rupturas periódicas, como cigarras rastejando para fora da terra. Os dois paleontólogos, David Raup e Jack Sepkoski, não tinham certeza do que provocara essas rupturas, mas seu palpite era que se tratava de um "ciclo astronômico e astrofísico", relacionado à "passagem de nosso sistema solar pelos braços espirais da Via Láctea".[7] Um grupo de astrofísicos — que, por sinal, eram colegas dos Alvarez em Berkeley — levou a especulação um passo adiante. Eles argumentaram que a periodicidade poderia ser explicada por uma pequena "estrela companheira" do sol que, a cada 26 milhões de anos, atravessava a nuvem de Oort, produzindo uma tempestade de cometas que provocava destruição na Terra. O fato de ninguém jamais ter visto essa estrela, apelidada de "Nêmesis" com um ar de filme de terror, era um problema para o grupo de Berkeley, mas não um problema insuperável: havia muitas estrelas pequenas no universo ainda não catalogadas.

Na mídia popular, o "Caso Nêmesis", como ficou conhecido, gerou quase tanta empolgação quanto a hipótese inicial do asteroide. (Um jornalista escreveu que aquela história tinha tudo,

exceto sexo e a família real.)[8] A *Time* publicou uma matéria de capa, que foi logo seguida por mais um editorial desaprovador do *The New York Times*. (O editorial criticava a noção de uma "misteriosa estrela da morte".)[9] Dessa vez, o jornal tinha mais razão. Embora o grupo de Berkeley tivesse passado todo o ano seguinte vasculhando os céus em busca de Nêmesis, a "estrela da morte" não foi vislumbrada. E, de maneira mais significativa, a evidência de periodicidade começou a ruir depois de novas análises. "Se há algum consenso sobre a questão, é o de que aquele era um acaso estatístico", explicou-me David Raup.

Enquanto isso, a procura por irídio e outros sinais de impactos extraterrestres começava a esmorecer. Junto com vários outros pesquisadores, Luis Alvarez se lançara nessa caçada. Numa época em que as colaborações científicas com os chineses eram algo inédito, ele conseguiu obter amostras de rochas enviadas do sul da China que ampliaram os limites entre os períodos permiano e triássico. O fim do Permiano, ou a extinção do Permiano-Triássico, foi a maior das Cinco Grandes, um episódio que chegou terrivelmente perto de eliminar de uma vez toda forma de vida multicelular. Luis ficou entusiasmado ao encontrar uma camada de argila aninhada entre as rochas do sul da China, como se tivesse sido retirada de Gubbio. "Tínhamos certeza de que deveria ter um bocado de irídio naquilo", comentou ele mais tarde.[10] Mas a argila chinesa acabou por se revelar, do ponto de vista químico, ordinária — seu grau de irídio era infinitesimal demais para ser avaliado. Níveis de irídio acima do normal foram detectados mais tarde no fim do Ordoviciano em rochas de Dob's Linn, entre outros locais. No entanto, naquele período não apareceu qualquer outro indício como o quartzo de impacto, e ficou determinado que os níveis elevados de irídio poderiam ser mais bem explicados — embora de forma menos espetacular — se atribuídos aos caprichos da sedimentação.

A teoria atual defende que a extinção no fim do Ordoviciano foi causada pela glaciação. Na maior parte desse período, prevaleceu um clima chamado de estufa — as taxas de dióxido de carbono no ar eram altas, assim como, consequentemente, os níveis e a

temperatura dos mares. Contudo, bem perto do primeiro evento de extinção — o que devastou os graptólitos —, os níveis de CO_2 caíram. As temperaturas despencaram, e Gondwana congelou. Evidências da glaciação do Ordoviciano foram encontradas nos remanescentes dispersos do supercontinente, como a Arábia Saudita, a Jordânia e o Brasil. Os níveis do mar caíram, o que fez com que muitos hábitats marinhos fossem eliminados, possivelmente prejudicando os organismos que lá viviam. A química dos oceanos também foi alterada; a água mais fria, por exemplo, contém mais oxigênio. Ninguém tem certeza se foi a mudança de temperatura ou um dos muitos efeitos consequentes que mataram os graptólitos. Como disse Zalasiewicz, “você tem um cadáver na biblioteca e meia dúzia de mordomos andando ao redor com cara de culpado”. Da mesma forma, tampouco se sabe o que provocou essa mudança. Uma teoria diz que a glaciação foi causada pelos musgos que colonizaram a terra e, assim, ajudaram a extrair o dióxido de carbono do ar.[11] Se foi esse o caso, a primeira extinção em massa dos animais foi causada pelas plantas.

A extinção do fim do Permiano também parece ter sido desencadeada por uma mudança climática. Nessa ocasião, entretanto, a mudança tomou a direção oposta. Bem na época da extinção, 252 milhões de anos atrás, houve uma descarga maciça de carbono no ar — tão maciça que os geólogos penaram para imaginar de onde todo o carbono tinha vindo. As temperaturas aumentaram de maneira vertiginosa — os mares aqueceram até dezoito graus — e a química dos oceanos ficou em desordem, como se fosse um aquário descontrolado.[12] A água se tornou mais ácida e a quantidade de oxigênio dissolvido caiu tanto que muitos organismos devem ter se sufocado. Os recifes entraram em colapso. A extinção no fim do Permiano ocorreu, embora não exatamente no tempo de uma vida humana, de modo quase tão abrupto quanto em termos geológicos. Segundo as pesquisas mais recentes de cientistas chineses e americanos, o episódio inteiro não durou mais que duzentos mil anos, e talvez menos do que cem mil.[13] Quando acabou, cerca de 90% de todas as espécies na Terra

haviam sido eliminadas. Mesmo o intenso aquecimento global e a acidificação dos oceanos parecem inadequados para explicar perdas em escalas tão absurdas —, por isso, pesquisadores têm buscado causas adicionais. Uma hipótese sustenta que o aquecimento dos oceanos beneficiou as bactérias que produzem sulfeto de hidrogênio, um veneno para a maioria das outras formas de vida.[14] Dentro desse cenário, o sulfeto de hidrogênio se acumulou na água, matando as criaturas marinhas, e então vazou no ar, aniquilando a maior parte de toda a vida restante. Essa bactéria mudou a cor dos oceanos e o sulfeto de hidrogênio alterou a cor do céu. O escritor de ciência Carl Zimmer descreveu o mundo no fim do Permiano como "um lugar verdadeiramente grotesco"[15] onde mares vítreos e roxos descarregavam bolhas venenosas que subiam para "um céu verde pálido".

Se 25 anos atrás parecia que todas as extinções em massa podiam, em última análise, ser rastreadas até a mesma causa, hoje o inverso parece ser verdade. Como em Tolstói, todo evento de extinção parece ser infeliz — e também fatal — a seu próprio modo. Na verdade, é possível que justamente a excentricidade desses eventos os faça parecer tão letais. De repente, os organismos se veem enfrentando condições para as quais estão, em termos evolutivos, totalmente despreparados.

"Acho que, depois que as evidências do impacto no fim do Cretáceo ganharam força, quem trabalhava com isso esperava, ingenuamente, descobrir evidências dos impactos coincidindo com outros eventos", comentou Walter Alvarez. "Mas é muito mais complicado do que isso. Estamos vendo agora que uma extinção em massa pode ser provocada pelos seres humanos. Portanto, está claro que não temos uma teoria geral da extinção em massa."

• • •

Naquela noite, em Moffat, quando ficamos saciados de chá e graptólitos, saímos para um bar no térreo do hotel mais estreito do mundo. Depois de algumas cervejas, a conversa se voltou para um dos outros assuntos preferidos de Zalasiewicz: os ratos gigantes. Os

ratos acompanharam os humanos praticamente em todos os cantos do planeta e, na opinião profissional de Zalasiewicz, um dia dominarão a Terra.

"Alguns poderão permanecer com a forma e a dimensão de um rato", disse-me ele. "Mas outros podem muito bem encolher ou se expandir. Sobretudo se houver uma extinção epidêmica e o ecoespaço rachar, aí os ratos estarão numa posição melhor para tirar vantagem disso. E sabemos que as mudanças de tamanho podem acontecer com uma rapidez razoável." Eu me lembrei de um rato que vi, certa vez, carregando um pedaço de pizza nos trilhos da estação de metrô do Upper West Side de Nova York. Imaginei-o correndo dentro de um túnel abandonado e ficando do tamanho de um dobermann.

Embora a conexão possa parecer frágil, o interesse de Zalasiewicz por ratos gigantes representa uma extensão lógica de seu interesse pelos graptólitos. Ele é fascinado pelo mundo que precedeu os seres humanos e também — cada vez mais — pelo mundo que os homens deixarão para trás. Um projeto abastece o outro. Quando estuda o Ordoviciano, ele está tentando reconstruir o passado remoto com base nas pistas fragmentárias que restam: fósseis, isótopos de carbono, camadas de rochas sedimentárias. Quando contempla o futuro, está tentando imaginar o que restará do presente depois que o mundo contemporâneo for reduzido a fragmentos: fósseis, isótopos de carbono, camadas de rochas sedimentárias. Zalasiewicz está convencido de que, em cem milhões de anos, até mesmo um estratígrafo medíocre será capaz de dizer que algo extraordinário aconteceu em algum momento no tempo que viria a englobar a nossa atualidade. Isso acontecerá ainda que daqui a cem milhões de anos tudo o que consideramos as grandes obras do homem — esculturas, bibliotecas, monumentos e museus, cidades e fábricas — esteja comprimido numa camada de sedimento não muito mais espessa do que um papel de seda.[16] "Nós já deixamos um registro que é agora indelével", escreveu Zalasiewicz.[17]

Um dos modos pelos quais conseguimos isso foi através de

nossa inquietação. Às vezes de propósito e às vezes sem querer, os seres humanos reorganizaram a biota da Terra, transportando a flora e a fauna da Ásia para as Américas, das Américas para a Europa e da Europa para a Austrália. Os ratos sempre estiveram na vanguarda desses deslocamentos e deixaram seus ossos espalhados por todos os lugares, inclusive em ilhas tão remotas que os seres humanos nunca se deram o trabalho de ocupar. O rato-do-pacífico, *Rattus exulans*, nativo do Sudeste Asiático, viajou com marujos polinésios para o Havaí, Fiji, Taiti, Tonga, Samoa, ilha de Páscoa e Nova Zelândia, entre outros destinos. Encontrando poucos predadores, os *Rattus exulans* que viajaram nos porões dos navios se multiplicaram tanto que o paleontólogo neozelandês Richard Holdaway os descreveu como "uma maré de ratos cinzentos"[18] que transformou "tudo o que era comestível em proteína para ratos". (Um estudo recente sobre pólen e restos de animais na ilha de Páscoa concluiu que não foram os homens que desflorestaram a paisagem, e sim os ratos que desembarcaram ali e em seguida procriaram sem controle. As palmeiras nativas não foram capazes de produzir sementes com rapidez suficiente para satisfazer todos os apetites.)[19] Quando os europeus chegaram às Américas e depois continuaram para o oeste, até as ilhas onde os polinésios tinham se instalado, levaram uma espécie de rato norueguês ainda mais adaptável, o *Rattus novergicus*. Em muitos lugares, os ratos da Noruega, que na verdade vêm da China, superaram os ratos invasores que os antecediam e, assim, devastaram as populações de aves e répteis que os ratos-do-pacífico não tiveram tempo de destruir. Dessa forma, podemos dizer que os ratos criaram seu próprio "ecoespaço" e que sua prole parece bem posicionada para dominá-lo. Os descendentes dos ratos de hoje, segundo Zalasiewicz, irão se difundir ocupando os nichos que os *Rattus exulans* e os *Rattus norvegicus* ajudaram a esvaziar. Ele imagina que os ratos do futuro se desenvolverão com novos tamanhos e formas — alguns serão "menores do que os musaranhos", outros, grandes como elefantes. "Podemos incluir entre eles", escreveu o cientista, "para fins de curiosidade e para manter abertas as opções,

uma ou duas espécies de grandes roedores pelados vivendo dentro das cavernas, fabricando ferramentas primitivas com pedras e vestindo as peles de outros mamíferos que eles mataram e comeram".[20]

Enquanto isso, seja lá qual for o futuro reservado para os ratos, o evento de extinção que eles estão ajudando a provocar deixará suas marcas. Ainda que não tão drástico quanto o que ficou registrado no xisto de Dob's Linn ou na camada de argila em Gubbio, esse evento emergirá nas rochas como um ponto de virada. A mudança climática — em si mesma um agente motriz da extinção — também deixará para trás vestígios geológicos, bem como as partículas radioativas e os desvios dos rios, as monoculturas e a acidificação dos oceanos.

Por todas essas razões, Zalasiewicz acredita que ingressamos numa nova época sem análogos na história da Terra. "Do ponto de vista geológico", observou, "trata-se de um episódio extraordinário".

• • •

Ao longo dos anos, uma infinidade de nomes diferentes foi sugerida para a nova era que os seres humanos instauraram. O eminente biólogo Michael Soulé propôs que, no lugar do Cenozoico, hoje vivemos no "Catastrofozoico". Michael Samways, entomólogo da Universidade Stellenbosch, na África do Sul, lançou o termo "Homogenoceno". Daniel Pauly, um biólogo marinho canadense, sugeriu "Myxoceno", a partir da palavra grega para "lodo"; e Andrew Revkin, um jornalista americano, ofereceu "Antroceno". (A maioria desses termos deve sua origem, ao menos indiretamente, a Lyell, que, nos anos 1830, cunhou as palavras Eoceno, Mioceno e Plioceno.)

A palavra "Antropoceno" é de autoria de Paul Crutzen, um químico holandês que compartilhou o Prêmio Nobel pela descoberta dos efeitos das substâncias depletivas de ozônio (ODS). A importância dessa descoberta não é um exagero. Se ela não tivesse ocorrido — e se continuássemos utilizando os produtos químicos com a mesma difusão —, o "buraco" na camada de ozônio que se abre todas as primaveras sobre a Antártida teria se expandido até

circundar toda a Terra. (Dizem que um dos colegas de Crutzen agraciados com o Nobel voltou para casa do laboratório certa noite e disse à esposa: “O trabalho está indo bem, mas tudo indica que isto pode ser o fim do mundo.”)

Crutzen me disse que a palavra “Antropoceno” surgiu quando ele estava numa reunião. O homem que conduzia a reunião não parava de se referir ao Holoceno, a época “recentíssima” que começou com o fim do último período glacial, 11.700 anos atrás, e prossegue — pelo menos oficialmente — até hoje.

“‘Vamos parar com isso’”, Crutzen se lembra de ter exclamado. “‘Não estamos mais no Holoceno. Estamos no Antropoceno.’ A sala ficou em silêncio por um bom tempo.” No intervalo seguinte para o café, o Antropoceno foi o principal assunto das conversas. Alguém se aproximou de Crutzen e sugeriu que ele patenteasse o termo.

Crutzen escreveu sua ideia num breve ensaio, “Geologia da espécie humana”, publicado pela revista *Nature*. “Parece apropriado atribuir o termo ‘Antropoceno’ ao presente, uma época geológica de muitas formas dominada pelo homem”, observou. Entre as várias mudanças de escala geológica efetuadas pelo homem, Crutzen citou as seguintes:

- A atividade humana transformou algo entre um terço e a metade da superfície terrestre do planeta.
- A maior parte dos principais rios foi represada ou desviada.
- As fábricas de fertilizantes produzem mais nitrogênio do que é gerado naturalmente por todos os ecossistemas terrestres.
- A atividade pesqueira retira mais de um terço da produção primária das águas litorâneas dos oceanos.
- Os seres humanos utilizam mais da metade do escoamento de água doce de fácil acesso.

Segundo Crutzen, há ainda algo mais significativo: os seres humanos alteraram a composição da atmosfera. Por conta de uma combinação de queima de combustível fóssil e desmatamento, a concentração de dióxido de carbono no ar aumentou 40% nos dois últimos séculos, ao passo que a concentração de metano, um gás

indutor do efeito estufa ainda mais potente, mais do que duplicou.

"Por causa dessas emissões antropogênicas", escreveu Crutzen, o clima global deve "se afastar significativamente do comportamento natural durante vários milênios no futuro".[21]

Crutzen publicou "Geologia da espécie humana" em 2002. Logo, a palavra "Antropoceno" migrou para outras publicações científicas.

"Análise global dos sistemas fluviais: dos controles dos sistemas terrestres para as síndromes do Antropoceno" foi o título de um artigo de 2003 publicado na revista científica *Philosophical Transactions of the Royal Society B*.

"Solos e sedimentos no Antropoceno" era o título de um artigo de 2004 do *Journal of Soils and Sediments*.

Quando Zalasiewicz se deparou com o termo, ficou intrigado. Notou que a maioria daqueles que o usavam não era composta de estratígrafos experientes e se perguntou como seus colegas se sentiam em relação àquela teoria. Ao mesmo tempo, ele presidia um comitê de estratigrafia da Sociedade Geológica de Londres, instituição presidida outrora por Lyell, assim como por William Whewell e John Phillips. Durante um evento, Zalasiewicz perguntou aos demais membros do comitê o que achavam do Antropoceno. Dos 22 presentes, 21 viam mérito no conceito.

O grupo resolveu examinar a ideia como um problema formal em geologia. Seria o Antropoceno capaz de satisfazer o critério utilizado para nomear uma nova época? (Para os geólogos, uma época é uma subdivisão de um período, que, por sua vez, é uma divisão de uma era: o Holoceno, por exemplo, é uma época do Quaternário, que é um período do Cenozoico.) A resposta à qual aqueles pesquisadores chegaram após o equivalente a um ano de estudos foi um "sim" de aprovação irrestrita. Os tipos de mudança que Crutzen relacionara iriam, perceberam, deixar para trás "uma assinatura estratigráfica" que ainda seria legível dali a milhões de anos, da mesma maneira que, digamos, a glaciação do Ordoviciano legou uma "assinatura estratigráfica" que ainda é legível nos dias de hoje. Num artigo que resume esses resultados, os membros do grupo observaram, entre outras coisas, que o Antropoceno será

marcado por um único “sinal bioestratigráfico”, um produto do evento de extinção atual e da propensão humana para redistribuir a vida. Esse sinal será inscrito de forma permanente, escreveram eles, “à medida que a evolução futura se desenrolar a partir da linhagem sobrevivente (e, com frequência, antropogenicamente relocalizada)”.[22] Ou, como Zalasiewicz descreveria, os ratos.

Quando visitei a Escócia, Zalasiewicz tinha levado a questão do Antropoceno ao nível seguinte. A Comissão Internacional de Estratigrafia (ICS, na sigla em inglês) é o grupo responsável pela manutenção do calendário oficial da história da Terra. É a ICS que decide questões como: Quando exatamente começou o Pleistoceno? (Após acalorados debates, há pouco tempo a comissão realocou a data do começo dessa época de 1,8 para 2,6 milhões de anos atrás.) Zalasiewicz convenceu a ICS a pensar em reconhecer formalmente o Antropoceno, um esforço que ele mesmo foi encarregado de levar adiante. Como presidente do Grupo de Trabalho do Antropoceno, Zalasiewicz espera levar a proposta à votação de todos até 2016. Se ele tiver êxito e o Antropoceno for adotado como uma nova época, todos os livros de geologia no mundo se tornarão obsoletos.

---

* Um recurso mnemônico útil para recordar os períodos geológicos do último meio bilhão de anos é: Camelos Originalmente Sentam Devagar no Chão, Podem Ter Juntas Contraídas (Cambriano, Ordoviciano, Siluriano, Devoniano, Carbonífero, Permiano, Triássico, Jurássico, Cretáceo). Infelizmente esse recurso se esgota antes dos períodos mais recentes: o Paleogeno, o Neogeno e o atual Quaternário.

CAPÍTULO VI

O MAR AO NOSSO REDOR

Patella caerulea

CASTELLO ARAGONESE É uma ilha minúscula que desponta no mar Tirreno como uma torre. Localizada quase trinta quilômetros a oeste de Nápoles, pode-se chegar a ela a partir da ilha maior, Ischia, por uma longa e estreita ponte de pedra. Do outro lado da ponte, há um guichê onde, por dez euros, vende-se um ingresso para subir — ou, melhor ainda, pegar um elevador — até o imponente castelo que dá nome à ilha. O castelo abriga uma exposição de instrumentos de tortura medievais, um hotel chique e um café ao ar livre. Numa tarde de verão, o café parece um lugar agradável para se bebericar um Campari e contemplar os terrores do passado.

Como vários lugares pequenos, Castello Aragonese é produto de forças monumentais — nesse caso, o deslocamento da África para o norte, que a cada ano aproxima Trípoli cerca de dois centímetros de Roma. Junto a um conjunto complexo de dobras, a placa africana está se aproximando da Eurásia, mais ou menos da mesma forma como uma placa de metal pode ser empurrada para dentro de um forno. De vez em quando, esse processo resulta em erupções vulcânicas violentas. (Uma dessas erupções, em 1302, levou toda a população de Ischia a se refugiar em Castello Aragonese.) No entanto, o mais frequente é a movimentação gerar correntes de gás borbulhantes nas fontes hidrotermais do solo marinho. Acontece que esse gás é composto quase 100% por dióxido de carbono.

O dióxido de carbono possui diversas propriedades interessantes, uma das quais é se dissolver dentro da água para formar um ácido. Fui até Ischia no fim de janeiro, bem fora da temporada, apenas para nadar na baía acidificada e borbulhante.

Dois biólogos marinhos, Jason Hall-Spencer e Maria Cristina Buia, prometeram me mostrar essas fontes hidrotermais, desde que a tempestade prevista não desabasse. Num dia frio e cinzento, tentamos nos equilibrar num barco de pesca transformado em embarcação de pesquisa. Circundamos Castello Aragonese e ancoramos a pouco menos de vinte metros de seus penhascos rochosos. Do barco não dá para ver as fontes, mas consigo ver seus vestígios. Uma faixa esbranquiçada de cracas circunda toda a base da ilha, exceto acima dos orifícios.

"As cracas são bastante resistentes", explica Hall-Spencer. Ele é britânico e tem cabelos de um louro-escuro que aponta para todas as direções. Ele está usando um traje de neoprene, feito para manter a pessoa seca, que o deixa parecido com um viajante espacial. Buia é italiana, com cabelo castanho-avermelhado na altura dos ombros. Ela fica de biquíni e veste seu traje de mergulho com a naturalidade de quem já fez aquilo dezenas de vezes. Tento imitá-la com um traje que peguei emprestado para a ocasião. Ao fechar o zíper, me dou conta de que é pequeno demais para mim. Colocamos as máscaras de mergulho, pés de pato e entramos na água.

A água está gelada. Hall-Spencer carrega uma faca. Ele arranca alguns ouriços de uma rocha e os passa para mim. Eles têm espinhos pretos como piche. Continuamos nadando ao longo da costa sul da ilha, na direção das fontes hidrotermais. Hall-Spencer e Buia param vez ou outra para coletar amostras — corais, lesmas, algas e mexilhões — e as guardam em um saco feito de tela que carregam preso ao corpo, dentro da água. Quando nos aproximamos, começo a ver bolhas subindo do fundo do mar, como gotas de mercúrio. Leitos de algas oscilam abaixo de nós. Suas folhas exibem um verde vibrante bem peculiar. Mais tarde, descubro que isso acontece porque os minúsculos organismos que geralmente as revestem, embotando suas cores, não estão ali. Quanto mais nos aproximamos das fontes hidrotermais, menos organismos encontramos para coletar. A quantidade de ouriços-do-mar diminui, assim como a de mexilhões e cracas. Buia encontra algumas lapas infelizes grudadas ao penhasco. As conchas estão

gastas, deixando-as quase transparentes. Enxames de medusas passam por nós, com a coloração um pouco mais clara do que o mar.

"Cuidado", avisa Hall-Spencer. "Elas queimam."

• • •

Desde o início da Revolução Industrial, os seres humanos queimaram combustíveis fósseis — carvão, petróleo e gás natural — o suficiente para adicionar 365 bilhões de toneladas de carbono na atmosfera. O desmatamento contribuiu com mais 180 bilhões de toneladas. A cada ano, despejamos outros cerca de nove bilhões de toneladas de carbono, uma quantidade que tem aumentado até 6% ao ano. Em consequência de tudo isso, a concentração de dióxido de carbono no ar hoje — um pouco mais de quatrocentas partículas por milhão — é superior à dos últimos oitocentos mil anos. É bem provável que seja maior do que em qualquer momento nos últimos milhões de anos. Se essa tendência continuar, em 2050 as concentrações de CO_2 atingirão quinhentas partículas por milhão, mais ou menos o dobro dos níveis encontrados na era pré-industrial. Espera-se que tal aumento produza um crescimento da temperatura global média entre 1,9 e 3,8°C, o que desencadeará diversos eventos capazes de alterar o mundo, inclusive o desaparecimento da maioria das geleiras restantes, a inundação de ilhas rasas e cidades litorâneas e o derretimento da calota de gelo do Ártico. Mas isso é somente metade da história.

Os oceanos cobrem 70% da superfície terrestre — e em todos os lugares onde a água e o ar entram em contato, há uma troca. Gases da atmosfera são absorvidos pelo oceano e os gases dissolvidos no oceano são liberados na atmosfera. Quando os dois estão em equilíbrio, quase as mesmas quantidades são dissolvidas e liberadas. Ao alterar a composição da atmosfera, como temos feito, essa troca se torna assimétrica: há mais dióxido de carbono se dissolvendo nas águas do que saindo. Assim, os seres humanos estão sempre acrescentando CO_2 aos mares, como fazem as fontes hidrotermais, mas de cima e não de baixo — e em escala global. Só

em 2014, os oceanos absorveram 2,5 bilhões de toneladas de carbono, e espera-se, em 2015, que eles absorvam a mesma quantidade. Na verdade, todos os dias, cada americano lança quase quatro quilos de carbono no mar.

Graças a todo esse carbono extra, o pH das águas de superfície dos oceanos já caiu de uma média de 8,2 para cerca de 8,1. Como a escala Richter, a escala de pH é logarítmica, por isso mesmo uma pequena diferença numérica representa uma imensa mudança no mundo real. Um declínio de 0,1 significa que os oceanos hoje estão 30% mais acidificados do que em 1800. Supondo que os seres humanos continuem queimando combustíveis fósseis, os oceanos continuarão absorvendo dióxido de carbono e se tornarão cada vez mais ácidos. Num cenário de emissões como o de hoje, o pH da superfície dos oceanos cairá para 8,0 em meados deste século e para 7,8 no fim. A essa altura, os oceanos serão 150% mais ácidos do que eram no início da Revolução Industrial.*

Por conta do CO_2 vertido pelas fissuras das fontes hidrotermais, as águas em torno de Castello Aragonese oferecem uma prévia quase perfeita do futuro dos oceanos. É por isso que estou nadando em torno da ilha em janeiro, sentindo o corpo ficar dormente de frio. Aqui é possível nadar — e até se afogar, penso num momento de pânico — nos mares de amanhã.

• • •

Quando voltamos para terra firme, em Ischia, o vento aumentou. O convés está com um monte de garrafas de oxigênio usadas, macacões de mergulho gotejantes e caixas cheias de amostras. Ao desembarcarmos, é preciso transportar tudo pelas ruas estreitas e subir até a estação de biologia marinha, construída sobre um promontório escarpado com vista para o mar. A estação foi fundada no século XIX por um naturalista alemão chamado Anton Dohrn. Pendurada na parede do corredor de acesso, noto uma cópia de uma carta de Charles Darwin para Dohrn, enviada em 1874. Nela, Darwin expressa sua consternação por ter ouvido de um amigo mútuo que Dohrn anda sobrecarregado de trabalho.

Instalados em tanques de um laboratório subterrâneo, os animais que Buia e Hall-Spencer coletaram ao redor de Castello Aragonese a princípio parecem inertes — para meus olhos leigos, talvez até mortos. Mas depois de um tempo começam a remexer os tentáculos e procurar alimento. Há uma estrela-do-mar sem um dos braços, uma massa de corais com aparência esguia e alguns ouriços, que se movem dentro do tanque com suas dezenas de "pés ambulacrários" filiformes. (Cada pé ambulacrário é controlado hidraulicamente, estendendo-se e retraindo-se em reação à pressão da água.) Também há um pepino-do-mar de uns doze centímetros, que apresenta uma semelhança infeliz com um chouriço ou, ainda pior, com um monte de fezes. Dentro do frio laboratório, o efeito destrutivo das fontes hidrotermais é evidente. O *Osilinus turbinatus* é um caracol comum no Mediterrâneo, com uma concha que em geral apresenta manchas pretas e brancas dispostas como uma pele de cobra. O *Osilinus turbinatus* dentro do tanque não tem o mesmo padrão: a camada exterior ondulada foi corroída, expondo a camada interior, macia e branca. As conchas da lapa *Patella caerulea* têm a forma de um chapéu de palha chinês. Várias conchas de *Patella caerulea* apresentam lesões profundas, através das quais conseguimos ver seus corpos cinzentos. Elas parecem ter sido imersas em ácido, o que de certo modo aconteceu.


21. Castello Aragonese.

“Dada a imensa importância do pH, os seres humanos se empenham em garantir que a acidez do sangue seja constante”, explica Hall-Spencer, elevando a voz sobre o ruído da água corrente. “No entanto, alguns desses organismos mais simples não possuem a fisiologia necessária para fazer isso. Só lhes resta tolerar o que está acontecendo do lado de fora, e assim são impelidos para além dos próprios limites.”

Mais tarde, comendo pizza, Hall-Spencer me conta sobre sua primeira excursão às fontes hidrotermais. Foi no verão de 2002, quando ele trabalhava num navio de pesquisa italiano chamado *Urania*. Num dia quente, o *Urania* estava passando por Ischia, quando a tripulação resolveu ancorar e dar um mergulho. Alguns dos cientistas italianos que conheciam a existência das fontes hidrotermais levaram Hall-Spencer para vê-las, só por diversão. Ele gostou da experiência — nadar em meio às bolhas é um pouco como tomar banho numa banheira cheia de champanhe —, mas, para além disso, o episódio o fez refletir.

Na época, biólogos marinhos estavam apenas começando a reconhecer os riscos causados pela acidificação. Alguém já havia feito alguns cálculos perturbadores e experiências preliminares com

animais criados em laboratórios. Ocorreu a Hall-Spencer que as fontes hidrotermais poderiam ser usadas para um tipo de pesquisa novo e mais ambicioso, que envolveria não apenas as espécies criadas em cativeiros, mas dezenas de espécies vivendo e procriando em seu ambiente natural (ou, se preferirem, naturalmente não natural).

Em Castello Aragonese, as fendas hidrotermais produzem um gradiente de pH. Na extremidade leste da ilha, as águas não foram muito afetadas. Essa zona pode ser considerada o Mediterrâneo atual. Ao nos aproximarmos das fontes hidrotermais, a acidez da água aumenta, ou seja, o pH cai. Um mapeamento da vida nesse gradiente de pH, ponderou Hall-Spencer, representaria um panorama do que todos os oceanos do mundo sofrerão no futuro. Seria como ter acesso a uma máquina do tempo submarina.

Hall-Spencer levou dois anos para retornar a Ischia. Ele ainda não conseguiu financiamento para seu projeto, e foi difícil achar alguém que o levasse a sério. Sem condições para arcar com um quarto de hotel, ele acampou ao ar livre, numa saliência do penhasco. Para coletar amostras, usava garrafas plásticas reutilizadas. “Foi uma coisa meio Robinson Crusoé”, descreve.

Até que ele conseguiu convencer um número suficiente de pessoas de que seu projeto era importante, incluindo Buia. Sua primeira tarefa foi realizar um levantamento detalhado dos níveis de pH ao redor da ilha. Então fizeram um censo dos seres vivos em cada uma das diferentes zonas de pH. Isso envolveu cercar com grades uma parte do litoral e catalogar cada mexilhão, craca e lapa que achassem grudado às pedras. Incluía também ficar horas ininterruptas dentro da água, contando os peixes que passavam.

Nas águas distantes das fontes hidrotermais, Hall-Spencer e seus colegas encontraram um conjunto típico das espécies mediterrâneas: *Agelas oroides*, uma esponja que parece um pouco uma espuma isolante; *Sarpa salpa*, um peixe bastante consumido que, às vezes, causa alucinações; e *Arbacia lixula*, um ouriço-do-mar lilás. Também foram achadas vivendo na área a *Amphiroa rigida*, uma alga marinha cor-de-rosa e cheia de espinhos, e a *Halimeda tuna*, uma alga verde que cresce na forma de discos

interligados. (O censo limitava-se a criaturas que pudessem ser vistas a olho nu.) Na zona livre das fontes hidrotermais, foram registradas 69 espécies de animais e 51 espécies de plantas.

Quando Hall-Spencer e sua equipe instalaram os quadrantes mais perto das fontes hidrotermais, o resultado da conta foi bem diferente.[1] A *Balanus perforatus* é uma craca acinzentada que lembra um vulcão em miniatura. Ela é comum e abundante do oeste da África até o País de Gales. Na zona de pH 7,8, que corresponde aos mares num futuro não tão distante, a *Balanus perforatus* tinha desaparecido. O *Mytilus galloprovincialis*, um mexilhão azul bem escuro nativo do Mediterrâneo, é tão adaptável que já se instalou em várias partes do mundo como espécie invasora. Ele também havia desaparecido. Também estavam ausentes a *Corallina elongata* e a *Corallina officinalis*, ambas formas de algas rígidas e avermelhadas; o *Pomatoceros triqueter*, um tipo de anfisbena; três espécies de corais; várias espécies de caracóis; e o *Arca noae*, um molusco geralmente conhecido como arca-de-noé. No total, um terço das espécies encontradas na zona afastada das fontes hidrotermais não estava presente na zona pH 7,8.

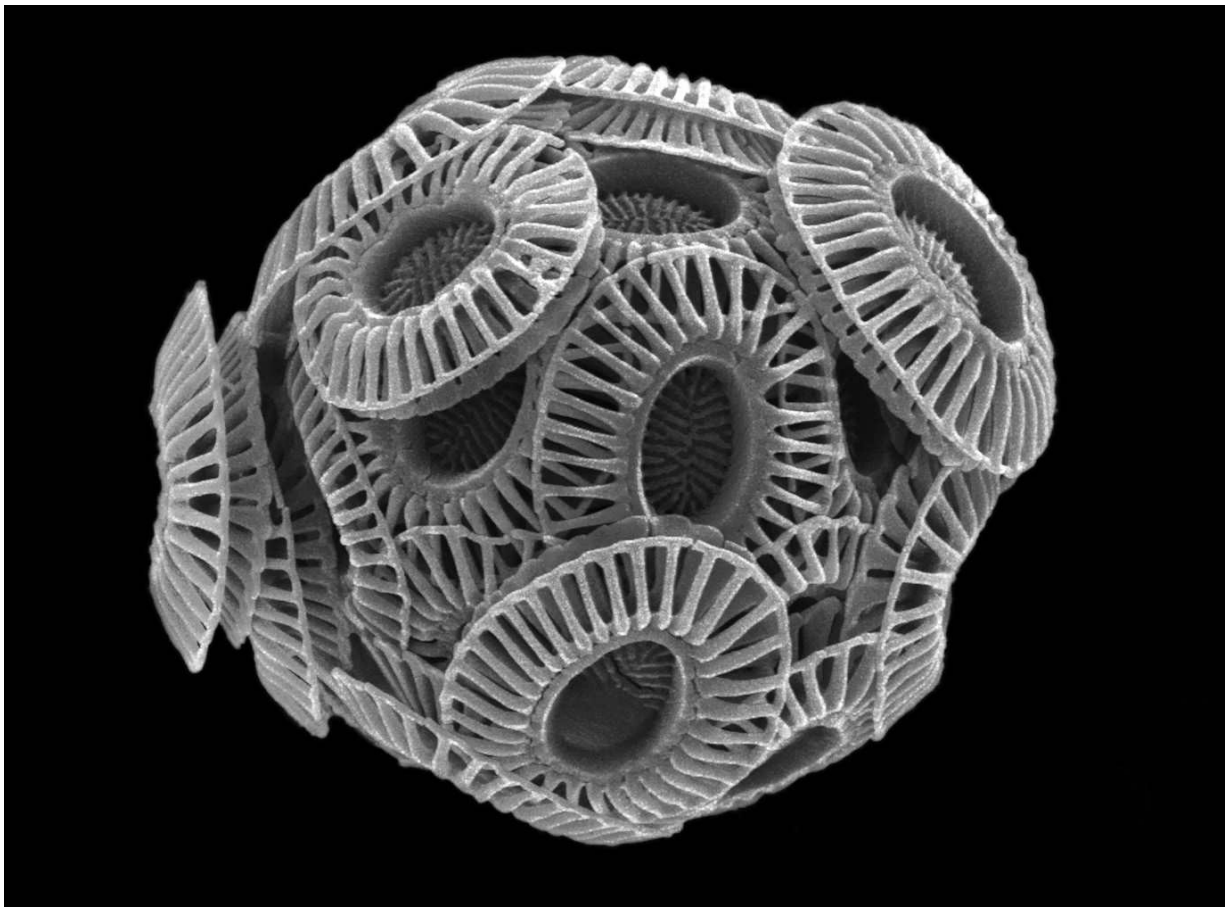
“Infelizmente, o maior de todos os pontos de transição, aquele no qual o ecossistema começa a entrar em colapso, tem pH médio de 7,8, e pelos nossos cálculos devemos chegar a esse valor em 2100”, diz Hall-Spencer, a seu modo britânico e reservado. “Ou seja, isso é bem alarmante.”

• • •

Desde a publicação do primeiro ensaio de Hall-Spencer sobre as fontes hidrotermais, em 2008, houve um aumento exponencial do interesse pela acidificação e seus efeitos. Projetos de pesquisa internacionais com nomes como Bioacid (Biological Impacts on Ocean Acidification [Impactos biológicos na acidificação dos oceanos]) e Epoca (European Project on Ocean Acidification [Projeto europeu sobre acidificação dos oceanos]) foram financiados, e centenas, talvez milhares, de experiências foram iniciadas. Essas pesquisas foram realizadas a bordo de navios, em

laboratórios e em recintos conhecidos como mesocosmos, que oferecem condições de manipulação numa parte real do oceano.

Repetidas vezes, esses experimentos confirmaram os riscos provocados pelo aumento do CO_2. Embora algumas espécies pareçam se comportar bem e até prosperem num oceano acidificado, o mesmo não acontecerá com diversas outras. Alguns organismos que se mostraram vulneráveis, como o peixe-palhaço e as ostras-do-pacífico, são comuns nos aquários e nas mesas de jantar; outros são menos carismáticos (ou saborosos), mas talvez mais importantes para os ecossistemas marinhos. O *Emiliania huxleyi*, por exemplo, é um fitoplâncton unicelular — um cocolitoforídeo — que envolve a si mesmo com finas placas de calcita. Ampliado, ele parece um trabalho artesanal meio maluco: uma bola de futebol coberta de botões. Em certas épocas do ano, esse fitoplâncton é tão comum que deixa vastos trechos dos mares brancos como leite e forma a base de muitas cadeias alimentares marinhas. O *Limacina helicina* é uma espécie de pterópode, ou "borboleta marinha", que lembra um caracol alado. Ele vive no Ártico e é uma importante fonte alimentar para muitos animais maiores, incluindo o arenque, o salmão e as baleias. Essas duas espécies parecem ser bastante sensíveis à acidificação: num experimento em mesocosmo, a *Emiliania huxleyi* desapareceu por completo de águas com níveis elevados de CO_2.[2]



22. O cocolitoforídeo *Emiliania huxleyi*.

Ulf Riebesell é um biólogo e oceanógrafo do Centro Geomar-Helmholtz de Pesquisa Oceânica, em Kiel, na Alemanha, que coordenou vários estudos importantes sobre a acidificação dos oceanos das costas norueguesa, finlandesa e do arquipélago de Svalbard. Riebesell descobriu que os grupos que tendem a se sair bem em águas mais ácidas são os de plânctons tão minúsculos — menos de dois mícrons de diâmetro — que formam sua própria rede alimentar microscópica. À medida que o número desses organismos aumenta, esses picoplânctons, como são chamados, consomem mais alimentos, prejudicando os organismos maiores.

“Se você me perguntar o que vai acontecer no futuro, acho que a evidência mais forte que temos é a de que haverá uma redução na biodiversidade”, explicou Riebesell. “Alguns organismos extremamente tolerantes se tornarão mais numerosos, mas a diversidade geral será perdida. Foi o que aconteceu em todas as

grandes extinções em massa.”

A acidificação dos oceanos às vezes é mencionada como a “gêmea igualmente má” do aquecimento global. A ironia é proposital e faz sentido até certo ponto, que pode não ser muito distante. Embora não exista um mecanismo único que explique todas as extinções em massa já registradas, as alterações químicas dos oceanos parecem ser um ótimo indicador. A acidificação dos oceanos desempenhou um papel em pelo menos duas das Cinco Grandes Extinções (no fim do Permiano e no fim do Triássico) e é bem possível que tenha sido um dos fatores primordiais numa terceira (o fim do Cretáceo). Há fortes evidências de uma acidificação oceânica durante um evento de extinção ocorrido no estágio Toarciano, 183 milhões de anos atrás, no início do período jurássico, e evidências semelhantes no fim do Paleoceno, 55 milhões de anos atrás, quando várias formas de vida marinha sofreram um abalo contundente.[3]

“Ah, a acidificação dos oceanos”, comentou Zalasiewicz em Dob’s Linn. “É uma coisa bem sórdida que vai acontecer.”

• • •

Por que a acidificação dos oceanos é tão perigosa? A pergunta só é difícil de ser respondida porque a lista de razões é muito longa. Dependendo da firmeza com que os organismos são capazes de regular suas químicas internas, a acidificação pode afetar processos básicos como o metabolismo, a atividade enzimática e a função proteica. Como a acidez maior muda a composição das comunidades microbiológicas, ela vai alterar a disponibilidade de nutrientes essenciais, como ferro e nitrogênio. Pelas mesmas razões, ela mudará a quantidade de luz que penetra na água e, por uma razão um pouco diferente, transformará o modo como o som se propaga. (Em geral, espera-se que a acidificação torne os mares mais ruidosos.) Parece provável que essa mudança de pH provoque o crescimento das algas tóxicas. Terá impacto sobre a fotossíntese — muitas espécies de plantas podem se beneficiar com os níveis elevados de CO_2 — e alterará os compostos formados por metais

dissolvidos, em alguns casos, de uma maneira que pode ser venenosa.

Da profusão de impactos possíveis, talvez o mais significativo envolva o grupo de criaturas conhecido como calcificadores. (O termo se aplica a qualquer organismo que constrói uma concha, esqueleto externo ou, no caso das plantas, um tipo de andaime interno a partir do carbonato de cálcio mineral.) O grupo dos calcificadores marinhos tem uma variedade fantástica. Os equinodermos, como as estrelas-do-mar e os ouriços-do-mar, são calcificadores, bem como mexilhões e ostras. E também as cracas, que são crustáceos. Muitas espécies de corais são calcificadoras — é assim que constroem as imponentes estruturas que se tornam os recifes. Várias espécies de algas marinhas são calcificadoras; elas muitas vezes parecem rígidas e quebradiças ao toque. As algas-coralinas — organismos diminutos que crescem em colônias que parecem uma mancha de tinta cor-de-rosa — são calcificadoras. Os braquiópodes são calcificadores, assim como os cocolitoforídeos, os foraminíferos e vários tipos de pterópode, também — a lista continua. Estima-se que a calcificação evoluiu em pelo menos 24 ocasiões isoladas ao longo da história da vida, e é bem possível que o número seja ainda maior.[4]

De uma perspectiva humana, a calcificação se parece um pouco com construção civil e um pouco com alquimia. Para construir suas conchas, exoesqueletos ou placas calcíticas, os calcificadores devem unir íons de cálcio (Ca^{2+}) e íons de carbonato (CO_3^{2-}) para formar carbonato de cálcio ($CaCO_3$). Contudo, nas concentrações presentes na água do mar comum, íons de cálcio e de carbonato não combinam. No local da calcificação, os organismos devem alterar a química da água para, de fato, impor uma química que lhes seja própria.

A acidificação oceânica aumenta o custo da calcificação, reduzindo a quantidade de íons de carbonato disponível para iniciar a reação. Estendendo a metáfora da construção civil, imagine tentar construir uma casa enquanto alguém sempre rouba seus tijolos. Quanto mais ácida a água, maior a quantidade de energia exigida a

fim de completar os passos necessários. A certa altura, a água se torna mais corrosiva e o carbonato de cálcio sólido começa a se dissolver. É por isso que as lapas que ficam muito perto das fontes hidrotermais em Castello Aragonese acabam com buracos nas conchas.

Experimentos em laboratório indicaram que os calcificadores sofrerão um impacto mais grave com a queda do pH dos oceanos, e a lista de espécies desaparecidas em Castello Aragonese confirma isso. Na zona de pH 7,8, três quartos das espécies desaparecidas são calcificadoras.[5] Estas incluem a quase onipresente craca *Balanus perforatus*, o robusto mexilhão *Mytilus galloprovincialis* e o poliqueta *Pomatoceros triqueter*. Outros calcificadores ausentes são o *Lima lima*, um bivalve comum; *Jujubinus striatus*, um caracol marinho cor de chocolate; e o *Serpulorbis arenarius*, um molusco conhecido como caracol-do-mar. A alga calcificadora, por sua vez, sumiu por completo.

Segundo geólogos que trabalham na área, as fontes hidrotermais em Castello Aragonese têm lançado dióxido de carbono há pelo menos centenas de anos, talvez mais. É possível presumir que qualquer mexilhão, craca ou poliqueta capaz de se adaptar a um pH inferior num período de séculos já o teria feito. “Eles tiveram gerações e mais gerações para sobreviver a essas condições e, ainda assim, não estão mais presentes”, observou Hall-Spencer.

E, quanto mais baixo o pH, pior para os calcificadores. Logo acima das fontes hidrotermais, onde as bolhas de CO_2 sobem em tiras espessas, Hall-Spencer descobriu que não há qualquer organismo desse tipo. Na verdade, tudo o que resta nessa área — o equivalente submarino de um terreno baldio — são umas poucas espécies resistentes de algas nativas, algumas espécies de algas invasoras, um tipo de camarão, uma esponja e dois tipos de lesma marinha.

“Você não verá *nenhum* organismo calcificador na área onde as bolhas emergem, ponto final”, disse. “Sabe quando, numa enseada poluída, só restam algumas espécies semelhantes a ervas daninhas capazes de encarar condições tão instáveis? Pois bem, é

exatamente o que acontece quando a concentração de CO_2 aumenta.”

• • •

Cerca de um terço do CO_2 que os seres humanos já lançaram no ar foi absorvido pelos oceanos. Isso alcança espantosos 150 bilhões de toneladas.[6] No entanto, como é o caso da maior parte das características do Antropoceno, não se trata apenas da quantidade, mas também da velocidade com que isso ocorre. Uma comparação útil (embora imperfeita) pode ser feita com o álcool. Assim como é bem diferente para o seu sangue se você consumir seis latas de cerveja em uma hora ou em um mês, para a química marinha faz uma enorme diferença se o dióxido de carbono é acrescentado ao longo de milhões de anos ou numa centena. Para os oceanos, assim como para o fígado humano, essa proporção é importante.

Se estivéssemos acrescentando CO_2 ao ar de maneira mais lenta, os processos geofísicos, como o desgaste das rochas, entrariam no jogo para neutralizar a acidificação. Nas atuais circunstâncias, as coisas estão avançando rápido demais para que essas forças reativas mais lentas consigam acompanhar o processo. Como observou certa vez Rachel Carson, referindo-se a um problema muito diferente, mas ao mesmo tempo bastante semelhante: “O tempo é um ingrediente essencial, mas não há tempo no mundo moderno.”[7]

Um grupo de cientistas comandado por Bärbel Hönisch, do Observatório Lamont-Doherty, da Universidade Columbia, revisou as evidências de alteração nos níveis de CO_2 no passado geológico e concluiu que, embora existam registros de vários episódios severos de acidificação oceânica, “nenhum evento anterior apresenta um paralelo perfeito” ao que está acontecendo agora, devido à “rapidez sem precedentes na emissão de CO_2 em curso hoje”. Chegou-se à conclusão de que não existem muitas maneiras de injetar bilhões de toneladas de carbono com tanta rapidez. A melhor explicação que já se encontrou para a extinção no fim do Permiano é uma explosão

maciça engendrada por vulcões onde hoje se situa a Sibéria. Contudo, mesmo esse evento espetacular, que criou a formação conhecida como Trapps Siberianos, provavelmente emitiu, por ano, menos carbono do que nossos carros, fábricas e usinas elétricas.[8]

Ao queimarem carvão e reservas de petróleo, os seres humanos estão devolvendo à atmosfera o carbono que foi mantido isolado por dezenas — na maior parte dos casos centenas — de milhões de anos. Nesse processo, estamos conduzindo a história geológica não apenas na direção oposta, mas numa velocidade *warp* (superior à da luz).

"É o nível de emissão de CO_2 que torna a experiência atual tão incomum do ponto de vista geológico, e muito provavelmente sem precedentes na história",[9] observaram Lee Kump, geólogo da Penn State University, e Andy Ridgwell, modelador climático da Universidade de Bristol, num número especial da revista científica *Oceanography* dedicado à acidificação. Se continuarmos nesse caminho por muito tempo, prosseguiram, "é provável que deixemos um legado do Antropoceno como um dos eventos mais surpreendentes, quiçá cataclísmico, na história do planeta".

---

* A escala de pH vai de zero a catorze. Sete é neutro, qualquer coisa acima disso é básico e abaixo é ácido. As águas do mar são naturalmente básicas, portanto, com a queda do pH o processo de acidificação dos oceanos poderia, de maneira menos chamativa, ser chamado de um declínio na alcalinidade dos oceanos.

CAPÍTULO VII

VIAJANDO NO ÁCIDO

Acropora millepora

A MEIO MUNDO DE distância de Castello Aragonese fica One Tree Island, no extremo sul da Grande Barreira de Corais, a cerca de oitenta quilômetros da costa australiana. A ilha tem mais de uma árvore, o que me deixou bastante surpreso, pois eu esperava — como num desenho animado — ver uma única palmeira plantada na areia branca. Acontece que o lugar tampouco tem areia. Toda a ilha consiste em restos de corais com tamanhos que vão desde uma bola de gude a uma enorme rocha. Como os corais vivos dos quais fizeram parte, esses restos se apresentam em dezenas de formatos. Alguns são curtos e grossos como um dedo; outros, ramificados como um candelabro. E há outros que se assemelham a chifres, pratos de jantar ou fragmentos de um cérebro. Acredita-se que One Tree Island foi criada durante uma tempestade especialmente brutal que ocorreu há cerca de quatro mil anos. (Como me disse um geólogo que estudou o local: “Você não gostaria de estar por lá quando isso aconteceu.”) O formato da ilha ainda passa por alterações; uma tempestade que a varreu em março de 2009 — o ciclone Hamish — acrescentou uma crista que se estende ao longo da costa leste.

A ilha poderia ser classificada como abandonada, exceto por uma pequena estação de pesquisa operada pela Universidade de Sydney. Viajei para lá da mesma maneira como todos fazem: saindo de outra, um pouco maior, a cerca de dezenove quilômetros de distância. (Essa ilha é conhecida como ilha Heron, ou ilha das Garças, um nome também incorreto, já que lá não há garças.) Quando aportamos — ou melhor, atracamos, pois não há portos em

One Tree —, uma tartaruga cabeçuda emergiu, a caminho da costa. Ela media mais de um metro e tinha uma grande marca na carapaça, que estava incrustada de cracas que pareciam antigas. As notícias circulam depressa numa ilha quase deserta, e logo toda a população — doze pessoas, contando comigo — apareceu para observá-la. As tartarugas marinhas costumam botar seus ovos à noite, em praias de areia, mas estávamos no meio do dia, sobre pedregulhos de corais irregulares. A tartaruga tentou cavar um buraco com as patas traseiras. Depois de muito esforço, fez uma vala rasa. A essa altura, uma das patas estava sangrando. Ela subiu um pouco nos corais e tentou outra vez, com resultados parecidos. Ainda continuou por uma hora e meia, quando tive que sair para assistir a uma palestra de segurança do gerente do centro de pesquisa, Russell Graham. Ele me aconselhou a não sair para nadar quando a maré estivesse baixando, já que poderia ser "arrastada até as ilhas Fiji". (Essa foi uma frase que ouvi repetidas vezes durante minha estadia, embora houvesse discordância sobre a direção da corrente: se rumava para as ilhas Fiji ou se ia para a direção contrária.) Depois de ouvir esse e outros conselhos — a mordida de um polvo-de-anéis-azuis (*Hapalochlaena*) costuma ser letal; a picada de um peixe-pedra (*Synanceia*) não, mas dói tanto que faz você desejar que fosse —, voltei para ver a tartaruga. Aparentemente, ela desistira e se arrastara de volta para o mar.

A estação de pesquisa de One Tree Island é bem precária. Ela consiste em dois laboratórios improvisados, duas cabanas e um banheiro químico externo. Como as cabanas foram montadas diretamente sobre o coral e a maior parte não tem assoalho, quem entra numa delas tem a impressão de ainda estar do lado de fora. Equipes de cientistas de todo o mundo reservam suas estadias na estação, que variam de algumas semanas a alguns meses. Em certa altura, alguém deve ter decidido que todas as equipes deveriam deixar um registro de sua visita nas paredes das cabanas. VIAGEM ÀS ORIGENS EM 2004, diz uma inscrição feita com caneta hidrocor. Outras são:

A EQUIPE DO CARANGUEJO: PINÇANDO UMA BOA CAUSA — 2005

SEXO DOS CORAIS — 2008
A EQUIPE FLUORESCENTE — 2009



23. One Tree Island circundada pelos recifes, numa foto aérea.

A equipe de americanos e israelenses que estava por lá quando cheguei já tinha feito duas viagens à ilha. A inscrição de sua primeira visita, VIAJANDO NO ÁCIDO COM OS CORAIS, vinha acompanhado por um desenho de uma seringa despejando o que parecia ser sangue sobre um globo. A última mensagem do grupo referia-se ao sítio de estudo, um trecho de coral conhecido como DK-13. O DK-13 fica no recife, tão longe da estação que, para fins de comunicação, pode ser visto como a lua.

As palavras na parede dizem: DK-13 — NINGUÉM ESCUTA SEUS GRITOS.

• • •

O primeiro europeu a avistar a Grande Barreira de Corais foi o

capitão James Cook. Na primavera de 1770, Cook navegava ao longo da costa leste australiana quando seu navio, o *Endeavour*, abalroou um trecho de recife cerca de cinquenta quilômetros a sudeste do que hoje, não por acaso, é a cidade de Cooktown. Tudo que era dispensável, até os canhões do navio, foi jogado ao mar e, com o casco perfurado, o *Endeavour* conseguiu chegar a terra firme, onde a tripulação passou os dois meses seguintes consertando a embarcação. Cook estava perplexo com o que descreveu como "um muro de Rochas de Corais erguendo-se quase de modo perpendicular do Oceano insondável".[1] Ele compreendeu que o recife tinha origem biológica, que fora "formado no Mar por animais". Mas como, então, indagaria o capitão mais tarde, havia conseguido "erguer-se tão alto?".[2]

A questão sobre como os recifes de corais crescem continuava sem resposta sessenta anos mais tarde, quando Lyell se sentou para escrever *Principles*. Embora jamais tivesse visto um recife, Lyell ficou fascinado por eles e dedicou parte do volume II à especulação sobre suas origens. A teoria de Lyell — de que os recifes cresciam nas bordas de vulcões submarinos extintos — foi absorvida mais ou menos indiscriminadamente de um naturalista russo chamado Johann Friedrich von Eschscholtz.[3] (Antes de o atol de Bikini se tornar o atol de Bikini, o lugar era chamado por um nome menos sedutor: atol de Eschscholtz.)

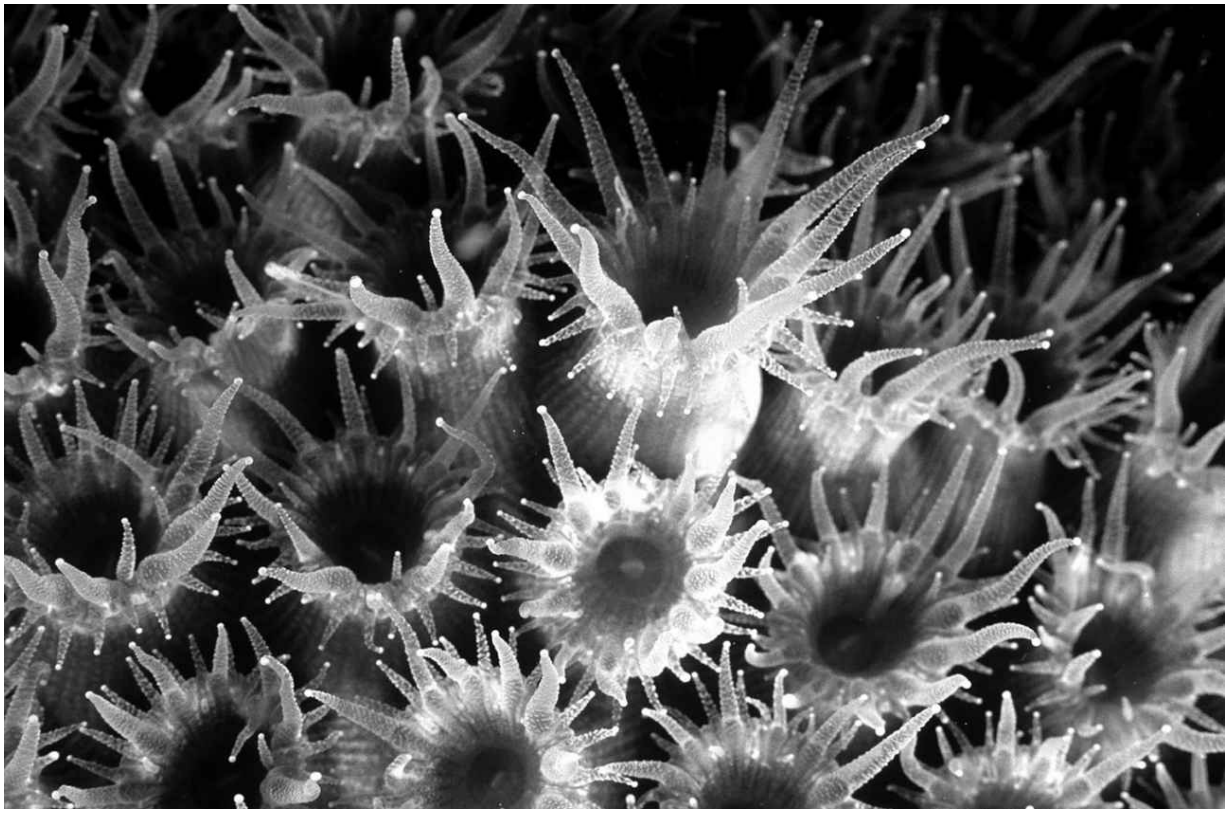
Quando chegou sua vez de teorizar sobre os recifes, Darwin contava com a vantagem de já ter de fato visitado alguns. Em novembro de 1835, o *Beagle* ancorou perto do Taiti. Darwin subiu até um dos pontos mais elevados da ilha e, de lá, avistou a ilha Moorea. Ele notou que Moorea era cercada por um recife da mesma maneira como uma gravura é limitada por sua moldura.

"Fico feliz por ter visitado essas ilhas", escreveu Darwin em seu diário, pois os recifes de corais "estão entre os objetos mais maravilhosos do mundo". Olhando para Moorea e para o recife ao redor, ele imaginou o tempo avançando. Se a ilha afundasse, o recife de Moorea se tornaria um atol. Quando Darwin retornou a Londres e contou sua teoria de subsidência para Lyell, este, embora

impressionado, previu resistência. “Não se vanglorie, achando que vão acreditar em você antes de começar a ficar careca como eu”, advertiu.

De fato, o debate sobre a teoria de Darwin — o tema de seu livro de 1842, *The Structure and Distribution of Coral Reefs* [A estrutura e distribuição dos recifes de corais] — prosseguiu até os anos 1950, quando a Marinha americana chegou às ilhas Marshall com o intuito de dizimar algumas delas. Na preparação para os testes com a bomba H, a Marinha perfurou uma série de núcleos sobre um atol chamado Enewetak. Como escreveu um dos biógrafos de Darwin, esses núcleos provaram que sua teoria estava, ao menos em linhas gerais, “espantosamente correta”.[4]

A descrição de Darwin dos recifes de corais como um dos “objetos mais maravilhosos do mundo” ainda prevalece. De fato, quanto mais se sabe sobre os recifes, mais maravilhosos eles parecem. Os recifes são paradoxos orgânicos — baluartes empedernidos, destruidores de navios, erguidos por minúsculas criaturas gelatinosas. Eles são parte animal, vegetal e mineral, cheios de vida e, ao mesmo tempo, em grande parte mortos.


24. Pólipos de coral.

Como os ouriços-do-mar, as estrelas-do-mar, os mariscos, as ostras e as cracas, os corais que erguem recifes dominam a alquimia da calcificação. O que os distingue de outros calcificadores é que, em vez de trabalharem sozinhos para produzir uma concha, digamos, ou alguma placa calcítica, os corais empreendem vastos projetos de construção comunitários que se estendem por gerações. Cada indivíduo, chamado de modo pouco lisonjeiro de pólipo, participa da formação do exoesqueleto coletivo da colônia. Num recife, bilhões de pólipos que pertencem a até centenas de espécies diferentes dedicam-se à mesma tarefa básica. Com tempo suficiente (e condições favoráveis), o resultado é outro paradoxo: uma estrutura viva. A Grande Barreira de Corais se estende de modo irregular por cerca de 2.500 quilômetros e, em alguns lugares, tem uma espessura de 150 metros. Em comparação à escala dos recifes, as pirâmides em Gizé são brinquedos de criança.

O modo como os corais transformam o mundo — com vastos projetos de construção que envolvem múltiplas gerações — pode

ser comparado ao dos seres humanos, com uma diferença crucial: em vez de desalojar outras criaturas, os corais as sustentam. Milhares — talvez milhões — de espécies evoluíram confiando nos recifes de corais, seja diretamente, em busca de comida e proteção, seja indiretamente, para se alimentar dessas espécies que vêm em busca de comida e proteção. Esse empreendimento coevolutivo perdura há várias épocas geológicas. Mas agora os pesquisadores acreditam que ele não sobreviverá ao Antropoceno. “É provável que os recifes venham a ser o primeiro principal ecossistema na era moderna a se tornar ecologicamente extinto”, escreveu um trio de cientistas britânicos sobre a situação.[5] Alguns estipulam que os recifes sobreviverão apenas até o fim do século, outros, ainda menos que isso. Um artigo publicado na revista *Nature* pelo antigo coordenador da estação de pesquisa de One Tree, Ove Hoegh-Guldberg, prevê que, em 2050, se as tendências atuais perdurarem, os visitantes da Grande Barreira de Corais verão apenas “bancos de pedras em erosão acelerada”.[6]

• • •

Fui parar em One Tree mais ou menos por acidente. Meu plano original era ficar na ilha Heron, onde há uma estação de pesquisa bem maior e também um *resort* bem chique. Em Heron, eu assistiria à desova anual dos corais e observaria o que fora descrito para mim em diversas conversas pelo Skype como um experimento pioneiro sobre a acidificação dos oceanos. Pesquisadores da Universidade de Queensland estavam construindo um mesocosmo elaborado em acrílico que lhes permitiria manipular os níveis de CO_2 num trecho dos recifes sem impedir as várias criaturas que dependem dos recifes de nadarem por ali. Alterando o pH no interior do mesocosmo e avaliando o que acontece com os corais, os cientistas seriam capazes de gerar prognósticos para o recife como um todo. Cheguei a Heron a tempo de ver a desova — voltarei a isso mais tarde —, mas o experimento estava atrasadíssimo, e o mesocosmo ainda não havia sido montado. No lugar dos recifes do futuro, tudo o que havia era um grupo ansioso de alunos de pós-graduação

debruçados sobre ferros de solda no laboratório.

Enquanto eu me perguntava o que fazer em seguida, ouvi falar de um outro experimento com corais e acidificação dos oceanos em One Tree, que, na escala da Grande Barreira de Corais, ficava logo ali na esquina. Três dias depois — não existe transporte regular para One Tree —, consegui achar uma embarcação para fazer o trajeto.

O coordenador da equipe em One Tree era um cientista atmosférico chamado Ken Caldeira. Caldeira, pesquisador de Stanford, é com frequência mencionado como o criador do termo "acidificação dos oceanos". Ele se interessou pelo assunto no fim dos anos 1990, quando foi contratado para executar um projeto para o Departamento de Energia americano. O departamento queria saber quais seriam as consequências se capturassem o dióxido de carbono das chaminés e o injetassem no fundo do mar. Àquela altura, quase nenhum trabalho de modelagem havia sido feito sobre os efeitos das emissões de carbono nos oceanos. Caldeira começou a calcular como o pH dos oceanos mudaria em consequência dessa injeção submarina e comparou o resultado com a prática corrente de bombear CO_2 na atmosfera e permitir que ele seja absorvido pelas águas de superfície. Em 2003, ele submeteu seus resultados à *Nature*. O editor da revista aconselhou-o a abandonar a discussão sobre a injeção submarina porque os cálculos referentes aos efeitos da descarga comum de CO_2 na atmosfera eram muito assustadores. Caldeira publicou a primeira parte do artigo com o subtítulo "Os próximos séculos poderão testemunhar uma acidificação dos oceanos superior à dos últimos trezentos milhões de anos".[7]

"No ritmo atual, lá pela metade do século, a coisa vai ficar preta", contou ele, poucas horas depois de chegarmos a One Tree. Estávamos sentados em torno de uma velha mesa de piquenique, olhando para o azul pungente do mar de Coral. A população de andorinhas-do-mar da ilha, grande e barulhenta, se alvoroçava atrás de nós. Caldeira concluiu, após uma pausa: "Quer dizer, a coisa já parece preta."

• • •

Caldeira tem cinquenta e poucos anos, cabelo castanho encaracolado, um sorriso de menino e uma voz que tende a se elevar no fim das frases, de tal maneira que às vezes parece que ele está fazendo uma pergunta, mesmo quando não está. Antes de entrar no mundo acadêmico, foi programador de softwares em Wall Street. Um de seus clientes era a Bolsa de Valores de Nova York (NYSE, na sigla em inglês), para a qual ele projetava um programa capaz de detectar negociações baseadas em informações confidenciais. O programa funcionou como deveria, mas, depois de algum tempo, Caldeira concluiu que a NYSE não estava muito interessada em identificar os responsáveis e decidiu mudar de profissão.

Diferente da maioria dos cientistas atmosféricos, que se concentram num aspecto particular do sistema, Caldeira está sempre trabalhando em quatro ou cinco projetos isolados. Ele tem apreço especial por trabalhos de natureza provocadora e surpreendente. Certa vez, por exemplo, calculou que, se todas as florestas do mundo fossem desmatadas e substituídas por pastos, o planeta sofreria um leve resfriamento. (Os pastos, que têm cores mais claras do que as florestas, absorvem menos raios de sol.) Outro de seus cálculos demonstra que, se a temperatura continuar mudando no mesmo ritmo, as plantas e os animais teriam que migrar em direção aos polos numa velocidade de cinquenta quilômetros por dia; outra projeção ainda sustenta que uma molécula de CO_2 gerada pela queima de combustíveis fósseis pode captar, ao longo de sua existência na atmosfera, cem mil vezes mais calor do que foi emitido em sua produção.

Em One Tree, a vida de Caldeira e de sua equipe girava em torno das marés. Uma hora antes da primeira maré baixa do dia e, em seguida, uma hora após a vazante, alguém precisava coletar amostras de água no DK-13, assim chamado porque o pesquisador australiano que determinou aquele local de pesquisa, Donald Kinsey, rotulou-o com suas iniciais. Pouco mais de doze horas depois, o processo se repetiria, e assim por diante, de uma maré

baixa a outra. O experimento era pouco tecnológico: a ideia era analisar as várias propriedades da água, que Kinsey avaliara nos anos 1970, e depois comparar os dois conjuntos de dados e tentar descobrir como os índices de calcificação nos recifes tinham mudado nesse meio-tempo. À luz do dia, a excursão até DK-13 podia ser feita por uma só pessoa. No escuro, em deferência ao fato de que “ninguém escuta os seus gritos”, o regulamento estabelecia que eram necessárias duas pessoas.

Na minha primeira noite em One Tree, a vazante ocorreu às 20h53. Caldeira faria a viagem após a maré baixa, e eu me ofereci para acompanhá-lo. Por volta das 21 horas, pegamos meia dúzia de recipientes de amostras, duas lanternas, um GPS manual e partimos.

A partir da estação de pesquisa, o trajeto até DK-13 era de cerca de um quilômetro e meio. O caminho, que alguém inserira no GPS, conduzia até a extremidade sul da ilha e continuava sobre um trecho escorregadio que tinha sido apelidado de “avenida algácea”. De lá, seguia até os recifes.

Como os corais gostam de luz, mas não podem sobreviver a uma longa exposição ao ar, tendem a crescer até a linha d’água em maré baixa e se expandem para os lados. Isso produz uma extensão de recife mais ou menos plana, como uma série de mesas, que pode ser cruzada de maneira semelhante com uma criança pulando de uma carteira a outra depois da aula. A superfície do recife de One Tree era marrom e quebradiça, e passou a ser conhecida na estação de pesquisa como “crosta da torta”. A cada passo, ouvia-se seu estalo assustador. Caldeira me advertiu que, se eu caísse numa fenda, seria ruim para o recife e ainda pior para minhas canelas. Eu me lembrei de outra mensagem escrita na parede da estação de pesquisa: NÃO CONFIE NA CROSTA DA TORTA.

A noite estava perfumada e, para além da luz das lanternas, preta feito breu. Mesmo no escuro, a vitalidade extraordinária dos recifes era evidente. Passamos por diversas tartarugas que esperavam a maré baixar com expressões que pareciam entediadas. Encontramos algumas estrelas-do-mar de um azul radiante, tubarões-leopardos encalhados nas piscinas rasas e

polvos avermelhados fazendo o possível para se mesclar no recife. Várias vezes tivemos que passar por cima de uma concha-gigante, que parecia nos olhar de soslaio com seus “lábios” coloridos e chamativos. (Suas conchas são repletas de algas simbióticas bastante coloridas.) As faixas de areia entre os blocos de coral estavam cheias de pepinos-do-mar, que, apesar do nome, são animais cujo parentesco mais próximo é o ouriço-do-mar. Na Grande Barreira de Corais, o pepino-do-mar não tem o tamanho de um pepino, e sim o de um travesseiro comprido e cilíndrico. Por curiosidade, resolvi pegar um. Ele media cerca de sessenta centímetros e era totalmente preto. A impressão era de tocar num monte de veludo coberto de musgo.

Depois de errar o caminho várias vezes e de fazer diversas paradas para Caldeira tentar fotografar os polvos com uma câmera à prova d’água, chegamos ao DK-13. O lugar consistia apenas em uma boia amarela e alguns equipamentos sensores amarrados ao recife com uma corda. Olhei para trás na direção de onde me parecia estar a ilha, mas não havia ilha ou qualquer tipo de terra à vista. Lavamos as garrafas de amostras, as enchemos e retornamos. A escuridão parecia ainda mais implacável. As estrelas brilhavam com tanta força que pareciam saltar do céu. Por um breve instante, entendi como deve ter sido para um explorador como Cook chegar a um lugar como aquele, na fronteira do mundo conhecido.

• • •

Os recifes de corais crescem em imensas fileiras que se estendem como um cinto em volta da barriga da terra, numa latitude de trinta graus norte a trinta graus sul. Depois da Grande Barreira de Corais, o segundo maior recife fica na costa de Belize. Há extensos recifes de corais no Pacífico tropical, no oceano Índico e no mar Vermelho, além de outros menores no Caribe. É curioso, portanto, que a primeira evidência de que o CO_2 podia matar um recife tenha vindo do Arizona, de um recinto fechado e supostamente autossuficiente conhecido no mundo todo como Biosfera 2.

Uma estrutura de vidro de doze mil metros quadrados em forma

de domo, a Biosfera 2 foi construída no fim dos anos 1980 por um grupo privado em grande parte financiado pelo bilionário Edward Bass. Seu objetivo era demonstrar como a vida na Terra — Biosfera 1 — poderia ser recriada, por exemplo, em Marte. A estrutura continha uma “floresta tropical”, um “deserto”, uma “área agrícola” e um “oceano” artificial. O primeiro grupo de habitantes, quatro homens e quatro mulheres, permaneceu trancado no lugar durante dois anos. Eles produziam seu próprio alimento e, por um tempo, respiraram apenas o ar reciclado. Ainda assim, o projeto foi considerado um fracasso total. Os habitantes passaram grande parte do tempo com fome e, o que é ainda mais preocupante, perderam o controle da atmosfera artificial. Nos vários “ecossistemas”, a decomposição, que absorve oxigênio e libera dióxido de carbono, deveria ser equilibrada pela fotossíntese, que realiza o processo inverso. Por razões sobretudo relacionadas à riqueza do solo que havia sido importado para a “área agrícola”, a decomposição saiu na frente. Os níveis de oxigênio dentro da estrutura sofreram uma queda vertiginosa, e os habitantes desenvolveram o equivalente ao mal de altitude. Os níveis de dióxido de carbono, enquanto isso, dispararam. Em certo ponto, atingiram três mil partes por milhão, cerca de oito vezes mais do que os níveis no exterior.

A Biosfera 2 chegou ao fim oficialmente em 1995, e a Universidade Columbia assumiu o controle da estrutura. Àquela altura, o “oceano”, um tanque do tamanho de uma piscina olímpica, estava arruinado: a maioria dos peixes estava morta e os corais, caindo aos pedaços. Um biólogo marinho chamado Chris Langdon recebeu a missão de descobrir uma função educacional para o tanque. Seu primeiro passo foi ajustar a química da água. Como seria de esperar, considerando o elevado teor de CO_2 do ar, o pH do “oceano” estava baixo. Langdon tentou consertar isso, mas coisas estranhas continuavam acontecendo. Descobrir o motivo se tornou uma obsessão. Depois de um tempo, Langdon vendeu sua casa em Nova York e se mudou para o Arizona, a fim de poder analisar o “oceano” em tempo integral.

Embora os efeitos da acidificação sejam em geral expressos em termos de pH, existe outro modo igualmente relevante de observar a situação (para vários organismos, talvez até mais relevante): a partir de uma propriedade da água do mar conhecida como “estado de saturação relativo ao carbonato de cálcio”, ou, em outras palavras, o “estado de saturação relativo à aragonita”. (O carbonato de cálcio se apresenta em duas formas, dependendo de sua estrutura de cristal: a aragonita, que é a forma fabricada pelos corais, é a variedade mais solúvel.) O estado de saturação é determinado por uma fórmula química complexa. Em resumo, é uma medida de concentração de cálcio e íons de carbonato em flutuação. Quando o CO_2 se dissolve na água, forma o ácido carbônico — H_2CO_3 —, que “come” os íons de carbonato, reduzindo assim o estado de saturação.

Quando Langdon chegou à Biosfera 2, a visão que predominava entre os biólogos marinhos era a de que os corais não se importavam muito com o estado de saturação, desde que este permanecesse acima de um. (Abaixo de um, a água é “subsaturada” e o carbonato de cálcio se dissolve.) Baseado no que via, Langdon se convenceu de que os corais se importavam, *sim*, com o estado de saturação, e muito. Para testar sua hipótese, Langdon empregou um procedimento direto, ainda que demorado. As condições no “oceano” seriam variadas, e pequenas colônias de corais presas a pequenos ladrilhos seriam removidas da água de tempos em tempos para serem pesadas. Se a colônia estivesse ganhando peso, significaria que estava crescendo — ganhando massa a partir da calcificação. A experiência levou mais de três anos para ser concluída e gerou mais de mil medições. Revelou uma relação mais ou menos linear entre a taxa de crescimento dos corais e o estado de saturação da água. Os corais cresceram mais depressa num estado de saturação de aragonita nível cinco, mais devagar em nível quatro e com ainda mais lentidão em três. No nível dois, eles praticamente pararam de crescer, como empreiteiros frustrados abandonando a obra. No mundo artificial da Biosfera 2, as implicações dessa descoberta foram interessantes. No mundo real

— Biosfera 1 —, elas se revelaram bem mais preocupantes.

Antes da Revolução Industrial, todos os principais recifes do mundo podiam ser encontrados dentro da água com um estado de saturação de aragonita entre quatro e cinco. Hoje em dia, quase não existe lugar no mundo onde o estado de saturação esteja acima de quatro e, se as tendências atuais de emissão prosseguirem, em 2060 não haverá região alguma acima de 3,5. Em 2100, nenhuma superior a três. À medida que os níveis de saturação caem, a energia necessária para a calcificação aumenta e as taxas de calcificação declinam. Os níveis de saturação podem cair tanto que os corais abandonam a calcificação de uma vez por todas, mas os problemas começam bem antes disso. Isso porque no mundo real os recifes estão sempre sendo devorados por peixes, ouriços-do-mar e vermes. Eles também sofrem os impactos das ondas e das tempestades, como aquela que formou One Tree. Assim, só para se sustentar, os recifes precisam estar sempre crescendo.

"É como uma árvore atacada por insetos", explicou-me Langdon certa vez. "Ela precisa crescer bem rápido só para se manter inalterada."

Langdon publicou seus resultados em 2000. Naquele momento, muitos biólogos marinhos mostravam-se céticos, e não eram poucos, devido à associação daquele experimento com o descrédito do projeto Biosfera. Langdon passou mais dois anos refazendo as experiências, dessa vez com controle ainda mais rigoroso. Os resultados foram os mesmos. Enquanto isso, outros pesquisadores lançaram seus próprios estudos. Estes também confirmavam a descoberta de Langdon: os corais que formam recifes são sensíveis ao estado de saturação. Agora, isso já foi demonstrado em dezenas de estudos em laboratório e também num recife de verdade. Alguns anos atrás, Langdon e outros colegas realizaram um experimento num trecho de recife perto de uma fissura vulcânica em Papua-Nova Guiné. O experimento, baseado no trabalho de Hall-Spencer em Castello Aragonese, utilizou mais uma vez as fissuras vulcânicas (fontes hidrotermais) como fonte natural de acidificação.[8] À medida que o estado de saturação da água diminuía, a diversidade de

corais caía. As algas-coralinas foram ainda mais drasticamente reduzidas, um indício agourento, já que alga-coralina age como um tipo de cola, cimentando a estrutura do recife. As ervas marinhas, por sua vez, prosperaram.

"Algumas décadas atrás, eu mesmo acharia ridículo imaginar que os recifes pudessem ter uma expectativa de vida limitada", escreveu J. E. N. Veron, antigo diretor do Instituto Australiano de Ciências Marinhas.[9] "Contudo, aqui estou, hoje, arrasado por ter passado os meus anos mais produtivos como cientista envolvido pelas inestimáveis maravilhas do mundo submarino e profundamente convencido de que meus netos não poderão desfrutá-las." Um estudo recente realizado por uma equipe de pesquisadores australianos descobriu que o revestimento na Grande Barreira de Corais declinou 50% nos últimos trinta anos.[10]

Pouco antes da viagem a One Tree, Caldeira e alguns outros membros de sua equipe publicaram um artigo com estimativas sobre o futuro dos corais com base em modelos computadorizados e em dados reunidos em campo. O ensaio chegou à conclusão de que, se as tendências de emissão atuais continuarem, nos próximos cinquenta anos "todos os recifes de corais deixarão de crescer e começarão a se dissolver".[11]

• • •

Entre uma excursão e outra para coletar amostras do recife, os cientistas em One Tree fizeram vários mergulhos. O ponto preferido do grupo ficava a menos de um quilômetro da costa, no lado oposto da ilha a partir do DK-13. Para chegar lá, era preciso convencer Graham, o gerente da estação de pesquisa, a sair com o barco, algo a que ele cedia com relutância e sem parar de resmungar.

Alguns dos cientistas que já tinham mergulhado no mundo todo — Filipinas, Indonésia, Caribe e Pacífico Sul — me disseram que não havia nada melhor do que mergulhar em One Tree. Não foi difícil acreditar. Na primeira vez que pulei do barco e observei o redemoinho de vida abaixo de mim, aquilo pareceu irreal, como se eu estivesse nadando nos mundos submarinos de Jacques

Cousteau. Cardumes de peixes pequenos eram perseguidos por cardumes de peixes maiores, que eram perseguidos por tubarões. Raias enormes deslizavam, seguidas de perto por tartarugas do tamanho de uma banheira. Tentei manter uma lista mental do que tinha visto, mas era como catalogar um sonho. Após cada mergulho, eu passava horas folheando um livro imenso chamado *The Fishes of the Great Barrier Reef and the Coral Sea* [Os peixes da Grande Barreira de Corais e do mar de Coral]. Entre os peixes que penso ter identificado estão: tubarão-tigre, tubarão-limão, tubarão-cinza-dos-corais, unicórnio-de-espigão-azul, peixe-cofre-amarelo, peixe-cofre-pintado, peixe-anjo, peixe-palhaço, *Chromis nitida*, peixe-papagaio, *Hipposcarus longiceps*, *Prectorhinctus schotaf*, um tipo de arenque, atum-albacora (*Thunnus albacares*), dourado (*Coryphaena hippurus*), *Petroscirtes fallax*, *Prionurus maculatus*, *Siganus sp.* e duas espécies de bodião (limpador e *Thalassoma amblycephalum*).

Os recifes são muitas vezes comparados às florestas tropicais, e, em termos de biodiversidade, isso faz sentido. Basta escolher qualquer grupo, e os resultados são inacreditáveis. Certa vez, um pesquisador australiano abriu um pedaço de coral do tamanho de uma bola de vôlei e descobriu, vivendo no interior, mais de 1.400 vermes poliquetas de 103 espécies diferentes. Mais recentemente, pesquisadores americanos abriram nacos de coral em busca de crustáceos. No equivalente a um metro quadrado que coletaram próximo à ilha Heron, encontraram representantes de mais de cem espécies e, numa amostragem de tamanho similar, coletada na ponta da Grande Barreira de Corais, acharam representantes de mais de 120 espécies.[12] Estima-se que pelo menos meio milhão e talvez até nove milhões de espécies passem ao menos parte da vida nos recifes de corais.

Essa diversidade é ainda mais surpreendente se levarmos em conta as condições subjacentes. As águas tropicais tendem a apresentar baixo teor de nutrientes, como o nitrogênio e o fósforo, que são cruciais para a maioria das formas de vida. (Isso tem a ver com o que se chama de estrutura térmica da coluna d’água e é a razão pela qual as águas tropicais são tão cristalinas.) Por isso, os

mares nos trópicos deveriam ser estéreis — o equivalente aquático dos desertos. Assim, os recifes não são apenas florestas tropicais submarinas, mas florestas tropicais num Saara marinho. Darwin foi a primeira pessoa a se espantar com essa incongruência, que desde então se tornou o "paradoxo de Darwin". Esse conflito nunca foi de fato elucidado, mas uma das chaves do mistério parece ser a reciclagem. Os recifes — ou melhor, as criaturas dos recifes — desenvolveram um sistema de uma eficácia fantástica pelo qual os nutrientes passam de uma classe de organismo para outra, como num imenso bazar. Os corais são os atores principais desse complexo sistema de troca e, ao mesmo tempo, fornecem a plataforma que possibilita tais negociações. Sem eles, haveria apenas mais deserto aquático.

"Os corais constroem a arquitetura do ecossistema", explicou-me Caldeira. "Portanto, não há dúvida de que, se eles desaparecerem, todo o ecossistema desaparecerá."

Um dos cientistas israelenses, Jack Silverman, descreveu a situação desta forma: "Se não houver um prédio, para onde irão os moradores?"

• • •

Os recifes surgiram e desapareceram várias vezes no passado, e seus descendentes afloram em vários lugares improváveis. As ruínas de recifes do Triássico, por exemplo, hoje podem ser encontradas milhares de metros acima do nível do mar, nos Alpes austríacos. As montanhas de Guadalupe, no oeste do Texas, são o que restou dos recifes do período permiano, que se ergueram num episódio de "compressão tectônica" cerca de oitenta milhões de anos atrás. Os recifes do Siluriano podem ser vistos no norte da Groenlândia.

Todos esses recifes antigos são feitos de calcário, mas as criaturas que os criaram eram bem diferentes. Entre os organismos que construíram os recifes no Cretáceo havia enormes bivalves conhecidos como rudistas. No Siluriano, os construtores de recifes incluíam criaturas esponjosas chamadas estromatoporoides. No

Devoniano, os recifes foram erguidos por corais rugosos, que cresciam na forma de chifres, e corais tabulatos, que tinham a forma de favos de mel. Tanto os corais rugosos quanto os tabulatos apresentam apenas um parentesco distante com os corais escleractíneos de hoje, e ambas as ordens desapareceram na grande extinção no fim do Permiano. Essa extinção aparece no registro geológico (entre outras coisas) como um "intervalo de recifes" — um período de cerca de dez milhões de anos em que os recifes sumiram por completo. Períodos de ausência de recifes assim também ocorreram após as extinções no Devoniano tardio e no Triássico tardio, e, em cada um desses casos, a construção dos recifes só foi retomada milhões de anos depois. Tal correlação serviu de argumento para alguns cientistas defenderem que a formação de recifes deve ser particularmente vulnerável às mudanças ambientais — mais um paradoxo, já que é também um dos processos mais antigos do mundo.

É claro que a acidificação dos oceanos não é a única ameaça pairando sobre os recifes. Na verdade, em algumas partes do mundo, os recifes não deverão durar tempo suficiente para que a acidificação oceânica acabe com eles. A lista de perigos inclui, mas não se limita a: pesca predatória, que provoca o crescimento das algas que competem com os corais; escoamento de resíduos agrícolas, que também encoraja o crescimento das algas; desmatamento, que leva ao assoreamento e reduz a limpidez das águas; e pesca com explosivos, cujo potencial destruidor carece de explicações. Todas essas forças tornam os corais suscetíveis a patógenos. A doença da mancha branca é uma infecção bacteriana que, como sugere o nome, produz uma mancha de tecido necrótico branco. Ela afeta duas espécies de corais caribenhos, *Acropora palmata* (conhecido como coral-chifre-de-alce) e *Acropora cervicornis* (coral-chifre-de-veado), que até pouco tempo atrás eram os formadores de recifes predominantes na região. Essa doença devastou tanto as duas espécies que hoje elas são consideradas "criticamente ameaçadas" pela União Internacional para Conservação da Natureza (IUCN, na sigla em inglês). Enquanto isso, o revestimento de corais no Caribe diminuiu quase 80% nas

últimas décadas.

Por último, e talvez mais importante, há também o risco provocado pela mudança climática — a irmã gêmea igualmente má da acidificação dos oceanos.

Os recifes tropicais precisam de calor, mas, quando a temperatura da água sobe demais, surgem os problemas. As razões para isso envolvem o fato de os corais construtores de recifes levarem uma vida dupla. Cada pólipo é um animal e, ao mesmo tempo, um hospedeiro para plantas microscópicas chamadas zooxantelas. As zooxantelas produzem carboidratos por meio da fotossíntese, e os pólipos colhem esses carboidratos assim como os agricultores colhem milho. Quando o aumento da temperatura da água vai além de certo ponto — a temperatura varia de local para local e de espécie para espécie —, a relação simbiótica entre os corais e seus locatários é rompida. As zooxantelas começam a produzir concentrações perigosas de radicais de oxigênio, e os pólipos reagem de modo desesperado e autodestrutivo, expulsando-as. Sem as zooxantelas, que são a fonte de suas cores fantásticas, os corais parecem se tornar brancos — este é o fenômeno conhecido como “branqueamento de corais”. Colônias branqueadas param de crescer e, se o dano for severo demais, morrem. Houve importantes eventos de branqueamento em 1998, 2005 e 2010 — e a frequência e intensidade desses eventos devem aumentar à medida que as temperaturas globais sobem. Um estudo sobre mais de oitocentas espécies de corais construtores de recifes, publicado pela *Science* em 2008, descobriu que um terço delas corria risco de extinção, sobretudo em consequência do aumento da temperatura dos oceanos. Isso tornou os corais-pétreos um dos grupos mais ameaçados no planeta: a proporção de espécies de corais classificados como “ameaçadas”, observou esse estudo, supera “a da maior parte dos grupos de animais terrestres, excetuando-se os anfíbios”.[13]

• • •

As ilhas são mundos em miniatura, ou, como observou o escritor

David Quammen, “quase uma caricatura da complexidade da natureza”. Nesse sentido, One Tree é a caricatura de uma caricatura. Embora a dimensão total do lugar seja de 230 metros de comprimento por 150 metros de largura, centenas de cientistas trabalharam lá, atraídos, em muitos casos, pelo tamanho diminuto. Nos anos 1970, três cientistas australianos começaram a elaborar um recenseamento biológico completo da ilha. Eles passaram quase três anos vivendo em barracas e catalogando toda espécie de plantas e animais que encontravam pela frente, incluindo: árvores (três espécies), gramíneas (quatro espécies), aves (29 espécies), moscas (noventa espécies) e ácaros (102 espécies). Eles descobriram que não havia residentes mamíferos na ilha, a não ser se contassem a si mesmos e um porco que certa vez foi levado até lá e mantido numa jaula até virar churrasco. A monografia que resultou dessa pesquisa se estende por quatrocentas páginas. A introdução é um poema sobre os encantos da ilhota:

> Uma ilha repousa —
> Envolvida por um anel luminoso
> De águas azuis e turquesa.
> Protegendo a gema da força das ondas
> Sobre sua margem de corais.[14]

No meu último dia em One Tree, não havia excursão de mergulho agendada, então tentei caminhar pela ilha — um passeio que deveria ter levado uns quinze minutos. Pouco depois de começar a andar, encontrei Graham, o gerente da estação de pesquisa, um homem magro e ruivo, com olhos azuis brilhantes e um bigode de pontas caídas como os de uma morsa. Tive a impressão de que Graham teria dado um bom pirata. Acabamos caminhando juntos e conversando, e, em nosso passeio, Graham não parava de catar pedaços de plástico que as ondas tinham levado até One Tree: uma tampa de garrafa; um fragmento de material isolante, provavelmente de uma porta de navio; pedaços de tubos de PVC. Ele possuía toda uma coleção desses restos de lixo, que eram exibidos dentro de uma gaiola de arame; o objetivo da exposição, segundo ele, era demonstrar aos visitantes “o que a raça

humana anda fazendo”.

Graham se ofereceu para me mostrar como a estação de pesquisa de fato funcionava, e então seguimos pelo atalho sinuoso atrás das cabanas e do laboratório, na direção da parte intermediária da ilha. Era época de reprodução, e, por onde andávamos, havia pássaros berrando e se pavoneando: andorinhas-do-mar, que têm a cabeça preta no alto e o peito branco; andorinhas sem cristas, que são cinza e têm cabeça branca e preta; e anous (ou trinta-réis), que são pretos com uma mancha branca na cabeça. Eu entendi por que os seres humanos tiveram tanta facilidade para matar essas aves em seus ninhos: as andorinhas-do-mar pareciam totalmente destemidas, e eram tantas que precisávamos tomar cuidado para não pisar nelas.

Graham me levou para ver os painéis fotovoltaicos que forneciam energia à estação de pesquisa e os tanques de coleta de águas pluviais. Estes estavam montados sobre uma plataforma, e de lá conseguíamos ver as copas das árvores da ilha. Segundo minhas estimativas não muito precisas, devia haver umas quinhentas árvores. Elas pareciam brotar diretamente das pedras, como mastros. Logo após a extremidade da plataforma, Graham apontou para uma andorinha-do-mar que bicava um filhote de trinta-réis. Não demorou para o filhote morrer. “Ela não vai comê-lo”, previu ele, e estava certo. A andorinha-do-mar se afastou do filhote, que então foi devorado por uma gaivota. Graham mostrou uma postura filosófica diante do episódio, uma versão do que ele sem dúvida já vira diversas vezes: isso evitava que a população de aves da ilha superasse seus recursos alimentícios.

Aquela era a primeira noite do Hanucá. Para a festa, alguém fez uma menorá a partir de um galho de árvore e amarrou duas velas nas pontas com fita adesiva. Aceso sobre a praia, a menorá improvisada lançava sombras oscilantes sobre as pedras. O jantar naquela noite foi carne de canguru, que achei surpreendentemente gostosa, mas que não era nada kosher, como observaram os israelenses.

Mais tarde, fui para o DK-13 com um aluno de pós-doutorado chamado Kenny Schneider. Já fazia mais de duas horas que a maré

estava subindo, então Schneider e eu deveríamos chegar ao sítio alguns minutos antes da meia-noite. Schneider já fizera aquele caminho antes, mas ainda não dominava o funcionamento do GPS. Mais ou menos na metade do percurso, descobrimos que estávamos vagando fora da rota prevista. Logo, a água chegou à altura do peito. Isso tornava o deslocamento muito mais lento e difícil, e a maré ainda estava enchendo. Vários pensamentos inquietantes percorriam minha mente. Conseguiríamos voltar até a estação a nado? Conseguiríamos ao menos descobrir a direção na qual deveríamos nadar? Conseguiríamos, enfim, elucidar a questão das ilhas Fiji?

Bem depois do previsto, eu e Schneider avistamos a boia amarela da DK-13. Enchemos as garrafas de amostra e voltamos. Mais uma vez fiquei fascinada pelo brilho das estrelas e o horizonte sem luz. Como já ocorrera várias vezes em One Tree, senti a incongruência de minha posição. A razão que me levara à Grande Barreira de Corais era escrever sobre a escala da influência humana sobre a natureza. Ainda assim, eu e Schneider parecíamos infinitamente pequenos cobertos por aquela escuridão contumaz.

• • •

Como os judeus, os corais da Grande Barreira respeitam um calendário lunar. Uma vez por ano, depois de uma lua cheia no início do verão austral, eles se lançam no que é conhecido como desova em massa — um tipo de sexo grupal sincronizado. Alguém havia me avisado para não perder o espetáculo da desova em massa, então planejei minha viagem para a Austrália com isso em mente.

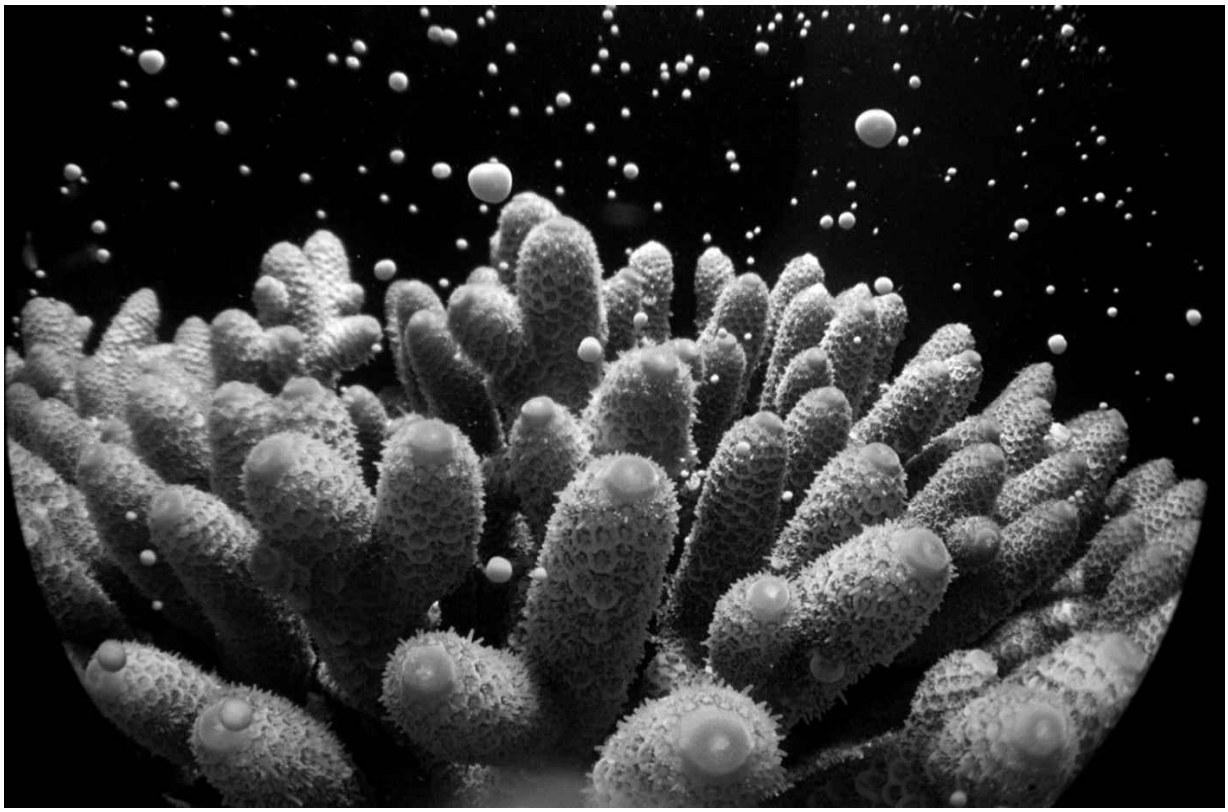
Na maior parte do tempo, os corais são muitíssimo castos; eles se reproduzem de maneira assexuada, por “brotamento”. Assim, a desova anual é uma rara oportunidade de misturar as coisas, geneticamente falando. A maioria dos desovadores é hermafrodita, o que significa que um único pólipo produz ao mesmo tempo óvulos e esperma, tudo embalado junto num embrulho bem conveniente. Ninguém sabe muito bem como os corais sincronizam as desovas,

mas acredita-se que eles reajam tanto à luz quanto à temperatura.

Pouco tempo antes da grande noite — as desovas em massa sempre acontecem após o pôr do sol —, os corais começam a se "preparar", o que pode ser considerado a versão *escleractínea* de um trabalho de parto. As embalagens de espermas e óvulos começam a brotar dos pólipos, e toda a colônia se eriça como se estivesse arrepiada. Na ilha Heron, alguns pesquisadores australianos tinham instalado um berçário elaborado com o objetivo de estudar o evento. Eles reuniram colônias de algumas das espécies mais comuns sobre o recife — inclusive o *Acropora millepora*, que, conforme me disse um dos cientistas, funciona como um "rato de laboratório" do mundo dos corais — e as criavam dentro de tanques. A *Acropora millepora* produz uma colônia que lembra um ramo de minúsculas árvores de Natal. Ninguém tinha autorização para se aproximar dos tanques com uma lanterna, temendo que isso perturbasse os relógios internos dos corais. Em vez disso, todos usavam lanternas especiais de luz vermelha. Com uma dessas na cabeça, consegui ver os embrulhinhos de óvulo-esperma abrindo caminho por dentro do tecido transparente dos pólipos. Eram cor-de-rosa e pareciam miçangas de vidro.

A chefe da equipe, uma pesquisadora chamada Selina Ward, da Universidade de Queensland, debruçava-se sobre os tanques de corais grávidos como uma obstetra preparando um parto. Ela me disse que cada embrulho continha algo entre vinte e quarenta óvulos e provavelmente milhares de espermas. Pouco depois de serem liberados, os invólucros se rompiam e despejavam seus gametas, que, se conseguissem encontrar parceiros, resultariam em larvas rosadas. Assim que os corais dentro do tanque desovassem, Ward planejava colher alguns invólucros e submetê-los a diferentes níveis de acidificação. Ela estudava os efeitos da acidificação sobre as desovas havia vários anos, e seus resultados sugeriam que níveis mais baixos de saturação conduziam a ligeiros declínios na fertilização. Os níveis de saturação também afetavam o desenvolvimento e o assentamento das larvas — o processo pelo qual as larvas de corais gotejam para fora da coluna d'água, prendem-se a alguma coisa sólida e começam a produzir novas

colônias.



25. *Acropora millepora* em processo de desova.

“Em geral, todos os nossos resultados têm sido negativos até agora”, disse-me Ward. “Se continuarmos desse jeito, sem efetuar mudanças radicais nas emissões de carbono, acho que estamos diante de um quadro que, em um futuro próximo, deixará apenas vestígios de corais, na melhor das hipóteses.”

Mais tarde naquela noite, alguns dos outros pesquisadores da ilha Heron, incluindo os estudantes de pós-graduação que estavam tentando montar o mesocosmo atrasado, ouviram que os corais de Ward estavam a ponto de desovar e organizaram uma excursão para um mergulho noturno. Tratava-se de uma tarefa bem mais elaborada do que as nossas excursões em One Tree, e eles se prepararam com macacão de mergulho e lanternas submarinas. Não havia equipamento suficiente para todo mundo mergulhar ao mesmo tempo, então fizemos um revezamento. Fui com o primeiro grupo e, no começo, fiquei decepcionada, pois nada parecia

acontecer. Então, após algum tempo, notei alguns corais liberando seus invólucros. Quase imediatamente, milhares de outros fizeram o mesmo. A cena lembrava uma nevasca nos Alpes, só que no sentido contrário. A água se encheu de correntes de miçangas rosadas flutuando em direção à superfície, como neve caindo para cima. Vermes iridescentes apareceram para comer os invólucros, produzindo um brilho feérico, e uma camada cor de malva começou a se formar na superfície. Quando meu turno chegou ao fim, saí da água com relutância e passei a lanterna para outra pessoa.

CAPÍTULO VIII

A FLORESTA E AS ÁRVORES

Alzatea verticillata

"AS ÁRVORES SÃO surpreendentes", dizia Miles Silman. "São muito bonitas. É verdade que elas merecem um pouco mais de reconhecimento. Ao caminhar pela floresta, a primeira coisa que observamos é: 'Aquela árvore é enorme', ou 'Aquela árvore é bem alta', mas, quando começamos a pensar na história da vida daqueles seres, em tudo o que está envolvido para que aquela árvore esteja naquele local, vemos como é bem-feito. É parecido com o que acontece com o vinho; quando se começa a entendê-lo, ele se torna mais intrigante." Estávamos no leste do Peru, à beira dos Andes, sobre uma montanha a 3.600 metros onde, na verdade, não havia árvores — apenas arbustos e cerca de uma dezena de vacas incompatíveis com o lugar, que nos espiavam com expressões desconfiadas. O sol estava baixando e, com ele, a temperatura, mas a vista, com a tonalidade alaranjada do entardecer, era extraordinária. A leste, estendia-se a parte alta do rio Madre de Dios, que deságua no rio Beni, que deságua no rio Madeira, até enfim alcançar a floresta amazônica. Diante de nós, ficava o Parque Nacional de Manú, um dos pontos do mundo mais famosos por sua biodiversidade.

"No seu campo de visão, há uma em cada nove espécies de pássaros do planeta", explicou-me Silman. "Só nestas terras, temos mais de mil espécies de árvores."

Eu, Silman e vários de seus alunos peruanos de pós-graduação tínhamos acabado de chegar ao topo da montanha, após sairmos de Cuzco naquela mesma manhã. Em linha reta, a distância que percorremos era de apenas oitenta quilômetros, mas havíamos

levado quase o dia todo, seguindo por sinuosas estradas de terra. As estradas atravessavam aldeias com casas de paredes de barro, campos inclinados em ângulos improváveis, mulheres com saias coloridas e chapéus de feltro marrom carregando bebês amarrados nas costas. Na maior aldeia, paramos para almoçar e comprar mantimentos para uma excursão de quatro dias — como queijo, pão e um saco de folhas de coca, que Silman comprou por um valor equivalente a cerca de dois dólares.

Em pé, no alto da montanha, Silman me disse que a trilha que pegaríamos para descer na manhã seguinte era usada muitas vezes por negociantes de coca. Os *cocaleros* carregam as folhas dos vales, onde a planta é cultivada, até as altas aldeias andinas, como a que acabávamos de deixar para trás, e aquela trilha era usada com esse propósito desde o tempo dos conquistadores.

Silman, que dá aulas na Wake Forest University, chama a si mesmo de ecologista florestal, embora também o chamem de ecologista tropical, ecologista comunitário ou biólogo conservacionista. Ele começou a carreira pensando em como as comunidades florestais se reúnem e se elas tendem a permanecer estáveis com o tempo. Isso o levou a observar as mudanças climáticas nos trópicos no passado, o que por sua vez o conduziu, muito naturalmente, a analisar as mudanças no futuro. Esses estudos o instigaram a estabelecer a série de lotes florestais que nos preparávamos para visitar. Cada um dos lotes de Silman — são ao todo dezessete — se situa a uma altitude diferente, e assim registra uma temperatura média anual diferente. No mundo da megadiversidade de Manú, isso significa que cada região representa uma fatia de uma comunidade florestal muito diferente.



26. Os lotes criados por Silman se estendem ao longo da cordilheira. O lote 1, no alto da serra, possui a maior altitude e, por isso, a temperatura anual mais baixa.

Na imaginação popular, o aquecimento global é visto sobretudo como uma ameaça às espécies que gostam do frio, e existem boas razões para isso. À medida que o mundo se torna mais quente, os polos se transformam. No Ártico, o gelo perene dos mares cobre apenas metade da área que ocupava trinta anos atrás e daqui a trinta anos poderá ter desaparecido por completo. É evidente que todo animal que depende do gelo — por exemplo, focas e ursos-polares — sofrerá forte pressão à medida que o degelo se intensifica.

Contudo, o impacto do aquecimento global nos trópicos será igualmente profundo — na verdade, segundo Silman, será ainda maior. As razões para isso são um pouco mais complicadas, mas elas partem do fato de que é nos trópicos onde vive a maioria das espécies.

• • •

Por um momento, considere a seguinte viagem (puramente hipotética). Você está no Polo Norte num belo dia de primavera. (Por enquanto, ainda há bastante gelo por ali, então não há risco de cair na água gélida.) Você começa a andar, ou melhor ainda, a esquiar. Como só existe uma direção a seguir, precisa ir para o sul, mas existem 360 meridianos para escolher. Talvez, como eu, você viva na região dos Berkshires e queira ir aos Andes, então decide que seguirá o 73º meridiano para oeste. Você esquia e esquia e, enfim, a uns oitocentos quilômetros do polo, chega à ilha Ellesmere. Durante esse tempo todo, é claro, não terá visto qualquer árvore ou planta terrestre, já que está atravessando o oceano Ártico. Em Ellesmere, ainda não verá árvore alguma, pelo menos nenhuma que possa ser identificada como tal. A única planta florestal que cresce na ilha é o salgueiro-do-ártico, que mal chega aos tornozelos. (O escritor Barry Lopez observou que se você passar tempo demais vagando pelo Ártico acabará se dando conta de que "está em pé no *alto* de uma floresta".)[1]

Continuando rumo ao sul, você cruza o estreito de Nares — circundá-lo agora está cada vez mais complicado, mas vamos deixar isso de lado — e atravessa a ponta no extremo oeste da Groenlândia, cruza a baía de Baffin e chega à ilha de Baffin. Em Baffin, também não existe nada que possa realmente ser qualificado como árvore, embora haja várias espécies de salgueiros crescendo em aglomerações perto do solo. Finalmente — e neste ponto seu trajeto já cobriu cerca de 3.200 quilômetros —, você chega à península de Ungava, no norte do Quebec. Você ainda está ao norte das árvores, mas, se caminhar por mais uns quatrocentos quilômetros, alcançará as margens da floresta boreal. A floresta boreal do Canadá é imensa, estendendo-se por mais de quatro milhões de quilômetros quadrados e representando quase um quarto de todas as florestas intactas que ainda restam no planeta. No entanto, a diversidade na floresta boreal é pequena. Em toda sua extensão, pode-se encontrar apenas cerca de vinte espécies de árvores, incluindo a *Picea mariana*, a bétula-branca e o pinheiro-

balsâmico.

Assim que se entra nos Estados Unidos, a diversidade das árvores começará, aos poucos, a aumentar. Em Vermont, você chegará à floresta decídua oriental, que outrora cobria quase metade do país, mas hoje ocupa apenas algumas áreas, a maioria composta de florestas secundárias. Em Vermont, estima-se que haja algo em torno de cinquenta espécies nativas; em Massachusetts, cerca de 55.[2] Na Carolina do Norte (que fica um pouco a oeste do seu caminho), existem mais de duzentas espécies. Embora o 73º meridiano não cruze a América Central, vale a pena observar que a minúscula Belize, que tem quase o tamanho de Nova Jersey (ou do Sergipe), tem setecentas espécies nativas.

O 73º meridiano cruza a linha do equador na Colômbia, para então cortar partes da Venezuela, do Peru e do Brasil, antes de voltar ao Peru. Por volta da latitude de treze graus ao sul, ele passa a oeste de três lotes florestais de Silman. Nesses lotes, que juntos compreendem uma área aproximadamente do tamanho do Fort Tyron Park de Manhattan (27 hectares), a diversidade é extraordinária. São 1.035 espécies de árvores, aproximadamente cinquenta vezes mais do que em toda a floresta boreal do Canadá.

E o que vale para as árvores também vale para pássaros, borboletas, anfíbios, fungos e qualquer outro grupo que você imaginar (exceto, curiosamente, para os afídios).[3] Em geral, a biodiversidade é mais pobre nos polos e mais rica em latitudes baixas. Esse padrão é chamado na literatura científica de “gradiente latitudinal de diversidade”, ou LDG (na sigla em inglês). O naturalista alemão Alexander von Humboldt notou essa variedade e ficou surpreso com o esplendor biológico dos trópicos, que oferece “um espetáculo tão variado quanto a abóbada celeste”.[4]

“O tapete frondoso de flora exuberante cobrindo a superfície da Terra não tem uma textura única”, escreveu Humboldt ao voltar da América do Sul, em 1804.[5] “O desenvolvimento orgânico e a abundância de vitalidade aumentam gradualmente a partir dos polos na direção da linha do equador.” Mais de dois séculos depois, a razão para essa configuração ainda não é conhecida, embora mais

de trinta teorias tenham sido propostas para o fenômeno.

Uma delas sustenta que há mais espécies vivendo nos trópicos porque o relógio evolutivo ali avança mais rápido.[6] Assim como os agricultores conseguem produzir mais safras anuais em latitudes mais baixas, os organismos podem produzir mais gerações. Quanto maior o número de gerações, maiores são as chances de mutações genéticas. Quanto maiores as chances de mutações genéticas, maior a probabilidade de surgirem novas espécies. (Uma teoria um pouco diferente, mas relacionada, afirma que quanto maiores as temperaturas, mais elevadas as taxas de mutação.)

Uma segunda teoria postula que os trópicos têm mais diversidade porque as espécies tropicais são sensíveis. Segundo essa linha de raciocínio, a característica mais importante dos trópicos é a relativa estabilidade das temperaturas. Assim, os organismos tropicais tendem a possuir tolerância térmica um tanto reduzida, e mesmo leves diferenças climáticas causadas, digamos, pelas montanhas e pelos vales, podem constituir obstáculos insuperáveis. (Um ensaio famoso sobre esse assunto é intitulado ”Por que os desfiladeiros de montanhas são mais elevados nos trópicos”.)[7] As populações são, portanto, isoladas com maior facilidade, e daí vem a especiação.

Outra teoria foca na história. Segundo essa tese, o fato mais notável em relação aos trópicos é que eles são antigos. Uma versão da floresta tropical amazônica existiu há muitos milhões de anos, mesmo antes de sequer haver uma Amazônia. Assim, nos trópicos, houve bastante tempo para as diversidades se acumularem. Em comparação, vinte mil anos atrás, quase todo o Canadá estava coberto por uma camada de gelo de mais de um quilômetro de espessura. O mesmo valia para parte da Nova Inglaterra. Ou seja, todas as espécies de árvores encontradas hoje na Nova Escócia, Ontário, Vermont ou em New Hampshire são migrantes que chegaram (ou retornaram) só nos últimos milhares de anos. A teoria da diversidade em função do tempo foi proposta pela primeira vez pelo rival de Darwin, ou, se preferir, seu codescobridor: Alfred Russel Wallace observou que nos trópicos “a evolução teve sorte”,

ao passo que nas regiões glaciais “ela encontrou incontáveis dificuldades pelo caminho”.[8]

• • •

Na manhã seguinte, nos arrastamos bem cedo para fora dos sacos de dormir a fim de ver o sol nascer. Do alto, observamos as nuvens que vieram da bacia amazônica durante a noite, passando de rosadas para uma tonalidade ardente de laranja. Naquele amanhecer frio, guardamos nossas tralhas e seguimos pela trilha. “Escolha alguma folha que tenha uma forma interessante”, instruiu-me Silman, quando começamos a descer pela neblina da floresta. “Você a verá por uns cem metros e, depois, não a verá mais. E pronto. Esse é todo o alcance da árvore.”

Silman estava carregando um facão de sessenta centímetros, que usava para desbravar o mato à nossa frente. De vez em quando, ele o erguia no ar para mostrar alguma coisa interessante: um ramo de pequeninas orquídeas brancas com flores menores do que um grão de arroz; uma planta da família do mirtilo com frutinhas de um vermelho vívido; um arbusto parasita com lindas flores alaranjadas. Um dos alunos de pós-graduação de Silman, William Farfan Rios, me entregou uma folha do tamanho de um prato.

“Esta é uma espécie nova”, explicou. Ao longo da trilha, Silman e seus alunos encontraram trinta espécies de árvores desconhecidas pela ciência. (Só esse grupo de árvores descoberto representa uma vez e meia o número de espécies na floresta boreal do Canadá.) E há ainda trezentas outras espécies que eles suspeitam serem novas, mas que ainda precisam ser formalmente classificadas. Além disso, descobriram um gênero inteiro que não era conhecido.

“Não é a mesma coisa do que encontrar outro *tipo* de carvalho ou outro *tipo* de nogueira”, observou Silman. “É como descobrir o ‘carvalho’ ou a ‘nogueira’.” As amostras desse gênero foram enviadas a um especialista na Universidade da Califórnia em Davis, mas infelizmente ele morrera antes de descobrir onde encaixar o novo ramo na árvore taxonômica.

Embora fosse inverno nos Andes e apesar da altitude e da

estação seca, a trilha estava enlameada e escorregadia. Com o uso, ela se tornara um canal profundo na encosta da montanha, de modo que à medida que avançávamos o solo ao redor chegava à altura dos nossos olhos. Em vários pontos, as árvores tinham crescido no alto, transformando o canal num túnel. O primeiro túnel ao qual chegamos era escuro e úmido, cheio de pequenas raízes. Os túneis seguintes eram mais longos e mais escuros, e, mesmo em pleno dia, precisamos usar as lanternas. Senti muitas vezes como se tivesse penetrado num conto de fadas bem sombrio.

Passamos pelo lote 1, com altitude de 3.450 metros, mas não paramos. O lote 2, a uma altitude de 3.200 metros, tinha sido varrido pouco tempo antes por um deslizamento de terra. Isso animou Silman, que estava interessado em ver que tipos de árvore recolonizariam o lugar.

Quanto mais descíamos, mais densa a floresta se tornava. As árvores não eram apenas árvores; pareciam formar jardins botânicos, cobertas de samambaias, orquídeas, bromélias e cheias de cipós. Em alguns locais, a vegetação era tão espessa que tapetes de folhas se formaram acima do chão, e deles brotavam plantas — florestas suspensas. Como quase todos os raios de luz e espaços disponíveis estavam ocupados, a concorrência para conseguir recursos era feroz, e parecia quase possível observar a seleção natural em plena atividade, “todos os dias e de hora em hora” examinando “cada variação, até mesmo as mais tênues”. (Outra teoria que tenta explicar a diversidade tropical diz que a maior concorrência impulsionou a especialização das espécies, e mais espécies especialistas conseguem coabitar a mesma quantidade de espaço.) Eu conseguia ouvir os pássaros cantando, mas quase nunca conseguia avistá-los; por conta das árvores, era difícil enxergar os animais.

Em algum lugar perto do lote 3, a 2.950 metros de altitude, Silman pegou o saco plástico cheio de folhas de coca. Ele e seus alunos estavam carregando o que me parecia uma quantidade absurda de coisas: um saco de maçãs, um saco de laranjas, um livro de setecentas páginas sobre pássaros, um livro de novecentas páginas sobre plantas, um iPad, frascos de benzeno, uma lata de

tinta em spray, um queijo inteiro e uma garrafa de rum. A coca, explicou Silman, fazia a bagagem pesada parecer leve. Ela também adiava a fome, aliviava dores e ajudava a combater o mal de altitude. Tinham me dado pouca coisa para carregar além da minha própria bagagem, mas qualquer coisa que aliviasse o esforço valia a pena tentar. Então peguei um punhado de folhas e uma pitada de bicarbonato de sódio. (O bicarbonato, bem como qualquer outra substância alcalina, é necessário para a coca surtir seus efeitos.) As folhas eram coriáceas e tinham gosto de livro velho. Logo, meus lábios ficaram dormentes e minhas dores começaram a desaparecer. Uma ou duas horas depois, pedi mais um pouco. (Depois disso, pensei com saudade naquele saco plástico várias vezes.)



27. Vista do lote 4.

No início da tarde, alcançamos uma pequena clareira

encharcada onde, segundo eles, passaríamos a noite. Estávamos na extremidade do lote 4, a uma altitude de 2.700 metros. Silman e seus alunos já haviam acampado ali várias vezes, algumas delas durante semanas seguidas. A clareira estava cheia de bromélias arrancadas e carcomidas. Silman identificou aquilo como as sobras deixadas por um urso-de-óculos. Essa espécie, também conhecida como urso-andino, é a última sobrevivente entre os ursos sul-americanos. Tem a pelagem preta ou marrom, com manchas brancas em torno dos olhos, e sobrevive basicamente de plantas. Eu não tinha me dado conta de que havia ursos nos Andes, e só consegui pensar a história do ursinho inglês Paddington, chegando a Londres “das profundezas mais escuras do Peru”.

• • •

Cada um dos dezessete lotes de Silman tem pouco mais de dez mil metros. Eles são dispostos numa serra, do topo até a bacia amazônica, que fica praticamente no nível do mar. Nos lotes, alguém — Silman ou um de seus alunos — etiquetou todas as árvores com mais de dez centímetros de diâmetro. Essas árvores foram medidas, identificadas por espécie e numeradas. O lote 4 tem 777 árvores com mais de dez centímetros de largura, que pertencem a sessenta espécies diferentes. Silman e seus alunos estavam preparando o recenseamento dos lotes, um projeto que duraria vários meses. Todas as árvores já catalogadas deveriam ser medidas de novo, e qualquer árvore que tivesse nascido ou morrido desde a última contagem seria adicionada ou subtraída. Houve discussões longas e intricadas, conduzidas parte em inglês, parte em espanhol, sobre como o recenseamento deveria ser realizado. Um dos poucos debates que consegui acompanhar era sobre assimetria. Um tronco de árvore não é perfeitamente circular, portanto, dependendo de como você orientasse o paquímetro ao tirar a medida, um diâmetro diferente seria obtido. Por fim, ficou resolvido que os paquímetros deveriam ser posicionados com a haste fixa sobre um ponto marcado com spray de tinta vermelha em cada árvore.

Por conta das diferenças na elevação, os lotes de Silman registram diferentes temperaturas médias anuais. Por exemplo, no lote 4 a média é de 11,6°C. No lote 3, que fica 250 metros acima, a média é de 10,5°C, e, no lote 5, que fica 250 metros abaixo, é de 13,3°C. Como as espécies tropicais apresentam faixas térmicas estreitas, essas diferenças de temperatura se traduzem num alto índice de variação. Árvores que são abundantes em um lote podem sumir por completo no lote superior ou no inferior.



28. Nos lotes, cada árvore com mais de dez centímetros de diâmetro foi etiquetada.

“Algumas espécies predominantes têm extensões latitudinais muito estreitas”, explicou-me Silman. “Ou seja, as características que as tornam boas competidoras nesta extensão também as desfavorecem um pouco fora daqui.” No lote 4, por exemplo, 90% das espécies de árvores são diferentes das espécies encontradas no lote 1, que fica a apenas 760 metros de altura.

Silman começou a catalogar os lotes em 2003. Sua intenção era

voltar com frequência, a cada ano, década após década, para ver o que acontecia. Como as árvores reagiriam às mudanças climáticas? Uma possibilidade — que poderia ser chamada de cenário “floresta de Birnam”, como em *Macbeth* — era de que as árvores em cada zona começassem a se deslocar para cima. É claro que as árvores não podem se mover de verdade, mas podem fazer a melhor coisa depois disso: dispersar sementes que se tornam novas árvores. Dentro desse cenário, as espécies encontradas no lote 4 começariam, com o aquecimento, a nascer mais acima da montanha, no lote 3, ao passo que as do lote 3 apareceriam no lote 2, e assim por diante. Silman e seus alunos concluíram o primeiro recenseamento em 2007. Silman via esse esforço como parte de seu projeto de longo prazo e não imaginava que, apenas quatro anos mais tarde, encontraria tantas coisas interessantes. Mas um de seus alunos, Kenneth Feeley, insistiu em examinar todos os dados, de qualquer maneira. O trabalho de Feeley revelou que a floresta já estava, mensuravelmente, em movimento.

Há várias maneiras de calcular as taxas de migração: pelo número de árvores ou pela massa, para citar só alguns. Feeley reuniu as árvores por gênero. Em linhas bem simples, ele descobriu que o aquecimento global estava impelindo o gênero médio para o alto da montanha num ritmo de dois metros e meio por ano. Mas ele descobriu também que a média dissimulava uma série surpreendente de respostas. Como grupinhos de alunos no recreio, árvores diferentes estavam se comportando de maneiras muito diferentes.

Vejamos, por exemplo, as árvores do gênero *Schefflera*. A *Schefflera*, membro da família ginseng, tem folhas compostas espalmadas que se dispõem ao redor de um ponto central — assim como nossos dedos estão dispostos em volta da palma da mão. (Um membro desse grupo, *Schefflera arboricola*, de Taiwan, conhecido como árvore-guarda-chuva, é com frequência cultivado como planta doméstica.) As árvores do gênero *Schefflera*, notou Feeley, eram quase hiperativas; estavam escalando a vertente da montanha num ritmo espantoso de quase trinta metros por ano.[9]

No extremo oposto, havia as árvores do gênero *Ilex*. Elas possuem folhas alternadas, em geral lustrosas, com as extremidades dentadas ou pontudas. (O gênero inclui a *Ilex aquifolium*, nativa da Europa e conhecida no Brasil como azevinho.) As árvores do gênero *Ilex* eram como crianças que passam o recreio esparramadas nos bancos. Enquanto a *Schefflera* acelerava montanha acima, a *Ilex* continuava no mesmo lugar, mais ou menos inerte.

• • •

No momento, não precisamos nos preocupar com qualquer espécie (ou grupo de espécies) que não consiga enfrentar determinada variação de temperatura, porque ela (ou ele) não existe mais. A temperatura oscila em todos os lugares na superfície da Terra. Elas flutuam da noite para o dia e de uma estação para outra. Mesmo nos trópicos, onde as diferenças entre inverno e verão são mínimas, as temperaturas podem variar de modo significativo entre as épocas de chuva e de estiagem. Os organismos desenvolveram todo tipo de comportamento para lidar com essas variações. Eles hibernam, veraneiam ou migram; dissipam o calor arfando ou o conservam deixando crescer camadas espessas de pele. As abelhas se aquecem contraindo os músculos do tórax. Os cabeças-secas se refrescam defecando nas próprias pernas. (Em temperaturas muito quentes, os cabeças-secas conseguem defecar nas próprias pernas até uma vez por minuto.)

Durante o tempo de existência de uma espécie (cerca de um milhão de anos), as mudanças de temperatura a longo prazo — mudanças no clima — entram no jogo. Nos últimos quarenta milhões de anos, mais ou menos, a Terra esteve numa fase geral de esfriamento. Não se tem absoluta certeza dos motivos, mas uma teoria postula que a elevação do Himalaia expôs grandes extensões de rochas ao intemperismo químico, e isso, por sua vez, levou a uma redução de dióxido de carbono na atmosfera. No início dessa longa fase de esfriamento, no Eoceno tardio, o mundo era tão quente que quase não havia gelo. Cerca de 35 milhões de anos

atrás, as temperaturas globais tinham caído tanto que as geleiras começaram a se formar na Antártida. Há cerca de três milhões de anos, as temperaturas despencaram a ponto de o Ártico também congelar e formar uma calota de gelo permanente. E então, há aproximadamente dois milhões e meio de anos, no início da época pleistocena, o mundo ingressou num período de glaciações recorrentes. Imensos lençóis de gelo avançaram sobre o hemisfério Norte, que só voltaram a derreter algumas centenas de milhares de anos depois.

Mesmo depois de a ideia de períodos glaciais ser aceita — ela foi proposta pela primeira vez nos anos 1830 por Louis Agassiz, um protegido de Cuvier —, ninguém sabia explicar como um processo tão impressionante poderia acontecer. Em 1898, Wallace observou que “algumas das inteligências mais poderosas e agudas de nossos dias demonstraram sua ingenuidade” quanto à questão, mas até agora “tudo em vão”.[10] Levaria mais 75 anos para a questão ser elucidada. Hoje, acredita-se que as eras glaciais foram iniciadas por pequenas mudanças na órbita da Terra, provocadas, entre outras coisas, pela tração gravitacional entre Júpiter e Saturno. Essas mudanças alteram a distribuição de luz solar sobre diferentes latitudes em períodos diferentes do ano. Quando a quantidade de luz que atinge as latitudes norte no verão chega ao mínimo, a neve começa a se acumular. Isso dá início a um ciclo de realimentação que provoca a queda no dióxido de carbono atmosférico. As temperaturas caem, o que leva a um maior acúmulo de gelo, e daí por diante. Depois de um tempo, o ciclo orbital entra numa nova fase, e o circuito de realimentação começa a funcionar ao contrário. O gelo começa a derreter, o nível de CO_2 global aumenta e o gelo derrete ainda mais.

Durante o Pleistoceno, esse padrão gelo-degelo repetiu-se umas vinte vezes, com efeitos globais. Era tão imensa a quantidade de água presa no gelo durante cada episódio glacial que os níveis dos oceanos caíram quase cem metros, e o peso bruto dos lençóis de gelo foi suficiente para pressionar a crosta terrestre, empurrando-a na direção do manto da Terra. (Em lugares como o norte da Grã-

Bretanha e a Suécia, o processo de recuperação da última glaciação ainda está em curso.)

Como as plantas e os animais lidaram com essas mudanças de temperatura? Segundo Darwin, eles se deslocaram. Em *A origem das espécies*, o naturalista descreve vastas migrações em escala continental.

> Com a chegada do frio, e à medida que cada zona mais ao sul se tornou adequada para as criaturas árticas e menos conveniente para os antigos habitantes de clima moderado, estes últimos seriam suplantados, e as formas árticas tomariam seu lugar (...). Com o retorno do calor, as formas árticas recuaram para o norte, seguidas de perto em seu recuo pelas criaturas de regiões mais temperadas.[11]

Desde então, a explicação de Darwin foi confirmada por todo tipo de vestígio físico. Pesquisadores que estudavam o revestimento dos besouros antigos, por exemplo, descobriram que, durante as eras do gelo, mesmo insetos minúsculos migraram milhares de quilômetros para acompanhar o clima. (Para citar apenas um, o *Tachinus caelatus* é um besouro marrom, pequenino e vagaroso que hoje vive nas montanhas a oeste de Ulan Bator, na Mongólia. Durante o último período glacial, ele era comum na Inglaterra.)

A mudança de temperatura projetada para o próximo século tem quase a mesma magnitude que as variações de temperatura das eras glaciais. (Se as tendências atuais de emissão persistirem, a temperatura nos Andes deve aumentar 5°C.)[12] Contudo, embora a magnitude da mudança seja parecida, o ritmo não é, e, mais uma vez, o ritmo é crucial. O aquecimento atual está ocorrendo pelo menos dez vezes mais rápido do que no fim da última glaciação e de todas as outras glaciações anteriores. Para continuarem vivos, os organismos terão de migrar, ou se adaptar, pelo menos dez vezes mais depressa. Nos lotes de Silman, apenas as árvores mais ligeiras, como o gênero hiperativo *Schefflera*, estão acompanhando o aumento das temperaturas. Quantas espécies serão capazes de avançar com rapidez suficiente ainda é uma pergunta sem resposta — mas que deverá ser respondida nas próximas décadas, queiramos ou não, como ressaltou Silman.

• • •

O Parque Nacional de Manú — onde ficam os lotes de Silman — está situado na extremidade sudeste do Peru, próximo às fronteiras da Bolívia e do Brasil, e se estende por cerca de 9.600 quilômetros quadrados. Segundo o Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA), é provável que Manú seja "a região protegida com maior diversidade biológica do mundo". Muitas espécies só são encontradas no parque e em sua vizinhança imediata. Entre elas estão a samambaia-gigante *Cyathea multisegmenta*, uma ave conhecida como ferreirinho-da-cara-branca (*Poecilotricus albifacies*), o roedor *Isothrix barbarabrownae* e um pequeno sapo preto conhecido apenas pelo nome científico, *Rhinella manu*.

Na primeira noite na trilha, um dos alunos de Silman, Rudi Cruz, insistiu para que todos fossem em busca do *Rhinella manu*. Ele tinha visto vários exemplares dessa espécie em sua última visita aos lotes, e tinha certeza de que poderíamos encontrá-los de novo, se procurássemos. Pouco tempo antes, eu lera um artigo sobre a expansão do fungo da ordem dos *Chytridiales* para o Peru — segundo os autores, ele já teria chegado a Manú —, mas resolvi não mencionar isso. Talvez o *Rhinella manu* ainda estivesse por lá e, nesse caso, eu com certeza gostaria de vê-lo.[13]

Prendemos nossas lanternas à cabeça e seguimos a trilha, como uma fila de mineiros penetrando num poço. À noite, a floresta se transformara num emaranhado impenetrável de breu. Cruz caminhava à frente, focando a lanterna nos troncos das árvores e examinando as bromélias. Nós o seguíamos. Continuamos avançando por mais ou menos uma hora e vimos somente algumas rãs marrons do gênero *Pristimantis*. Depois de algum tempo, todos começaram a cansar e quiseram retornar ao acampamento. Cruz recusou-se a desistir. Talvez por achar que o problema era com o restante de nós, ele seguiu a trilha na direção oposta. "Você achou alguma coisa?", perguntava alguém, de tempos em tempos, no meio da escuridão.

"Nada" era sempre a resposta.

No dia seguinte, após mais algumas discussões enigmáticas

sobre a medição das árvores, arrumamos nossas coisas e seguimos pela serra. Num trajeto para buscar água, Silman descobrira um ramo de frutinhas brancas entremeado com que pareciam ser fitas de um roxo vivo. Ele identificara o buquê como a inflorescência de uma árvore da família *Brassicaceae* (ou família da mostarda), mas nunca vira nada parecido com aquilo antes. Como ele me disse mais tarde, aquilo o levou a pensar que podia representar uma nova espécie. Ele embrulhou a flor numa folha de jornal para ser transportada montanha abaixo. A ideia de que eu talvez houvesse testemunhado a descoberta de uma espécie, muito embora eu não tivesse nada a ver com aquilo, me encheu de um tipo estranho de orgulho.

• • •

De volta à trilha, Silman continuou abrindo caminho com seu facão e parando de vez em quando para nos mostrar algumas novas extravagâncias botânicas, como um arbusto que rouba água de seus vizinhos por meio de raízes em forma de agulhas. Silman fala sobre as plantas como outras pessoas falam sobre estrelas de cinema. Ele me descreveu uma das árvores como “carismática”. Outras eram “hilárias”, “loucas”, “legais”, “espertas” e “surpreendentes”.

Em algum momento no meio da tarde, chegamos a um aclive com uma vista que ia do vale até a crista da montanha seguinte. Sobre a crista, as árvores estavam balançando. Aquilo era um sinal de que os macacos-barrigudos (*Lagothrix*) atravessavam a floresta. Todos pararam para observá-los. Ao saltarem de um galho para outro, os macacos emitiam um som trinado, como grilos. Silman pegou seu saco de plástico e o passou para nós.

Pouco tempo depois, chegamos ao lote 6, a uma altitude de 2.200 metros, onde a árvore de um novo gênero fora descoberta. Silman apontou o facão na direção do espécime. A árvore parecia bem comum, mas tentei enxergar pelos olhos do cientista. Ela era mais alta do que a maioria de suas vizinhas — talvez pudesse ser descrita como “majestosa” ou “magnânima” —, tinha a casca

avermelhada e macia e folhagens simples e alternadas. Pertencia à família *Euphorbiaceae*, ou euforbiácea, da qual faz parte a poinsétia (bico-de-papagaio). Silman estava ávido para descobrir o máximo possível sobre a árvore, de modo que, quando um novo taxonomista fosse encontrado para substituir o que falecera, poderia enviar-lhe o material necessário. Silman e Farfan foram examinar a árvore de perto. Voltaram com algumas cápsulas de sementes, espessas e rígidas como avelãs, mas de forma delicada, como botões de lírios. As cápsulas eram marrom-escuras por fora e cor de areia por dentro.

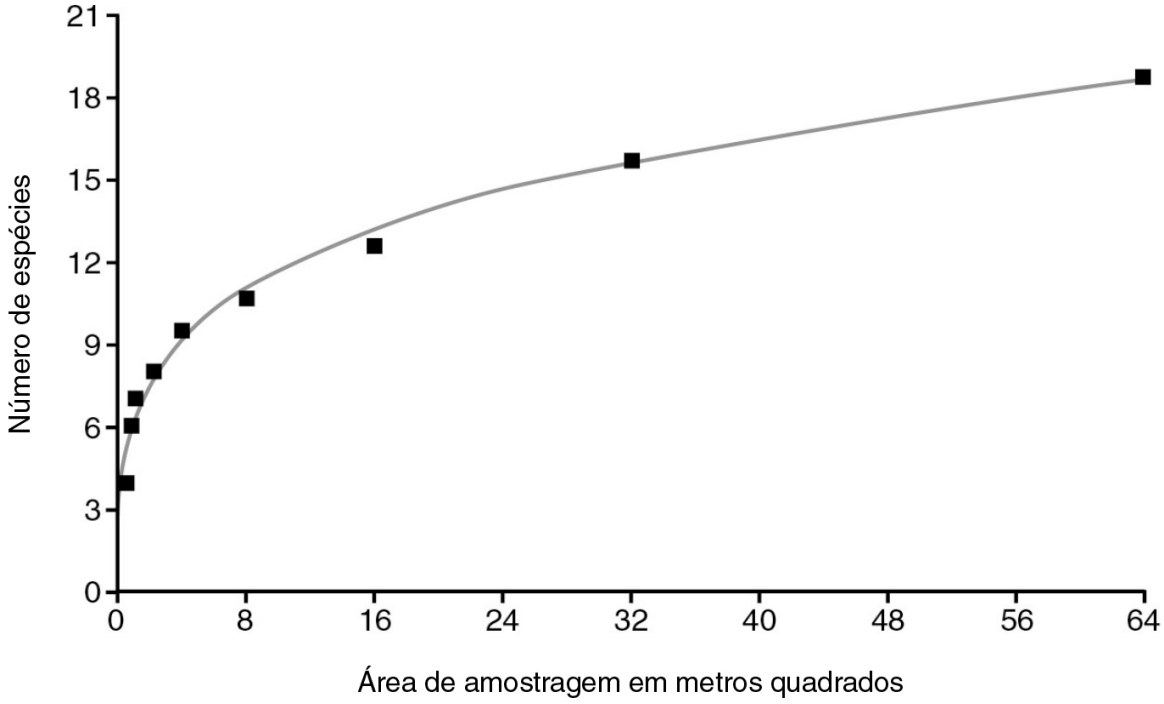
Naquela noite, o sol se escondeu antes de chegarmos ao lote 8, onde iríamos acampar. Continuamos andando pela escuridão, depois, armamos as barracas e preparamos o jantar, tudo isso no escuro. Entrei no meu saco de dormir por volta das 21h, mas algumas horas depois fui acordada por uma luz. Imaginei que alguém tivesse se levantado para fazer xixi e voltei a dormir. Pela manhã, Silman disse ter ficado surpreso que eu tivesse conseguido dormir em meio a tanta comoção. Seis grupos de *cocaleros* cruzaram o acampamento no meio da noite. (No Peru, embora a venda de coca seja legalizada, todas as compras devem passar por uma agência do governo chamada Enaco, uma restrição que os plantadores fazem tudo para contornar.) Todos os seis grupos tinham tropeçado na tenda de Silman. Por fim, ele ficou tão irritado que berrou com os *cocaleros*, o que, ele precisou admitir, talvez não tivesse sido a ideia mais sábia do mundo.

• • •

Em ecologia, as regras são raras. Uma das poucas aceitas universalmente é a de “relação espécie-área”, SAR na sigla em inglês, que tem sido considerada a coisa mais próxima de uma tabela periódica nesse campo de estudo. Em sua formulação mais ampla, a relação espécie-área parece tão simples que chega quase a ser autoexplicativa. Quanto maior a área usada para colher amostras, maior será o número de espécies encontradas. Esse padrão foi observado nos anos 1770 por Johann Reinhold Forster,

um naturalista que navegou com o capitão Cook em sua segunda viagem, depois da infeliz colisão com a Grande Barreira de Corais. Nos anos 1920, a SAR foi codificada em linguagem matemática por um botânico sueco, Olof Arrhenius. (Aliás, Olof era filho do químico Svante Arrhenius, que, nos anos 1890, demonstrou que os combustíveis fósseis queimados levariam a um aquecimento global.) Nos anos 1960, essa linguagem matemática foi aperfeiçoada por E. O. Wilson e seu colega Robert MacArthur.

A correlação entre o número de espécies e o tamanho da área não é linear. Na verdade, é uma curva que se inclina de forma previsível. Em geral, essa relação é expressa pela fórmula $S = cA^z$, na qual S é o número de espécies, A é o tamanho da área e c e z são constantes que variam de acordo com a região e o grupo taxonômico em questão (e que, por isso, não são de fato constantes no sentido habitual do termo). A relação é considerada uma regra porque a razão se sustenta a despeito do terreno. Você pode estudar um arquipélago ou uma cadeia de montanhas, uma floresta tropical ou um parque estadual perto de casa, e verá que o número de espécies varia segundo o mesmo persistente sistema de equação: $S = cA^z$.*



I. Um exemplo típico da relação espécie-área, mostrando a forma da curva.

Com o propósito de refletir sobre a extinção, a relação espécie-área é fundamental. Uma maneira (reconhecidamente simplificada) de compreender o que os seres humanos estão fazendo com o mundo é perceber que estamos, em todos os lugares, alterando o valor de *A*. Consideremos, por exemplo, uma pradaria que outrora cobriu 1.600 quilômetros quadrados. Digamos que esse pasto tivesse sido o lar de uma centena de espécies de pássaros (ou besouros, ou cobras). Se metade dessa pradaria fosse eliminada — convertida em terras cultiváveis ou centros comerciais —, seria possível calcular, lançando mão da relação espécie-área, a proporção de espécies de pássaros (ou besouros, ou cobras) que seriam extintas. De maneira bem aproximada, a resposta é 10%. (Mais uma vez, é importante lembrar que a relação não é linear.) Como é necessário muito tempo para que o sistema alcance um novo equilíbrio, não se deve esperar que as espécies desapareçam de imediato, mas que estejam caminhando nesse sentido.

Em 2004, um grupo de cientistas resolveu utilizar a relação espécie-área para gerar uma estimativa “inicial” do risco de extinção

provocado pelo aquecimento global. Primeiro, os membros da equipe reuniram dados sobre a distribuição geográfica de mais de mil espécies de plantas e animais. Em seguida, fizeram uma correlação entre esses valores e as condições climáticas dos dias atuais. Por fim, projetaram dois cenários extremos. Num deles, assumia-se que todas as espécies fossem inertes, exatamente como as árvores *Ilex* nos lotes de Silman. À medida que a temperatura subia, elas não se moveram, e assim, na maior parte dos casos, o tamanho da área adequada disponível encolheu, muitas vezes até zero. As projeções baseadas nesse cenário "sem dispersão" foram sombrias. Se o aquecimento fosse mantido em níveis mínimos, a equipe estimava que entre 22% e 31% das espécies seriam "condenadas à extinção" até 2050. Se o aquecimento atingisse o que, àquela época, era considerado o ponto máximo provável — números que hoje parecem muito baixos —, até meados deste século algo entre 38% e 52% das espécies estariam fadadas a desaparecer.

"Há outro jeito de expressar a mesma coisa", escreveu Anthony Barnosky, um paleontólogo da Universidade da Califórnia em Berkeley, sobre os resultados desses estudos. "Olhe ao seu redor. Mate a metade do que vê. Ou, se estiver num momento mais generoso, mate apenas um quarto do que estiver à sua frente. É disso que estamos falando."[14]

No segundo cenário, mais otimista, os cientistas imaginaram espécies altamente móveis. Nesse panorama, à medida que as temperaturas aumentassem, as criaturas seriam capazes de colonizar qualquer lugar novo que atendesse às condições climáticas às quais estariam adaptadas. Ainda assim, muitas espécies acabaram sem ter para onde ir. À medida que a Terra aquece, as condições às quais essas espécies estão acostumadas simplesmente desaparecem. (A maior parte dos "climas em ameaça" se concentraria nos trópicos.) Outras espécies viram seu hábitat encolher porque, a fim de acompanhar o clima, tiveram que se deslocar para o alto, e a área no cume das montanhas é menor do que na base.

Usando o cenário de “dispersão universal”, a equipe, liderada pelo biólogo Chris Thomas, da Universidade de York, descobriu que, com o aquecimento mínimo projetado, entre 9% e 13% de todas as espécies estariam “condenadas à extinção” até 2050. Com o aquecimento máximo, os números seriam de 21% a 32%. Fazendo-se a média dos dois cenários e observando uma projeção intermediária de aquecimento, o grupo concluiu que 24% de todas as espécies estariam a caminho do desaparecimento.

O estudo foi capa da revista *Nature*.[15] Na imprensa popular, o emaranhado de números reunidos pelos pesquisadores foi condensado em apenas um. “Mudança climática pode levar um milhão de espécies à extinção”, declarou a BBC. “Até 2050, aquecimento destruirá um milhão de espécies” foi a manchete escolhida pela *National Geographic*.

Desde então, esse estudo tem sido contestado em inúmeras áreas. Ele ignora a interação entre os organismos e não leva em conta a possibilidade de plantas e animais tolerarem uma variedade de climas mais ampla do que sugeriam os dados utilizados. O estudo não vai além de 2050, embora o aquecimento continue depois dessa data em qualquer cenário remotamente plausível. Ele aplica a relação espécie-área a condições novas e, por isso, não testadas.

Estudos mais recentes têm sido publicados abordando os dois aspectos do artigo da *Nature*. Alguns concluíram que a pesquisa de Chris Thomas superestimou o número provável de extinções causadas por mudanças climáticas; outros dizem que houve uma subavaliação. De sua parte, Thomas admitiu que várias das objeções ao artigo de 2004 podem ser válidas. Ele observou, contudo, que todas as estimativas propostas desde então têm apresentado a mesma ordem de magnitude. Assim, ressaltou, “cerca de 10% ou mais das espécies, e não 1% ou 0,01%”, deverão ser extintas pela mudança climática.

Num artigo recente, Thomas sugeriu que seria útil inserir esses números “num contexto geológico”.[16] Por si só, uma mudança climática “não deve gerar uma extinção em massa tão ampla quanto

as Cinco Grandes", escreveu. No entanto, existe uma "alta probabilidade de que a mudança climática sozinha possa gerar um nível de extinção equivalente, ou superior, aos eventos um pouco 'menores'" ocorridos no passado.

"Os impactos potenciais", concluiu, "sustentam a noção de que acabamos de entrar no Antropoceno".

• • •

"Os britânicos gostam de marcar tudo com plástico", disse-me Silman. "Nós achamos isso meio grosseiro." Era nosso terceiro dia de expedição e estávamos no lote 8, onde havíamos encontrado um pedaço de fita adesiva azul destacando o limite da área. Silman suspeitava tratar-se de uma obra de seus colegas de Oxford. Embora passe muito tempo no Peru — às vezes, vários meses seguidos —, na maior parte do ano Silman não está lá. Durante esse tempo, várias coisas podem acontecer sem que ele fique sabendo (e, em geral, ele não se importa). Por exemplo, em nossa viagem, Silman achou vários cestos de metal suspensos nas árvores dos lotes para colher sementes. Sem dúvida, haviam sido instalados com fins de pesquisa, mas ninguém lhe avisara sobre eles nem pedira sua permissão — por isso representavam uma espécie de pirataria científica. Imaginei pesquisadores malandros andando pela floresta, esquivos como os *cocaleros*.

No lote 8, Silman me apresentou a outra árvore "muito interessante", a *Alzatea verticillata*. É uma espécie incomum pelo fato de ser a única espécie do gênero, e ainda mais incomum por ser a única espécie da família. Suas folhas finas como papel, bem verdes e oblongas, assim como as pequeninas flores brancas, diz Silman, exalam um odor de açúcar queimado quando estão florescendo. A *Alzatea verticillata* pode crescer bastante, e naquela altitude em particular — cerca de 1.800 metros — apresenta a copa mais frondosa da floresta. É uma dessas espécies que parecem estar ali, acomodadas e inertes.

Os lotes de Silman representam outra resposta a Thomas — mais prática do que teórica. As árvores, é claro, são bem menos

móveis do que, digamos, os quetzais (ou trogoniformes) — pássaros tropicais comuns em Manú — ou mesmo os carrapatos. Mas, numa floresta coberta, as árvores estruturam o ecossistema, assim como corais estruturam os recifes. Certos insetos dependem de certos tipos de árvore, certos tipos de pássaro dependem desses insetos, e assim por diante na cadeia alimentar. O inverso é também verdadeiro: os animais são essenciais para a sobrevivência das florestas. São os polinizadores e dispersores de sementes, e os pássaros evitam que os insetos proliferem. No mínimo, o trabalho de Silman sugere que o aquecimento global venha a reestruturar essas comunidades ecológicas. Grupos de árvores distintos reagirão de modos variados ao aquecimento, e algumas associações que hoje estão em curso serão rompidas. Novas serão formadas. Nessa reestruturação global, algumas espécies prosperarão. Muitas plantas podem de fato se beneficiar dos altos níveis de dióxido de carbono, já que será mais fácil para elas obter o CO_2 necessário para a fotossíntese. Algumas ficarão para trás e, por fim, desaparecerão.

Silman se considera uma pessoa otimista. Isso está — ou pelo menos estava — refletido em sua pesquisa. “Meu laboratório é do tipo ‘copo meio cheio’”, contou ele. O cientista tem afirmado em público que, com melhor patrulhamento e reservas bem localizadas, várias ameaças à biodiversidade — extrações de madeira e minério e agropecuária ilegais — poderiam ser minimizadas.

“Mesmo em áreas tropicais, já sabemos como interromper essas ameaças”, explicou. “Estamos conseguindo melhores práticas de gestão.”

No entanto, num mundo em aquecimento acelerado, toda a ideia de reservas bem localizadas se torna, se não exatamente nula, com certeza muito mais problemática. Ao contrário de, por exemplo, um bando de madeireiros, a mudança climática não pode ser obrigada a respeitar os limites. Ela alterará as condições de vida em Manú, assim como o fará em Cuzco e Lima. E, com o deslocamento de tantas espécies, uma reserva fixa num lugar não significa uma garantia contra sua perda.

“São tensões qualitativamente diferentes que estamos impondo às espécies”, disse-me Silman. “Em outros tipos de desequilíbrio causados pelo ser humano, havia sempre refúgios espaciais. O clima está afetando *tudo*.” Como a acidificação dos oceanos, trata-se de um fenômeno global, ou, tomando emprestada a expressão de Cuvier, “uma revolução na superfície da Terra”.

• • •

Naquela tarde, chegamos a uma estrada de terra. Silman tinha coletado várias plantas que lhe interessavam para levar ao laboratório, e elas estavam amarradas à sua enorme mochila, de tal forma que ele parecia um Johnny Appleseed, o folclórico botanista americano, semeador da floresta tropical. O dia estava ensolarado, mas havia chovido pouco tempo antes e enxames de borboletas pretas, vermelhas e azuis pairavam sobre as poças. De vez em quando, passava um caminhão carregado de troncos de madeira. As borboletas não conseguiam se dispersar com rapidez suficiente, e a estrada estava coberta de asas dilaceradas.

Caminhamos até alcançarmos uma aglomeração de chalés para turistas. A área que penetrávamos, contou Silman, era famosa entre os observadores de pássaros, e, andando pela estrada, vimos uma variedade multicolorida de espécies: tangarás-dourados (*Tangara arthus*), sanhaços-de-encontro-brancos (*Thraupis episcopus*) e saíras-de-cabeça-azul (*Tangara cyanicollis*), que cintilam como pedras turquesa ofuscantes. Vimos também um bico-de-prata de barriga vermelha e um bando de galos-da-serra andinos, conhecidos por suas plumas escarlates chamejantes. Os machos têm uma crista em forma de disco no alto da cabeça e emitem um som rascante que o fazem parecer lunáticos.

Em vários momentos da história da Terra, os tipos de criatura agora restritos aos trópicos também eram encontrados em outros lugares. Durante o Cretáceo médio, por exemplo, que durou entre mais ou menos 120 e noventa milhões de anos atrás, árvores de fruta-pão brotavam bem mais ao norte, chegando até o Alasca. No início do Eoceno, cerca de cinquenta milhões de anos atrás,

palmeiras cresciam na Antártida e crocodilos nadavam nas águas rasas em torno da Inglaterra. Não há razão para supor, em teoria, que um mundo mais quente seria menos diverso do que um mundo mais frio. Pelo contrário, várias explicações possíveis para o "gradiente latitudinal de diversidade" sugerem que, a longo prazo, um mundo mais quente seria *mais* variado. A curto prazo, porém — ou seja, em qualquer escala cronológica relevante para os seres humanos —, as coisas parecem bem diferentes.

Em tese, todas as espécies existentes hoje em dia podem ser consideradas capazes de se adaptar ao frio. Os sanhaços e galos-da-serra, sem mencionar os gaios-azuis, cardeais e andorinhas-de-pescoço-vermelho, sobreviveram à última era do gelo. Eles, ou parentes bem próximos, também sobreviveram ao período glacial anterior a esse, e por aí vai, até 2,5 milhões de anos atrás. Durante a maior parte do Pleistoceno, as temperaturas eram muito mais baixas do que as de hoje — o ritmo do ciclo orbital é tal que os períodos glaciais tendem a durar muito mais tempo do que os interglaciais —, e assim um prêmio evolutivo é dado àqueles capazes de lidar com condições invernais. Enquanto isso, durante 2,5 milhões de anos, não houve vantagem em ser capaz de lidar com mais calor, já que as temperaturas nunca ficavam muito maiores do que as de agora. Considerando os altos e baixos do Pleistoceno, estamos na crista de um momento "quente".

Para encontrar níveis de dióxido de carbono (e, em última análise, temperaturas globais) mais elevados do que os de hoje, precisamos voltar muito no tempo, talvez até o Mioceno médio, há quinze milhões de anos.[17] É bem possível que, no fim deste século, os níveis de CO_2 possam alcançar um patamar inédito desde a época das palmeiras na Antártida do Eoceno, cerca de cinquenta milhões de anos atrás. Se as espécies ainda possuem as características que permitiram que seus ancestrais prosperassem naquele mundo antigo e mais quente, é impossível dizer.

"Há várias coisas que as plantas poderiam fazer para tolerar as temperaturas mais altas", disse Silman. "Elas poderiam produzir proteínas especiais, alterar seus metabolismos e coisas do tipo. Mas

a tolerância térmica pode custar caro. E há milhões de anos não vemos temperaturas como as previstas. Portanto, a questão é: será que as plantas e os animais que sobreviveram durante todo esse tempo — radiações inteiras de mamíferos surgiram e desapareceram nesse período — terão preservado essas características potencialmente preciosas? Em caso positivo, podemos ter uma surpresa agradável.” Mas e se o contrário se mostrar verdadeiro? E se as espécies tiverem perdido essas preciosas características porque, durante tantos milhões de anos, elas não se revelaram vantajosas?

“Se a evolução funcionar como costuma funcionar”, diz Silman, “então o cenário de extinção — não o chamamos de extinção, usamos ‘atritos bióticos’, um belo eufemismo — começará a parecer apocalíptico”.

---

* É importante observar que *z* é sempre inferior a 1 — em geral, algo entre 0,20 e 0,35.

CAPÍTULO IX

ILHAS EM TERRA FIRME

Eciton burchellii

A BR-174 VAI de Manaus, no estado do Amazonas, rumo ao norte, mais ou menos até a fronteira com a Venezuela. Outrora, os acostamentos viviam repletos de carcaças de veículos que derraparam na estrada, mas desde que a rodovia foi asfaltada, há cerca de vinte anos, tornou-se mais fácil atravessá-la, e agora, no lugar de carrocerias incendiadas, há uma ou outra lanchonete para os viajantes. Depois de quase uma hora de percurso, as lanchonetes desaparecem e, uma hora depois, há um desvio para uma estrada de pista única, a ZF-3, que segue para o leste. A ZF-3 continua sem asfalto e, por conta da cor da terra na Amazônia, parece uma cicatriz vermelha rasgando a área rural. Seguindo pela ZF-3 por mais 45 minutos, alcança-se um portão de madeira fechado com uma corrente. Depois do portão, há algumas vacas sonolentas e, depois das vacas, um lugar conhecido como Reserva 1202.

A Reserva 1202 pode ser considerada uma ilha no centro da Amazônia. Cheguei lá num dia quente e sem nuvens, no meio da estação das chuvas. Quinze metros adiante na reserva, a vegetação ficou tão densa que, mesmo com o sol bem acima da nossa cabeça, a luz se turvava como numa catedral. De uma árvore próxima, surgiu um guincho agudo que me lembrou um apito de guarda de trânsito. Disseram-me que era o canto de um passarinho despretensioso conhecido como cri-crió, ou capitão-do-mato. O cri-crió piou mais uma vez e então ficou em silêncio.

Diferente de uma ilha natural, a Reserva 1202 tem quase a forma perfeita de um quadrado. Possui mais de cem mil metros quadrados

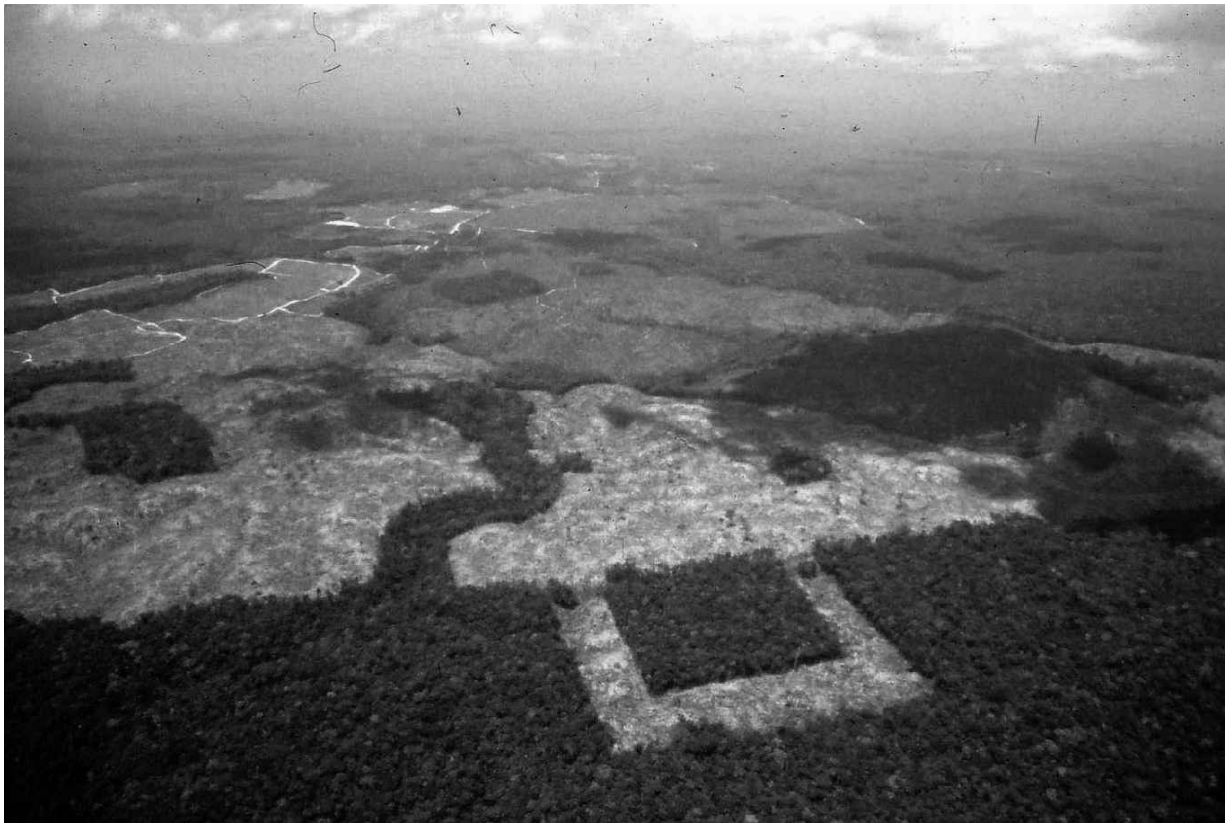
de floresta tropical virgem cercada por um “mar” de arbustos. Em fotos aéreas, parece uma balsa verde singrando ondas marrons.

A Reserva 1202 faz parte do arquipélago de ilhas amazônicas, todas com nomes igualmente clínicos: Reserva 1112, Reserva 1301, Reserva 2107. Algumas têm ainda menos do que cem mil metros quadrados; outras são bem maiores. Em conjunto, elas representam um dos experimentos mais longos e importantes do mundo, o Projeto Dinâmica Biológica de Fragmentos Florestais, PDBFF. Praticamente todo metro quadrado do PDBFF já foi estudado por alguém: um botânico etiquetando árvores, um ornitólogo marcando pássaros, um entomólogo contando moscas-das-frutas. Quando visitei a Reserva 1202, conheci um estudante de pós-graduação de Portugal que fazia um levantamento de morcegos. Ao meio-dia, ele acabara de acordar e estava comendo macarrão num abrigo que servia como estação de pesquisa e cozinha. Enquanto conversávamos, um vaqueiro bem magro apareceu, montado num cavalo só um pouco menos magro. Carregava um rifle pendurado no ombro. Eu não sabia se ele tinha vindo porque ouviu o caminhão chegando e pretendia proteger os estudantes de possíveis intrusos, ou porque sentira o cheiro do macarrão.

O PDBFF é o resultado de uma colaboração improvável entre pecuaristas e conservacionistas. Nos anos 1970, o governo brasileiro começou a encorajar fazendeiros a se instalarem ao norte de Manaus, uma região praticamente inabitada. O programa visava subsidiar o desmatamento: qualquer fazendeiro que concordasse em se mudar para a floresta, derrubar árvores e começar a criar gado receberia uma contribuição do governo. Ao mesmo tempo, segundo a legislação brasileira, os proprietários de terras na Amazônia precisariam deixar intacta pelo menos a metade da floresta dentro de suas propriedades. A tensão entre essas duas diretivas deu uma ideia ao biólogo Thomas Lovejoy. E se os fazendeiros topassem deixar os cientistas decidirem quais árvores derrubariam e quais deixariam em pé? “A ideia era bem simples”, explicou-me Lovejoy. “Eu me perguntei se seria capaz de persuadir os brasileiros a dispor desses 50% de terra para iniciar um experimento gigantesco.” Assim, seria possível estudar de modo

controlado um processo que estava acontecendo de maneira descontrolada em todas as regiões tropicais no mundo.

Lovejoy voou para Manaus e apresentou seu plano às autoridades brasileiras. Para sua grande surpresa, eles concordaram. O projeto está em andamento há mais de trinta anos, sem interrupção. Tantos estudantes de pós-graduação foram formados naquelas reservas que um novo termo foi cunhado para designá-los: “fragmentólogos”.[1] E, por sua vez, o PDBFF tem sido chamado de “o mais importante experimento ecológico já realizado”.[2]



29. Fragmentos da floresta ao norte de Manaus, vista aérea.

• • •

Hoje, quase 130 milhões de quilômetros quadrados de terra no planeta estão sem gelo, e essa é a base que se costuma usar para calcular os impactos causados pelos seres humanos. Segundo um estudo recente publicado pela Sociedade Geológica da América, os

seres humanos “transformaram diretamente” mais da metade dessas terras — algo perto de setenta milhões de quilômetros quadrados — principalmente ao convertê-las em terras agrícolas e pastos, mas também construindo cidades, shoppings e represas, além das atividades extrativas das indústrias madeireira, mineradora e da exploração de pedreiras.[3] Quanto aos sessenta milhões de quilômetros quadrados restantes, cerca de três quintos são cobertos por florestas — como dizem os autores, “naturais, mas não necessariamente virgens” — e o resto é composto de altas montanhas, tundras ou desertos. Segundo outro estudo recente, publicado pela Sociedade Ecológica Americana, esses números, embora dramáticos, subestimam nosso impacto.[4] Os autores do segundo estudo, Erle Ellis, da Universidade de Maryland, e Navin Ramankutty, da McGill, afirmam que pensar em termos de biomas definidos por clima e vegetação — savanas temperadas, por exemplo, ou florestas boreais — não faz mais sentido. Em vez disso, eles dividem o mundo em “antromas”. Existe um antroma “urbano” que se estende por 1,3 milhão de quilômetros quadrados, um antroma de “terras cultiváveis irrigadas” (2,6 milhões de quilômetros quadrados) e um antroma de “florestas povoadas” (11,6 milhões de quilômetros quadrados). Ellis e Ramankutty calcularam a existência de dezoito “antromas”, que, juntos, se estendem por mais de 101 milhões de quilômetros quadrados. Com isso, restam surpreendentes 28,5 milhões de quilômetros quadrados. Essas áreas, que são praticamente desprovidas de seres humanos e incluem trechos da Amazônia, grande parte da Sibéria e do norte do Canadá, além de trechos significativos dos desertos do Saara, de Gobi e do Grande Deserto de Vitória, na Austrália, são chamadas de “terras selvagens”.

No Antropoceno, contudo, não está claro se essas “terras selvagens” devem ser chamadas assim. Por todos os lados, as tundras são atravessadas por dutos, e as florestas boreais, por linhas sísmicas. Fazendas, plantações e hidroelétricas fatiam a floresta tropical. No Brasil, as pessoas falam da “espinha de peixe”, um padrão de desmatamento que começa com a construção de

uma estrada principal — a espinha em questão, na metáfora — e se ramifica em várias estradas menores (algumas clandestinas), como se fossem costelas. O que resta é uma floresta cheia de trechos longos e estreitos. Em nossos dias, todos os lugares selvagens foram, em diversos graus, invadidos e devastados. E é isso que torna a experiência de Lovejoy com fragmentos florestais tão importante. Com seu contorno retangular, completamente inatural, a Reserva 1202 representa, cada vez mais, a face do mundo.

• • •

A equipe do PDBFF está sempre mudando, de modo que mesmo pessoas que trabalham no projeto há vários anos não têm muita certeza de quem irão encontrar por lá. Fui para a Reserva 1202 com Mario Cohn-Haft, um ornitólogo americano que começou a se envolver no projeto como estagiário, em meados dos anos 1980. Mario Cohn-Haft acabou se casando com uma brasileira e hoje tem um cargo no Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (Inpa), em Manaus. Ele é alto e magro, com cabelos ralos e grisalhos e olhos castanhos tristonhos. O tipo de afeição e entusiasmo que Miles Silman dedica às árvores tropicais, Cohn-Haft dedica aos pássaros. A certa altura, perguntei-lhe quantas espécies de pássaros amazônicos ele sabia identificar pelo gorjeio. Ele me olhou, confuso, como se não entendesse aonde eu queria chegar. Quando reformulei a pergunta, a resposta foi “todas”. Pela contagem oficial, há cerca de 1.300 espécies de pássaros na Amazônia, mas Cohn-Haft acredita que existam muitas outras, porque as pessoas confiaram demais em características como tamanho e plumagem, sem dar a devida atenção aos sons. Segundo ele, pássaros que parecem mais ou menos idênticos, mas que produzem pios diferentes, podem ser geneticamente distintos. Na época de nossa viagem, Cohn-Haft estava a ponto de publicar um artigo que identificava várias novas espécies que descobrira por meio de uma audição rigorosa. Uma dessas, um pássaro noturno da família dos urutaus, tem um gorjeio melancólico e sinistro, que os nativos da região costumam atribuir ao curupira, um personagem do folclore

brasileiro. O curupira tem feições de menino, cabeleira abundante e os pés virados para trás. Ele se alimenta de caçadores e de qualquer um que explore demais a floresta.

Como a alvorada é o melhor momento para escutar os pássaros, Cohn-Haft e eu partimos para a Reserva 1202 antes do amanhecer, pouco depois das quatro da manhã. Nossa primeira parada no caminho foi uma torre de metal construída para a instalação de uma estação meteorológica. Do alto da torre, que mede cerca de quarenta metros e está bastante enferrujada, descortina-se uma vista panorâmica das copas das árvores. Cohn-Haft levara uma possante lente objetiva, que montou num tripé. Ele também tinha um iPod e um alto-falante em miniatura que cabia no bolso. O iPod estava carregado com gravações de centenas de gorjeios, e, às vezes, quando ele ouvia um pássaro que não conseguia localizar, reproduzia seu canto, na esperança de avistá-lo.

“No fim do dia, você terá ouvido mais ou menos 150 espécies de pássaros e visto apenas dez”, disse-me ele. De vez em quando, um lampejo colorido cintilava sobre o verde, e consegui ver de relance o que Cohn-Haft identificou como um pica-pau-de-barriga-vermelha, um anambé-branco-de-rabo-preto e um periquito-de-asa-dourada. Ele mirou a lente numa mancha azul, que veio a ser o pássaro mais lindo que eu já tinha visto: uma saíra-beija-flor (*Cyanerpes cyaneus*), com peito cor de safira, pernas escarlates e o alto da cabeça com um tom brilhante de água-marinha.

À medida que o sol subia e os piados ficavam menos frequentes, seguimos em frente. Quando chegamos ao portão com corrente à entrada da Reserva 1202, o calor estava infernal, e nós dois suávamos em bicas. Cohn-Haft escolheu um dos caminhos que foram abertos para entrar na reserva, e avançamos com dificuldade até mais ou menos o centro do quadrado. Ele parou para escutar alguma coisa. Não havia muito o que ouvir.

“Agora mesmo, estou ouvindo apenas duas espécies de pássaros”, disse ele. “Um deles parece que está dizendo ‘Opa, lá vem a chuva’. É a pomba-amargosa, uma espécie clássica da floresta primária. O outro está dizendo mais ou menos ‘Chuta, chuta, pinha’.” Ele fez um som que parecia um flautista tocando. “E esse é

um pitiguari. É uma espécie da floresta secundária ou mata recente que jamais ouviríamos numa floresta primária."

Cohn-Haft explicou que, quando começou a trabalhar na Reserva 1202, sua tarefa era apanhar pássaros e marcá-los para depois soltá-los, um processo conhecido como "*ring and fling*" (algo como "prenda a anilha e solte"). Os pássaros eram capturados em redes estendidas ao longo da floresta a uma altura de dois metros. Recenseamentos de pássaros foram realizados antes de os fragmentos florestais serem isolados e também depois, para que as quantidades fossem comparadas. Em todas as reservas — são onze no total —, Cohn-Haft e seus colegas anilharam quase 25 mil pássaros.[5]

"O primeiro resultado que surpreendeu todo mundo, embora seja trivial no grande esquema da vida, foi uma espécie de 'efeito refúgio'", explicou ele, enquanto descansávamos à sombra. "Quando desmataram a floresta ao redor, a taxa de captura — o número de pássaros apreendidos e, algumas vezes, o número de espécies — aumentou durante todo o primeiro ano." Parecia que os pássaros das áreas desmatadas buscavam abrigo nos fragmentos. Mas, com o passar do tempo, tanto a quantidade quanto a variedade de pássaros nos fragmentos de floresta começaram a cair. E essa queda prosseguiu.

"Em outras palavras", disse Cohn-Haft, "esse novo equilíbrio com menos espécies não aconteceu de repente. Aos poucos, houve uma degradação contínua na diversidade". E o que valia para os pássaros também valia para outras espécies.

• • •

As ilhas — e agora estamos falando de ilhas de verdade, não de "ilhas" enquanto hábitat — tendem a ser pobres em espécies, ou, para usar o jargão da área, depauperadas. Isso vale para as ilhas vulcânicas situadas no meio do oceano e, de maneira mais intrigante, para as chamadas pontes terrestres, localizadas próximas ao litoral. Pesquisadores que estudaram as pontes terrestres, criadas pela flutuação do nível do mar, com frequência constataram

que elas são menos diversificadas do que os continentes dos quais outrora fizeram parte.

Por que é assim? Por que a diversidade diminuiria com o isolamento? Para algumas espécies, a resposta parece ser bem objetiva: a fatia do hábitat onde foram parar é inadequada. Um grande felino que precisa de 130 quilômetros quadrados para viver não durará muito numa área de apenas cinquenta quilômetros quadrados. Uma pequena rã que põe ovos num lago e se alimenta na encosta dos morros precisa de ambos — um lago e uma encosta — para sobreviver.

Contudo, se a carência de um hábitat adequado fosse a única questão, as pontes terrestres deveriam se estabilizar bem depressa num novo nível de diversidade inferior. Mas não é isso que acontece. Elas continuam perdendo espécies — um processo conhecido pelo surpreendentemente simpático termo “relaxamento”. Em algumas pontes terrestres criadas pela elevação do nível do mar no fim do Pleistoceno, estima-se que o relaxamento total tenha levado milhares de anos; em outras, o processo pode ainda estar em curso.[6]

Os ecologistas explicam o relaxamento observando que a vida é aleatória. Áreas menores acolhem populações menores, e populações menores são mais vulneráveis ao acaso. Para usar um exemplo extremo, uma ilha pode ser o lar de um único casal procriador de pássaros da espécie X. Num ano, o ninho do casal é varrido por um ciclone. Um ano depois, todos os filhotes nascem machos, e no ano seguinte o ninho é atacado por uma cobra. A espécie X está agora destinada à extinção local. Se a ilha for o lar de dois casais procriadores, o risco de ambos sofrerem uma série de reveses infelizes é menor, e, se a ilha abrigar vinte casais, as ameaças serão ainda menores. Mas riscos baixos no longo prazo também podem ser letais. O processo pode ser comparado a um jogo de cara ou coroa. É improvável que uma moeda caia com a coroa para cima dez vezes seguidas nas primeiras dez vezes (ou vinte, ou cem) que for jogada. Contudo, se for lançada muitas vezes, até mesmo uma sequência improvável poderá ocorrer. As leis da

probabilidade são tão rigorosas que a evidência empírica dos riscos de populações pouco numerosas não é de fato necessária, mas, ainda assim, ela pode ser encontrada. Nos anos 1950 e 1960, observadores de pássaros mantinham registros meticulosos de todo casal que procriava na ilha Bardsey, perto do País de Gales — desde pardais e ostraceiros comuns até os bem mais raros batuíras e maçaricos. Nos anos 1980, esses registros foram analisados por Jared Diamond, que à época trabalhava como ornitólogo especializado em aves da Papua-Nova Guiné. Diamond descobriu que as probabilidades de determinada espécie desaparecer da ilha poderiam ser representadas numa curva cujo arco caísse exponencialmente à medida que o número de casais aumentasse. Assim, escreveu ele, o principal sinalizador de uma extinção local era o "tamanho pequeno da população".[7]

Populações pequenas, é claro, não estão confinadas em ilhas. Uma lagoa pode ter uma população pequena de rãs; um prado, uma população pequena de roedores. E, no curso natural dos eventos, extinções locais ocorrem o tempo todo. Mas quando essa extinção se segue a uma série de adversidades é provável que o sítio seja recolonizado por membros de outras populações, mais afortunadas, que chegaram ali vindas de outro lugar. O que distingue as ilhas — e explica o fenômeno do relaxamento — é o fato de a recolonização ser muito difícil, e, em muitos casos, totalmente impossível. (Embora, por exemplo, uma ponte terrestre possa manter uma pequena população remanescente de tigres, se essa população vier a desaparecer, podemos presumir que novos tigres não virão nadando do continente.) O mesmo vale para qualquer fragmento de hábitat. Dependendo das redondezas do fragmento, as espécies podem ou não ser capazes de recolonizá-lo se uma das populações perecer. Pesquisadores do PDBFF descobriram que, por exemplo, certos pássaros, como o cabeça-branca (*Dixiphia pipra*), atravessam tranquilamente as clareiras das estradas, ao passo que outros, como o rendadinho (*Willisornis poecilinotus*), quase não o fazem.[8] Na ausência de recolonização, as extinções locais podem se tornar regionais e, por fim, globais.

• • •

A cerca de quinze quilômetros da Reserva 1202, a estrada de terra batida desaparece e dá lugar a um trecho de floresta tropical, que nos padrões contemporâneos pode ser considerado inalterado. Pesquisadores do PDBFF delimitaram seções dessa floresta a fim de usá-las como lotes de controle, para comparar o que está acontecendo nos fragmentos com o que está acontecendo no resto da floresta. Perto do fim da estrada, há um pequeno alojamento, conhecido como Acampamento 41, onde eles dormem, comem e tentam se proteger da chuva. Cheguei lá com Cohn-Haft certa tarde, bem quando começava a cair uma tempestade. Corremos pela floresta, mas não teve jeito: quando chegamos ao Acampamento 41, estávamos encharcados.

Mais tarde, depois de a tempestade cessar e torcermos nossas meias, saímos do acampamento e nos embrenhamos na floresta. O céu ainda estava nublado e, naquele clima cinzento, um tom sombrio matizava a vegetação. Pensei no curupira, com seus pés invertidos, espiando por entre as árvores.

E. O. Wilson, que visitou o PDBFF duas vezes, escreveu após uma de suas viagens: “A selva fervilha, mas de um modo que escapa ao alcance dos sentidos humanos.”[9] Cohn-Haft me disse algo muito parecido, ainda que menos grandiloquente. A floresta tropical, descreveu ele, “parece muito melhor na TV”. De início, pareceu-me que não havia nada se movendo em lugar algum à nossa volta, mas então Cohn-Haft passou a apontar indícios de insetos, e eu comecei a perceber várias atividades acontecendo, para usar uma frase de Wilson, “no pequeno mundo inferior”. Um bicho-pau pendurado numa folha morta, agitando suas pernas delicadas. Uma aranha aninhada sobre uma teia circular. Um tubo fálico de lama erguendo-se do solo da floresta que, na verdade, era a casa de uma ninfa de cigarra. O que parecia uma monstruosa protuberância grávida num tronco de árvore era, na verdade, um ninho cheio de cupins. Cohn-Haft reconheceu uma planta chamada melastoma. Ele virou uma das folhas e bateu levemente no caule, que era oco. Minúsculas formigas pretas começaram a surgir,

parecendo tão ferozes quanto formiguinhas minúsculas conseguem parecer. Ele me explicou que elas protegiam as plantas de outros insetos em troca de hospedagem gratuita.

Cohn-Haft foi criado no oeste de Massachusetts — não muito longe de onde eu moro, por sinal. “Antes, em casa, eu me considerava um naturalista geral”, comentou ele. O cientista sabia dizer o nome da maioria das árvores e dos insetos com os quais cruzava no oeste da Nova Inglaterra, além de todos os pássaros. Na Amazônia, entretanto, era impossível ser um generalista, pois havia muita coisa a ser observada. Nos lotes de pesquisa do PDBFF, cerca de 1.400 espécies de árvores foram identificadas — ainda mais do que nos lotes de Silman, 1.600 quilômetros a oeste.

“São ecossistemas megadiversificados, onde cada espécie é muito, muito especializada”, contou-me Cohn-Haft. “Nesses ecossistemas, a recompensa é imensa se a espécie fizer exatamente o que faz.” Ele apresentou sua própria teoria para explicar por que a vida nos trópicos é tão variada: a diversidade tende a reforçar a si mesma. “Um corolário natural para uma diversidade de espécies elevada é a baixa densidade populacional, e essa é a receita para a especiação: o isolamento pela distância”, explicou. Trata-se também de uma vulnerabilidade, pois populações pequenas e isoladas são muito mais suscetíveis à extinção.

O sol começava a baixar, e a luminosidade da floresta era quase crepuscular. Enquanto retornávamos ao Acampamento 41, deparamo-nos com uma tropa de formigas seguindo um atalho feito por elas mesmas, a poucos metros da gente. As formigas, marrom-avermelhadas, avançavam mais ou menos em linha reta que conduzia a um tronco imenso (ainda mais para elas). Elas subiam o tronco e depois o desciam de novo. Acompanhei a fila até onde foi possível, em ambas as direções, mas parecia infinita, como uma parada militar no estilo soviético. A coluna, disse-me Cohn-Haft, era formada por uma criatura chamada formiga-correição (ou taoca), que pertence à espécie *Eciton burchellii*.

As formigas-correição — existem dezenas de espécies nos trópicos — diferem da maior parte das outras formigas por não terem residência fixa. Elas se deslocam o tempo todo, caçando

insetos, aranhas e, de vez em quando, pequenos lagartos, ou então acampam em “bivaques” temporários. (Os “bivaques” da *Eciton burchellii* são fabricados pelas próprias formigas reunidas em volta da rainha, formando uma massa perigosa e letal.) As formigas-correição são famosas por sua voracidade: uma colônia em marcha pode consumir trinta mil presas — sobretudo larvas de outros insetos — por dia. Mas, mesmo em sua brutalidade, elas sustentam várias outras espécies. Há toda uma classe de pássaros conhecida como seguidores de formigas. Eles são quase sempre encontrados perto de grupos de formigas, comendo os insetos que elas espantam das folhas mortas. Outros pássaros, mais oportunistas, caçam em torno das formigas quando as encontram por acaso. Depois dos seguidores de formigas, há várias outras criaturas também especialistas em “fazer exatamente o que fazem”. Há borboletas que se alimentam das fezes dos pássaros e moscas parasitas que depositam as proles em grilos e baratas apavorados. Várias espécies de ácaros pegam carona nas próprias formigas: uma espécie se prende às pernas dos insetos; outra, às mandíbulas.[10] Um casal de naturalistas americanos, Carl e Marian Rettenmeyer, que passou mais de meio século estudando as *Eciton burchellii*, compôs uma lista de mais de trezentas espécies que vivem em associação com as formigas.[11]

Cohn-Haft não conseguiu ouvir mais nenhum pássaro e estava ficando tarde, então retornamos ao acampamento. Combinamos de voltar ao mesmo local no dia seguinte para tentar acompanhar a procissão de formigas-pássaros-borboletas.



30. Uma formiga-correição da espécie *Eciton burchellii*.

• • •

No fim dos anos 1970, um entomólogo chamado Terry Erwin estava trabalhando no Panamá quando alguém lhe perguntou quantas espécies de insetos ele achava que podiam ser encontradas em alguns quilômetros quadrados de floresta tropical. Até então, Erwin catalogara principalmente besouros. Ele pulverizava a copa das árvores com inseticida e depois coletava as carcaças que caíam das folhas como uma chuva fina. Intrigado pela pergunta mais abrangente de quantos insetos havia nos trópicos como um todo, ele pensou num meio de extrapolar a própria experiência. De uma única espécie de árvore, *Luehea seemannii*, coletou besouros pertencentes a mais de 950 espécies. Calculando que cerca de um quinto desses besouros dependia da *Luehea seemannii*, que outros besouros dependiam de outras árvores, que os besouros representavam aproximadamente 40% de todas as espécies de insetos e que havia cerca de cinquenta mil espécies de árvores

tropicais, Erwin estimou que os trópicos eram o lar de trinta milhões de espécies de artrópodes.[12] (Além dos insetos, o grupo incluía aranhas e centopeias.) Ele reconheceu ter ficado “chocado” com a própria conclusão.

Desde então, muitos esforços têm sido realizados para aprimorar as estimativas de Erwin. A maioria dessas recontagens manifestou uma tendência decrescente. (Entre outras coisas, é provável que Erwin tenha superestimado a proporção de insetos dependentes de uma única planta hospedeira.) Ainda assim, segundo todos os cálculos, esse número permanece surpreendentemente elevado: estimativas recentes sugerem que existam pelo menos dois milhões de espécies de insetos tropicais, e esse número talvez chegue a até sete milhões.[13] Como comparação, existem cerca de dez mil espécies de pássaros em todo o mundo e apenas 5.500 espécies de mamíferos. Assim, para cada espécie com pelos e glândula mamárias, existem, só nos trópicos, pelo menos trezentas com antenas e olhos compostos.

A riqueza da fauna de insetos significa que qualquer ameaça aos trópicos se traduz em números muito altos de vítimas potenciais. Considere o seguinte cálculo: o desmatamento tropical é notoriamente difícil de mensurar, mas vamos supor que as florestas estão sendo devastadas num ritmo de 1% ao ano. Utilizando a relação espécie-área, $S = cA^z$, e estabelecendo o valor de z em 0,25, podemos calcular que a perda de 1% da área original implica a perda de cerca de um quarto de 1% das espécies originais. Se admitirmos, de maneira bem conservadora, que existem dois milhões de espécies nas florestas tropicais, isso significa que algo em torno de cinco mil espécies estão sendo extintas a cada ano. Isso nos leva a mais ou menos catorze espécies por dia, ou uma a cada cem minutos.

O cálculo exato foi realizado por E. O. Wilson no fim dos anos 1980, pouco após uma de suas viagens ao PDBFF. Wilson publicou os resultados na *Scientific American* e, com base neles, concluiu que a taxa atual de extinção era da “ordem de dez mil vezes superior à taxa de fundo de ocorrências naturais”.[14] Isso, observou,

estava “reduzindo a diversidade biológica ao seu nível mais baixo” desde a extinção do fim do Cretáceo, um evento, segundo o cientista, que, mesmo não sendo a pior extinção em massa da história, foi “de longe a mais famosa, porque encerrou a era dos dinossauros, conferiu hegemonia aos mamíferos e, em última análise, para o bem e para o mal, possibilitou a origem de nossa própria espécie”.

Como os cálculos de Erwin, os de Wilson foram surpreendentes. Eram também fáceis de compreender, ou pelo menos de repetir, e receberam um bocado de atenção, não só no mundo um tanto pequeno dos biólogos tropicais, mas também na mídia tradicional. “É difícil passar um dia sem que sejamos informados de que o desmatamento tropical está extinguindo cerca de uma espécie a cada hora, ou talvez até uma por minuto”, lamentou uma dupla de ecologistas britânicos.[15] Hoje, 25 anos depois, é aceito que os números de Wilson — mais uma vez iguais aos de Erwin — não batem com as observações, um fato que deveria disciplinar muito mais os autores de ficção científica do que os cientistas. As razões para esse cenário ainda estão em debate.

Uma possibilidade é a de que a extinção leva tempo. Os cálculos de Wilson sugerem que, uma vez que determinada área é desmatada, as espécies diminuem de maneira mais ou menos imediata. No entanto, pode levar um bom tempo até que a floresta entre em pleno “relaxamento”, e mesmo as pequenas populações restantes podem persistir por um longo período, dependendo de como rolar o dado da sobrevivência. A diferença entre o número de espécies que foram condenadas por algum tipo de mudança ambiental e o número que de fato desapareceu é chamada de “dívida de extinção”. O termo implica a existência de uma defasagem no processo, assim como nas compras a crédito.

Outra explicação possível é que o hábitat perdido com o desmatamento não esteja de fato perdido. Mesmo as florestas que têm sido desmatadas por madeireiros ou queimadas para a criação de pastos podem voltar — e de fato voltam — a crescer. Ironicamente, uma boa ilustração disso vem da área em torno do

PDBFF. Pouco depois de Lovejoy convencer as autoridades brasileiras a apoiar o projeto, o país sofreu uma crise acachapante em suas finanças e, em 1990, a porcentagem da inflação alcançou a faixa dos milhares. Na época, o governo cancelou os subsídios que haviam sido prometidos aos agricultores, e milhares de hectares foram abandonados. Ao redor de alguns fragmentos quadrados do PDBFF, as árvores voltaram a crescer com tanto vigor que os lotes teriam sido engolidos por completo se Lovejoy não tivesse conseguido manter as áreas isoladas por meio da derrubada e da queima. Embora a floresta primária continue em declínio nos trópicos, a floresta secundária, em algumas regiões, está em expansão.

Outra possível explicação para o fato de as observações não corresponderem aos prognósticos é que os seres humanos não são muito observadores. Visto que a maioria das espécies dos trópicos é de insetos e outros invertebrados, a maior parte das extinções previstas se destina a essas espécies. Contudo, como não sabemos (nem mesmo com margem de erro de milhões) quantas espécies de insetos tropicais existem, não é provável que percebamos se um ou dois, ou mesmo dez mil deles desapareceram. Um relatório recente da Sociedade Zoológica de Londres observa que “só se sabe o status de conservação de menos de 1% de todos os invertebrados descritos”, e a maioria dos invertebrados provavelmente ainda não foi descrita.[16] Os invertebrados podem, como disse Wilson, ser “as coisinhas pequeninas que regem o mundo”, mas coisinhas pequeninas são ignoradas com facilidade.

• • •

Quando voltamos para o Acampamento 41, outras pessoas tinham chegado, inclusive a esposa de Cohn-Haft, a ecologista Rita Mesquita, e Thomas Lovejoy, que estava em Manaus para uma reunião de um grupo chamado Fundação Amazônia Sustentável. Hoje com setenta e poucos anos, Lovejoy é considerado o responsável por ter difundido a expressão “diversidade biológica” e por ter concebido a ideia de “troca da dívida por natureza”. Durante

anos, trabalhou com o World Wildlife Fund (WWF), o Instituto Smithoniano, a Fundação das Nações Unidas e o Banco Mundial. Em grande parte graças a seu empenho, cerca de metade da floresta tropical da Amazônia encontra-se sob alguma forma de proteção legal. Lovejoy é desse raro tipo de pessoa que parece igualmente à vontade chafurdando no meio da floresta e discursando no Congresso americano. Ele está sempre em busca de meios para incentivar o apoio à conservação da Amazônia, e, sentados naquele fim de tarde, contou-me da vez que levara Tom Cruise até o Acampamento 41. Cruise parecia se divertir, disse ele, mas infelizmente nunca aderiu à causa.

Até o momento, mais de quinhentos artigos científicos e vários livros foram escritos sobre o PDBFF. Quando pedi a Lovejoy que resumisse o que ele aprendera com o projeto, a resposta foi que era preciso ser cauteloso ao extrapolar de uma parte para o todo. Por exemplo, trabalhos recentes têm demonstrado que as alterações no uso da terra na Amazônia também afetam a circulação atmosférica. Isso significa que, numa escala bem grande, a destruição da floresta tropical pode resultar não só no desaparecimento da floresta, mas no desaparecimento da chuva.

“Suponha que você fique com uma paisagem fragmentada em trechos de cem hectares“, disse Lovejoy. “Para mim, o projeto mostrou que, basicamente, você terá perdido mais da metade da fauna e da flora. É claro, você sabe, que no mundo real é sempre mais complicado.”

A maior parte das descobertas do PDBFF tem sido, na verdade, variações sobre a perda. Seis espécies de primatas podem ser encontradas na área do projeto. Três delas — o macaco-aranha-preto (*Ateles paniscus*), o macaco-prego (*Cebus apella*) e o cuxiú-preto (gênero *Chiropotes*) — sumiram dos fragmentos. Pássaros como o arapaçu-rabudo e o barranqueiro-pardo, que viajam em bandos de espécies mistas, desapareceram por completo dos fragmentos menores e são encontrados em abundância bem menor nos fragmentos maiores. Rãs que se reproduziam no lamaçal dos porcos-do-mato sumiram, assim como os próprios porcos, que produziam o lamaçal. Muitas espécies sensíveis até mesmo a leves

mudanças de luz e calor declinaram em abundância nas extremidades dos fragmentos, ao passo que a quantidade de borboletas que adoram a luz aumentou.

Ao mesmo tempo, embora isso esteja um pouco além do foco do PDBFF, há uma sinergia sombria entre a fragmentação e o aquecimento global, assim como há entre o aquecimento global e a acidificação dos oceanos, entre o aquecimento global e as espécies invasoras, e entre as espécies invasoras e a fragmentação. Uma espécie que precisa migrar para acompanhar o aumento das temperaturas, mas que cai na armadilha de um fragmento florestal — mesmo em fragmentos bem extensos — não deverá sobreviver. Uma das características que definem o Antropoceno é que o mundo está mudando de maneiras que obrigam as espécies a se deslocarem, e outra característica é que ele está mudando de maneiras que criam obstáculos — estradas, desmatamentos, cidades — que as impedem de se deslocar.

"A camada totalmente nova sobre a qual eu estava pensando nos anos 1970 é a mudança climática", explicou Lovejoy. Ele escreveu que, "diante da mudança climática, mesmo da mudança climática natural, a atividade humana criou uma pista de obstáculos para a dispersão da biodiversidade". E o resultado pode ser "uma das maiores crises bióticas de todos os tempos".[17]

Naquela noite, todos foram dormir cedo. Depois de um espaço de poucos minutos, mas que pode ter durado horas, fui acordada por um alvoroço extraordinário. O som parecia estar vindo de todos os lugares e de lugar algum ao mesmo tempo. Ele se intensificava num crescendo, caía, e então, logo quando eu voltava a dormir, começava outra vez. Eu sabia que se tratava de algum canto de acasalamento entre rãs, então saí da rede e peguei uma lanterna para dar uma olhada por ali. Não consegui encontrar a fonte do ruído, mas me deparei com um inseto com uma faixa bioluminescente. Era um bicho que eu teria gostado de colocar em um jarro, se houvesse jarros onde o colocar. Na manhã seguinte, Cohn-Haft apontou para um casal de pererecas *Osteocephalus taurinus* se abraçando. As pererecas eram marrom-alaranjadas com

focinhos achatados. O macho, trepado nas costas da fêmea, tinha mais ou menos a metade do tamanho da companheira. Lembrei-me de ter lido que os anfíbios nas planícies amazônicas, pelo menos até então, pareciam ter escapado do fungo *Chytridiales*. Cohn-Haft, que ficara acordado por causa do barulho, como todo mundo, descreveu o chamado da perereca como “um longo gemido que vira um rugido e acaba numa risada cacarejante”.

Depois de várias xícaras de café, saímos para observar o desfile das formigas. Lovejoy planejara nos acompanhar, mas, quando foi vestir sua camisa de mangas compridas, uma aranha que fixara residência no interior da roupa picou sua mão. A aranha parecia comum, mas a picada foi ganhando um tom avermelhado ameaçador, e a mão de Lovejoy ficou dormente. Resolveu-se que ele permaneceria no acampamento.

“O método ideal é deixar que as formigas se aproximem de nós”, explicou Cohn-Haft, enquanto caminhávamos. “Então, você não tem saída. É como estar encurralado. As formigas vão subir no seu corpo e morder suas roupas. E você vai estar bem no meio da ação.” Ao longe, ele escutou um mãe-de-taoca-de-garganta-vermelha (um pássaro papa-formiga) produzindo um som entre o pio e o cacarejo. Por ser um pássaro seguidor de formigas, Cohn-Haft tomou isso como um sinal promissor. Entretanto, poucos minutos depois, quando alcançamos o local onde tínhamos visto a interminável fila de formigas no dia anterior, não conseguimos encontrá-las. Cohn-Haft ouviu dois outros papa-formigas cantando nas árvores: um papa-formiga-de-topete, que solta um assobio agudo, e um arapaçu-da-taoca, que produz um piado animado. Eles também pareciam estar procurando pelas formigas.

“Estão tão confusos quanto nós”, disse Cohn-Haft. Ele concluiu que as formigas tinham deslocado seu bivaque e ingressado agora numa fase conhecida como “estacionária”. Durante essa fase, elas permanecem mais ou menos num só lugar para criar a nova geração. A fase estacionária pode durar até três semanas, o que ajuda a explicar uma das mais enigmáticas descobertas já feitas no PDBFF: mesmo os fragmentos de florestas grandes o bastante para sustentarem colônias de formigas-correição acabam perdendo os

pássaros papa-formigas. Os pássaros seguidores de formigas precisam acompanhar as forrageadoras (formigas que coletam o alimento), e aparentemente, nos fragmentos, não havia colônias suficientes para garantir que uma delas estivesse sempre em atividade. Mais uma vez, disse Cohn-Haft, tratava-se de uma demonstração da lógica da floresta tropical. Os pássaros papa-formigas (*Thamnophilidae*) são tão bons fazendo “exatamente o que fazem” que são extremamente sensíveis a qualquer alteração que dificulte sua maneira particular de fazer as coisas.



31. Um papa-formiga-de-topete (*Pithys albifrons*).

“Quando você encontra uma coisa que depende de outra, que, por sua vez, depende de outra, toda a série de interações depende da constância”, explicou ele. Fiquei pensando nisso enquanto voltávamos ao acampamento. Se Cohn-Haft estivesse certo, então, em sua complexidade circense e louca, o desfile de formigas, pássaros e borboletas era um símbolo da estabilidade amazônica.

Somente num lugar onde as regras do jogo permanecem fixas as borboletas podem evoluir alimentando-se com excremento de pássaros que evoluem alimentando-se de formigas. Claro, fiquei decepcionada por não termos achado as formigas, mas imaginei que os pássaros deviam estar ainda mais chateados.

CAPÍTULO X

A NOVA PANGEIA

Myotis lucifugus

A MELHOR ÉPOCA para realizar um recenseamento de morcegos é no auge do inverno. Morcegos são conhecidos como “verdadeiros hibernantes”: quando as temperaturas despencam, eles procuram lugares onde descansar a cabeça — ou melhor, ficar de ponta-cabeça, já que os morcegos em estado de torpor se penduram pelos dedos. No nordeste dos Estados Unidos, os primeiros a hibernar em geral são os pequenos-morcegos-marrons (*Myotis lucifugus*). Entre o fim de outubro e o início de novembro no hemisfério Norte, eles buscam um abrigo, como uma caverna ou cavidade, onde as condições devem permanecer estáveis. Essas pequenas criaturas marrons são logo seguidas por morcegos tricolores e, depois, pelos grandes marrons e os morcegos-pigmeus (*Myotis leibii*). A temperatura corporal de um morcego em hibernação cai entre 27°C e 33°C, muitas vezes quase congelando. O batimento cardíaco diminui, o sistema imunológico para de funcionar e o morcego, pendurado pelas garras, entra num estado próximo de uma animação suspensa. Contar os morcegos em hibernação exige um pescoço forte, uma boa lanterna e meias bem quentinhas.

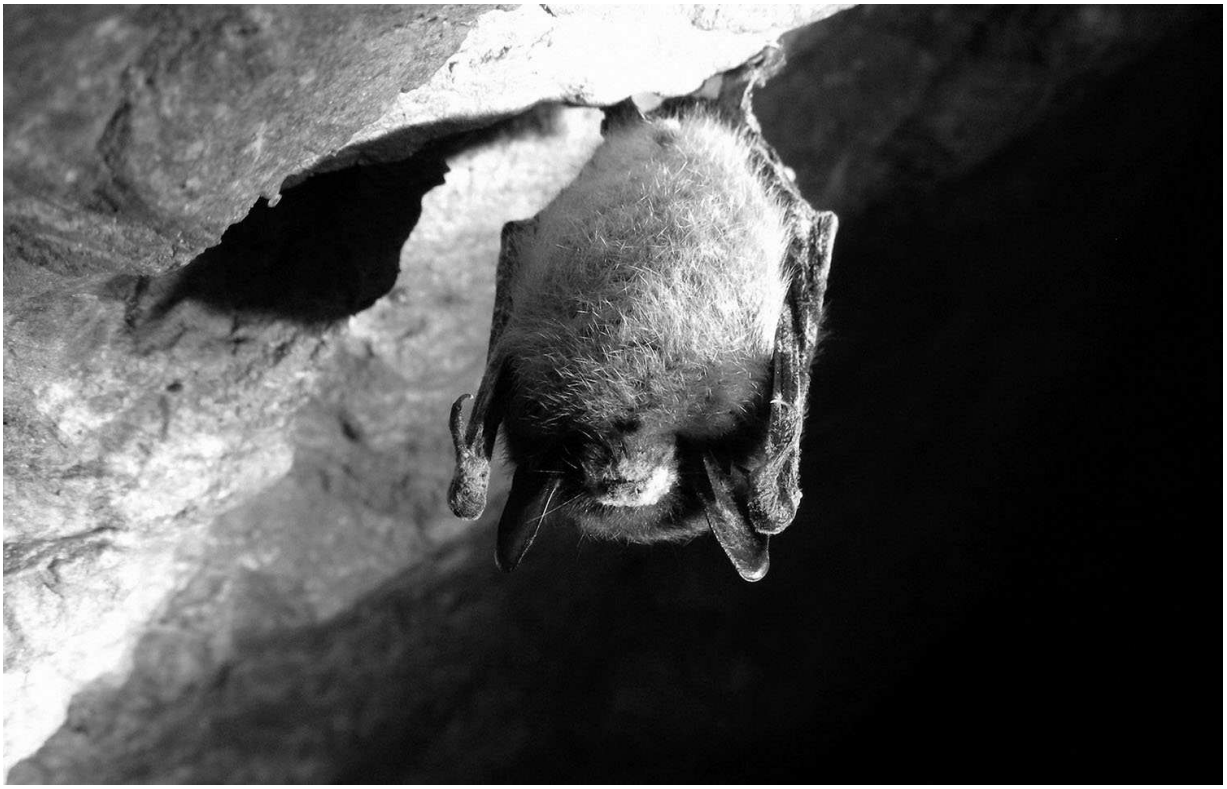
Em março de 2007, alguns biólogos de vida selvagem de Albany, Nova York, realizaram um recenseamento numa caverna nas redondezas da cidade. Tratava-se de um evento de rotina, de tal forma que o supervisor, Al Hicks, ficou no escritório. Assim que os biólogos chegaram à caverna, sacaram seus celulares.

“Eles disseram: ‘Caramba. Tem morcego morto por todos os cantos’”, lembraria mais tarde Hicks, que trabalha no Departamento de Conservação e Meio Ambiente de Nova York. Ele instruiu a

equipe a levar algumas carcaças para o escritório e a fotografar qualquer morcego vivo que encontrassem. Quando Hicks examinou as fotos, viu que os animais pareciam ter mergulhado de focinho em potes de talco. O cientista nunca havia visto aquilo, então começou a enviar as fotos por e-mail para todos os especialistas em morcego que conhecia. Nenhum deles, tampouco, vira algo parecido. Alguns colegas de Hicks em outros estados assumiram um tom jocoso. Queriam saber o que os morcegos de Nova York andavam cheirando.

Começou a primavera. Os morcegos de toda Nova York e Nova Inglaterra despertaram de seu torpor e revoaram. O pó branco continuou um mistério. “Nós pensamos: tomara que isso desapareça”, disse-me Hicks. “Era como o governo Bush, e, como o governo Bush, aquilo simplesmente não desaparecia.” Em vez disso, se alastrava. No inverno seguinte, a mesma substância branca foi encontrada em 33 cavernas em quatro estados diferentes. Enquanto isso, os morcegos continuaram morrendo. Em alguns dos hibernáculos, populações declinaram mais de 90%. Numa caverna em Vermont, milhares de cadáveres caídos do teto empilhavam-se no solo, como um monte de neve.

A mortandade de morcegos prosseguiu no inverno seguinte, espalhando-se para mais cinco estados. No inverno depois desse, atingiu mais três estados e perdura até hoje, embora em muitos lugares não tenha sobrado quase nenhum morcego. Agora se sabe que o pó branco é um fungo adaptado ao frio — conhecido como psicrófilo — que foi importado por acidente para os Estados Unidos, provavelmente da Europa. Quando foi isolado pela primeira vez, o fungo, do gênero *Geomyces*, não tinha nome. Por conta do efeito sobre os morcegos, apelidaram-no de *Geomyces destructans*.



32. Um pequeno-morcego-marrom (*Myotis lucifugus*) com síndrome do focinho branco.

• • •

Sem a ajuda humana, as viagens de longa distância para a maioria das espécies é difícil, beirando o impossível. Para Darwin, esse era um ponto fundamental. Sua teoria de descendência com modificações defendia que cada espécie crescia num único lugar de origem. Para se espalhar dali, precisava deslizar, nadar, trotar, arrastar-se ou lançar suas sementes ao vento. Com tempo suficiente, mesmo um organismo sedentário como, digamos, o fungo podia se dispersar amplamente, segundo Darwin. Mas o que tornava tudo mais interessante eram os limites dessa dispersão. Estes representavam a riqueza da vida e, ao mesmo tempo, os padrões que podiam ser discernidos em meio à variedade. Os obstáculos impostos pelos oceanos, por exemplo, explicavam a razão para várias regiões da América do Sul, da África e da Austrália — embora fossem para Darwin “inteiramente similares” em termos de clima e topografia — serem povoadas por fauna e flora inteiramente *dis*similares. As criaturas de cada continente haviam

evoluído em separado, e, dessa maneira, o isolamento físico se transmutara em disparidade biológica. De modo semelhante, os obstáculos impostos pelo relevo explicavam o motivo de os peixes no leste do Pacífico serem diferentes dos peixes do oeste do Caribe, embora esses dois grupos fossem, como escreveu Darwin, "separados apenas pelo estreito, embora intransponível, istmo do Panamá". Num nível mais local, as espécies encontradas de um lado de uma cordilheira ou de um grande rio costumam ser diferentes das espécies encontradas no outro lado, embora em geral — e de modo significativo — sejam parentes. Assim, por exemplo, Darwin observou, "as planícies próximas ao estreito de Magalhães são habitadas por uma espécie de ema; e, ao norte, as planícies de La Plata têm outra espécie do mesmo gênero, e não verdadeiros avestruzes e emus, como aqueles encontrados na África e na Austrália".

Os limites de dispersão também intrigavam Darwin de outra maneira, esta mais difícil de retratar. Conforme ele observara em primeira mão, mesmo ilhas vulcânicas remotas, como Galápagos, estavam cheias de vida. De fato, as ilhas eram o lar de várias das criaturas mais fantásticas do mundo. Para que sua teoria da evolução estivesse correta, essas criaturas deveriam ser descendentes de criaturas colonizadoras. Mas como as colonizadoras originais chegaram lá? No caso de Galápagos, oitocentos quilômetros de mar separavam o arquipélago do litoral da América do Sul. Esse problema deixou Darwin tão intrigado que ele passou mais de um ano tentando reproduzir as condições de uma travessia oceânica no jardim de sua casa, em Kent. Ele coletou sementes e as imergiu em tanques de água salgada. Com intervalos de alguns dias, removia algumas das sementes e as plantava. O exercício acabou lhe tomando um tempo enorme, pois ele escreveu a um amigo que "a água precisa ser renovada a cada dois dias, por causa do cheiro horrível".[1] Mas os resultados, pensou, eram promissores; sementes de cevada germinaram após quatro semanas de imersão; sementes de agrião, após seis — embora as sementes "vertessem uma quantidade surpreendente de limo".[2] Se

uma corrente oceânica fluía a uma velocidade de 1,6 quilômetro por hora, então ao longo de seis semanas uma semente podia ser carregada por mais de 1.600 quilômetros. E quanto aos animais? Nesse ponto, os métodos de Darwin se tornaram ainda mais elaborados. Ele cortou duas patas de pato e as colocou num tanque que continha ovos de caracóis. Depois de deixar as patas do pato imersas por um tempo, Darwin ergueu-os e pediu aos filhos que contassem quantos ovos tinham se agarrado a elas. Os pequeninos moluscos, Darwin descobriu, podiam sobreviver fora da água por até vinte horas, e nesse período, segundo seus cálculos, um pato com as duas patas era capaz de percorrer novecentos ou 1.100 quilômetros.[3] Ele percebeu que não se tratava de mera coincidência que em muitas ilhas remotas não houvesse mamíferos, exceto os morcegos, que podem voar.[4]

A ideia de Darwin sobre o que ele chamava de “distribuição geográfica” tinha implicações profundas — algumas das quais só seriam reconhecidas décadas após sua morte. No fim do século XIX, paleontólogos começaram a catalogar as várias correspondências curiosas exibidas pelos fósseis coletados em continentes diferentes. O mesossauro, por exemplo, é um réptil magro com dentes protuberantes que viveu no período permiano. Os restos mortais dessa criatura foram encontrados na África e, a um oceano de distância, na América do Sul. A samambaia *Glossopteris* tem forma de língua e também viveu no Permiano. Seus fósseis podem ser encontrados na África, na América do Sul e na Austrália. Dado que era difícil conceber como um réptil grande poderia ter atravessado o Atlântico, ou uma planta atravessado o Atlântico e o Pacífico, os paleontólogos especularam sobre a existência de vastas pontes terrestres que se estendiam por vários milhares de quilômetros. Ninguém sabia por que essas pontes tinham desaparecido e onde foram parar; presumia-se que haviam afundado sob as ondas. Nos primeiros anos do século XX, o meteorologista alemão Alfred Wegener surgiu com uma ideia melhor.

“Os continentes devem ter se deslocado”, escreveu. “A América

do Sul devia ficar ao lado da África, formando um bloco único (...). As duas partes devem ter se separado gradualmente num período de milhões de anos, como pedaços de uma crosta de gelo no mar."[5] Em algum momento, segundo a hipótese de Wegener, todos os continentes atuais formavam um supercontinente gigantesco, Pangeia. A teoria de Wegener sobre a "flutuação continental", ridicularizada durante toda sua vida, foi, é claro, justificada em grande parte pela descoberta das placas tectônicas.

Uma das características surpreendentes do Antropoceno é a bagunça que ele causou nos princípios de distribuição geográfica. Se rodovias, desmatamentos e plantações de soja criam ilhas que antes não existiam, o comércio global e as viagens globais fazem o inverso: eles negam até mesmo às ilhas mais remotas seu distanciamento. O processo de remixagem da flora e da fauna mundiais, que começou devagar, junto às estradas no início da migração humana, tem acelerado nas décadas recentes a ponto de, em algumas partes do mundo, plantas não nativas superarem as plantas nativas em quantidade. Num período de 24 horas, estima-se que dez mil espécies diferentes são deslocadas no mundo só na água dos tanques de lastro dos navios.[6] Assim, um só navio-tanque (ou, aliás, um só avião de passageiros) pode romper com milhões de anos de separação geográfica. Anthony Ricciardi, especialista em espécies introduzidas (ou exóticas) na Universidade McGill, chamou o recente rearranjo da biota terrestre de um "evento de invasão em massa". Trata-se, segundo ele, de algo "sem precedentes" na história do planeta.[7]

• • •

Por coincidência, moro bem a leste de Albany, não muito longe da caverna onde o primeiro grupo de morcegos mortos foi descoberto. Quando fiquei sabendo o que estava acontecendo, a síndrome do focinho branco, como ficou conhecida, já se espalhara até West Virginia, eliminando cerca de um milhão de morcegos. Telefonei para Hicks e, como estávamos em outra época de recenseamento de morcegos, ele sugeriu que eu os acompanhasse na próxima

excursão. Numa manhã fria e nublada, nós nos encontramos num estacionamento perto de seu escritório. De lá, rumamos para o norte, na direção das montanhas Adirondack.

Cerca de duas horas depois, chegamos à base de uma montanha não muito distante do lago Champlain. No século XIX e durante a Segunda Guerra Mundial, as montanhas Adirondack eram uma importante fonte de minério de ferro, e vários poços foram perfurados em suas profundezas. Quando o minério acabou, as minas foram abandonadas pelos homens e colonizadas pelos morcegos. Para o recenseamento, entraríamos num poço que outrora fora a mina de Barton Hill. A entrada ficava no meio de uma encosta montanhosa, coberta por vários centímetros de neve. No ponto de partida da trilha, éramos mais de dez pessoas batendo os pés contra a friagem. A maior parte, como Hicks, trabalhava para o estado de Nova York, mas também havia alguns biólogos do Departamento Americano de Pesca e Vida Selvagem e um escritor local que fazia pesquisas para um livro no qual a síndrome do focinho branco entraria como trama secundária.

Todos calçavam sapatos de neve, exceto o romancista, que, ao que parecia, não lera a mensagem nos aconselhando a trazê-los. A neve estava congelada, e o avanço era lento — levamos meia hora para percorrer menos de um quilômetro. Enquanto esperávamos o escritor nos alcançar — ele estava com dificuldades para passar por uma camada de neve de um metro de altura —, a conversa abordou os perigos potenciais de entrar numa mina abandonada. Entre os riscos, disseram-me, havia o de rochas soltas nos esmagarem, de sermos intoxicados por vazamentos de gases e de cairmos num precipício de mais de trinta metros de profundidade. Depois de mais meia hora, aproximadamente, chegamos à entrada da mina — basicamente um grande buraco cravado na encosta da montanha. As pedras à frente da entrada estavam esbranquiçadas pelos excrementos das aves e a neve, coberta de pegadas. Estava claro que corvos e coiotes descobriram que aquele local era ótimo para filar um jantar.

“Merda”, exclamou Hicks. Morcegos voavam para dentro e para fora da mina, alguns até se arrastavam sobre a neve. Hicks foi

apanhar um deles — a criatura estava tão letárgica que ele a capturou na primeira tentativa. Segurando-a entre o dedo indicador e o polegar, o cientista torceu o pescoço do animal e o colocou num saco plástico com fecho hermético. “O levantamento vai ser rápido, hoje”, anunciou.

Tiramos nossos sapatos de neve, colocamos os capacetes com as lanternas e entramos na mina, descendo por um longo túnel inclinado. Vigas partidas cobriam o solo, e os morcegos revoavam ao nosso redor, em meio às sombras. Hicks advertiu para que ficássemos atentos. “Se você pisar em determinados lugares, não vai conseguir tirar o pé”, alertou. O túnel seguia em frente, sinuoso, às vezes se abrindo em câmaras como uma sala de concerto, com túneis laterais partindo do centro — algumas das câmaras têm nome. Quando atingimos um trecho sepulcral conhecido como seção Don Thomas, nós nos dividimos em grupos para efetuar o levantamento. O processo consistia em fotografar o maior número possível de morcegos. (Mais tarde, de volta a Albany, alguém se sentaria diante de um computador e contaria todos os morcegos na tela.) Fui com Hicks, que carregava uma câmera enorme, e um dos biólogos do Departamento Americano de Pesca e Vida Selvagem, que tinha uma caneta laser. Morcegos são animais bastante sociais, e dentro da mina eles se penduram no teto rochoso em grupos numerosos. A maioria era de pequenos-morcegos-marrons, os *Myotis lucifugus*, ou *lucis*, no jargão dos contadores de morcegos. São os morcegos predominantes no nordeste dos Estados Unidos, o tipo mais provável de ser visto revoando numa noite de verão. Como o nome sugere, são pequenos — uns doze centímetros de comprimento, pesando pouco menos de seis gramas — e marrons, com a pelagem mais clara na barriga. (O poeta Randall Jarrell os descreveu como tendo “a cor do café com creme”.)[8] Pendurados no teto, com as asas dobradas, pareciam pompons encharcados. Havia também os morcegos-pigmeus (*Myotis leibii*), que podem ser identificados pelos focinhos bem escuros, e os morcegos-de-indiana (*Myotis sodalis*), que, mesmo antes da síndrome do focinho branco, já eram considerados uma espécie ameaçada. À medida que

avançávamos, íamos perturbando os morcegos, que chiavam e se remexiam, como crianças sonolentas.

Apesar do nome, a síndrome do focinho branco não se restringe aos focinhos dos morcegos: à medida que nos aprofundávamos na mina, as pessoas não paravam de encontrar morcegos com manchas de fungos nas asas e nas orelhas. Para fins de pesquisa, vários foram mortos com o indicador e o polegar. Cada morcego morto tinha seu sexo identificado — os machos podem ser reconhecidos pelo pênis minúsculo — e era embalado num saquinho.

Ainda hoje, não se sabe com certeza como o *Geomyces destructans* mata os morcegos. O que se sabe é que morcegos com focinho branco muitas vezes despertam do torpor e saem voando em plena luz do dia. Segundo uma teoria, o fungo, que literalmente devora a pele dos morcegos, irrita os animais a ponto de deixá-los agitados. Isso, por sua vez, faz com que eles gastem suas reservas de gordura, que deveriam sustentá-los ao longo do inverno. À beira da inanição, eles saem voando em busca de insetos, que, é claro, não estão disponíveis nessa época do ano. Foi também sugerido que o fungo leva o morcego a perder a umidade pela pele.[9] Desidratados, eles despertariam e sairiam em busca de água. Também nessa hipótese, esgotam suas reservas de energia e acabam definhando e morrendo.

Entramos na mina de Barton Hill por volta de uma hora da tarde. Lá pelas sete da noite, já estávamos quase de volta aonde havíamos começado a excursão, na base da montanha, só que dentro dela. Chegamos a um grande guincho enferrujado, utilizado para erguer o minério até a superfície quando a mina estava ativa. Abaixo dele, o atalho desaparecia dentro de uma enorme poça d'água, negra como a do rio Estige. Era impossível ir mais adiante, por isso retomamos a longa subida de volta.

• • •

A movimentação das espécies pelo mundo é por vezes comparada a uma roleta-russa. Assim como nos jogos nos quais as apostas são

altas, duas coisas bem diferentes podem acontecer quando surge um novo organismo. A primeira, que pode ser chamada de “opção do tambor vazio”, é nada. Seja porque o clima é inadequado, porque a criatura é incapaz de achar algo para se alimentar, porque ela acaba sendo devorada ou por um monte de outras razões, o recém-chegado não sobrevive (ou, pelo menos, não consegue se reproduzir). A maior parte das introduções potenciais não são registradas — na verdade, são inteiramente ignoradas —, portanto, não é fácil obter números exatos. Contudo, é quase certo que a maioria de invasores potenciais não sobrevive.

Na segunda opção, não só o organismo introduzido sobrevive, como também produz uma nova geração, que, por sua vez, sobrevive e cria outra geração. Isso é conhecido na comunidade de espécies invasoras como “estabelecimento”. Mais uma vez, é impossível dizer com certeza a frequência com que isso ocorre — muitas espécies estabelecidas provavelmente permanecem confinadas no local onde foram introduzidas, ou são tão inócuas que passam despercebidas. Mas — e neste ponto reaparece a analogia da roleta-russa — um certo número completa o terceiro passo no processo de invasão, que é a “expansão”. Em 1916, cerca de doze besouros esquisitos foram descobertos num viveiro em Riverton, Nova Jersey. No ano seguinte, os insetos, agora conhecidos como *Popillia japonica* ou pelo nome comum de besouro-japonês, tinham se dispersado em todas as direções e podiam ser encontrados numa área de quase oito quilômetros quadrados. Um ano depois, o alcance desses insetos saltou para dezoito quilômetros quadrados e, no ano seguinte, 124 quilômetros quadrados. O besouro continuou expandindo seu território numa progressão geométrica, a cada ano alargando seu círculo concêntrico. Duas décadas depois, foi encontrado de Connecticut a Maryland — uma distância de 494 quilômetros.[10] (Desde então, seu avanço para o sul já alcançou o Alabama e, para oeste, chegou a Montana.) Roy van Driesche, um especialista em espécies invasoras na Universidade de Massachusetts, estimou que em cada centena de introduções potenciais, algo entre cinco e quinze se estabelecerão com êxito.[11]

Entre essas, uma acabará sendo a “bala dentro do tambor”.

A razão para algumas espécies introduzidas serem capazes de proliferar com tanto sucesso é um assunto bastante debatido. Uma possibilidade é que, para as espécies, assim como para os vigaristas, haja vantagens em se manter em movimento. Uma espécie transportada para um novo local, sobretudo num novo continente, deixou muito de seus rivais e predadores para trás. Esse modo de se livrar dos adversários, que na verdade significa se livrar da história evolutiva, é chamado de “libertação do inimigo”. Há vários organismos que parecem ter se beneficiado dessa libertação do inimigo, inclusive a salgueirinha (*Lythrum salicaria*), planta que chegou ao nordeste dos Estados Unidos vinda da Europa no início do século XIX. Em seu hábitat original, a salgueirinha tem todos os tipos de inimigo especializados, entre eles os besouros *Galerucella calmariensis*, *Galerucella pusilla*, *Hylobius transversovittatus* e o *Nanophyes marmoratus*, inexistentes na América do Norte quando a planta chegou — o que ajuda a explicar por que conseguiu dominar áreas pantanosas, desde West Virginia até o estado de Washington. Pouco tempo atrás, alguns desses predadores especializados foram introduzidos nos Estados Unidos, num esforço para controlar a expansão da planta. As estratégias do tipo invasor-contra-invasor sem dúvida têm histórico variado. Em alguns casos, mostrou-se muito bem-sucedida; em outros, acabou se tornando um desastre ecológico dobrado. A esta última categoria pertence a *Euglandina rosea*, introduzida no Havaí no fim dos anos 1950. Esse caramujo, nativo da América Central, foi levado para lá com o objetivo de caçar uma espécie introduzida, o caramujo-gigante-africano (*Achatina fulica*), que se tornou uma peste para a agricultura. Um resumo do que aconteceu: a *Euglandina rosea* deixou o caramujo-gigante-africano em paz e voltou-se contra os caracóis pequenos e coloridos nativos do Havaí. Das mais de setecentas espécies de caracóis endêmicos que outrora habitavam nas ilhas, algo em torno de 90% estão agora extintas e as que restaram encontram-se em declínio acentuado.[12]

A consequência de deixar antigos rivais para trás é encontrar

novos organismos inocentes dos quais se aproveitar. Um exemplo particularmente famoso — e assustador — disso vem na forma esguia e comprida da cobra-arbórea-marrom (*Boiga irregularis*). Essa espécie é nativa de Papua-Nova Guiné e do norte da Austrália, e se deslocou para a ilha de Guam (território americano na Micronésia) nos anos 1940, provavelmente a bordo de cargueiros militares. Como a única cobra nativa da ilha é uma criatura pequena e cega do tamanho de uma minhoca, a fauna de Guam estava totalmente despreparada para receber a *Boiga irregularis* e a voracidade de seus hábitos alimentares. As cobras comeram todos os pássaros nativos da ilha, incluindo o *Myiagra freycineti*, visto pela última vez em 1984; a ave *Gallirallus owstoni*, que só sobrevive hoje graças a um programa de reprodução em cativeiro; e o pombo-mariana (*Ptilinopus roseicapilla*), extinto em Guam (embora persista em algumas das ilhas menores). Antes de a *Boiga irregularis* chegar, havia três espécies nativas de mamíferos em Guam, todas morcegos; hoje, apenas uma — a raposa-voadora-das-marianas (*Pteropus mariannus*) — sobrevive, e é considerada gravemente ameaçada. Enquanto isso, a cobra, também uma beneficiária da libertação do inimigo, multiplicou-se como nunca. No auge do que é às vezes chamado de “irrupção”, as densidades populacionais chegavam a quase dez mil cobras por quilômetro quadrado. Assim, a devastação provocada pela cobra-arbórea-marrom foi tão grande que ela praticamente aniquilou os animais nativos que consumia. Hoje, a cobra se alimenta de outros intrusos, como o lagarto *Carlia*, um réptil introduzido em Guam também a partir de Papua-Nova Guiné. O escritor David Quammen adverte que, embora seja fácil demonizar a *Boiga irregularis*, o animal não é mau; é apenas amoral e foi parar no lugar errado. O que essa cobra fez em Guam, observa, “é precisamente o que o *Homo sapiens* fez com todo o planeta: prosperou de modo perdulário à custa de outras espécies”.[13]

Com os patógenos invasores, a situação é muito semelhante. As relações duradouras entre os patógenos e seus hospedeiros são muitas vezes caracterizadas em termos militares: os dois estão

comprometidos numa corrida armamentista evolucionária, na qual, para sobreviver, cada um deve evitar que o outro avance demais. Quando um patógeno inteiramente novo aparece, é como entrar com um revólver numa briga de facas. Por nunca ter encontrado o fungo (ou o vírus, ou a bactéria) antes, o novo hospedeiro não tem defesas contra ele. Essas “novas interações”, como são chamadas, podem ser incrivelmente fatais. No século XIX, o castanheiro-americano era a árvore decídua predominante nas florestas orientais. Em lugares como Connecticut, ele representava quase a metade do total de árvores.[14] (A árvore, que pode rebrotar das próprias raízes, ia bem mesmo com a intensa atividade madeireira — “não só os berços de bebês eram feitos de castanheira”, escreveu certa vez o paleontólogo especializado em plantas George Hepting, “mas também era bem provável que os caixões para os velhos também fossem”.)[15] Então, na virada do século, o fungo *Cryphonectria parasitica*, responsável pelo cancro do castanheiro, deslocou-se para os Estados Unidos, provavelmente do Japão. Por terem evoluído junto com o *Cryphonectria parasitica*, os castanheiros asiáticos não tinham problemas para tolerar o fungo, mas, para as espécies americanas, ele se revelou quase 100% letal. Por volta dos anos 1950, tinha matado praticamente todos os castanheiros nos Estados Unidos — cerca de quatro bilhões de árvores. Várias espécies de mariposas que dependiam dessa espécie desapareceram com ela. Presume-se que a “novidade” do fungo *Chytridiales* também tenha sido responsável por essa mortandade. Isso explica o motivo de as rãs-douradas-do-panamá desaparecerem tão de repente do córrego das Mil Rãs e o motivo de os anfíbios, em geral, serem a classe de organismos mais ameaçada do planeta.

Antes mesmo de a causa da síndrome do focinho branco ser identificada, Al Hicks e seus colegas desconfiavam que isso se devia à introdução de novas espécies. Com uma taxa de mortalidade tão alta, presumia-se que o responsável pela morte dos morcegos fosse algo nunca antes encontrado. Enquanto isso, a síndrome se espalhava para o norte do estado de Nova York,

irradiando em círculos como num alvo de dardos. Isso parecia indicar que o assassino chegara ao solo americano perto de Albany. De modo significativo, quando as mortes chegaram à mídia nacional, um espeleólogo enviou para Hick algumas fotografias que tirara cerca de sessenta quilômetros a oeste da cidade. As fotos datavam de 2006, exatamente um ano antes de os colegas de Hicks ligarem para ele dizendo “Caramba!” — e mostravam morcegos com claros indícios de focinho branco. O espeleólogo tirara essas fotos numa caverna ligada às cavernas Howe, um destino turístico popular que, entre outras atrações, oferece passeios com lanternas e excursões de barco em rios subterrâneos.

“É bem interessante que o primeiro registro dessa síndrome seja de fotografias feitas numa caverna comercial em Nova York que recebe cerca de duzentos mil visitantes por ano”, comentou Hicks.

• • •

Hoje, as espécies invasoras fazem parte de tantas paisagens que há chances de você olhar pela janela e ver algumas delas. De onde estou sentada, no oeste de Massachusetts, vejo um gramado que alguém, em algum momento, plantou e que com certeza não é nativo da Nova Inglaterra. (Quase todo o capim dos gramados americanos vem de outro lugar, inclusive as gramíneas do Kentucky.) Como o meu gramado não é muito bem cuidado, vejo também vários dentes-de-leão, que vieram da Europa e se espalharam por todos os cantos, assim como a erva-alheira, também europeia, e as tanchagens de folhas largas, mais uma invasora da Europa. (As tanchagens — *Plantago major* — parecem ter chegado com os primeiros colonizadores brancos e eram um sinal tão seguro da presença deles que os americanos nativos se referiam a essas plantas como “pegadas dos homens brancos”.) Se eu levantar da minha mesa e caminhar para além do meu gramado, posso encontrar também: *Rosa multiflora*, uma invasora espinhosa da Ásia; cenoura, outra introdução da Europa; bardana, que tem a mesma origem; e *Celastrus orbiculatus*, espécie asiática. Segundo um estudo de espécimes em herbários de Massachusetts, quase a

terça parte de todas as espécies de plantas documentadas no estado é “forasteira naturalizada”.[16] Se eu cavar alguns centímetros, encontrarei minhocas também forasteiras. Antes da chegada dos europeus, a Nova Inglaterra não tinha minhocas nativas. Todas as minhocas da região haviam sido varridas pela última glaciação, e, mesmo depois de dez mil anos de relativo calor, as minhocas nativas da América do Norte tiveram que recolonizar a área. As minhocas se alimentam de detritos de folhas, e, assim, alteram bastante a composição do solo das florestas. (Embora as minhocas sejam adoradas por jardineiros, pesquisas recentes associaram sua introdução a um declínio da salamandra nativa no nordeste americano.)[17] Enquanto escrevo, vários novos invasores potencialmente destrutivos parecem estar se espalhando por Massachusetts. Entre eles, além do *Geomyces destructans*, estão: o besouro-chinês *Anoplophora glabripennis*, uma importação da Ásia que se alimenta de diversas madeiras de lei; o besouro-verde *Agrilus planipennis*, também proveniente da Ásia, cuja larva perfura e mata os freixos; e o mexilhão-zebra (*Dreissena polymorpha*), de água doce e importado da Europa Oriental, que tem o hábito nojento de grudar em qualquer superfície disponível e consumir tudo o que passa pela coluna d’água.

“Evite dar carona para bichos aquáticos”, avisa uma placa perto do lago no fim da minha rua. “Limpe *todos* os equipamentos recreativos.” A ilustração mostra um barco todo coberto de mexilhões-zebra, como se, por engano, alguém tivesse pintado o casco com moluscos, em vez de tinta.

Onde quer que você esteja lendo este livro, o enredo é mais ou menos o mesmo — e isso vale não apenas para outras partes dos Estados Unidos, mas para todo o mundo. O Daisie (Delivering Alien Invasive Species Inventories for Europe), base de dados de espécies invasoras para a Europa, registra mais de doze mil espécies. Mas há outros sistemas que monitoram mais milhares delas: o Apasd (Asian-Pacific Alien Species Database), equivalente asiático do Daisie; o Fisna (Forest Invasive Species Network for Africa), para espécies invasoras da África; o Ibis (Island Biodiversity

and Invasive Species Database), voltado apenas para ilhas; e o Nemesis (National Exotic Marine and Estuarine Species Information System), que monitora espécies marinhas e de estuários. Na Austrália, o problema é tão grave que, desde a pré-escola, as crianças são mobilizadas para controlar os invasores. O conselho municipal em Townsville, no norte de Brisbane, encoraja as crianças a fazerem "caçadas regulares" de sapos-cururus, que foram introduzidos de forma proposital, embora desastrosa, nos anos 1930 a fim de combater os besouros que destruíam a cana-de-açúcar. (O sapo-cururu é venenoso, e as espécies nativas ingênuas, como o marsupial *Dasyurus hallucatus*, comem o anfíbio e morrem.) Para se livrar dos batráquios de maneira mais humanizada, o conselho municipal instruiu as crianças a "resfriá-los numa geladeira por doze horas" e depois "colocá-los num freezer por outras doze horas".[18] Um estudo recente sobre a ida de visitantes à Antártida descobriu que, num único verão, turistas e pesquisadores levaram consigo mais de setenta mil sementes de outros continentes.[19] Uma espécie de planta, a *Poa annua*, uma gramínea da Europa, já se estabeleceu na Antártida. Considerando que o continente só possui duas espécies nativas, isso significa que um terço de suas plantas, hoje em dia, é composto de espécies invasoras.

Do ponto de vista da biota mundial, as viagens globais representam um fenômeno radicalmente novo e, ao mesmo tempo, uma repetição dos fenômenos mais antigos. O afastamento dos continentes que Wegener deduziu a partir do registro fóssil está agora se invertendo — mais um aspecto no qual os seres humanos estão fazendo a história geológica andar para trás e em alta velocidade. Pense nisso como uma versão potencializada das placas tectônicas sem as placas. Ao transportarmos espécies da Ásia para a América do Norte, espécies norte-americanas para a Austrália, espécies australianas para a África e espécies europeias para a Antártida, estamos reunindo o mundo num único e enorme continente — ao qual os biólogos às vezes se referem como a Nova Pangeia.



33. “Atenção, usuários de embarcações. Todos os usuários devem preencher o certificado de embarcação limpa antes de zarpar. Ajude a evitar a expansão dos mexilhões-zebra.”

• • •

A caverna Aeolus, que fica numa encosta arborizada em Dorset, Vermont, é considerada o maior hibernáculo de morcegos na Nova Inglaterra. Estima-se que, antes da síndrome do focinho branco, quase trezentos mil morcegos — alguns vindos de tão longe quanto Ontário e Rhode Island — passavam o inverno ali. Poucas semanas depois de minha visita com Hicks à mina de Barton Hill, ele me convidou a acompanhá-lo até Aeolus. A viagem fora organizada pelo Departamento de Pesca e Vida Selvagem de Vermont, e, na base da montanha, em vez de calçarmos sapatos de neve, montamos em motos de neve. A trilha ziguezagueava montanha acima, num longo trajeto irregular. A temperatura — cerca de -3,9°C — estava baixa demais para os morcegos permanecerem ativos,

porém, quando estacionamos perto da entrada da caverna, vi alguns revoando. Scott Darling, o funcionário de Vermont mais experiente, informou que deveríamos vestir luvas de látex e macacões de tecido sintético antes de continuar. Aquilo me pareceu paranoia — algo saído da subtrama do escritor sobre a síndrome do focinho branco. Depois, contudo, vi que fazia sentido.

Aeolus foi criada pelo fluxo das águas ao longo de milhares e milhares de anos. Para afastar as pessoas dali, o Departamento de Conservação da Natureza, que administra a caverna, bloqueou a entrada com imensas placas de ferro. Uma das placas horizontais pode ser removida com uma chave, o que cria uma brecha estreita por onde se consegue rastejar (ou deslizar) para entrar. Apesar do frio, um cheiro enjoativo emanava da entrada — uma mistura de animal morto com lixo apodrecido. O caminho de pedra que conduzia ao portão estava congelado, e era difícil de avançar. Quando chegou minha vez, me espremi entre as placas e na mesma hora pisei em algo macio e úmido. Logo me dei conta de que se tratava de uma pilha de morcegos mortos.

A câmara de entrada da caverna, conhecida como Salão Guano, tem uns dez metros de largura por seis de altura. Mais perto do fundo, ela se estreita e se inclina. Os túneis que se ramificam a partir de lá só são acessíveis para espeleólogos e os túneis que se ramificam a partir deles só são acessíveis para morcegos. Observando o Salão Guano, tive a sensação de estar observando uma gigantesca garganta. Naquela escuridão, a cena era medonha. Havia longos pingentes congelados pendurados no teto e, do solo, erguiam-se grandes saliências de gelo, como pólipos. O chão estava coberto de morcegos mortos e, dentro de algumas protuberâncias de gelo, encontramos morcegos congelados. Havia morcegos entorpecidos pendurados no teto e outros bem despertos, que, às vezes, decolavam e voavam bem à nossa frente.

Ninguém sabia por que alguns cadáveres de morcegos se empilhavam em certos locais, enquanto em outros eram devorados ou, de algum modo, desapareciam. Hicks acreditava que as condições em Aeolus eram tão drásticas que os morcegos, antes mesmo de voarem para fora da caverna, caíam mortos. Ele e

Darling tinham planejado efetuar uma contagem dos morcegos no Salão Guano, mas logo resolveram abandonar esse plano e simplesmente coletar alguns exemplares. Darling explicou que os espécimes iriam para o Museu Americano de História Natural, de maneira que permanecessem pelo menos como um registro das centenas de milhares de *lucis*, de *Nyctophilus arnhemensis* e de *Pipistrellus subflavus* que outrora hibernaram em Aeolus. “Esta talvez seja uma das últimas oportunidades”, comentou. Ao contrário da mina, que existe há alguns séculos, Aeolus já existe há milênios, salientou ele. É provável que os morcegos tenham hibernado ali, geração após geração, desde que a entrada da caverna ficou exposta, no fim do último período glacial.

“É isso que torna tudo tão dramático, a cadeia evolutiva está rompida”, explicou Darling. Ele e Hicks começaram a pegar morcegos mortos do chão. Aqueles já em estado de decomposição avançado eram deixados de lado; os que ainda estavam mais ou menos intactos tinham o sexo identificado e eram guardados em sacos plásticos. Ajudei mantendo o saco aberto para as fêmeas mortas. Ele logo ficou cheio, e abrimos outro. Quando a contagem de espécimes chegou a algo perto de quinhentos, Darling resolveu que era hora de partirmos. Hicks ficou mais um pouco: ele trouxera uma câmera enorme e disse que queria tirar mais fotos. Durante as horas que passamos na caverna, a carnificina ficara ainda mais grotesca; muitas das carcaças de morcego foram esmagadas e começaram a sangrar. Ao voltar para a entrada, Hicks me avisou: “Não pise nos morcegos mortos.” Levei um tempo até perceber que ele estava brincando.

• • •

É difícil dizer com precisão quando o projeto Nova Pangeia começou. Se considerarmos os homens uma espécie invasora — o escritor de ciência Alan Burdick chamou o *Homo sapiens* de “possivelmente o invasor mais bem-sucedido na história biológica”[20] —, o processo data de uns 120 mil anos atrás, o período em que os seres humanos modernos emigraram pela primeira vez da África.

Quando a nossa espécie se deslocou para a América do Norte, cerca de treze mil anos atrás, já tinha domesticado os cães, que cruzaram o estreito de Bering junto com seus donos.[21] Os polinésios que se instalaram no Havaí há cerca de 1.500 anos foram acompanhados não só pelos ratos, mas também por piolhos, pulgas e porcos. A "descoberta" do Novo Mundo iniciou um enorme troca-troca biológico — o assim chamado Intercâmbio Colombiano — que levou o processo a um patamar inédito. Ainda na época em que Darwin elaborava os princípios da distribuição geográfica, esses princípios estavam sendo solapados por grupos conhecidos como sociedades de aclimatação. Exatamente no ano em que foi publicada *A origem das espécies*, um membro de uma sociedade de aclimatação com sede em Melbourne soltou os primeiros coelhos na Austrália. Estes, desde então, têm procriado como... Bem, como coelhos. Em 1890, um grupo de Nova York que assumiu a missão de "introduzir e aclimatar as tantas variedades estrangeiras do reino animal e vegetal quantas possam se revelar úteis ou interessantes" importou estorninhos da Europa para os Estados Unidos.[22] (O chefe do grupo, supostamente, queria levar à América todas as aves mencionadas por Shakespeare.) Eles soltaram cerca de cem estorninhos no Central Park, que desde então se multiplicaram, chegando a mais de duzentos milhões.

Ainda hoje, os americanos com frequência importam "variedades estrangeiras" que, segundo eles, "possam se revelar úteis ou interessantes". Os catálogos de jardinagem estão repletos de plantas não nativas e os catálogos de aquários estão cheios de peixes não nativos. Segundo o verbete sobre animais de estimação na *Encyclopedia of Biological Invasions* [Enciclopédia de Invasões Biológicas], todo ano são levadas para os Estados Unidos espécies não nativas de mamíferos, aves, anfíbios, tartarugas, lagartos e cobras em quantidades superiores às que o país dispõe de espécies nativas desses grupos.[23] Enquanto isso, à medida que o ritmo e o volume de comércio global aceleraram, também aumentou o número de importações acidentais. Espécies que não poderiam sobreviver a uma travessia oceânica no fundo de uma canoa ou no

porão de um navio-baleeiro conseguem suportar com facilidade a mesma viagem nos tanques de lastro dos navios cargueiros modernos, nos compartimentos de bagagem de um avião ou na mala de um turista. Um estudo recente de espécies não nativas nas águas litorâneas da América do Norte descobriu que “a taxa de invasões registradas tem aumentado exponencialmente nos últimos duzentos anos”.[24] O ritmo acelerado é atribuído às quantidades maiores de bens transportados e, também, à maior velocidade com que viajam. O Center for Invasive Species Research, baseado na Universidade da Califórnia em Riverside, estima que a Califórnia adquire uma nova espécie invasora a cada sessenta dias. Esse ritmo é lento em comparação ao Havaí, onde um novo invasor desembarca todo mês. (Para fins de comparação, vale notar que, antes de os seres humanos se instalarem no Havaí, novas espécies pareciam conseguir se estabelecer no arquipélago a cada dez mil anos, aproximadamente.)[25]

O efeito imediato de todo esse rearranjo é um aumento da chamada diversidade local. Escolha qualquer lugar na Terra — Austrália, península Antártica, o parque do seu bairro —, e é bem provável que o número de espécies que habitam a área tenha aumentado nas últimas centenas de anos. Antes da chegada dos seres humanos, muitas categorias de organismos não existiam no Havaí; entre elas, incluem-se não apenas roedores, mas também anfíbios, répteis terrestres e ungulados. As ilhas não tinham formigas, afídios ou mosquitos. Nesse sentido, o homem tem contribuído muito para a diversidade no Havaí. Contudo, em sua época pré-humana, a região era o lar de milhares de espécies que não existiam em nenhum outro lugar do planeta, e muitas delas sumiram ou estão desaparecendo. Essas perdas incluem, além de várias centenas de caramujos, dezenas de pássaros e mais de uma centena de espécies de samambaias e plantas angiospérmicas (que dão flores). Pelas mesmas razões que a diversidade local tem crescido, a diversidade global — o número total de espécies diferentes existentes em todo o mundo — tem declinado.

Com frequência, considera-se que os estudos sobre espécies

invasoras foram iniciados por Charles Elton, um biólogo britânico que publicou sua obra seminal, *The Ecology of Invasions by Animals and Plants* [A ecologia das invasões por animais e plantas], em 1958. A fim de explicar os efeitos aparentemente paradoxais desse deslocamento das espécies, Elton valeu-se da analogia de um conjunto de tanques de vidro. Imagine que cada um dos tanques contenha uma solução diferente de substâncias químicas. Em seguida, imagine que todos os tanques são conectados a seus vizinhos através de tubos longos e estreitos. Se as torneiras dos tubos fossem deixadas abertas apenas um minuto por dia, as soluções começariam a se misturar bem devagar. As substâncias químicas se recombinariam. Alguns novos compostos se formariam e alguns dos compostos originais sumiriam. “Poderia levar um bom tempo até que todo o sistema entrasse em equilíbrio”, escreveu Elton. Mas, por fim, todos os tanques conteriam a mesma solução. A variedade teria sido eliminada. É exatamente o que pode se esperar que aconteça ao colocarmos em contato plantas e animais há muito tempo isolados.

“Se olharmos para o futuro, o estado final do mundo biológico não vai se tornar mais complexo, e sim mais simples — e mais pobre”, escreveu Elton.[26]

Desde a época de Elton, os ecologistas têm tentado quantificar os efeitos da homogeneização total do planeta por meio de um experimento reflexivo. Ele começa com a compressão de todas as massas terrestres num único megacontinente. A relação espécie-área é então utilizada para estimar quanto de variedade esse continente poderia suportar. A diferença entre esse valor e a diversidade do mundo tal como ela se encontra hoje representa a perda implícita de uma interconectividade completa. No caso dos mamíferos terrestres, a diferença é de 66%.[27] Ou seja, um mundo com um único continente deveria conter somente cerca de um terço das espécies mamíferas que existem hoje. Para as aves terrestres, o valor fica um pouco abaixo de 50%, o que significa que um mundo assim conteria metade das espécies de aves que existem agora.

Se olharmos ainda mais adiante do que Elton — milhões de anos

à frente —, é muito provável que o mundo biológico volte a ficar mais complexo. Supondo que, por fim, as viagens e o comércio global cessem, a Nova Pangeia começará, em um nível metafórico, a rachar. Os continentes se separarão novamente e as ilhas voltarão ao isolamento. E, enquanto isso acontece, novas espécies evoluirão e se propagarão a partir das criaturas invasoras que foram dispersas pelo mundo. O Havaí talvez venha a ter ratos gigantes e a Austrália, coelhos gigantes.

• • •

No inverno posterior à minha visita a Aeolus com Al Hicks e Scott Darling, voltei à caverna com outro grupo de biólogos de animais selvagens. A situação em Aeolus estava bem diferente, mas não menos macabra. Ao longo do ano, as pilhas de morcegos mortos tinham se decomposto quase por completo, e tudo o que restava era um tapete de ossos delicados, mais finos do que agulha de pinheiro.

Ryan Smith, do Departamento de Pesca e Vida Selvagem de Vermont, e Susi von Oettingen, do Departamento Americano de Pesca e Vida Selvagem, eram os responsáveis pelo recenseamento dessa vez. Eles começaram com um agrupamento de morcegos pendurados na parte mais ampla do Salão Guano. Numa verificação mais atenta, Smith notou que a maioria dos animais no grupo já estava morta, com os dedos pequeninos enroscados nas rochas em rigidez cadavérica. Mas ele pensou ter visto alguns morcegos vivos em meio aos cadáveres e informou a quantidade para Von Oettingen, que levara um lápis e fichas de arquivo.

“Dois *lucis*”, disse Smith.

“Dois *lucis*”, repetiu Von Oettingen, anotando o número.

Smith avançou mais nas profundezas da caverna. Von Oettingen me chamou e indicou uma fissura na superfície da rocha. Ao que parecia, dezenas de morcegos hibernaram ali dentro em algum momento. Agora, havia apenas uma camada de detritos escuros transpassada por ossos da espessura de um palito. Ela recordou ter visto, numa visita anterior à caverna, um morcego vivo tentando se aninhar em meio aos cadáveres. “Aquilo me partiu o coração”,

contou ela.

A sociabilidade dos morcegos acabou se revelando uma grande dádiva para os *Geomyces destructans*. No inverno, quando eles se agrupam, os morcegos infectados transferem o fungo para os não infectados. Aqueles que conseguem sobreviver até a primavera se dispersam, levando o fungo com eles. Dessa maneira, o *Geomyces destructans* passa de um morcego a outro, de uma caverna a outra.

Smith e Von Oettingen demoraram apenas vinte minutos para realizar o recenseamento do Salão Guano, que estava praticamente vazio. Quando terminaram, Von Oettingen calculou os números em suas fichas de arquivo: 88 *lucis*, um *Nyctophilus arnhemensis* e três *Pipistrellus subflavus*, além de uns vinte morcegos de espécies indeterminadas. O total foi 112. Isso equivalia a um trigésimo do total de morcegos encontrados ali num ano normal. “É impossível acompanhar esse nível de mortandade”, admitiu Von Oettingen, quando saíamos da caverna. Ela observou que os *lucis* se reproduzem muito devagar — as fêmeas têm somente um filhote por ano —, portanto, ainda que mais morcegos, em última análise, se mostrem resistentes à síndrome do focinho branco, é difícil imaginar como as populações poderiam voltar a crescer.

Desde aquele inverno — o de 2010 —, o *Geomyces destructans* tem sido rastreado até a Europa, onde está bem difundido. O continente tem suas próprias espécies de morcegos, por exemplo, o *Myotis myotis*, encontrado da Turquia até os Países Baixos. Os *Myotis myotis* apresentam a síndrome do focinho branco, mas não parecem ser afetados por ela — o que sugere que eles e o fungo evoluíram em conjunto.

Enquanto isso, a situação na Nova Inglaterra continua desanimadora. Voltei a Aeolus para a contagem do inverno de 2011. Apenas 35 morcegos vivos foram encontrados no Salão Guano. Retornei à caverna em 2012. Depois de escalar todo o caminho até a entrada, o biólogo que estava comigo decidiu que seria um equívoco seguir em frente: o risco de perturbar qualquer morcego que tivesse sobrado superava as vantagens de contá-los. Voltei mais uma vez no inverno de 2013. A essa altura, segundo o Departamento Americano de Pesca e Vida Selvagem, a síndrome

do focinho branco se espalhara para 22 estados e cinco províncias canadenses, matando mais de seis milhões de morcegos. Embora a temperatura estivesse glacial, um morcego voou na minha direção quando eu estava parada diante das placas de ferro. Contei dez morcegos pendurados nas rochas, perto da entrada; a maior parte deles tinha a aparência dissecada de pequenas múmias. O Departamento de Pesca e Vida Selvagem de Vermont tinha colado um aviso em duas árvores à entrada da Aeolus. Um dizia: “Esta caverna está fechada até segunda ordem.” O outro informava que a multa para infratores podia alcançar “mil dólares por morcego”. (Não estava claro se o aviso se referia aos animais vivos ou aos mortos, fartamente mais numerosos.)



34. O mesmo canto do Salão Guano fotografado, da esquerda para a direita: no inverno de 2009 (com morcegos hibernando), no inverno de 2010 (com menos morcegos) e no inverno de 2011 (sem morcegos).

Pouco tempo atrás, liguei para Scott Darling a fim de conseguir algumas informações atualizadas. Ele me contou que o pequeno-morcego-marrom, outrora onipresente em Vermont, está oficialmente listado como uma espécie ameaçada no estado. Assim como os *Nyctophilus arnhemensis* e os *Pipistrellus subflavus.* “Tenho usado muito a palavra ‘desespero’”, comentou, “estamos numa situação de desespero”.

“Um breve aparte”, prosseguiu ele. “Li uma reportagem outro dia. Um lugar chamado Vermont Center for Ecostudies criou uma página na internet. As pessoas podem tirar fotos de qualquer organismo em Vermont e registrá-las nesse site. Se tivesse lido isso alguns anos atrás, teria morrido de rir. Eu teria dito: ‘Vocês vão receber fotos de um *pinheiro*?’ E agora, depois do que aconteceu com os pequenos-

morcegos-marrons, gostaria que tivessem feito isso antes.”

CAPÍTULO XI

O RINOCERONTE FAZ UMA ULTRASSONOGRAFIA

Dicerorhinus sumatrensis

A PRIMEIRA PARTE que vi de Suci foi seu traseiro monumental. Tinha cerca de um metro de largura e era salpicado de pelos ásperos e ruivos. A pele marrom-avermelhada tinha a textura de linóleo granulado. Suci, um rinoceronte-de-sumatra fêmea, vive no Zoológico de Cincinnati, onde nasceu em 2004. Na tarde em que a visitei, várias outras pessoas também estavam agrupadas ao redor de sua anca formidável. Elas a afagavam com afeto, então estendi a mão e a acariciei. Parecia que eu estava apalpando o tronco de uma árvore.

A dra. Terri Roth, diretora do Centro de Conservação e Pesquisa de Animais Selvagens Ameaçados do zoológico, chegara ao estábulo dos rinocerontes com um avental hospitalar. Alta e magra, Roth tinha prendido os longos cabelos castanhos num coque. Ela calçou uma luva cirúrgica na mão direita e a esticou pelo antebraço, passando pelo cotovelo e quase chegando ao ombro. Um dos zeladores de Suci envolveu o rabo do rinoceronte com uma espécie de filme plástico e o afastou para o lado. Outro funcionário pegou um balde e se posicionou ao lado da boca de Suci. Não era fácil enxergar alguma coisa além da bunda do rinoceronte, mas me disseram que ela estava sendo alimentada com fatias de maçãs, e dava para ouvi-la mastigando. Enquanto Suci se distraía, Roth pegou uma segunda luva e a vestiu sobre a primeira, segurando o que parecia ser um controle remoto de videogame. Em seguida, enfiou o braço no ânus do animal.

Das cinco espécies de rinocerontes que ainda existem, o

rinoceronte-de-sumatra — *Dicerorhinus sumatrensis* — é o menor e, por assim dizer, o mais velho. O gênero *Dicerorhinus* surgiu há cerca de vinte milhões de anos, o que significa que a linhagem de Suci, relativamente imutável, data do período mioceno. Análises genéticas demonstraram que o rinoceronte-de-sumatra é o parente mais próximo do rinoceronte-lanudo, que, no último período glacial, se espalhou da Escócia até a Coreia do Sul.[1] E. O. Wilson, que certa vez passou uma tarde inteira no jardim zoológico com a mãe de Suci e conserva um tufo de seus pelos em sua mesa de trabalho, descreveu o rinoceronte-de-sumatra como um "fóssil vivo".[2]

Os rinocerontes dessa espécie são criaturas tímidas e solitárias que, na natureza, buscam vegetações rasteiras densas para se alimentar. Eles têm dois chifres — um grande na ponta do focinho e outro menor, um pouco atrás — e lábios superiores protuberantes, que servem para abocanhar plantas e ramos de árvores. A vida sexual desse animal é, ao menos de uma perspectiva humana, bastante imprevisível. As fêmeas são o que chamam de ovuladoras induzidas: não liberam o óvulo a menos que sintam a presença de um macho qualificado por perto. No caso de Suci, o macho qualificado mais próximo encontra-se a dezesseis mil quilômetros de distância, razão pela qual Roth estava ali, com o braço enfiado no reto do animal.

Cerca de uma semana antes, Suci tomara uma injeção de hormônio feita para estimular os ovários. Poucos dias depois disso, Roth tentara fazer uma inseminação artificial no rinoceronte, um processo que envolvera enfiar um tubo longo e estreito através das dobras do colo de seu útero, para em seguida bombear no interior um frasco de sêmen descongelado. Segundo as anotações que Roth fizera na ocasião, Suci se "comportara muito bem" durante o procedimento. Agora era hora de uma ultrassonografia para acompanhar o processo. Imagens granulosas apareceram na tela do computador instalado ao lado de Roth. A doutora localizou a bexiga de Suci, que na tela parecia uma bolha escura, e continuou. Sua esperança era que um óvulo no ovário direito de Suci, que ficara visível no momento da inseminação, tivesse se desprendido.

Se fosse o caso, havia chance de Suci engravidar. Mas o óvulo não se movera desde a última vez que Roth o vira, um círculo preto numa nuvem cinza.

"Suci não ovulou", anunciou Roth à meia dúzia de funcionários do zoológico que se reunira para ajudar. A essa altura, seu braço inteiro tinha desaparecido dentro da rinoceronte. As pessoas soltaram um suspiro de pesar. "Ah, não", alguém deixou escapar. Roth removeu o braço e retirou as luvas. Embora claramente decepcionada, ela não parecia surpresa.

• • •

O rinoceronte-de-sumatra era encontrado ao pé do Himalaia, onde hoje ficam o Butão e o nordeste da Índia, e também em Myanmar, Tailândia, Camboja e na península da Malásia, assim como nas ilhas de Sumatra e Bornéu. No século XIX, essa espécie ainda era bastante comum, a ponto de ser considerada uma peste para a agricultura. À medida que as florestas do Sudeste Asiático foram derrubadas, o hábitat do rinoceronte encolheu e se fragmentou. No início dos anos 1980, sua população estava reduzida a poucas centenas de animais, a maioria isolada em Sumatra e o restante na Malásia. O animal parecia inexoravelmente fadado à extinção, quando, em 1984, um grupo de conservacionistas se reuniu em Cingapura para tentar elaborar uma estratégia de resgate. O plano que arquitetaram exigia, entre outras coisas, o estabelecimento de um programa de procriação em cativeiro para impedir o desaparecimento total da espécie. Quarenta rinocerontes foram capturados, sete dos quais foram levados para jardins zoológicos nos Estados Unidos.

O programa de procriação em cativeiro teve um começo desastroso. Em menos de três semanas, cinco rinocerontes de uma das instalações na península da Malásia sucumbiram a uma tripanossomíase, doença provocada por parasitas transmitidos por moscas. Dez animais foram capturados em Sabah, estado da Malásia na ponta oriental de Bornéu. Dois morreram por conta dos ferimentos infligidos durante a captura. Um terceiro morreu de

tétano. Um quarto faleceu por razões desconhecidas, e, no fim da década, nenhum deles havia procriado. Nos Estados Unidos, a taxa de mortalidade foi ainda mais alta. Os jardins zoológicos alimentavam os animais com feno, mas acontece que o rinoceronte-de-sumatra não pode sobreviver apenas de feno; precisa também de folhas frescas e ramagens. Quando alguém se deu conta disso, somente três dos sete animais enviados ao país ainda estavam vivos, cada um abrigado em uma cidade diferente. Em 1995, a revista científica *Conservation Biology* publicou um ensaio sobre o programa de procriação em cativeiro. O título era: “Ajudando uma espécie a se extinguir.”

Naquele ano, num esforço derradeiro, os jardins zoológicos do Bronx e de Los Angeles enviaram seus dois rinocerontes — duas fêmeas — para Cincinnati, onde estava o único macho sobrevivente, chamado Ipuh. Roth foi contratada para descobrir o que deveria ser feito com eles. Sendo solitários, os animais não podiam ser mantidos na mesma área, mas, se ficassem separados, não acasalariam. Roth se dedicou ao estudo da fisiologia dos rinocerontes, coletando amostras de sangue, analisando a urina e avaliando as taxas hormonais. Quanto mais ela aprendia, mais os desafios se multiplicavam.

“É uma espécie muito complexa”, explicou quando voltamos ao seu escritório, decorado com prateleiras cheias de rinocerontes de madeira, argila e pelúcia. No fim das contas, Rapunzel, a fêmea do Bronx, estava velha demais para reproduzir. Emi, a fêmea de Los Angeles, parecia estar na idade adequada, mas nunca ovulava — um enigma que Roth levou quase um ano para desvendar. Quando ela identificou o problema — a rinoceronte precisava sentir a presença de um macho por perto —, começou a organizar encontros breves, monitorados com cuidado, entre Emi e Ipuh. Depois de alguns meses de paquera, Emi engravidou. Mas perdeu a cria. Engravidou mais uma vez, e o fracasso se repetiu. Esse padrão prosseguiu, totalizando cinco abortos. Emi e Ipuh desenvolveram problemas oftalmológicos, que Roth enfim atribuiu a uma exposição excessiva ao sol. (Na selva, os rinocerontes-de-sumatra vivem à sombra das árvores.) O jardim zoológico de Cincinnati investiu meio

milhão de dólares em tendas feitas sob medida.

Emi engravidou outra vez no outono de 2000. Dessa vez, Roth colocou-a numa dieta de suplementos hormonais líquidos, que a rinoceronte ingeria na forma de fatias de pão encharcadas de progesterona. Por fim, após uma gestação de dezesseis meses, Emi deu à luz Andalas, um macho. Depois dele, veio Suci — o nome significa “sagrado” em indonésio —, e então outro macho, Harapan. Em 2007, Andalas foi enviado de volta a Sumatra, para uma instalação de procriação em cativeiro no Parque Nacional de Way Kambas. Lá, em 2012, ele se tornou o pai de um filhote chamado Andatu — neto de Emi e Ipuh.

Os três rinocerontes nascidos em cativeiro no Cincinnati e o quarto, em Way Kambas, com certeza não compensam os outros muitos que morreram nesse período. Mas eles acabaram sendo os únicos rinocerontes-de-sumatra que nasceram nas três últimas décadas. Desde meados dos anos 1980, o número de rinocerontes-de-sumatra sofreu uma queda abrupta, a tal ponto que hoje se acredita que existam menos de cem em todo o mundo. Numa reviravolta irônica, os seres humanos reduziram tanto a espécie que só esforços sobre-humanos poderão salvá-la. Se o *Dicerorhinus sumatrensis* tiver um futuro, ele o deve a Roth e às poucas outras pessoas que, como ela, sabem realizar um exame de ultrassonografia com um dos braços enfiado no reto de um rinoceronte.


35. Suci no jardim zoológico de Cincinnati.

E o que é verdade para o *Dicerorhinus sumatrensis* também vale, em certo grau, para todos os rinocerontes. O rinoceronte-de-java, que outrora viveu na maior parte do Sudeste Asiático, é agora um dos bichos mais raros do planeta, com provavelmente menos de cinquenta indivíduos restantes, todos numa única reserva javanesa. (O último animal encontrado vivendo em outro lugar — no Vietnã — foi morto por um caçador no inverno de 2010.) O rinoceronte-indiano, a maior das cinco espécies, que parece sempre vestido com um casaco amassado — como na história de Rudyard Kipling —, está reduzido a cerca de três mil indivíduos, a maior parte vivendo em quatro parques no estado de Assam, em seu país natal. Cem anos atrás, na África, a população de rinocerontes-negros se aproximava de um milhão. Desde então, foi reduzida a cerca de cinco mil animais. O rinoceronte-branco, também da África, é a única espécie não ameaçada. Depois de quase dizimada por caçadores no século XIX, a espécie voltou com força no século XX, e agora, neste século, os rinocerontes-brancos estão mais uma vez

sob pressão dos caçadores, que podem vender um quilo de chifre de rinoceronte no mercado negro por mais de 40 mil dólares. (Os chifres dos rinocerontes, feitos de ceratina como nossas unhas, são usados há muito tempo na medicina tradicional chinesa, mas nos anos recentes passaram a ser mais procurados como “droga” nas festas da alta sociedade. Nas boates do Sudeste Asiático, o pó do chifre é inalado como cocaína.)[3]

Ainda assim, é claro, os rinocerontes têm muitos simpatizantes. As pessoas desenvolvem um sentimento profundo, quase místico, por esses grandes mamíferos “carismáticos”, mesmo quando estão dentro de uma jaula. É por isso que os jardins zoológicos destinam tantos recursos para exibir rinocerontes, pandas e gorilas. (Wilson descreveu a tarde que passou em Cincinnati com Emi como “um dos acontecimentos mais memoráveis” de sua vida.) Mas em quase todos os lugares onde eles não estão enjaulados, os grandes mamíferos carismáticos estão em apuros. Das oito espécies de urso no mundo, seis são classificadas como “vulneráveis” à extinção ou “ameaçadas”. Os elefantes-asiáticos foram reduzidos em 50% nas três últimas gerações. Os elefantes-africanos estão se saindo melhor, mas, como os rinocerontes, são cada vez mais ameaçados pelos caçadores ilegais. (Um estudo recente concluiu que a população de elefantes selvagens africanos, que pode ser considerada uma espécie diferente dos elefantes-da-savana, caiu mais de 60% só nos últimos dez anos.)[4] A maioria dos grandes felinos — leões, tigres, chitas e onças — está em declínio. Daqui a um século, pandas, tigres e rinocerontes poderão existir somente nos jardins zoológicos, ou, como disse Tom Lovejoy, em zonas de vida selvagem tão pequenas e protegidas que são “quase jardins zoológicos”.[5]

• • •

Um dia depois da ultrassonografia de Suci, fui visitá-la de novo. Era uma fria manhã de inverno e, por isso, Suci estava confinada em um local com o eufemístico nome de “celeiro” — uma construção baixa feita de blocos de concreto e repleta de pequenas celas. Quando

cheguei, por volta das 7h30, era hora da refeição, e Suci estava mastigando folhas de fícus num dos estábulos. Segundo Paul Reinhart, o cuidador de rinocerontes, o consumo médio diário é de aproximadamente 45 quilos de fícus, vindos sobretudo de San Diego. (O custo total da remessa chega a quase 100 mil dólares por ano.) Suci também consome inúmeros cestos de frutas. Naquela manhã em particular, havia maçãs, uvas e bananas. A rinoceronte devorou tudo com o que me pareceu uma determinação lúgubre. Quando as folhas de fícus terminaram, ela passou para os galhos. Estes tinham quase quatro centímetros de espessura, mas ela os triturava sem dificuldade, como uma pessoa morderia um pretzel.

Reinhart me descreveu Suci como uma “boa mistura” de sua mãe, Emi, que morreu em 2009, e seu pai, Ipuh, que ainda vive no zoológico de Cincinnati. “Onde houvesse encrenca para se meter, a Emi se meteria”, lembrou ele. “Suci é muito brincalhona, mas é também mais determinada, como o pai.” Outro funcionário passou por nós, empurrando um carrinho de mão cheio de estrume marrom-avermelhado, que Suci e Ipuh tinham produzido na noite anterior.

Suci está tão acostumada à presença de pessoas lhe dando comida e enfiando a mão no seu reto que Reinhart me deixou ficar sozinha com ela enquanto cuidava de outras tarefas. Enquanto acariciava seu flanco peludo, achei que parecia um cachorro grande demais. (Na verdade, os rinocerontes têm parentesco mais próximo com os cavalos.) Embora eu não tenha notado muito seu lado brincalhão, a expressão de Suci me pareceu bem afetuosa, e, quando olhei profundamente para seus olhos negros, jurei ter visto um lampejo de reconhecimento entre espécies. Ao mesmo tempo, lembrei-me da advertência de um dos funcionários do zoológico, o qual me dissera que se Suci resolvesse virar a imensa cabeça de repente poderia quebrar meu braço com facilidade. Depois de um tempo, chegou a hora de pesá-la. Alguns pedaços de banana foram colocados em frente a uma balança embutida no solo do estábulo vizinho. Quando Suci avançou para comer as bananas, olhei para o visor da balança: 683 quilos.

Animais muito grandes são assim por alguma razão, é claro. Após o parto, Suci pesava 31 quilos. Ela nasceu em Sumatra e, com

aquele tamanho, podia ter sido vítima de um tigre (embora hoje em dia os tigres-de-sumatra também estejam gravemente ameaçados de extinção). Mas é provável que o rinoceronte bebê tivesse sido protegido pela mãe, e rinocerontes adultos não possuem predadores naturais. O mesmo vale para outros animais, chamados de mega-herbívoros: elefantes e hipopótamos adultos são tão grandes que nenhum animal ousa atacá-los. Os ursos e os grandes felinos, da mesma forma, escapam dos predadores naturais.

Tais são as vantagens de ser maior do que os outros — a chamada estratégia “grande demais para recuar” — que pareceria uma excelente artimanha evolutiva. E, de fato, em vários momentos da história, a Terra foi repleta de criaturas colossais. Perto do fim do Cretáceo, por exemplo, o *Tyrannosaurus* era apenas um grupo de dinossauros imensos; havia também o gênero *Saltasaurus*, cujos membros pesavam cerca de sete toneladas; os *Therizinosaurus*, entre os quais os maiores tinham mais de dez metros de altura; e o *Saurolophus*, que provavelmente eram ainda mais compridos.

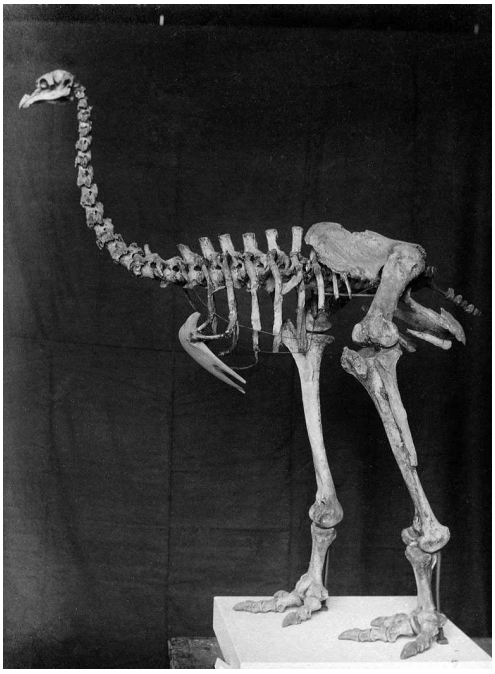
Bem menos tempo atrás, no fim do último período glacial, animais gigantescos podiam ser encontrados em quase todas as partes do planeta. Além dos rinocerontes-lanudos e dos ursos-das-cavernas, na Europa havia auroques, alces gigantes e hienas enormes. As criaturas monstruosas da América do Norte incluem os mastodontes, os mamutes e os *Camelops*, primos mais pesados dos camelos modernos. O continente também abrigava castores do tamanho de ursos-cinzentos; *Smilodon*, um grupo de felinos com dentes de sabre; e *Megalonyx jeffersonii*, um bicho-preguiça terrestre que pesava quase uma tonelada. A América do Sul tinha seus próprios bichos-preguiça gigantescos, como *Toxodon*, um gênero de mamífero com corpo de rinoceronte e cabeça de hipopótamo, e os gliptodontes, parentes dos tatus que podiam chegar ao tamanho de um Fiat 500. A megafauna mais estranha e variada estava na Austrália. Entre esses animais, havia os diprotodontes, um grupo de marsupiais imensos conhecidos como vombates-rinocerontes; os *Thylacoleo carnifex*, um carnívoro do tamanho de um tigre chamado de marsupial-leão; e o canguru-gigante (*Procoptodon*), que alcançava três metros de altura.

Mesmo algumas ilhas relativamente pequenas tinham suas próprias espécies colossais. Em Chipre, havia um elefante-anão e um hipopótamo-anão. Em Madagascar, viviam três espécies de hipopótamos-pigmeus, uma família de aves enormes incapazes de voar conhecidas como pássaros-elefantes (*Aepyornithidae*) e várias espécies de lêmures-gigantes. A megafauna da Nova Zelândia é notável porque era composta apenas de aves. O paleontólogo australiano Tim Flannery descreveu-a como um exercício de imaginação concretizado: "Isso nos mostra como seria o mundo se mamíferos tivessem sido extintos 65 milhões de anos atrás, junto com os dinossauros, deixando o planeta como herança para os pássaros."[6] Na Nova Zelândia, diferentes espécies de moas desenvolveram-se para preencher os nichos ecológicos ocupados em outros lugares por ruminantes quadrúpedes, como os rinocerontes e os veados. Os maiores moas, o moa-gigante-de-north-island e o moa-gigante-de-south-island, chegavam a quase quatro metros de altura. Interessante notar que as fêmeas eram quase duas vezes maiores do que os machos, e acredita-se que a tarefa de incubar os ovos cabia aos pais.[7] Na Nova Zelândia também havia uma enorme ave de rapina, chamada águia-de-haast, que caçava os moas e cuja envergadura atingia quase dois metros e meio.

O que aconteceu a todos esses animais gigantescos? Cuvier, o primeiro a perceber seu desaparecimento, acreditava que tinham sido extintos pela catástrofe mais recente: uma "revolução na face da Terra" que ocorreu pouco antes de a história começar a ser registrada. Quando naturalistas depois dele rejeitaram o catastrofismo de Cuvier, se depararam com um quebra-cabeça. Por que tantas criaturas imensas haviam *desaparecido* num espaço de tempo tão relativamente curto?

"Vivemos num mundo zoologicamente empobrecido, do qual as formas mais colossais, ferozes e estranhas desapareceram pouco tempo atrás", observou Alfred Russel Wallace.[8] "E não há dúvida de que este é um mundo muito melhor para nós depois disso. Ainda assim, é algo maravilhoso e pouco abordado que o extermínio

repentino de tantos mamíferos imensos não tenha ocorrido somente num lugar, mas na metade da superfície terrestre.”



36. Os maiores moas chegavam a quase quatro metros de altura.

• • •

Por coincidência, o zoológico de Cincinnati fica a apenas 45 minutos de carro de Big Bone Lick, onde Longueuil achou o dente de mastodonte que inspiraria a teoria da extinção de Cuvier. Hoje um parque estadual, Big Bone Lick se apresenta como “o local de nascimento da paleontologia dos vertebrados na América” e em seu site há um poema celebrando seu lugar na história.

> Em Big Bone Lick, os primeiros exploradores
> acharam esqueletos de elefantes, dizem,
> acharam costelas de mamutes-lanudos e presas.
> Os ossos
> pareciam ruínas de um sonho intenso,
> um cemitério de uma época dourada.[9]

Durante uma visita a Suci certa tarde, resolvi dar uma olhada no parque. A fronteira não cartografada de Longueuil, é claro, não existe mais, e a área tem sido engolida aos poucos pelos subúrbios

de Cincinnati. Ao sair, passei pela sequência habitual de lojas de departamentos e, depois, por uma série de conjuntos habitacionais, alguns tão novos que ainda estavam em construção. Por fim, adentrei uma região famosa pelas criações de cavalos. Logo após a Whooly Mammoth Tree Farm, cheguei à entrada do parque. “Caça proibida”, dizia a primeira placa. Outras indicavam um camping, um lago, uma loja de presentes, um campo de minigolfe, um museu e uma manada de bisões.

Durante o século XVIII e o início do XIX, incontáveis toneladas de amostras — fêmures de mastodonte, presas de mamutes, crânios de bichos-preguiça gigantes — foram retiradas do lamaçal de Big Bone Lick. Algumas foram enviadas a Paris e Londres, outras, para Nova York e Filadélfia. Algumas foram extraviadas. (Uma remessa inteira desapareceu quando um negociante colonial foi atacado por índios do povo Kickapoo, outra afundou no Mississippi.) Thomas Jefferson exibiu com orgulho alguns ossos do parque num museu montado no Salão Leste da Casa Branca. Lyell fez questão de visitar o local durante uma excursão pelos Estados Unidos em 1842 e aproveitou para comprar os dentes de um mastodonte bebê.[10]

Hoje em dia, Big Bone Lick já foi tão explorado por colecionadores que praticamente não há mais ossos grandes. O museu de paleontologia do parque consiste em um único salão, em grande parte vazio. Numa das paredes, há um mural retratando um bando de mamutes melancólicos caminhando pela tundra. Na parede oposta, alguns mostruários de vidro exibem presas partidas e vértebras de bicho-preguiça. Quase tão grande quanto o museu é a loja de presentes adjacente, que vende moedas de madeira, bombons e camisetas com a frase “Eu não sou gordo — meus ossos é que são grandes”. Uma loura simpática cuidava da caixa registradora quando visitei o local. Ela me disse que a maioria das pessoas não reconhecia “a importância daquele parque”. Elas iam até lá apenas pelo lago e o minigolfe, que, infelizmente, estavam fechados no inverno. Entregando-me um mapa, a moça sugeriu que eu a seguisse a trilha interpretativa nos fundos do terreno. Perguntei se ela poderia me mostrar o local, mas ela disse que não, pois

estava muito ocupada. Pelo que pude perceber, nós duas éramos as únicas pessoas no parque.

Saí da loja e segui a trilha. Logo atrás do museu, deparei-me com um mastodonte em tamanho real, feito de plástico. O animal tinha a cabeça baixa, como se estivesse pronto para atacar. Perto dali, havia um bicho-preguiça gigante de plástico com três metros de altura, numa posição ameaçadora sobre as patas traseiras, e um mamute que parecia aterrorizado, afundando no pântano. Um bisão de plástico morto e parcialmente em decomposição, um abutre de plástico e alguns ossos de plástico espalhados completavam o quadro lastimável.

Mais adiante, cheguei ao córrego de Big Bone, que estava com a superfície congelada. Sob a camada de gelo, o riacho corria e borbulhava. Num entroncamento da trilha, abria-se um atalho para uma plataforma de madeira construída sobre um trecho do pântano. Ali, a água não congelara. Senti cheiro de enxofre saindo da superfície branca como giz. Uma placa explicava que, durante o Ordoviciano, o oceano cobrira aquela região. Era o sal acumulado daquele antigo solo submarino que atraía os animais a saciar a sede em Big Bone Lick e, em muitos casos, a morrer ali. Um segundo cartaz observava que, entre os restos mortais encontrados no parque, havia “aqueles das últimas oito espécies extintas cerca de dez mil anos atrás”. Prosseguindo pela trilha, encontrei mais placas. Elas ofereciam uma explicação — na verdade, duas explicações diferentes — para o mistério do desaparecimento da megafauna. Uma delas apresentava o seguinte relato: “A transformação das florestas coníferas em florestas decíduas, ou talvez o aquecimento climático que provocou tais mudanças, causou em todo o continente o desaparecimento dos animais extintos encontrados em Big Bone Lick.” Outra placa indicava outro responsável. “Mil anos após a chegada do homem, os grandes mamíferos desapareceram. Parece provável que os paleoameríndios tenham desempenhado pelo menos algum papel nessa extinção.”

Já nos anos 1840, as duas explicações para a extinção da megafauna foram propostas. Lyell estava entre aqueles que concordavam com a primeira causa — em suas palavras, uma

“ampla alteração climática” que ocorreu com a era do gelo.[11] Darwin, como de costume, concordou com Lyell, embora, nesse caso, com certa relutância. “Não me sinto muito à vontade em relação à era glacial e à extinção dos grandes mamíferos”, escreveu.[12] Wallace, por sua vez, de início também se juntou ao coro do argumento climático. “Deve ter havido alguma causa física para essa imensa transformação”, observou em 1876.[13] “Tal causa reside na imensa e recente mudança física conhecida como ‘Período Glacial’.” Depois, mudou de opinião. “Analisando novamente toda a questão”, comentou ele em seu último livro, *The World of Life* [O mundo da vida], “estou convencido de que (...) a rapidez com que ocorreu a extinção de tantos grandes mamíferos deve-se, na verdade, ao empreendimento humano”.[14] Aquilo tudo, resumiu, parecia “bastante óbvio”.

Desde Lyell, muitas controvérsias têm acompanhado a questão, cujas implicações se estendem para bem além da paleobiologia. Se a mudança climática levou a megafauna à extinção, então temos mais uma razão para nos preocuparmos com o que estamos fazendo com as temperaturas globais. Se, por outro lado, a culpa é dos homens — e isso parece cada vez mais provável —, então a consequência é ainda mais inquietante. Isso significaria que o atual evento de extinção teve início há muito tempo, no meio da era glacial, e que o homem foi um assassino — para usar um termo artístico, um “exterminador” — praticamente desde o começo.

• • •

Existem várias linhas de evidência que argumentam a favor dos seres humanos — na verdade, contra. Uma delas é o sincronismo do evento. Hoje está claro que a extinção da megafauna não aconteceu toda de uma vez, como acreditavam Lyell e Wallace. Na verdade, ela ocorreu em ondas. A primeira onda, cerca de quarenta mil anos atrás, eliminou os gigantes da Austrália. Uma segunda atingiu a América do Norte e a América do Sul, há cerca de 25 mil anos. Os lêmures-gigantes, os hipopótamos-pigmeus e os pássaros-elefantes de Madagascar sobreviveram até a Idade Média. As moas

da Nova Zelândia conseguiram chegar até o Renascimento.



37. O *Diprotodon optatum* foi o maior marsupial que já existiu.

É difícil ver como tal sequência poderia se ajustar a um único evento de mudança climática. A sequência das ondas e a sequência da colonização humana, por outro lado, se alinham quase perfeitamente. Evidências arqueológicas mostram que os homens chegaram primeiro à Austrália, cerca de cinquenta mil anos atrás. Só bem mais tarde eles alcançaram as Américas, e somente vários milhares de anos depois disso conseguiram chegar a Madagascar e à Nova Zelândia.

"Quando a cronologia da extinção é comparada à cronologia das migrações humanas", escreveu Paul Martin, da Universidade do Arizona, em "Prehistoric Overkill" [Massacre pré-histórico], seu artigo seminal sobre o tema, "a chegada do homem parece a única resposta razoável" para o desaparecimento da megafauna.[15]

Numa narrativa semelhante, Jared Diamond observou: "Pessoalmente, não consigo imaginar por que os animais gigantes da Austrália teriam sobrevivido a inúmeras secas em suas dezenas

de milhões de anos da história australiana e depois resolvido cair mortos quase ao mesmo tempo (pelo menos numa escala de tempo de milhões de anos), por mera coincidência, no momento exato em que os primeiros seres humanos apareceram."[16]

Além do sincronismo, há forte evidência física envolvendo a participação dos seres humanos. Algumas vêm na forma de fezes.

Mega-herbívoros geram megaquantidades de fezes, como sabem todos os que já ficaram algum tempo atrás de um rinoceronte. O excremento fornece sustento ao fungo conhecido como *Sporormiella*. Os germes do *Sporormiella* são bem pequeninos — quase invisíveis a olho nu —, mas muito resistentes. Eles ainda podem ser identificados em sedimentos que ficaram enterrados por dezenas de milhares de anos. Uma grande quantidade de germes indica a existência de uma grande quantidade de herbívoros mastigando e defecando sem parar, enquanto poucos ou nenhum germe sugerem a ausência de tais herbívoros.

Há alguns anos, uma equipe de pesquisadores analisou o núcleo do sedimento de um sítio conhecido como Lynch's Crater [cratera de Lynch], no nordeste australiano. Eles descobriram que, cinquenta mil anos atrás, a quantidade de *Sporormiella* na área era elevada. Então, de modo bem abrupto, há cerca de 41 mil anos, a quantidade de *Sporormiella* foi reduzida a quase zero.[17] Após o impacto, a paisagem começou a queimar. (A prova disso foram os minúsculos grãos de carvão vegetal.) Depois, a vegetação na região mudou, passando de todos os tipos de planta que se achariam numa floresta tropical para plantas mais adaptadas à seca, como as acácias.

Se o clima provocou a extinção da megafauna, uma mudança na vegetação deveria *preceder* a queda da quantidade de *Sporormiella*: primeiro, a paisagem teria mudado, então os animais que dependiam da vegetação original teriam desaparecido. Contudo, aconteceu exatamente o contrário. A equipe concluiu que a única explicação que se encaixava com os dados era "massacre". A quantidade de *Sporormiella* diminuiu antes das mudanças na

paisagem porque a morte da megafauna *provocou* a transformação da paisagem. Sem mais nenhum grande herbívoro por perto para devorar a floresta, o combustível se acumulou, o que levou a incêndios mais frequentes e intensos. Isso, por sua vez, gerou vegetações mais resistentes ao fogo.

A extinção da megafauna na Austrália "não pode ter sido impelida pelo clima", disse Chris Johnson, ecologista da Universidade da Tasmânia e um dos principais autores desse estudo sobre o núcleo dos sedimentos. "Acho que podemos afirmar isso com absoluta certeza."

Ainda mais claras são as evidências da Nova Zelândia. Quando os maoris chegaram ao país, por volta da época de Dante, descobriram nove espécies de moas vivendo nas ilhas do Norte e do Sul. Quando os colonizadores europeus chegaram, no início do século XIX, não foi encontrado um moa sequer. O que restava eram enormes detritos ósseos de moas, assim como as ruínas de grandes fornos a céu aberto — as sobras de faustos churrascos daquela ave enorme. Um estudo recente concluiu que é provável os moas terem sido eliminados em questão de décadas. Há uma expressão maori sobre o massacre: *Kua ngaro i te ngaro o te moa*, ou "desaparecido como um moa".

• • •

Os pesquisadores que persistiram na ideia de que a mudança climática matou a megafauna dizem que a assertiva de Martin, Diamond e Johnson é inapropriada. Em sua visão, não há nada que comprove o evento, "com absoluta certeza" ou não, e tudo nos parágrafos precedentes não passa de uma simplificação exagerada. As datas da extinção não são precisas; elas não se alinham com a migração dos seres humanos; e, em todo caso, correlação não implica causalidade. Talvez eles duvidem de toda a premissa sobre a letalidade dos seres humanos antigos. Como pequenos bandos de pessoas tecnologicamente primitivas poderiam ter varrido da face da Terra tantos animais enormes, fortes e, em alguns casos, ferozes, numa área do tamanho da Austrália ou da América do Norte?

John Alroy, um paleobiólogo americano que agora trabalha na Universidade Macquarie, na Austrália, dedicou bastante tempo a essa questão, que ele considera matemática. “Um animal muito grande vive no limite, no que se refere à sua taxa de reprodutividade”, explicou. “O período de gestação de um elefante, por exemplo, é de 22 meses. Elefantes não dão à luz gêmeos e só começam a se reproduzir quando alcançam a adolescência. Essas são, portanto, restrições imensas para a rapidez de sua reprodução, mesmo que tudo vá bem. E a razão para eles existirem é a capacidade de escapar dos predadores, desenvolvida quando atingem determinado tamanho. Eles não são mais vulneráveis aos ataques. É uma estratégia péssima do ponto de vista reprodutivo, mas é uma grande vantagem no que diz respeito a evitar predadores. E essa vantagem desaparece por completo quando surgem os homens. Pois, não importa o tamanho do animal, nós não fazemos restrição quanto ao que comemos.” Este é mais um exemplo de como o *modus vivendi* que funcionou por muitos milhões de anos pode falhar de repente. Como os graptólitos em forma de V, as amonites ou os dinossauros, a megafauna não estava fazendo nada errado; os seres humanos apenas apareceram e “as regras do jogo da sobrevivência” mudaram.

Alroy utilizou simulações de computador para testar a hipótese do “massacre”. Ele descobriu que os seres humanos poderiam ter dizimado a megafauna com um esforço apenas modesto. “Se houver uma espécie capaz de gerar o que pode ser chamado de uma safra sustentável, então outras espécies podem ser extintas sem que os seres humanos morram de fome”, observou.[18] Por exemplo, na América do Norte, o veado-de-virgínia tem uma taxa de reprodução bastante elevada e, por consequência, é provável que tenha permanecido em abundância, mesmo quando a quantidade de mamutes diminuiu: “Os mamutes se tornaram um alimento de luxo, algo de que se podia desfrutar de vez em quando, como uma bela trufa.”

Quando Alroy efetuou as simulações para a América do Norte, descobriu que mesmo uma população inicial pequena de seres

humanos — cerca de cem indivíduos — poderia, no decorrer de um milênio ou dois, multiplicar-se o suficiente para explicar grande parte das extinções registradas. Esse foi o caso mesmo quando as habilidades de caça dos seres humanos eram apenas razoáveis. Bastava matar um mamute ou um bicho-preguiça gigante de vez em quando e continuar assim por vários séculos. Isso bastaria para levar as populações de espécies de reprodução lenta a um declínio inicial e, depois, por fim, à dizimação. Quando Chris Johnson realizou a mesma simulação para a Austrália, chegou a resultados semelhantes: se cada bando de dez caçadores matasse apenas um diprotodonte por ano, em cerca de setecentos anos todos os diprotodontes de uma área de várias centenas de quilômetros teriam desaparecido. (Como diferentes partes da Austrália provavelmente foram descobertas em épocas distintas, Johnson estima que a extinção que abrangeu todo o continente tenha levado alguns milhares de anos.) De uma perspectiva da história da Terra, várias centenas de anos ou mesmo vários milhares de anos não significam nada. Do ponto de vista humano, porém, é uma infinidade. Para as pessoas envolvidas, o declínio da megafauna teria sido tão lento que passou despercebido. Elas não teriam como saber que, séculos antes, mamutes e diprotodontes foram criaturas muito mais comuns. Alroy descreveu a extinção da megafauna como uma “catástrofe ecológica geologicamente espontânea e gradual demais para ser percebida pelas pessoas que a desencadearam”. Isso demonstra, segundo ele, que os seres humanos “são capazes, em tese, de levar à extinção qualquer grande espécie de mamíferos, muito embora também sejam capazes de se empenhar bastante para garantir que isso não aconteça”.[19]

Em geral, dizem que o Antropoceno começou com a Revolução Industrial ou talvez mais tarde, com o crescimento explosivo da população após a Segunda Guerra Mundial. Segundo essa hipótese, é com a introdução de novas tecnologias — turbinas, estradas de ferro, motosserras — que os seres humanos se tornaram uma força capaz de alterar o mundo. Mas a extinção da megafauna sugere outra coisa. Antes de os humanos entrarem em

cena, ser uma criatura grande e de reprodução lenta era uma estratégia muito bem-sucedida, e os animais enormes dominavam o planeta. Então, no que foi apenas um instante geológico, essa estratégia tornou-se uma fórmula para a derrota. E assim permanece ainda hoje — por isso os elefantes, os ursos e os grandes felinos se encontram em enormes apuros e Suci é um dos últimos remanescentes de rinoceronte-de-sumatra do mundo. Entretanto, a eliminação da megafauna não se limitou apenas a acabar com a megafauna. Na Austrália, isso desencadeou uma cascata ecológica que transformou a paisagem. Embora seja ótimo imaginar que houve um tempo em que o homem vivia em harmonia com a natureza, não existem evidências de que isso tenha de fato acontecido.

CAPÍTULO XII

O GENE DA LOUCURA

Homo neanderthalensis

O VALE NEANDER, ou, em alemão, *das Neandertal*, fica a cerca de trinta quilômetros ao norte da cidade de Colônia, ao longo de uma curva do rio Düssel, um vagaroso afluente do Reno. Durante a maior parte de sua existência, o vale era contornado por penhascos de calcário, e foi numa caverna desses penhascos que, em 1856, foram descobertos os ossos que trouxeram ao mundo o homem de Neandertal. Hoje, o vale é uma espécie de parque temático paleolítico. Além do Museu Neandertal, um prédio surpreendentemente moderno com paredes de vidro verde-garrafa, há cafés vendendo cerveja da marca Neandertal, jardins cultivados com os arbustos que floresciam durante as eras glaciais e trilhas para caminhadas que levam ao sítio da descoberta, embora os ossos, a caverna e até os penhascos não existam mais. (O calcário foi escavado e levado de lá como material para a construção civil.) Logo após a entrada do museu, há o modelo de um Neandertal idoso se apoiando num cajado com um sorriso benévolo. Ele lembra o ex-jogador de beisebol americano Yogi Berra, mas meio despenteado. Ao lado fica uma das atrações mais populares do museu: uma cabine chamada Morphing Station. Por 3 euros, o visitante ganha uma foto de perfil de si mesmo que vem acompanhada de uma versão modificada do perfil. Na foto alterada, o queixo retrocede, a testa afunda e a parte de trás da cabeça incha. As crianças adoram ver a si mesmas — ou melhor, suas reproduções — transformadas em Neandertal. Acham isso muito engraçado.

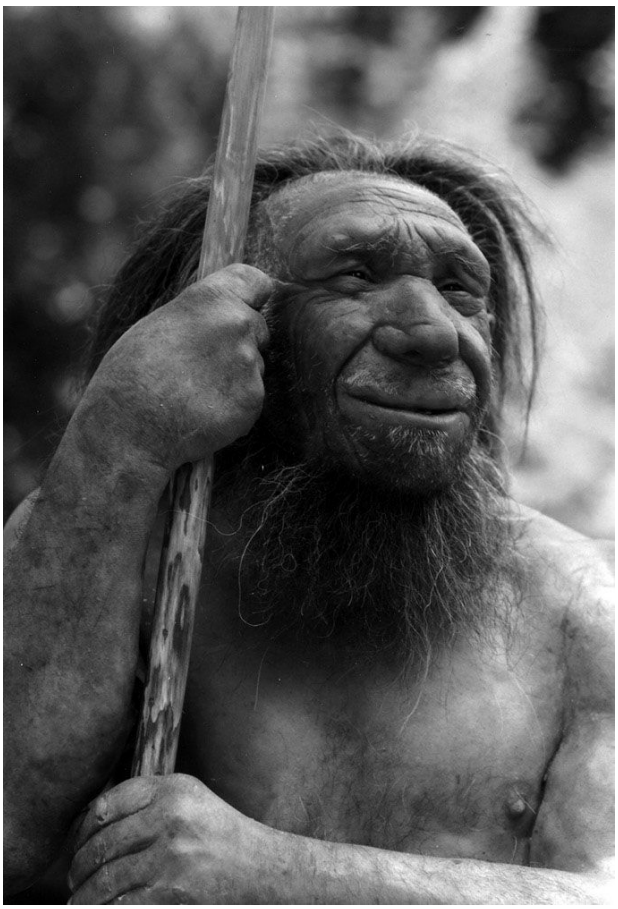
Desde a descoberta do vale Neander, ossos de neandertais

foram encontrados por toda a Europa e no Oriente Médio. Chegaram a achá-los mais ao norte, no País de Gales, mais ao sul, em Israel, e mais a leste, no Cáucaso. Um vasto número de ferramentas neandertais também foi desenterrado. Entre elas, machados pequenos em forma de amêndoa, raspadeiras de pedra e rochas pontudas que deviam ser usadas em lanças. Essas ferramentas eram utilizadas para cortar carne, talhar madeira e, presumivelmente, preparar peles. Os homens de Neandertal viveram na Europa por pelo menos cem mil anos. Na maior parte do tempo fez frio, e, durante longos períodos, bastante frio, com lençóis de gelo cobrindo toda a Escandinávia. Embora não se tenha certeza, acredita-se que, para se proteger, o homem de Neandertal construía abrigos e fabricava algum tipo de roupa. Então, cerca de trinta mil anos atrás, os neandertais desapareceram.

Teorias de todos os tipos foram apresentadas para explicar esse desaparecimento. Com frequência, invocam-se as mudanças climáticas, às vezes na forma de uma instabilidade generalizada que levou ao chamado Último Máximo Glacial, e algumas vezes na forma de um “inverno vulcânico”, que supostamente teria sido provocado por uma imensa erupção perto de Ischia, na área conhecida como Campos Flégreos. Há também quem cite as doenças como responsáveis, assim como o mero azar. Nas décadas recentes, contudo, tem ficado cada vez mais claro que o homem de Neandertal seguiu o caminho do *Megatherium*, do mastodonte-americano e de muitos outros membros desventurados da megafauna. Em outras palavras, como me disse um pesquisador, “o azar deles fomos nós”.

Os seres humanos modernos chegaram à Europa há cerca de quarenta mil anos, e os registros arqueológicos mostram repetidas vezes que, quando o *Homo sapiens* ia para uma região onde viviam os homens de Neandertal, estes desapareciam. Talvez tenham sido perseguidos de fato, ou talvez tenham apenas perdido a competição. De qualquer forma, seu declínio corresponde ao padrão conhecido, com uma diferença importante (e inquietante). Antes de eliminarem os homens de Neandertal, os seres humanos tiveram relações sexuais com eles. Em consequência dessa interação, a

maior parte das pessoas vivas hoje em dia é um pouco — até 4% — descendente de Neandertal. Uma camiseta à venda perto da Morphing Station exibe no peito a visão mais otimista possível sobre essa herança. *ICH BIN STOLZ EIN NEANDERTHALER ZU SEIN* [Eu me orgulho de ser um Neandertal]. Gostei tanto da camiseta que comprei uma para mim e outra para meu marido, embora pouco tempo atrás tenha me dado conta de que ele quase não a usa.



38.

• • •

O Instituto Max Planck de Antropologia Evolutiva fica a quase quinhentos quilômetros a leste do vale Neander, na cidade de Leipzig. O instituto ocupa um prédio novo em folha que tem o formato parecido com o de uma banana, erguido de modo ostensivo no meio de um bairro que ainda exibe as marcas do passado de uma Leipzig da Alemanha Oriental. Logo ao norte, há prédios de

apartamentos no estilo soviético. Ao sul, vê-se um edifício imenso com um campanário dourado, que costumava ser conhecido como o Pavilhão Soviético (hoje vazio). No saguão do instituto há uma cafeteria e uma exposição sobre os grandes símios. A televisão da cafeteria transmite imagens diretas dos orangotangos no jardim zoológico de Leipzig.

Svante Pääbo dirige o departamento de genética evolutiva. Ele é alto e magro, com rosto comprido, queixo estreito e sobrancelhas bem cheias, que ergue quando quer enfatizar algum tipo de ironia. O escritório de Pääbo é dominado por duas figuras. Uma delas é a do próprio diretor — um retrato de tamanho maior do que o natural que seus alunos de pós-graduação lhe presentearam em seu aniversário de cinquenta anos. (Cada estudante pintou uma parte do retrato, e o efeito geral é de uma semelhança surpreendente, embora a combinação infeliz de cores tenha feito com que ele parecesse sofrer de uma doença de pele.) A outra figura é a do homem de Neandertal — um esqueleto de tamanho natural pendurado tão alto que os pés não tocam no chão.

Pääbo, que é sueco, muitas vezes é chamado de “pai da paleogenética”. Ele praticamente inventou o estudo de DNA antigo. Seus primeiros trabalhos, ainda na pós-graduação, envolviam tentativas de extrair informações genéticas do corpo das múmias egípcias. (Pääbo queria saber o grau de parentesco entre os faraós.) Mais tarde, ele voltou sua atenção para os tigres-da-tasmânia e os bichos-preguiça gigantes. Extraiu o DNA dos ossos dos mamutes e dos moas. Embora fossem revolucionários na época, todos esses projetos podem ser vistos apenas como um aquecimento para o atual desafio de Pääbo, algo mais extravagante e ambicioso: sequenciar por completo o genoma do homem de Neandertal.

Pääbo anunciou o projeto em 2006, a tempo para o 150º aniversário da descoberta do Neandertal original. Àquela altura, já fora publicada uma versão completa do genoma humano — assim como as versões dos genomas dos chimpanzés, camundongos e ratos. Mas humanos, chimpanzés, camundongos e ratos são, é

claro, organismos vivos. Sequenciar um organismo morto é muitíssimo mais complicado. Quando um organismo morre, o material genético começa a se decompor. Assim, em vez de longas cadeias de DNA, o que sobra, nas melhores circunstâncias, são fragmentos. Tentar descobrir como todos os fragmentos se encaixam pode ser comparado a uma tentativa de remontar uma lista telefônica a partir de páginas retalhadas, misturadas ao lixo da véspera e deixadas apodrecendo num aterro sanitário.

Quando o projeto estiver concluído, deverá ser possível colocar o genoma humano e o genoma do Neandertal lado a lado e identificar, com base nos pares, os pontos exatos onde eles divergem. Os homens de Neandertal eram bastante semelhantes aos homens modernos; provavelmente eram nossos parentes mais próximos. E, ainda assim, com certeza *não* eram humanos. Em algum lugar de nosso DNA deve estar a mutação essencial (ou, o que é mais provável, as mutações) que nos separa — as mutações que fazem de nós essa criatura capaz de eliminar nossos parentes mais próximos e depois escavar seus ossos para tentar reagrupar seu genoma.

"Eu quero saber o que mudou nos seres humanos plenamente modernos, comparando com o homem de Neandertal, que causou essa diferença", disse Pääbo. "O que nos possibilitou construir essas sociedades enormes, espalhá-las pelo planeta e desenvolver tecnologias que, acho que ninguém pode duvidar, são exclusivas dos seres humanos? Deve haver uma base genética para isso, e ela está escondida em algum lugar nessas listagens."

• • •

Os ossos do vale de Neander foram descobertos por operários da pedreira, que os trataram como entulho. É possível que tivessem sido perdidos para sempre se o dono da pedreira não tivesse ouvido sobre os achados e insistido para que os restos mortais — uma calota craniana, uma clavícula, quatro ossos do braço, dois fêmures, pedaços de cinco costelas e a metade de uma pélvis — fossem preservados. Acreditando que os ossos pertenciam a um urso-das-

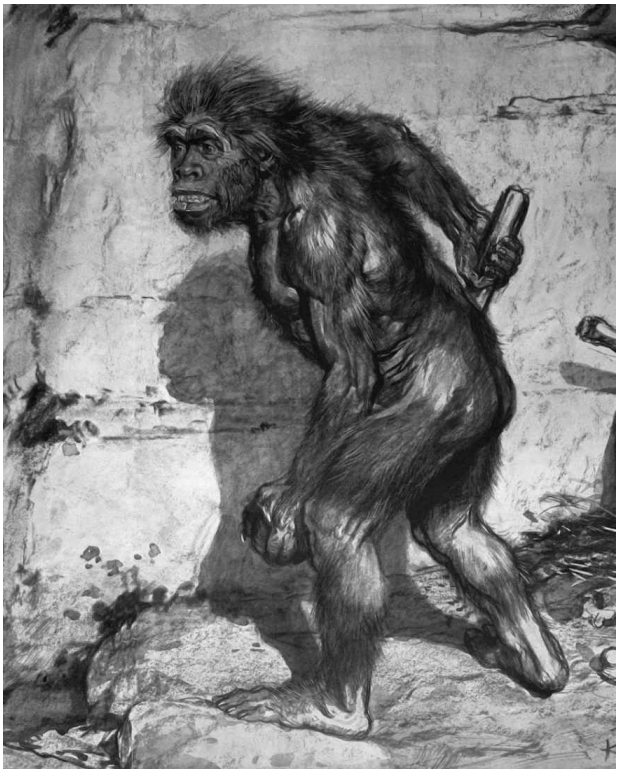
cavernas, o proprietário da pedreira os entregou a um professor da região, Johann Carl Fuhlrott, um estudioso de fósseis nas horas vagas. Fuhlrott percebeu que estava diante de algo ao mesmo tempo mais estranho e mais familiar do que um urso. Ele declarou que os ossos eram vestígios de “um membro primitivo da raça humana”.

Acontece que tudo isso se passou bem na época em que Darwin publicava *A origem das espécies*, e os ossos logo foram envolvidos no debate sobre a origem dos seres humanos. Opositores à teoria da evolução rejeitaram as afirmações de Fuhlrott. Os ossos, disseram, pertenciam a uma pessoa comum. Uma teoria sustentava que se tratava de um cossaco que perambulara pela região durante o caos que se seguiu às Guerras Napoleônicas. Se os ossos pareciam estranhos — os fêmures do homem de Neandertal apresentam um arco peculiar — era porque o cossaco passara muito tempo cavalgando. Outros atribuíram os restos mortais a um homem com raquitismo: ele teria sofrido tanta dor causada pela doença que mantinha o cenho perpetuamente franzido — daí os supercílios protuberantes. (Nunca foi explicado, contudo, o que levara um homem raquítico sentindo dores constantes a escalar um penhasco e se abrigar numa caverna.)

Ao longo de algumas décadas seguintes, foram encontrados mais ossos como os do vale Neander — mais espessos do que os de um ser humano moderno e com o crânio num formato estranho. É claro que todas essas descobertas não podiam ser explicadas por fábulas de cossacos desorientados ou espeleólogos raquíticos. Mas os evolucionistas também ficaram perplexos com os ossos. Os homens de Neandertal tinham crânios bem grandes — maiores, na média, do que os das pessoas de hoje em dia. Isso tornava difícil encaixá-los numa narrativa iniciada com macacos de crânio pequeno que evoluíram aos poucos até alcançarem as grandes dimensões do crânio vitoriano. Em *A descendência do homem*, publicado em 1871, Darwin faz apenas uma alusão passageira aos homens de Neandertal. “Devemos admitir que alguns crânios de extrema antiguidade, tais como os dos famosos homens de Neandertal, são bem desenvolvidos e espaçosos”, comenta o

naturalista.[1]

Ao mesmo tempo humano e não humano, os homens de Neandertal representam um contraste óbvio em relação a nós, e muito do que foi escrito sobre eles desde *A descendência do homem* reflete o constrangimento que sentimos por esse relacionamento. Em 1908, um esqueleto quase completo foi descoberto numa caverna próxima de La Chapelle-aux-Saints, no sul da França. Ele foi encontrado por um paleontólogo chamado Marcellin Boule, do Museu de História Natural de Paris. Numa série de textos, Boule inventou o que pode ser chamado de versão "Não seja tão Neandertal" dos homens de Neandertal: joelhos dobrados, ombros caídos e modos animalescos.[2] Os ossos do homem de Neandertal, escreveu Boule, apresentavam uma "disposição distintamente simiesca", ao passo que o formato do crânio indicava "a predominância de funções de uma espécie apenas vegetativa e bestial".[3] A engenhosidade, "as sensibilidades artísticas e religiosas" e a capacidade para pensar de maneira abstrata estavam, segundo Boule, claramente além de uma criatura com sobrancelhas salientes. As conclusões de Boule foram estudadas e repercutiram em muitos de seus contemporâneos. Sir Grafton Elliot Smith, um antropólogo britânico, por exemplo, descreveu os homens de Neandertal como criaturas "de postura meio curvada" sobre "pernas num formato de peculiar deselegância". (Smith afirmava também que "a falta de atratividade" dos homens de Neandertal era "ainda mais enfatizada por um revestimento de pelos sobre a maior parte do corpo", embora não houvesse — e ainda não haja — evidências físicas de que eles fossem peludos.)



39. Ilustração de um homem de Neandertal feita em 1909.

Nos anos 1950, dois anatomistas, William Straus e Alexander Cave, resolveram reexaminar o esqueleto de La Chapelle. A Segunda Guerra Mundial — sem mencionar a Primeira — mostrara o tipo de brutalidade de que a maioria dos homens modernos era capaz, e o homem de Neandertal merecia ser reavaliado. O que Boule entendera como a postura natural dessa espécie, segundo Straus e Cave, devia ser o efeito de uma artrite. Os homens de Neandertal não andavam curvados ou com as pernas dobradas. Na verdade, se fosse barbeado e vestido com terno e gravata, escreveram Straus e Cave, é provável que hoje em dia um deles não atraísse mais atenção no metrô de Nova York “do que alguns dos outros passageiros”.[4] Estudos mais recentes tendem a sustentar a ideia de que os homens de Neandertal, embora não passassem incógnitos pelos funcionários do metrô, sem dúvida andavam eretos, de um modo que nos seria mais ou menos familiar.

Nos anos 1960, o arqueólogo americano Ralph Solecki descobriu os restos mortais de diversos homens de Neandertal numa caverna no norte do Iraque. Um deles, conhecido como Shanidar I, ou

Nandy, sofrera graves ferimentos na cabeça que, presumiu-se, tinham-no deixado pelo menos parcialmente cego. Os ferimentos haviam cicatrizado, sugerindo que ele devia ter sido cuidado por outros membros do grupo. Um outro, Shanidar IV, parecia ter sido enterrado, e os resultados da análise do solo do túmulo convenceram Solecki de que Shanidar IV fora sepultado com flores. Ele interpretou o achado como evidência da profunda espiritualidade do homem de Neandertal.

"De repente, precisamos encarar o fato de que a universalidade do gênero humano e o amor à beleza ultrapassavam as fronteiras da nossa própria espécie", escreveu ele num livro sobre suas descobertas, *Shanidar: The First Flower People* [Shanidar: o primeiro povo das flores].[5] Algumas conclusões de Solecki têm, desde então, sido contestadas — parece mais provável que as flores tivessem sido levadas por roedores em busca de abrigo e não por parentes de luto —, mas suas ideias tiveram grande influência. Por isso, é o emotivo homem de Neandertal quase humano de Solecki que se encontra exposto no vale Neander. Nos dioramas do museu, os homens de Neandertal vivem em tendas indígenas, vestem algo parecido com calças de ioga e contemplam a paisagem congelada. "O homem de Neandertal não era um Rambo pré-histórico", adverte uma das placas. "Era um indivíduo inteligente."

• • •

O DNA costuma ser comparado a um texto, uma comparação que só funciona se a definição de "texto" abranger grupos de letras que não fazem sentido. O DNA consiste em moléculas conhecidas como nucleotídeos emendadas no formato de uma escada — a famosa dupla hélice. Cada nucleotídeo contém uma das quatro bases: adenina, timina, guanina e citosina, que são designadas pelas letras *A*, *T*, *G* e *C*, de maneira que um trecho do genoma humano pode ser representado por *ACCTCCTCTAATGTCA*. (Esta é uma sequência real, tirada do cromossomo 10. A sequência comparável num elefante é *ACCTCCCCTAATGTCA*.) O genoma humano é composto de três bilhões de bases — ou melhor, pares de base. Até

onde se pode determinar, a maioria não tem qualquer significado.



40. Um homem de Neandertal barbeado e de terno.

O processo que transforma as longas hastes de DNA de um organismo em fragmentos — de um “texto” em algo mais parecido com um confete — começa assim que um organismo morre. Grande parte da destruição acontece nas primeiras horas após a morte, por enzimas no corpo da própria criatura. Depois de um tempo, tudo o que resta são pedacinhos, e, após mais um tempo — o período exato, ao que parece, depende das condições de decomposição —, esses pedacinhos também se desintegram. Quando isso acontece, não sobra nada útil nem para o mais determinado paleontólogo. “No pergelissolo (o subsolo congelado no Ártico), talvez seja possível retroceder quinhentos mil anos”, explicou Pääbo. “Mas é certo que não mais de um milhão.” Quinhentos mil anos atrás, os dinossauros estavam extintos havia cerca de 65 milhões de anos — assim, toda aquela fantasia do *Parque dos dinossauros*, infelizmente, é só fantasia. Por outro lado, quinhentos mil anos atrás, os seres

humanos modernos ainda não existiam.

Para o projeto genoma, Pääbo conseguiu 21 ossos do homem de Neandertal descobertos numa caverna na Croácia. (A fim de extrair o DNA, Pääbo, ou qualquer outro paleontólogo, precisa cortar amostras do osso e dissolvê-las, um processo que, por razões bastante óbvias, os museus e colecionadores de fósseis relutam em aceitar.) Somente três desses ossos produziram o DNA do homem de Neandertal. Para aumentar o problema, esse DNA estava encharcado com o DNA de micróbios que se regalaram com os ossos nos últimos trinta mil anos, o que significava que a maior parte do esforço de sequenciamento iria para o lixo. “Em certas horas, é desesperador”, disse Pääbo. Tão logo uma dificuldade era contornada, outra surgia. “Uma espécie de montanha-russa emocional”, recordou Ed Green, engenheiro biomolecular da Universidade da Califórnia em Santa Cruz que trabalhou vários anos no projeto.

O projeto enfim começou a gerar resultados úteis — em resumo, longas listas de *A*, *T*, *G* e *C* — quando um dos membros da equipe de Pääbo, David Reich, geneticista da Escola de Medicina de Harvard, notou algo estranho. As sequências do homem de Neandertal eram, como se esperava, muito semelhantes às sequências humanas. Entretanto, eram ainda mais semelhantes às de certos seres humanos do que de outros. De modo mais específico, europeus e asiáticos partilhavam mais DNA com o homem de Neandertal do que os africanos. “Tentamos nos livrar desse resultado”, comentou Reich. “Pensamos: ‘Isso deve estar errado.’”

Nos últimos 25 anos, mais ou menos, o estudo da evolução humana tem sido dominado pela teoria conhecida na imprensa popular como “Out of Africa” [Vindos da África] e, nos círculos acadêmicos, como “Hipótese da origem única” ou “da substituição”. Essa teoria sustenta que todos os seres humanos modernos são descendentes de uma pequena população que vivia na África há cerca de duzentos mil anos. Por volta de 120 mil anos atrás, um subgrupo dessa população migrou para o Oriente Médio e, de lá, outros subgrupos se dirigiram para a Europa, a Ásia e até mesmo a

Austrália. À medida que se deslocavam para o norte e para o leste, os homens modernos encontraram os de Neandertal e outros chamados humanos arcaicos, que já habitavam essas regiões. Os homens modernos “substituíram” os homens arcaicos, uma maneira delicada de dizer que provocaram sua extinção. Esse modelo de migração e de “substituição” significa que a relação entre os homens de Neandertal e os seres humanos devia ser a mesma para todas as pessoas vivas hoje, a despeito do local de onde venham.

Vários membros da equipe de Pääbo suspeitavam que o viés eurasiano fosse um sinal de contaminação. Em diversos pontos, as amostras foram manuseadas por europeus e asiáticos, e talvez o DNA dessas pessoas tivesse se misturado com o do homem de Neandertal. Muitos testes foram feitos para avaliar essa possibilidade. Os resultados foram todos negativos. “Continuamos observando esse padrão, e, quanto mais dados conseguíamos, mais eles se tornavam estatisticamente impressionantes”, explicou Reich. Aos poucos, outros membros da equipe começaram a mudar de opinião. Num artigo publicado na revista *Science* em maio de 2010, eles apresentaram o que Pääbo passou a se referir como a hipótese da “substituição permeável”.[6] (O texto foi depois eleito o artigo mais importante do ano da revista, e a equipe recebeu um prêmio de 25 mil dólares.) Antes de os seres humanos modernos “substituírem” os de Neandertal, tiveram relações sexuais com eles. Essas interações geraram filhos, que ajudaram a povoar a Europa, a Ásia e o Novo Mundo.

A hipótese de substituição permeável — supondo por ora que esteja correta — fornece a mais forte evidência possível para a proximidade entre os homens de Neandertal e os modernos. Os dois podem ou não ter se apaixonado, mas, ainda assim, fizeram amor. Seus filhos híbridos podem ou não ter sido considerados monstros, mas, ainda assim, alguém — talvez de início os homens de Neandertal, talvez os humanos — cuidou deles. Algumas dessas criaturas híbridas sobreviveram e tiveram seus próprios filhos, que, por sua vez, tiveram filhos, e assim por diante, até os dias atuais. Ainda hoje, pelo menos trinta mil anos depois do fato, o sinal é

distinguível: todos os não africanos, desde os nativos de Nova Guiné aos franceses e aos chineses da etnia Han, carregam algo entre 1% e 4% do DNA dos homens de Neandertal.

Uma das palavras em inglês favoritas de Pääbo é “cool” [legal]. Ele me contou que, quando admitiu a ideia de que os homens de Neandertal tinham transmitido alguns de seus genes para os seres humanos modernos, passou o seguinte por sua cabeça: “Achei bem legal. Isso significa que eles não estão totalmente extintos — eles vivem numa pequena parte de nós.”

• • •

O jardim zoológico de Leipzig fica do outro lado da cidade, onde se encontra o Instituto Max Planck de Antropologia Evolutiva, mas este tem seu próprio laboratório, assim como salas de testes dentro do abrigo dos macacos, conhecido como Pongolândia. Como nenhum de nossos parentes mais próximos sobreviveram (exceto nos ínfimos fragmentos dentro de nós), os pesquisadores precisam confiar nas criaturas mais próximas depois deles — chimpanzés e bonobos — e nos parentes um pouco mais remotos — gorilas e orangotangos — para realizar seus experimentos. (Experimentos iguais, ou pelo menos análogos, costumam ser realizados com crianças pequenas, para estabelecer comparações.) Certa manhã, fui ao jardim zoológico com o intuito de ver o progresso das experiências. Nesse dia, uma equipe da BBC também visitava Pongolândia a fim de gravar um programa sobre a inteligência animal, e, quando cheguei ao abrigo dos macacos, encontrei-o repleto de estojos de câmeras nos quais se lia: ANIMAIS EINSTEINS.

Para a gravação, um pesquisador chamado Héctor Marín Manrique encenava uma série de experimentos que ele mesmo realizara antes num espírito mais científico. Uma fêmea orangotango chamada Dokana foi levada a uma das salas de teste. Como a maioria dos orangotangos, a pelagem de Dokana era acobreada, e ela parecia entediada com o mundo. Na primeira experiência, envolvendo um suco vermelho e tubos finos de plástico, Dokana mostrou ser capaz de distinguir um canudo funcional para

beber de um não funcional. Na segunda, com mais suco vermelho e mais tubos de plástico, ela mostrou que entendia a *ideia* de um canudo arrancando uma haste rígida de um tubo e usando-o, vazio, para absorver o líquido. Enfim, numa demonstração do nível Mensa Internacional de QI de perspicácia símia, Dokana conseguiu alcançar um amendoim que Manrique colocara no fundo de um longo cilindro plástico. (O cilindro estava fixado à parede, por isso não podia ser removido.) Ela, primeiro, se dirigiu até seu pote de água, encheu a boca com uma boa quantidade, voltou e a cuspiu dentro do cilindro. E repetiu o processo até o amendoim flutuar ao seu alcance. Mais tarde, observei a equipe da BBC reproduzir a experiência com algumas crianças de cinco anos usando pequenos recipientes de plástico com balas, em vez de amendoins. Embora uma lata cheia de água tivesse sido deixada bem visível nas proximidades, apenas uma das crianças — uma menina — conseguiu descobrir um meio para fazer a bala flutuar, isso depois de muitas sugestões. (“Como a água poderia me ajudar?”, indagou um dos meninos, num lamento, pouco antes de desistir.)

Um modo de responder à questão “O que nos faz humanos?” é perguntar “O que nos faz diferentes dos grandes símios?”, ou, para sermos mais precisos, dos símios não humanos, visto que, é evidente, seres humanos *são* símios. Como quase todo ser humano agora sabe — e as experiências com Dokana mais uma vez confirmaram —, símios não humanos são bastante inteligentes. São capazes de fazer inferências, resolver enigmas complexos e entender o que outros símios são (e não são) capazes de saber. Quando os pesquisadores de Leipzig realizaram uma bateria de testes com os chimpanzés, orangotangos e crianças de dois anos e meio de idade, descobriram que chimpanzés, orangotangos e crianças tiveram um desempenho comparável numa vasta série de tarefas que envolviam a compreensão do mundo físico.[7] Por exemplo, quando um pesquisador colocava uma recompensa dentro de uma de três xícaras e depois movia as xícaras, os macacos encontraram a prenda com a mesma frequência que as crianças — na verdade, no caso dos chimpanzés, com maior frequência. Os

macacos pareceram entender a noção de quantidade tão bem quanto as crianças — eles sempre escolhiam o prato contendo mais recompensas, mesmo quando tal escolha envolvia o uso do que pode ser vagamente chamado de matemática — e também pareceram compreender da mesma forma a noção de causalidade. (Os símios, por exemplo, compreendiam que uma xícara que fazia barulho quando sacudida tinha mais chances de conter alimento do que a que não fazia barulho.) E eles foram igualmente habilidosos na manipulação de ferramentas simples.

As tarefas nas quais as crianças superaram os símios com mais frequência envolviam a interpretação de dicas sociais. Quando as crianças recebiam uma dica sobre onde achar uma recompensa — alguém apontando ou olhando para um dos recipientes —, elas a aproveitavam. Os símios não entendiam que aquilo era uma ajuda ou não conseguiam entender a dica. Da mesma maneira, quando os cientistas mostravam às crianças como conseguir uma recompensa ao, digamos, rasgar uma caixa, elas não tiveram problema para entender e imitar o comportamento. Os macacos, mais uma vez, ficaram confusos. É claro que as crianças têm grande vantagem na esfera social, já que as experiências pertencem à sua própria espécie. Contudo, em geral, os macacos pareciam carecer de um impulso no sentido de encontrar uma solução coletiva do problema, tão importante para a sociedade humana.

“Chimpanzés fazem várias coisas incríveis”, comentou Michael Tomasello, que dirige o Departamento de Psicologia Comparativa e Desenvolvimento. “Mas a principal diferença que vimos foi a de ‘pensar coletivamente’. Se você estivesse no jardim zoológico hoje, nunca veria dois chimpanzés carregando alguma coisa pesada juntos. Eles não têm esses tipos de projeto colaborativo.”

• • •

Pääbo costuma trabalhar até tarde e, na maioria das noites, janta no instituto, onde a lanchonete fica aberta até as sete da noite. Num certo fim de tarde, porém, se propôs a sair mais cedo e me mostrar um pouco da cidade de Leipzig. Visitamos a igreja onde Bach está

enterrado e acabamos no Auerbachs Keller, o bar para onde Mefistófeles leva Fausto no quinto ato da peça de Goethe. (O bar era supostamente o lugar predileto de Goethe quando ele era universitário.) Eu tinha ido ao jardim zoológico na véspera e perguntei a Pääbo sobre um experimento hipotético. Se tivesse a oportunidade de submeter o homem de Neandertal ao tipo de testes que eu vira em Pongolândia, o que ele faria? Como achava que eles agiriam? Pensava que eram capazes de falar? O cientista ajeitou-se na cadeira e cruzou os braços.

"A tentação de especular é muito grande", disse. "Então tento resistir, me recusando a responder a perguntas como 'Você acha que eles falavam?'. Porque, para ser sincero, eu não sei. E, de certa maneira, você pode especular com tanta base quanto eu."

Os vários locais onde os restos mortais foram encontrados oferecem muitas dicas sobre como era o homem de Neandertal, pelo menos a quem é mais propenso à especulação. Os homens de Neandertal eram bastante resistentes — fato atestado pela espessura de seus ossos — e provavelmente capazes de dar uma boa surra nos seres humanos modernos. Eles fabricavam ferramentas de pedra, embora pareçam ter levado dezenas de milhares de anos fazendo as mesmas ferramentas sem parar. Pelo menos em algumas ocasiões, enterravam seus mortos. E, também em algumas ocasiões, parece que mataram e comeram uns aos outros. Não é só Nandy: muitos esqueletos de Neandertal apresentam sinais de doenças e desfiguração. O homem de Neandertal original do vale Neander parece ter sofrido dois ferimentos sérios, um na cabeça e outro no braço esquerdo. O Neandertal de La Chapelle teve, além de artrite, uma costela e uma rótula quebradas. Esses ferimentos podem refletir os rigores das caçadas com o repertório de armas limitado da espécie. Os homens de Neandertal parecem nunca ter desenvolvido projéteis, por isso precisavam se colocar mais ou menos em cima de suas presas para matá-las. Como Nandy, tanto o homem de Neandertal original quanto o de La Chapelle se recuperaram dos ferimentos, o que significa que eles deviam cuidar uns dos outros, o que, por sua vez, sugere uma capacidade de empatia. A partir de registros

arqueológicos, pode-se inferir que os homens de Neandertal evoluíram na Europa ou no oeste asiático e de lá se dispersaram, parando onde encontravam água ou algum obstáculo significativo. (Durante a última era glacial, quando o nível dos mares era muito inferior ao de agora, não havia o canal da Mancha para atravessar.) Essa é uma das maneiras mais fundamentais de diferenciar os homens modernos dos de Neandertal e, na opinião de Pääbo, uma das mais intrigantes. Quando os seres humanos modernos foram para a Austrália, embora isso tenha ocorrido em meados do período glacial, não havia meios de realizar o trajeto sem atravessar o mar aberto.

Os seres humanos arcaicos, como o *Homo erectus*, "espalharam-se como muitos mamíferos no Velho Mundo", disse Pääbo. "Eles nunca foram para Madagascar, nunca foram para a Austrália. Tampouco os homens de Neandertal. Foram os homens totalmente modernos que deram início a essas aventuras oceânicas, sem terras à vista. Em parte, isso se deve à tecnologia, é claro: é preciso ter embarcações para realizar essas viagens. Mas gosto de pensar que também há uma certa loucura envolvida. Entende? Quantas pessoas devem ter navegado e desaparecido no Pacífico antes de alguém encontrar a ilha de Páscoa? Quer dizer, é ridículo. E para quê? Pela glória? Imortalidade? Curiosidade? E agora vamos para Marte. Nós nunca paramos."

Se inquietações faustianas são uma das características definidoras dos seres humanos modernos, então, na opinião de Pääbo, deve haver algum gene faustiano. Ele me disse várias vezes que acredita que deveria ser possível identificar a base para nossa "loucura" comparando o DNA dos homens de Neandertal com o dos homens modernos. "Se um dia descobrirmos que alguma mutação esquisita possibilitou a insanidade e as explorações humanas, será incrível pensar que foi uma pequena inversão em um cromossomo que fez tudo isso acontecer e mudou todo o ecossistema do planeta, levando-nos a dominar tudo", comentou. Em outro momento, Pääbo acrescentou: "De algum modo, somos loucos. O que provoca isso? Eis algo que eu gostaria mesmo de entender. Seria muito, muito legal saber."

Humano
TACACTTATATA....

Neandertal
TACACTTATATA....

Chimpanzé
TACACTTATATA....

41. O mesmo trecho do cromossomo 5 dos genomas dos seres humanos, dos homens de Neandertal e dos chimpanzés.

• • •

Certa tarde, quando entrei em seu escritório, Pääbo me mostrou a fotografia de uma calota craniana descoberta pouco tempo antes, a cerca de meia hora de Leipzig, por um colecionador de fósseis amador. Pela foto, que lhe fora enviada por e-mail, Pääbo concluíra que a calota craniana podia ser bem antiga. Ele pensou que poderia pertencer a um dos primeiros homens de Neandertal, ou mesmo a um *Homo heidelbergensis*, que alguns acreditam ser o ancestral comum do qual descendem os homens modernos e os de Neandertal. Também concluiu que precisava tê-la. Como a calota craniana fora encontrada na poça d'água de uma pedreira, talvez essas condições a tivessem preservado. Assim, teorizou Pääbo, se começasse a trabalhar nela logo, seria capaz de extrair algum DNA. Mas o crânio já fora prometido a um professor de antropologia em Mainz. Como ele conseguiria persuadir o professor a lhe dar uma quantidade de osso suficiente para um teste?

Pääbo entrou em contato com todo mundo que conhecia e que poderia saber quem era o tal professor. Pediu à sua secretária que ligasse para a secretária do professor a fim de conseguir o número de seu celular pessoal e, de brincadeira — ou talvez nem tanto —, disse que estava disposto a dormir com o sujeito, se fosse preciso. Essas ligações frenéticas para toda a Alemanha duraram mais de uma hora e meia, até que Pääbo enfim falou com um dos

pesquisadores de seu próprio laboratório. Este tinha visto a calota craniana e concluído que não era tão antiga. Pääbo logo se desinteressou pelo achado.

Com ossos velhos, nunca se sabe de fato o que se vai encontrar. Alguns anos atrás, Pääbo conseguiu um pedaço de dente de um dos chamados esqueletos de *hobbit* encontrados na ilha de Flores, na Indonésia. Os *hobbits*, que foram descobertos apenas em 2004, costumam ser considerados seres humanos diminutos e arcaicos — *Homo floresiensis*. O dente datava de cerca de dezessete mil anos atrás, o que significava que era apenas 50% menos antigo do que os ossos do homem de Neandertal croata. Mas Pääbo não conseguiu extrair o DNA.

Então, mais ou menos um ano depois, ele obteve um fragmento de osso de um dedo desenterrado numa caverna no sul da Sibéria, junto com um estranho dente molar de aparência vagamente humana. O osso do dedo — do tamanho aproximado daquelas borrachas que ficam na ponta do lápis — tinha mais de quarenta mil anos. Pääbo supôs que vinha de um ser humano moderno ou de um homem de Neandertal. Caso se provasse o último caso, o sítio seria considerado o ponto mais extremo do Oriente onde haviam sido encontrados restos mortais do Neandertal. Ao contrário do dente do *hobbit*, o fragmento de dedo gerou quantidades surpreendentes de DNA. Quando a análise dos primeiros pedaços foi concluída, Pääbo por acaso estava nos Estados Unidos. Ele ligou para seu escritório, e um de seus colegas perguntou: “Você está sentado?” O DNA mostrava que o dedo não pertencia ao homem moderno *nem* ao de Neandertal. Em vez disso, seu dono representava um grupo inteiramente novo e até então insuspeito de hominídeos. Num artigo publicado em dezembro de 2010 na *Nature*, Pääbo chamou esse novo grupo de hominídeos de Denisova, por conta do nome da caverna onde o osso fora encontrado.[8] Uma das manchetes dos jornais sobre a descoberta dizia: “Mostrando o dedo médio para a história pré-histórica oficial.” De modo surpreendente — ou talvez, agora, previsível —, os seres humanos modernos devem ter também cruzado com os hominídeos de Denisova, pois os nativos

de Nova Guiné contemporâneos carregam até 6% de DNA dessa espécie. (Não se sabe por que isso vale para os nativos de Nova Guiné e não para os da Sibéria ou da Ásia, mas presume-se que tenha a ver com os padrões das migrações humanas.)

Com a descoberta dos *hobbits* e dos hominídeos de Denisova, os seres humanos modernos adquiriram dois novos irmãos. E parece provável que, quando o DNA de outros ossos antigos for analisado, venhamos a descobrir outros parentes nossos. Como me disse Chris Stringer, um proeminente paleoantropólogo britânico: “Tenho certeza de que vêm mais surpresas por aí.”

A essa altura, não há evidências que indiquem o que varreu os hominídeos de Denisova e os *hobbits* do mapa. Contudo, a época desses desaparecimentos e o padrão geral das extinções do fim do Pleistoceno apontam para uma suspeita óbvia. Como seria de presumir, já que ambos eram estreitamente relacionados a nós, tanto os hominídeos de Denisova quanto os *hobbits* tinham um longo período de gestação e, por isso, partilhavam da vulnerabilidade essencial da megafauna: uma taxa de reprodução reduzida. Para acabar com eles, seria necessária apenas uma pressão contínua sobre o número de adultos reprodutores.

E o mesmo vale para nossos parentes mais próximos — razão pela qual, salvo os seres humanos, todos os primatas hoje estão à beira da extinção. O número de chimpanzés na natureza caiu para cerca de metade do que se registrava cinquenta anos atrás, e a quantidade de gorilas da montanha seguiu uma trajetória similar. Os gorilas das planícies declinaram ainda mais rápido: estima-se que a população encolheu 60% somente nas duas últimas décadas. As causas desse declínio incluem caças ilegais, doenças e perda do hábitat. Esta última foi exacerbada por várias guerras, o que empurrou levas de refugiados para as regiões reservadas aos gorilas. Os orangotangos-de-sumatra estão classificados como “criticamente ameaçados”, o que significa que correm “riscos extremos de extinção na natureza”. Nesse caso, a ameaça vem mais da paz do que da violência: a maior parte dos orangotangos restantes hoje vive na província de Aceh, onde o fim recente de décadas de instabilidade política levou a um crescimento das

atividades madeireiras, legais e ilegais. Uma das muitas consequências indesejadas do Antropoceno tem sido a poda de nossa própria árvore genealógica. Após eliminarmos nossas espécies-irmãs — os homens de Neandertal e os hominídeos de Denisova — há muitas gerações, agora estamos fazendo o mesmo com nossos primos de primeiro e segundo graus. Quando tivermos acabado, é bem possível que não haja mais nenhum representante dos primatas além de nós mesmos.

• • •

Um dos maiores conjuntos de ossos do homem de Neandertal já encontrados — restos mortais de sete indivíduos — foi descoberto há cerca de um século num local chamado La Ferrassie, no sudoeste da França. La Ferrassie fica na Dordogne, não muito longe de La Chapelle e a meia hora de carro de dezenas de outros sítios arqueológicos importantes, incluindo as cavernas pintadas de Lascaux. Nos verões mais recentes, uma equipe que incluía um dos colegas de Pääbo tem feito escavações em La Ferrassie, então resolvi ir até lá e dar uma olhada. Cheguei à sede das escavações — um celeiro de tratamento de folhas de fumo reformado — bem a tempo de jantar um *boeuf bourguignon* servido em mesas improvisadas no quintal dos fundos.

No dia seguinte, seguimos de carro para La Ferrassie com alguns dos arqueólogos da equipe. O sítio se situa numa pacata zona rural, bem perto da estrada. Milhares de anos atrás, La Ferrassie era uma imensa caverna de calcário, mas uma das paredes desabou e, agora, há uma abertura de cada lado. Uma saliência de rocha maciça desponta uns seis metros acima do solo, como se fosse a metade de um teto arqueado. O sítio é contornado por uma cerca de arame e uma lona impermeável, que lhe dá a aparência de uma cena de crime.

Era um dia quente e seco. Meia dúzia de estudantes agachados numa longa vala remexia a terra com espátulas. Ao longo da vala, vi pedaços de ossos brotando do solo avermelhado. Os ossos mais ao fundo, disseram-me, foram jogados ali pelos homens de Neandertal.

Os ossos próximos da superfície foram deixados ali pelos seres humanos modernos, que ocuparam a caverna quando os homens de Neandertal se foram. Os esqueletos de neandertais do sítio foram removidos muito tempo atrás, mas ainda havia esperança de que alguns pequenos fragmentos, como um dente, pudessem ser encontrados. Cada fragmento de osso desenterrado, bem como cada floco e lasca de pedra e qualquer coisa que pudesse ser remotamente interessante, era separado para ser levado de volta ao celeiro de fumo e etiquetado.

Depois de observar os estudantes trabalhando por um momento, busquei refúgio à sombra. Tentei imaginar como teria sido a vida para os homens de Neandertal em La Ferrassie. Embora a área agora seja arborizada, na época não devia haver árvores. Talvez houvesse alces passeando pelo vale, além de renas, bovinos selvagens e mamutes. Fora esses fatos dispersos, não consegui pensar em mais nada. Fiz a pergunta aos arqueólogos que vieram comigo. “Fazia frio”, respondeu Shannon McPherron, do Instituto Max Planck.

“E fedia”, acrescentou Dennis Sandgathe, da Universidade Simon Fraser, do Canadá.

“E eles passavam fome”, disse Harold Dibble, da Universidade da Pensilvânia.

“E nenhum deles devia ser muito velho”, comentou Sandgathe. Mais tarde, de volta ao celeiro, vasculhei os pedaços e peças desenterrados nos últimos dias. Havia centenas de fragmentos de ossos animais, todos limpos, numerados e guardados em sacos plásticos individuais, além das centenas de flocos e lascas. A maior parte dos flocos provavelmente era detrito resultante da fabricação de ferramentas — o equivalente a cavacos de madeira na Idade da Pedra —, mas alguns, disseram-me, eram as próprias ferramentas. Assim que me mostraram o que eu deveria procurar, notei as extremidades chanfradas que os homens de Neandertal tinham fabricado. Uma ferramenta particular destoava: uma lasca em forma de lágrima do tamanho da palma de uma mão. No linguajar arqueológico, tratava-se de um machado de mão, embora não devesse ser usado como um machado no sentido contemporâneo

da palavra. A ferramenta fora descoberta perto do fundo de uma vala, e estimava-se que tinha cerca de setenta mil anos. Retirei-o do saco plástico e o virei. Era quase perfeitamente simétrico e — aos olhos humanos, pelo menos — belíssimo. Eu disse que o homem de Neandertal que o fabricara devia ter um senso estético aguçado. McPherron discordou.

"Nós conhecemos o final da história", contrapôs ele. "Sabemos como é a cultura moderna, então o que fazemos é tentar explicar como chegamos aqui. E há uma tendência de interpretar demais o passado projetando o presente sobre ele. Então, quando você vê um machado bonito, diz: 'Olhe a habilidade com que isso foi feito; é praticamente uma obra de arte.' É a sua perspectiva de hoje. Mas você não pode supor o que está tentando provar."

Entre os milhares de artefatos do homem de Neandertal que foram desenterrados, quase nenhum representa tentativas inequívocas de arte ou adorno, e aqueles que assim foram interpretados — por exemplo, os pingentes de marfim encontrados numa caverna no centro da França — são temas de debates infinitos e, frequentemente, confusos. (Alguns arqueólogos acreditam que os pingentes foram fabricados pelos homens de Neandertal, que, após entrarem em contato com os seres humanos modernos, tentaram imitá-los. Outros argumentam que os objetos foram fabricados pelos seres humanos modernos que ocuparam o sítio após os homens de Neandertal.) Essa lacuna levou alguns a propor que os homens de Neandertal não eram capazes de fazer arte ou — o que acaba sendo a mesma coisa — não se interessavam por isso. Podemos considerar o machado "belo", mas eles o viam como útil. Do ponto de vista da genética, careciam do que pode ser chamado de mutação estética.

No meu último dia em Dordogne, fui visitar um sítio arqueológico perto dali — um sítio de humanos — chamado Grotte des Combarelles. A gruta é uma caverna bem estreita que serpenteia por mais de trezentos metros através de um penhasco de calcário. Desde sua redescoberta, no fim do século XIX, a caverna foi ampliada e provida de luzes elétricas, o que tornou possível caminhar em seu interior com segurança, ainda que sem muito

conforto. Quando os seres humanos entraram na caverna pela primeira vez, doze ou treze mil anos atrás, a história era outra. Na época, o teto era tão baixo que a única maneira de avançar era rastejando, e a única maneira de enxergar na escuridão era carregando tochas acesas. Alguma coisa — talvez a criatividade, talvez a espiritualidade, talvez a "loucura" — fazia as pessoas avançarem mesmo assim. Nas profundezas da gruta, as paredes são cobertas de centenas de pinturas. Todas as imagens são de animais, muitos hoje extintos: mamutes, auroques, rinocerontes-lanudos. Os mais detalhados desses desenhos possuem uma vitalidade fantástica: um cavalo selvagem parece erguer a cabeça, uma rena se inclina para a frente, aparentemente para beber água.

É comum especular que os seres humanos responsáveis pelos desenhos nas paredes da Grotte des Combarelles pensavam que as imagens tinham poderes mágicos, e, de certa forma, eles estavam certos. O homem de Neandertal viveu na Europa por mais de cem mil anos e, durante esse período, o impacto que provocou ao redor não foi maior do que o de qualquer outro grande vertebrado. Há muitas razões para se acreditar que, se os seres humanos não tivessem chegado ali, os homens de Neandertal ainda estariam presentes, com seus cavalos selvagens e os rinocerontes-lanudos. Com a capacidade de representar o mundo por meio de sinais e símbolos, veio a capacidade de transformá-lo, o que implica a capacidade de destruí-lo. Um minúsculo conjunto de variações genéticas nos separa dos homens de Neandertal, mas isso fez toda a diferença.

CAPÍTULO XIII

A COISA COM PENAS

Homo sapiens

"A FUTUROLOGIA NUNCA foi um campo de investigação muito respeitável", escreveu o autor Jonathan Schell.[1] Com essa advertência em mente, eu me dirigi ao Instituto para Pesquisa em Conservação, um posto avançado do jardim zoológico de San Diego, 48 quilômetros ao norte da cidade. O trajeto para o instituto passa por vários campos de golfe, uma vinícola e uma fazenda de criação de avestruzes. Quando cheguei, o lugar estava agitado como um hospital. Marlys Houck, uma pesquisadora especializada em cultura de tecidos, conduziu-me por um longo corredor até uma sala sem janelas. Ela pegou um par do que pareciam ser pesadas luvas térmicas e removeu com esforço a tampa de um grande tanque de metal. Um vapor espectral escapou pela abertura.

No fundo do tanque havia um reservatório de nitrogênio líquido a uma temperatura de 195°C negativos. Suspensas sobre o reservatório, havia caixas com pequenos frascos de plástico. As caixas estavam empilhadas na vertical, e os frascos, em pé como cavilhas, cada um em sua fenda. Houck localizou a caixa que estava procurando e contou as várias fileiras, depois as que estavam embaixo. Ela retirou dois frascos e os colocou diante de mim, sobre uma mesa de aço. "Aí estão", anunciou.

Dentro dos frascos, estava basicamente tudo que restou do po'ouli (*Melamprosops phaeosoma*), um pássaro corpulento com uma cara simpática e peito cor de creme que vivia em Maui. Certa vez o po'ouli me foi descrito como "o pássaro mais lindo sem ser particularmente lindo do mundo". Deve ter sido extinto um ou dois anos após o jardim zoológico de San Diego e o Departamento

Americano de Pesca e Vida Selvagem fazerem um último esforço para salvá-lo, no outono de 2004. Àquela altura, apenas três exemplares ainda estavam vivos, e a ideia era capturá-los para que reproduzissem. No entanto, só um dos pássaros acabou preso na rede. Acharam que era uma fêmea, mas descobriram se tratar de um macho — um acontecimento que levou as autoridades a suspeitarem de que todos os po'ouli restantes eram do mesmo sexo. Quando o pássaro em cativeiro morreu, logo após o Dia de Ação de Graças, seu corpo foi enviado para o jardim zoológico de San Diego. Houck correu para o instituto a fim de cuidar dele. "Esta é nossa última chance", ela se recorda de ter pensado. "É o nosso dodô." Houck conseguiu criar uma cultura com algumas células do olho do pássaro, e os resultados de todo o empenho estavam agora no interior daqueles frascos. Ela não queria que as células fossem danificadas, por isso, após cerca de um minuto, recolocou os frascos nas caixas e as fechou dentro do tanque.

A sala sem janelas onde as células do po'ouli são mantidas vivas — por assim dizer — chama-se Frozen Zoo [zoológico congelado]. O nome é uma marca registrada, e, se outra instituição tentar usá-lo, será informada de que está infringindo a lei. Na sala, há meia dúzia de tanques iguais ao que Houck abriu. Guardadas dentro deles, imersas em frígidas nuvens de nitrogênio, encontram-se linhagens celulares representando quase mil espécies. (Na verdade, aquilo é só a metade do "zoológico"; a outra metade consiste em tanques em outra instalação, cuja localização é mantida em segredo. Cada linhagem celular é separada entre os dois locais, no caso de haver pane de energia em um deles.) O Frozen Zoo mantém a maior coleção mundial de espécies congeladas, mas um número cada vez maior de instituições está se equipando com zoológicos congelados. O jardim zoológico de Cincinnati, por exemplo, possui o que chama de CryoBioBank, e a Universidade de Nottingham, na Inglaterra, dispõe de sua Frozen Ark [arca congelada].

Por ora, quase todas as espécies em congelamento profundo de San Diego ainda têm membros em carne e osso. Entretanto, como só aumenta o número de plantas e animais que seguem a sina do po'ouli, isso deverá mudar. Enquanto Houck se ocupava lacrando os

tanques, pensei nas centenas de cadáveres de morcegos coletadas no solo da caverna Aeolus, que foram enviados para a Cryo Collection do Museu Americano de História Natural. Tentei calcular quantos frascos de plástico e cubas de nitrogênio líquido seriam necessários para estocar culturas de todas as rãs ameaçadas pelo fungo *Chytridiales*, todos os corais ameaçados pela acidificação, todos os paquidermes ameaçados pela caça ilegal, a infinidade de espécies ameaçadas pelo aquecimento, pelas espécies invasoras e pela fragmentação, mas logo desisti: são números demais para guardar na cabeça.

• • •

Precisa mesmo acabar assim? Será que a última grande esperança para as criaturas mais magníficas do mundo — ou para as menos magníficas — depende realmente de reservatórios de nitrogênio líquido? Após sermos alertados sobre as maneiras como estamos pondo outras espécies em risco, não podemos tomar uma atitude para protegê-las? Afinal, o objetivo de espreitar o futuro não é conseguir mudar de curso e evitar os perigos à frente?

Sem dúvida, os seres humanos podem ser destrutivos e não pensam em consequências a longo prazo, mas também podem ser previdentes e altruístas. As pessoas demonstraram várias vezes que se preocupam com o que Rachel Carson chamou de “o problema em partilhar nossa Terra com outras criaturas”, e elas estão dispostas a fazer sacrifícios por esses seres.[2] Alfred Newton denunciou a chacina que estava ocorrendo ao longo da costa britânica, e o resultado foi uma lei para a preservação das aves marinhas. John Muir escreveu sobre os danos que eram infligidos nas montanhas da Califórnia, e isso levou à criação do Parque Nacional de Yosemite. O livro *Primavera silenciosa*, de Carson, expôs os riscos provocados pelos pesticidas sintéticos e, no período de uma década, a maior parte dos usos de DDT foi proibida. (O fato de ainda haver águias-da-cabeça-branca nos Estados Unidos — na verdade, o número está crescendo — é uma das tantas consequências felizes dessas mudanças.)

Dois anos após a proibição do DDT, em 1974, o Congresso americano aprovou a Lei de Espécies Ameaçadas. Desde então, para proteger as criaturas listadas por essa lei, as pessoas empreenderam esforços quase inacreditáveis, no sentido literal da palavra. Para citar apenas uma de muitas ilustrações possíveis, no fim dos anos 1980 a população de condores da Califórnia caíra para somente 22 indivíduos. Para resgatar a espécie — o maior pássaro terrestre da América do Norte —, biólogos dedicados à vida animal criaram filhotes de condor usando marionetes. Eles elaboraram fios elétricos falsos para treinar os pássaros a não serem eletrocutados, e para ensiná-los a não comer lixo, equiparam os detritos com fios que causavam leves choques elétricos. Vacinaram todos os condores — hoje, cerca de quatrocentos — contra o vírus do rio Nilo ocidental, uma doença, convém observar, para a qual uma vacina destinada a humanos ainda precisa ser aperfeiçoada. Os pássaros são examinados com frequência para verificar envenenamento por chumbo — os condores que se alimentam da carcaça de veados caçados muitas vezes ingerem o chumbo de balas — e muitos são tratados com a terapia de quelato. Vários condores foram submetidos a essa terapia mais de uma vez. O esforço para salvar o grou-americano envolveu ainda mais tempo e pessoas, grande parte voluntárias. A cada ano, uma equipe de pilotos a bordo de aeronaves ultraleves ensina um novo bando de filhotes de grous criados em cativeiro a migrar para o sul no inverno, de Wisconsin para a Flórida. A viagem de quase dois mil quilômetros pode levar até três meses, com dezenas de paradas em terras particulares cujos donos deixam os pássaros fazerem uso delas. Milhões de americanos que não participam diretamente apoiam essa iniciativa de maneira indireta, aderindo a grupos como o World Wildlife Fund, o National Wildlife Fund, Defenders of Wildlife, Wildlife Conservation Society, African Wildlife Foundation, Nature Conservancy e Conservation International.

Não seria melhor, de uma perspectiva prática e ética, nos concentrarmos no que pode ser feito e *está* sendo feito para salvar as espécies, em vez de fazer especulações sombrias sobre o futuro no qual a biosfera será reduzida a pequenos frascos de plástico?

Certa vez, o diretor de um grupo de conservação no Alasca me disse: “As pessoas precisam ter esperança. *Eu* preciso ter esperança. É o que nos faz seguir em frente.”

• • •

Ao lado do Instituto para Pesquisa em Conservação, há um prédio parecido, de cor parda, que serve como hospital veterinário. A maior parte dos animais no hospital, que é também administrado pelo jardim zoológico de San Diego, está só de passagem, mas há também um residente permanente: um corvo-do-havaí chamado Kinohi. Kinohi é um entre centenas de corvos dessa espécie, também chamada de ’alalā, que hoje só existe em cativeiro. Quando eu estava em San Diego, visitei Kinohi com a diretora de fisiologia reprodutiva do zoológico, Barbara Durrant — a única pessoa que de fato o entendia, segundo me contaram. No caminho para visitar o pássaro, Durrant parou numa espécie de cantina e escolheu uma série de seus petiscos favoritos. Entre eles, bichos-da-farinha (tenébrios); um camundongo recém-nascido e sem pelos chamado “pinky”; e o traseiro de um camundongo adulto que fora cortado ao meio, de modo que tivesse um par de patas numa extremidade e as tripas do outro.

Ninguém sabe ao certo como o ’alalā foi extinto na natureza. Como aconteceu com o po’ouli, é provável que haja múltiplas razões, incluindo a perda do hábitat, o ataque predador de espécies invasoras, como o mangusto, e doenças trazidas por outras espécies invasoras, como os mosquitos. De qualquer maneira, o último ’alalā habitando a floresta deve ter morrido em 2002. Kinohi nasceu no cativeiro em Maui, há mais de vinte anos. Ele é, segundo todos os relatos, um pássaro muito estranho. Criado em isolamento, não se identifica com outro ’alalā. Tampouco parece se considerar humano. “Ele tem seu próprio mundo”, disse Durrant. “Uma vez, se apaixonou por um colhereiro-americano.”

Kinohi foi enviado para San Diego em 2009 porque se recusou a acasalar com outros corvos cativos, e ficou decidido que precisavam tentar algo novo para persuadi-lo a contribuir para esse conjunto

limitado de genes das espécies. Coube a Durrant descobrir como conquistar o coração de Kinohi, ou, para ser mais exata, suas gônadas. Kinohi não tardou a aceitar seus cuidados — corvos não têm falos, então Durrant acariciava a região em torno da cloaca —, mas, na época da minha visita, ainda não tinha conseguido produzir o que ela chamava de uma “ejaculação de alta qualidade”. Uma nova temporada de procriação se aproximava, então Durrant se preparava para tentar de novo, três vezes por semana durante cinco meses. Se Kinohi conseguisse, enviaria imediatamente o esperma para Maui a fim de tentar uma inseminação artificial numa das fêmeas do centro de procriação.

Chegamos à gaiola de Kinohi — que parecia mais uma suíte, com uma antecâmara espaçosa onde cabiam várias pessoas em pé e um cômodo nos fundos cheio de cordas e outras diversões corvinas. Kinohi se aproximou para nos cumprimentar. Ele era todo preto, da cabeça às garras. Para mim, parecia bastante um corvo-americano comum, mas Durrant ressaltou o fato de ele ter um bico bem mais espesso e pernas mais grossas. Kinohi manteve a cabeça curvada para a frente, como se tentasse evitar contato visual. Quando ele viu Durrant, eu me perguntei se haveria no mundo das aves algo semelhante a pensamentos eróticos. Ela lhe ofereceu os petiscos que trouxera e a ave soltou um crocito áspero que me pareceu estranhamente familiar. Os corvos conseguem imitar a fala humana, e Durrant traduziu essa como “Eu sei”.

“Eu sei”, repetiu Kinohi. “Eu sei.”



42.

• • •

A vida sexual tragicômica de Kinohi fornece mais evidências — como se precisássemos de outras — de como os seres humanos levam a sério a extinção. É tão imensa a dor causada pela perda de uma única espécie que estamos dispostos a realizar ultrassonografias em rinocerontes e masturbar corvos. Sem dúvida, o empenho de gente como Terri Roth e Barbara Durrant, além de instituições como os jardins zoológicos de San Diego e de Cincinnati, pode ser invocado como razões para o otimismo. E, se este fosse um livro diferente, eu o faria.

Embora muitos dos capítulos precedentes tenham se dedicado à extinção (ou à quase extinção) de organismos individuais — a rã-dourada-do-panamá, o arau-gigante, o rinoceronte-de-sumatra —, meu tema na verdade é o padrão que esses eventos isolados formam. O que tentei fazer até aqui foi rastrear um evento de extinção — chame-a de extinção do Holoceno, extinção do

Antropoceno ou ainda, se preferir, pela sonoridade, a Sexta Extinção — e colocá-lo no contexto mais vasto da história da vida. Essa história não é estritamente uniformitarista ou catastrofista. Na verdade, é uma história híbrida entre as duas correntes. O que a história nos revela, com seus altos e baixos, é que a vida é muito resiliente, mas não dura para sempre. Houve longuíssimos períodos sem quaisquer eventos e muito, muito de vez em quando, "revoluções na face da Terra".

Até onde podemos identificar as causas dessas revoluções, dá para ver que são bastante variadas: glaciação, no caso da extinção no fim do Ordoviciano; aquecimento global e mudanças na química dos oceanos no fim do Permiano; o impacto de um asteroide nos derradeiros segundos do Cretáceo. A extinção em curso tem sua própria causa original — não é um asteroide ou uma erupção vulcânica maciça, mas "uma espécie daninha". Como me disse Walter Alvarez, "estamos observando, neste mesmo instante, que uma extinção em massa pode ser causada pelos seres humanos".

Uma característica que esses eventos díspares têm em comum é a mudança e, para ser mais específica, a velocidade da mudança. Quando o mundo muda mais depressa do que as espécies conseguem se adaptar, muitas se extinguem. Esse é o caso quando o agente da extinção cai do céu com um risco flamejante ou vai trabalhar todos os dias com seu Honda. Não é de todo equivocado argumentar que o atual evento de extinção poderia ser evitado se as pessoas simplesmente fossem mais cuidadosas e estivessem prontas a fazer mais sacrifícios. Ainda assim, esta não é a questão. Não importa muito se as pessoas cuidam ou não do planeta. O que importa é que as pessoas mudam o mundo.

Essa capacidade é anterior à modernidade, embora, claro, a modernidade seja sua expressão mais completa. Na verdade, essa capacidade é provavelmente indistinguível das qualidades que fizeram de nós humanos, para começo de conversa: a inquietação, a criatividade, a capacidade de cooperar para resolver problemas e concluir tarefas complicadas. Assim que os seres humanos começaram a usar sinais e símbolos para representar o mundo natural, extrapolaram os limites desse mundo. "De muitas maneiras,

a linguagem humana é como o código genético", escreveu o paleontólogo britânico Michael Benton. "As informações são estocadas e transmitidas, com modificações, por gerações. A comunicação mantém as sociedades unidas e permite aos seres humanos escapar da evolução."[3] Se as pessoas fossem apenas negligentes, egoístas ou violentas, não existiria um Instituto para Pesquisa em Conservação e não haveria a necessidade de um. Se você quiser pensar na razão de os humanos serem tão perigosos para as outras espécies, imagine um caçador clandestino na África carregando seu AK-47, ou um madeireiro na Amazônia empunhando seu machado, ou, melhor ainda, pode imaginar a si mesmo com um livro nas mãos.

• • •

No centro do Salão da Biodiversidade do Museu Americano de História Natural, há uma exposição embutida no chão. A exibição está montada em torno de uma placa central, que informa a existência de cinco grandes eventos de extinção desde a evolução dos animais complexos, ao longo de quinhentos milhões de anos. Segundo a placa, "a mudança climática global e outras causas, que provavelmente incluem a colisão de objetos extraterrestres com a Terra", foram responsáveis por esses eventos. E o texto afirma ainda: "Neste exato momento, estamos no meio da Sexta Extinção, agora causada apenas pela transformação efetuada por uma humanidade na paisagem ecológica."

Irradiando da placa, há espessas placas de acrílico e, sob essas placas, os restos mortais fossilizados de algumas perdas exemplares. O acrílico foi desgastado pelos calçados de dezenas de milhares de visitantes do museu que caminharam sobre ele, provavelmente, em sua maior parte, alheios ao que se apresentava sob os pés. Mas, se você se agachar e olhar com atenção, verá que cada fóssil está etiquetado com o nome da espécie e com o evento de extinção que pôs fim à sua linhagem. Os fósseis estão dispostos em ordem cronológica, de modo que os mais velhos — graptólitos do Ordoviciano — estão mais perto do centro, enquanto os mais

jovens — os dentes do *Tyrannosaurus rex* datados do fim do Cretáceo — estão mais afastados. Se você se posicionar na extremidade da exposição, que é o único lugar do qual se consegue vê-la, estará localizado exatamente onde as vítimas da Sexta Extinção deverão ficar.

Num evento de extinção de nossa própria autoria, o que acontece conosco? Uma possibilidade — a possibilidade implícita pelo Salão da Biodiversidade — é que no fim nós também seremos eliminados pela nossa "transformação da paisagem ecológica". A lógica por trás dessa linha de pensamento é a seguinte: após nos libertarmos das restrições da evolução, permaneceremos, ainda assim, dependentes dos sistemas biológicos e geoquímicos da Terra. Ao perturbarmos esses sistemas — derrubando as florestas tropicais, alterando a composição da atmosfera, acidificando os oceanos —, estamos colocando em risco nossa própria sobrevivência. Dentre as várias lições que emergem do registro geológico, talvez a mais sóbria seja que, na vida, assim como nos fundos de investimento, o desempenho passado não é garantia de resultados futuros. Quando uma extinção em massa ocorre, ela suprime o fraco e também derruba o forte. Graptólitos em forma de V existiam por toda parte e então desapareceram. As amonites circularam por centenas de milhões de anos e então sumiram. O antropólogo Richard Leakey já advertiu que "o *Homo sapiens* pode ser não apenas o agente da Sexta Extinção, mas corre o risco de ser uma de suas vítimas".[4] Um cartaz no Salão da Biodiversidade cita uma frase do ecologista de Stanford Paul Ehrlich: AO PRESSIONAR OUTRAS ESPÉCIES PARA A EXTINÇÃO, A HUMANIDADE ESTÁ SERRANDO O GALHO SOBRE O QUAL ESTÁ SENTADA.

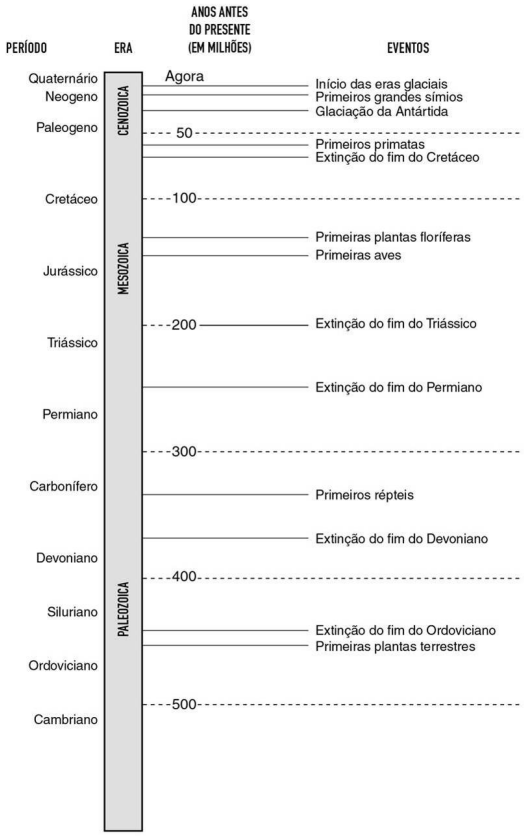
Outra possibilidade — considerada por alguns mais otimista — é que a engenhosidade humana superará qualquer desastre que essa engenhosidade venha a desencadear. Alguns cientistas sérios argumentam, por exemplo, que, caso o aquecimento global se torne uma ameaça grave demais, poderemos reagir reestruturando a atmosfera. Alguns projetos envolvem espalhar sulfato na estratosfera para refletir a luz do sol de volta para o espaço; outros

envolvem lançar gotículas de água sobre o oceano Pacífico a fim de clarear as nuvens. Se nada disso funcionar e as coisas de fato piorarem, há quem defenda que as pessoas ficarão bem — nós apenas escaparemos para outros planetas. Um livro recente aconselha a construir cidades “em Marte, em Titã ou na Europa (satélites de Júpiter e Saturno), na lua, nos asteroides e em qualquer outro pedaço de matéria inabitado que pudermos encontrar”.

“Não se preocupem”, diz o autor. “Enquanto continuarmos explorando, a humanidade sobreviverá.”[5]

É óbvio que o destino de nossa espécie nos preocupa de maneira desproporcional. Mas, correndo o risco de parecer antisseres humanos — alguns de meus melhores amigos são seres humanos! —, direi que, afinal, isso não é o que mais deve nos preocupar. Agora mesmo, neste momento incrível que para nós significa o presente, estamos decidindo, sem de fato o desejarmos, quais trilhas evolutivas permanecerão abertas e quais serão fechadas para sempre. Nenhuma criatura jamais foi capaz disso, e esse será, infelizmente, nosso legado mais duradouro. A Sexta Extinção continuará determinando o curso da vida bem depois de tudo o que as pessoas escreveram, pintaram e construíram ser reduzido a poeira e os ratos gigantes terem — ou não — herdado a Terra.

II. ALGUNS DOS PRINCIPAIS EVENTOS NA HISTÓRIA DA VIDA — OS ÚLTIMOS QUINHENTOS MILHÕES DE ANOS.



AGRADECIMENTOS

UMA JORNALISTA QUE escreve um livro sobre extinção em massa precisa de um bocado de ajuda. Muitas pessoas cultas, generosas e pacientes colaboraram com seu tempo e conhecimento para este projeto.

Por me ajudar a entender o que veio a ser conhecida como a crise dos anfíbios, sou grata a Edgardo Griffith, Heidi Ross, Paul Crump, Vance Vredenburg, David Wake, Karen Lips, Joe Mendelson, Erica Bree Rosenblum e Allan Pessier.

Pela excursão aos bastidores do Museu de História Natural de Paris, quero agradecer a Pascal Tassy. Por me mostrar o arau-gigante em seu antigo hábitat, agradeço a Guðmundur Guðmundsson, Reynir Sveinsson e Halldór Ármannsson, assim como a Magnus Bernhardsson, que tornou possível a viagem até Eldey. Neil Landman generosamente me mostrou os sítios do Cretáceo em Nova Jersey e sua extraordinária coleção de amonites. Sou grata a Lindy Elkins-Tanton e Andy Knoll por terem partilhado seu conhecimento sobre a extinção do fim do Permiano e a Nick Longrich e Steve D'Hondt por seus esclarecimentos sobre o fim do Cretáceo.

Sou particularmente grata a Jan Zalasiewicz, que, além de me levar à caça de graptólitos na Escócia, respondeu a inúmeras perguntas nos últimos anos. Agradeço também a Dan Condon e Ian Millar pela memorável (ainda que úmida) expedição e a Paul Crutzen por me explicar sua ideia sobre o Antropoceno.

A acidificação dos oceanos é um tema intimidador. Eu nunca teria sido capaz de escrever sobre ele sem a ajuda de Chris Langdon, Richard Feely, Chris Sabine, Joanie Kleypas, Victoria Fabry, Ulf Riebesell, Lee Kump e Mark Pagani. Sou especialmente grata a Jason Hall-Spencer, que me levou para mergulhar em Castello Aragonese sob um frio rascante e, depois disso, respondeu

a várias perguntas com muita paciência. Muito obrigada também a Maria Cristina Buia por organizar minha viagem.

Recorri diversas vezes a Ken Caldera para esclarecer certas questões em ciência climática e química marinha. Agradeço profundamente a ele e a sua esposa, Lilian, e a toda a equipe que encontrei em One Tree: Jack Silverman, Kenny Schneider, Tanya Rivlin, Jen Reiffel e o inigualável Russell Graham. Agradeço igualmente a Davey Kline, Brad Opdyke, Selina Ward e Ove Hoegh-Guldberg.

Miles Silman foi um guia fantástico numa parte fantástica do mundo. Nunca poderei lhe agradecer o bastante por partilhar tanto seu tempo e seus conhecimentos. Gostaria também de expressar a minha gratidão aos seus alunos de pós-graduação, William Farfan Rios e Karina Garcia Cabrera. Muito obrigada também a Chris Thomas.

Este livro talvez nunca fosse escrito sem a ajuda de Tom Lovejoy. Pelo que vi, sua generosidade e paciência são infinitas, e lhe agradeço profundamente por sua assistência e entusiasmo. Mario Cohn-Haft foi um guia especializado e maravilhosamente bem-humorado na floresta tropical da Amazônia. Quero agradecer também a Rita Mesquita, José Luís Camargo, Gustavo Fonseca e Virgilio Viana.

Scott Darling e Al Hicks foram algumas das primeiras pessoas a avaliar a seriedade da síndrome do focinho branco. Eles partilharam comigo o que estavam aprendendo e me ajudaram imensamente. Ryan Smith, Susi von Oettingen e Alyssa Bennett foram maravilhosos ao me levar diversas vezes até Aeolus. Joe Roman generosamente leu e comentou a seção deste livro sobre espécies invasoras.

Terri Roth e Chris Johnson me ajudaram a compreender a megafauna, passada e presente. Um agradecimento especial a John Alroy por seus cálculos sobre as taxas de extinção, e obrigada também a Anthony Barnosky.

Svante Pääbo passou várias horas me explicando as complexidades da paleogenética em geral e o Neandertal Genome Project em particular. Quero lhe agradecer, assim como a Shannon

McPherron, que gentilmente me guiou por La Ferrassie, e Ed Green, sempre disposto a responder a mais uma pergunta.

Marlys Houck, Oliver Ryder, Barbara Durrant e Jenny Mehlow foram muito generosos comigo quando visitei San Diego.

Eu gostaria de agradecer aos bibliotecários da seção de referências do Williams College, que rastrearam livros e artigos que estavam praticamente inacessíveis, e a Jay Pasachoff, que gentilmente me emprestou seus arquivos sobre a extinção do fim do Cretáceo.

Em 2010, tive a sorte de receber uma bolsa da John Simon Guggenheim Memorial Foundation, que me permitiu viajar para lugares aonde, de outra forma, nunca teria conseguido ir. O apoio indireto para este projeto veio de uma bolsa Lannan Literary Fellowship e da Heinz Family Foundation.

Trechos de vários capítulos deste livro foram publicados primeiro na revista *The New Yorker*. Pelos conselhos, apoio e paciência, sou imensamente grata a David Remnick e Dorothy Wickenden. Quero agradecer a John Bennet pelas sempre sábias recomendações. Partes de outros capítulos saíram na *National Geographic* e no site *e360*. Quero agradecer a Rob Kunzig, Jamie Shreeve e Roger Cohn pela ajuda e pelas ideias. Muito obrigada também a Steven Barclay e Eliza Fischer, pelo amparo incansável.

Agradeço a Laura Wyss, Meryl Levavi, Caroline Zancan e Vicky Haire por transformarem em livro um desordenado manuscrito.

Gillian Blake foi a melhor editora que se pode esperar para um projeto como este: esperta, curiosa e imperturbável. Sempre que as coisas pareciam estar saindo dos trilhos, ela as recolocava nos eixos com muita calma. Kathy Robbins foi, como sempre, incomparável. Seus conselhos e dicas foram preciosos, e sua animação, insuperável.

Muitos amigos e familiares me ajudaram nesse empreendimento de vários anos, e alguns deles provavelmente nem se deram conta disso. Agradeço a Jim e Karen Shepard, Andrea Barrett, Susan Greenfield, Todd Purdum, Nancy Pick, Lawrence Douglas, Stewart Adelson e também a Marlene, Gerald e Dan Kolbert. Um agradecimento especial a Barry Goldstein. Obrigada também a Ned

Kleiner, que me auxiliou a dar corpo aos últimos trechos deste livro, e a Aaron e Matthew Kleiner, que nunca fizeram sua mãe se sentir culpada por não assistir a seus jogos de futebol.

Finalmente, quero agradecer a meu marido, John Kleiner, que mais uma vez me ajudou mais do que deveria. Escrevi este livro com ele e para ele.

NOTAS

CAPÍTULO I: A SEXTA EXTINÇÃO

1 Ruth A. Musgrave. “Incredible Frog Hotel”, *National Geographic Kids*, set. 2008, p. 16-19.

2 D. B. Wake e V. T. Vredenburg. “Colloquium Paper: Are We in the Midst of the Sixth Mass Extinction? A View from the World of Amphibians”, *Proceedings of the National Academy of Sciences* 105, 2008, p. 11466-73.

3 Martha L. Crump. *In Search of the Golden Frog*. Chicago: University of Chicago Press, 2000, p. 165.

4 Agradeço a John Alroy por me introduzir nas complexidades do cálculo das extinções de fundo. Ver também o artigo de Alroy, “Speciation and Extinction in the Fossil Record of North American Mammals”, em *Speciation and Patterns of Diversity*, editado por Roger Butlin, Jon Bridle e Dolph Schluter. Cambridge: Cambridge University Press, 2009, p. 310-23.

5 A. Hallam e P. B. Wignall. *Mass Extinctions and Their Aftermath*. Oxford: Oxford University Press, 1997, p. 1.

6 David Jablonski. “Extinctions in the Fossil Record”, em *Extinction Rates*, editado por John H. Lawton e Robert M. May. Oxford: Oxford University Press, 1995, p. 26.

7 Michael Benton. *When Life Nearly Died: The Greatest Mass Extinction of All Time*. Nova York: Thames and Hudson, 2003, p. 10.

8 David M. Raup. *Extinction: Bad Genes or Bad Luck?*. Nova York: Norton, 1991, p. 84.

9 John Alroy, correspondência pessoal, 9 de junho de 2013.

10 Joseph R. Mendelson. “Shifted Baselines, Forensic Taxonomy, and Rabb’s Fringe-limbed Treefrog: The Changing Role of Biologists in an Era of Amphibian Declines and Extinctions”, *Herpetological Review* 42, 2011, p. 21-25.

11 Malcolm L. McCallum. “Amphibian Decline or Extinction? Current Declines Dwarf Background Extinction Rates”, *Journal of Herpetology* 41, 2007, p. 483-91.

12 Michael Hoffmann et al. “The Impact of Conservation on the Status of the World’s Vertebrates”, *Science* 330, 2010, p. 1503-9. Ver também *Spineless — Status and Trends of the World’s Invertebrates*, um relatório da Sociedade Zoológica de Londres publicado

em 31 de agosto de 2012.

CAPÍTULO II: OS MOLARES DO MASTODONTE

1 Paul Semonin. *American Monster: How the Nation's First Prehistoric Creature Became a Symbol of National Identity*. Nova York: New York University Press, 2000, p. 15.

2 Frank H. Severance. *An Old frontier of France: The Niagara Region and Adjacent Lakes under French Control*. Nova York: Dodd, 1917, p. 320.

3 Citação do livro de Claudine Cohen. *The Fate of the Mammoth: Fossils, Myth, and History*. Chicago: University of Chicago Press, 2002, p. 90.

4 Citação do livro de Semonin, *American Monster*, p. 147-48.

5 Cohen, *The Fate of the Mammoth*, p. 98.

6 Citação do livro de Dorinda Outram, *Georges Cuvier: Vocation, Science and Authority in Post- Revolutionary France*. Manchester, Inglaterra: Manchester University Press, 1984, p. 13.

7 Citação do livro de Martin J. S. Rudwick, *Bursting the Limits of Time: The Reconstruction of Geohistory in the Age of Revolution*. Chicago: University of Chicago Press, 2005, p. 355.

8 Rudwick, *Bursting the Limits of Time*, p. 361.

9 Georges Cuvier e Martin J. S. Rudwick. *Georges Cuvier, Fossil Bones, and Geological Catastrophes: New Translations and Interpretation of the Primary Texts*. Chicago, University of Chicago Press, 1997, p. 19.

10 Citação do livro de Stephen Jay Gould, *The Panda's Thumb: More Reflections in Natural History*. Nova York: Norton, 1980, p. 146.

11 Cuvier e Rudwick, *Fossil Bones*, p. 49.

12 Ibidem, p. 56.

13 Rudwick, *Bursting the Limits of Time*, p. 501.

14 Charles Coleman Sellers. *Mr. Peale's Museum: Charles Willson Peale and the First Popular Museum of Natural Science and Art*. Nova York: Norton, 1980, p. 142.

15 Charles Willson Peale. *The Selected Papers of Charles Willson Peale and His Family*. Organizado por Lillian B. Miller, Sidney Hart e David C. Ward, vol. 2, pt. 1. New Haven, Conn.: Yale University Press, 1988, p. 408.

16 Ibidem, vol. 2, pt. 2, p. 1189.

17 Ibidem, vol. 2, pt. 2, p. 1201.

18 Citação do livro de Toby A. Appel, *The Cuvier-Geoffroy Debate: French Biology in the*

Decades before Darwin. Nova York: Oxford University Press, 1987, p. 192.

19 Citação do livro de Martin J. S. Rudwick, *Worlds Before Adam: The Reconstruction of Geohistory in the Age of Reform*. Chicago: University of Chicago Press, 2008, p. 32.

20 Cuvier and Rudwick, *Fossil Bones*, p. 217.

21 Citação do livro de Richard Wellington Burkhardt, *The Spirit of System: Lamarck and Evolutionary Biology*. Cambridge, MA: Harvard University Press, 1977, p. 199.

22 Cuvier e Rudwick, *Fossil Bones*, p. 229.

23 Rudwick, *Bursting the Limits of Time*, p. 389.

24 Cuvier e Rudwick, *Fossil Bones*, p. 228.

25 Georges Cuvier. “Elegy of Lamarck”, *Edinburgh New Philosophical Journal* 20, 1836, p. 1-22.

26 Cuvier e Rudwick, *Fossil Bones*, p. 190.

27 Ibidem, p. 261.

CAPÍTULO III: O PINGUIM ORIGINAL

1 Rudwick, *Worlds Before Adam*, p. 358.

2 Leonard G. Wilson. “Lyell: The Man and His Times”, em *Lyell: The Past Is the Key to the Present*, organizado por Derek J. Blundell e Andrew C. Scott. Bath, Inglaterra: Geological Society, 1998, p. 21.

3 Charles Lyell. *Life, Letters and Journals of Sir Charles Lyell*, organizado por Mrs. Lyell, vol. 1. Londres: John Murray, 1881, p. 249.

4 Charles Lyell. *Principles of Geology*, vol. 1. Chicago: University of Chicago Press, 1990, p. 123.

5 Ibidem, vol. 1, p. 153.

6 Leonard G. Wilson. *Charles Lyell, the Years to 1841: The Revolution in Geology*. New Haven, Conn.: Yale University Press, 1972, p. 344.

7 A. Hallam. *Great Geological Controversies*. Oxford: Oxford University Press, 1983, p. ix.

8 Para uma discussão sobre o significado da caricatura, ver Martin J. S. Rudwick. *Lyell and Darwin, Geologists: Studies in the Earth Sciences in the Age of Reform*. Aldershot, Inglaterra: Ashgate, 2005, p. 537-40.

9 Frank J. Sulloway. “Darwin and His Finches: The Evolution of a Legend”, *Journal of the History of Biology* 15, 1982, p. 1-53.

10 Lyell, *Principles of Geology*, vol. 1, p. 476.

11 Sandra Herbert. *Charles Darwin, Geologist*. Ithaca, NY: Cornell University Press, 2005,

p. 63.

12 Claudio Soto-Azat et al. “The Population Decline and Extinction of Darwin’s Frogs”, *PLOS ONE* 8, 2013.

13 David Dobbs. *Reef Madness: Charles Darwin, Alexander Agassiz, and the Meaning of Coral*. Nova York: Pantheon, 2005. p. 152.

14 Rudwick. *Worlds before Adam*, p. 491.

15 Janet Browne. *Charles Darwin: Voyaging*. Nova York: Knopf, 1995, p. 186.

16 Charles Lyell. *Principles of Geology*, vol. 2. Chicago: University of Chicago Press, 1990, p. 124.

17 Ernst Mayr. *The Growth of Biological Thought: Diversity, Evolution, and Inheritance*. Cambridge, MA.: Belknap Press of Harvard University Press, 1982, p. 407.

18 Charles Darwin. *On the Origin of Species: A Facsimile of the First Edition*. Cambridge, MA.: Harvard University Press, 1964, p. 84.

19 Ibidem, p. 320.

20 Ibidem, p. 320.

21 Ibidem, p. 318.

22 Errol Fuller. *The Great Auk*. Nova York: Abrams, 1999, p. 197.

23 Truls Moum et al. “Mitochondrial DNA Sequence Evolution and Phylogeny of the Atlantic Alcidae, Including the Extinct Great Auk (*Pinguinus impennis*)”, *Molecular Biology and Evolution* 19, 2002, p. 1434-39.

24 Jeremy Gaskell. *Who Killed the Great Auk?.* Oxford: Oxford University Press, 2000, p. 8.

25 Ibidem, p. 9.

26 Citação do livro de Fuller, *The Great Auk*, p. 64.

27 Citação do livro de Gaskell, *Who Killed the Great Auk?*, p.87.

28 Fuller, *The Great Auk*, p. 64.

29 Citação do mesmo livro, p. 65-66.

30 Tim Birkhead. “How Collectors Killed the Great Auk”, *New Scientist* 142, 1994, p. 26.

31 Citação do livro de Gaskell, *Who Killed the Great Auk?*, p. 109.

32 Citado no mesmo livro, p. 37. Gaskell também salienta a contradição na descrição de Audubon.

33 Fuller, *The Great Auk*, p. 228- 29.

34 Alfred Newton. “Abstract of Mr. J. Wolley’s Researches in Iceland Respecting the Gare-Fowl or Great Auk”, *Ibis* 3, 1861, p. 394.

35 Alexander F. R. Wollaston,. *Life of Alfred Newton*. Nova York: E. P. Dutton, 1921, p. 52.

36 Citado no mesmo livro, p. 112.

37 Citado no mesmo livro, p. 121.

38 Muitas, mas não todas, cartas de Darwin encontram-se disponíveis on-line; Elizabeth Smith, do Darwin Correspondence Project, gentilmente efetuou uma busca em todo o banco de dados.

39 Thalia K. Grant e Gregory B. Estes. *Darwin in Galapagos: Footsteps to a New World*. Princeton, NJ: Princeton UniversityPress, 2009, p. 123.

40 Ibidem, p. 122.

41 David Quammen. *The Reluctant Mr. Darwin: An Intimate Portrait of Charles Darwin and the Making of His Theory of Evolution*. Nova York: Atlas Books/Norton, 2006, p. 209.

CAPÍTULO IV: A SORTE DAS AMONITES

1 Walter Alvarez. “Earth History in the Broadest Possible Context,”, Ninety-Seventh Annual Faculty Research Lecture, Universidade da Califórnia em Berkeley, International House, realizada em 29 de abril de 2010.

2 Walter Alvarez. *T. Rex e a cratera da destruição*. Lisboa: Bizâncio, 2000, p. 139.

3 Ibidem, p. 69.

4 Richard Muller. *Nemesis*. Nova York: Weidenfeld and Nicolson, 1988, p. 51.

5 Citado na obra de Charles Officer e Jake Page, “The K-T Extinction”, em *Language of the Earth: A Literary Anthology*, 2ª ed., organizado por Frank H. T. Rhodes, Richard O. Stone e Bruce D. Malamud. Chichester, Inglaterra: Wiley, 2009, p. 183.

6 Citado na matéria de Malcolm W. Browne, “Dinosaur Experts Resist Meteor Extinction Idea”, *The New York Times*, 29 de outubro de 1985.

7 Conselho editorial do *The New York Times*, “Miscasting the Dinosaur’s Horoscope”, *The New York Times*, 2 de abril de 1985.

8 Lyell. *Principles of Geology*, vol. 3. Chicago: University of Chicago Press, 1991, p. 328.

9 David M. Raup. *The Nemesis Affair: A Story of the Death of Dinosaurs and the Ways of Science*. Nova York: Norton, 1986, p. 58.

10 Darwin, em *A origem das espécies*.

11 Idem.

12 George Gaylord Simpson. *Why and How: Some Problems and Methods in Historical Biology*. Oxford: Pergamon Press, 1980, p. 35.

13 Citado em Browne, “Dinosaur Experts Resist Meteor Extinction Idea”.

14 B. F. Bohor et al. “Mineralogic Evidence for an Impact Event at the Cretaceous- Tertiary

Boundary", *Science* 224, 1984, p. 867-69.

15 Neil Landman et al. "Mode of Life and Habitat of Scaphitid Ammonites", *Geobios* 54, 2012, p. 87-98.

16 Correspondência pessoal, Steve D'Hondt, 5 de janeiro de 2012.

17 Nicholas R. Longrich, T. Tokaryk e D. J. Field. "Mass Extinction of Birds at the Cretaceous-Paleogene (K-Pg) Boundary", *Proceedings of the National Academy of Sciences* 108, 2011, p. 15253-7.

18 Nicholas R. Longrich, Bhart-Anjan S. Bhullar e Jacques A. Gauthier. "Mass Extinction of Lizards and Snakes at the Cretaceous-Paleogene Boundary", *Proceedings of the National Academy of Sciences* 109, 2012, p. 21396-401.

19 Kenneth Rose. *The Beginning of the Age of Mammals*. Baltimore: Johns Hopkins University Press, 2006, p. 2.

20 Paul D. Taylor. *Extinctions in the History of Life*. Cambridge: Cambridge University Press, 2004, p. 2.

CAPÍTULO V: BEM-VINDO AO ANTROPOCENO

1 Jerome S. Bruner e Leo Postman. "On the Perception of Incongruity: A Paradigm", *Journal of Personality* 18, 1949, p. 206-23. Agradeço a James Gleick por atrair minha atenção para essa experiência: ver *Chaos: Making a New Science*. Nova York: Viking, 1987, p. 35.

2 Thomas S. Kuhn. *A estrutura das revoluções científicas*. São Paulo: Perspectiva, 2010.

3 Citado em Patrick John Boylan, "William Buckland, 1784-1859: Scientific Institutions, Vertebrate Paleontology and Quaternary Geology". Tese de doutorado, Universidade de Leicester, Inglaterra, 1984, p. 468.

4 William Glen. *Mass Extinction Debates: How Science Works in a Crisis*. Stanford, Califórnia: Stanford University Press, 1994, p. 2.

5 Hallam and Wignall*, Mass Extinctions and Their Aftermath*, p. 4.

6 Richard A. Fortey. *Life: A Natural History of the First Four Billion Years of Life on Earth*. Nova York: Vintage, 1999, p. 135.

7 David M. Raup e J. John Sepkoski Jr. "Periodicity of Extinctions in the Geologic Past", *Proceedings of the National Academy of Sciences* 81, 1984, p. 801-5.

8 Raup, *The Nemesis Affair*, p. 19.

9 Conselho editorial do *New York Times*. "Nemesis of Nemesis", *The New York Times*, 7 de julho de 1985.

10 Luis W. Alvarez, “Experimental Evidence That an Asteroid Impact Led to the Extinction of Many Species 65 Million Years Ago”, *Proceedings of the National Academy of Sciences* 80, 1983, p. 633.

11 Timothy M. Lenton et al. “First Plants Cooled the Ordovician,” *Nature Geoscience* 5, 2012, p. 86-89.

12 Timothy Kearsey et al. “Isotope Excursions and Palaeotemperature Estimates from the Permian/Triassic Boundary in the Southern Alps (Italy)”, *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 279, 2009, p. 29-40.

13 Shu-zhong Shen et al. “Calibrating the End-Permian Mass Extinction”, *Science* 334, 2011, p. 1367-72.

14 Lee R. Kump, Alexander Pavlov e Michael A. Arthur. “Massive Release of Hydrogen Sulfide to the Surface Ocean and Atmosphere During Intervals of Oceanic Anoxia”, *Geology* 33, 2005, p. 397-400.

15 Carl Zimmer. Introdução para a edição em brochura de *T. Rex and the Crater of Doom*. Princeton, NJ: Princeton University Press, 2008, p. xv.

16 Jan Zalasiewicz. *The Earth After Us: What Legacy Will Humans Leave in the Rocks?.* Oxford: Oxford University Press, 2008, p. 89.

17 Ibidem, p. 240.

18 Citado no livro de William Stolzenburg, *Rat Island: Predators in Paradise and the World’s Greatest Wildlife Rescue*. Nova York: Bloomsbury, 2011, p. 21.

19 Terry L. Hunt. “Rethinking Easter Island’s Ecological Catastrophe”, *Journal of Archaeological Science* 34, 2007, p. 485-502.

20 Zalasiewicz, *The Earth After Us*, p. 9.

21 Paul J. Crutzen. “Geology of Mankind”, *Nature* 415, 2002, p. 23.

22 Jan Zalasiewicz et al. “Are We Now Living in the Anthropocene?”, *GSA Today* 18, 2008, p. 6.

CAPÍTULO VI: O MAR AO NOSSO REDOR

1 Jason M. Hall-Spencer et al. “Volcanic Carbon Dioxide Vents Show Ecosystem Effects of Ocean Acidification”, *Nature* 454, 2008, p. 96-99. Detalhes extraídos de tabelas suplementares.

2 Ulf Reibesell, correspondência pessoal, 6 de agosto de 2012.

3 Wolfgang Kiessling e Carl Simpson. “On the Potential for Ocean Acidification to be a General Cause of Ancient Reef Crises”, *Global Change Biology* 17, 2011, p. 56-67.

4 Andrew H. Knoll. “Biomineralization and Evolutionary History”, *Reviews in Mineralogy and Geochemistry* 54, 2003, p. 329-56.

5 Hall-Spencer et al. “Volcanic Carbon Dioxide Vents Show Ecosystem Effects of Ocean Acidification”, *Nature* 454, 2008, p. 96-99.

6 Agradeço a Chris Sabine, do PMEL Carbon Program do NOAA, pelos números atualizados sobre emissões atmosféricas e absorção oceânica de dióxido de carbono.

7 Rachel Carson. *Silent Spring*, 40º aniversário da edição. Boston: Houghton Mifflin, 2002, p. 6.

8 Jennifer Chu. “Timeline of a Mass Extinction”, MIT News Office, publicado on-line em 18 de novembro de 2011.

9 Lee Kump, Timothy Bralower e Andy Ridgwell. “Ocean Acidification in Deep Time”, *Oceanography* 22, 2009, p. 105.

CAPÍTULO VII: VIAJANDO NO ÁCIDO

1 Citação do livro de James Bowen e Margarita Bowen, *The Great Barrier Reef: History, Science, Heritage*. Cambridge: Cambridge University Press, 2002, p. 11.

2 Citado no mesmo livro, p. 2.

3 Dobbs, *Reef Madness*, p. 147-48. Lyell atribuiu equivocadamente a ideia a Adelbert von Chamisso, um naturalista que acompanhou Otto von Kotzebue.

4 Ibidem, p. 256.

5 Charles Sheppard, Simon K. Davy e Graham M. Pilling. *The Biology of Coral Reefs*. Oxford: Oxford University Press, 2009, p. 278.

6 Ove Hoegh-Guldberg et al. “Coral Reefs under Rapid Climate Change and Ocean Acidification”, *Science* 318, 2007, p. 1737-42.

7 Ken Caldeira e Michael E. Wickett. “Anthropogenic Carbon and Ocean pH”, *Nature* 425, 2003, p. 365.

8 Katherina E. Fabricius et al. “Losers and Winners in Coral Reefs Acclimatized to Elevated Carbon Dioxide Concentrations”, *Nature Climate Change* 1, 2011, p. 165-69.

9 J. E. N. Veron. “Is the End in Sight for the World’s Coral Reefs?”, *e360*, publicado on-line em 6 de dezembro de 2010.

10 Glenn De’ath et al. “The 27-Year Decline of Coral Cover on the Great Barrier Reef and Its Causes”, *Proceedings of the National Academy of Sciences* 109, 2012, p. 17995-9.

11 Jacob Silverman et al. “Coral Reefs May Start Dissolving when Atmospheric CO_2 Doubles”, *Geophysical Research Letters* 35, 2009.

12 Laetitia Plaisance et al. “The Diversity of Coral Reefs: What Are We Missing?”, *PLOS ONE* 6, 2011.

13 Kent E. Carpenter et al. “One-Third of Reef-Building Corals Face Elevated Extinction Risk from Climate Change and Local Impacts”, *Science* 321, 2008, p. 560-63.

14 Por June Chilvers, reimpresso no livro de Harold Heatwole, Terence Done e Elizabeth Cameron, *Community Ecology of a Coral Cay: A Study of One-Tree Island, Great Barrier Reef, Australia*. Haia: W. Junk, 1981, p. v.

CAPÍTULO VIII: A FLORESTA E AS ÁRVORES

1 Barry Lopez. *Arctic Dreams*. Nova York: Vintage, 2001 (1986), p. 29.

2 Gordon P. DeWolf. *Native and Naturalized Trees of Massachusetts*. Amherst: Cooperative Extension Service, University of Massachusetts, 1978.

3 John Whitfield. *In the Beat of a Heart: Life, Energy, and the Unity of Nature*. Washington, DC: National Academies Press, 2006, p. 212.

4 Alexander von Humboldt e Aimé Bonpland. *Essay on the Geography of Plants*. Organizado por Stephen T. Jackson, traduzido por Sylvie Romanowski. Chicago: University of Chicago Press, 2008, p. 75.

5 Alexander von Humboldt. *Views of Nature, or, Contemplations on the Sublime Phenomena of Creation with Scientific Illustrations*, traduzido por Elsie C. Otté e Henry George Bohn. Londres: H. G. Bohn, 1850, p. 213-17.

6 Muitas teorias sobre a diversidade latitudinal são resumidas na obra de Gary G. Mittelbach et al., “Evolution and the Latitudinal Diversity Gradient: Speciation, Extinction and Biogeography”, *Ecology Letters* 10, 2007, p. 315-31.

7 Daniel H. Janzen. “Why Mountain Passes Are Higher in the Tropics”, *American Naturalist* 101, 1967, p. 233-49.

8 Alfred R. Wallace. *Tropical Nature and Other Essays*. Londres: Macmillan, 1878, p. 123.

9 Kenneth J. Feeley et al. “Upslope Migration of Andean Trees”, *Journal of Biogeography* 38, 2011, p. 783-91.

10 Alfred R. Wallace. *The Wonderful Century: Its Successes and Its Failures*. Nova York: Dodd, Mead, 1898, p. 130.

11 Darwin, *A origem das espécies*.

12 Rocío Urrutia e Mathias Vuille. “Climate Change Projections for the Tropical Andes Using a Regional Climate Model: Temperature and Precipitation Simulations for the End of the 21st Century”, *Journal of Geophysical Research* 114, 2009.

13 Alessandro Catenazzi et al. “*Batrachochytrium dendrobatidis* and the Collapse of Anuran Species Richness and Abundance in the Upper Manú National Park, Southeastern Peru”, *Conservation Biology* 25, 2011, p. 382-91.

14 Anthony D. Barnosky. *Heatstroke: Nature in an Age of Global Warming*. Washington, DC: Island Press/Shearwater Books, 2009, p. 55-56.

15 Chris D. Thomas et al. “Extinction Risk from Climate Change”, *Nature* 427, 2004, p. 145-48.

16 Chris Thomas. “First Estimates of Extinction Risk from Climate Change,” in *Saving a Million Species: Extinction Risk from Climate Change,* editado por Lee Jay Hannah. Washington, DC: Island Press, 2012, p. 17-18.

17 Aradhna K. Tripati, Christopher D. Roberts e Robert E. Eagle. “Coupling of CO_2 and Ice Sheet Stability over Major Climate Transitions of the Last 20 Million Years”, *Science* 326, 2009, p. 1394-97.

CAPÍTULO IX: ILHAS EM TERRA FIRME

1 Jeff Tollefson. “Splinters of the Amazon”, *Nature* 496, 2013, p. 286.

2 Idem.

3 Roger LeB. Hooke, José F. Martín-Duque e Javier Pedraza. “Land Transformation by Humans: A Review”, *GSA Today* 22, 2012, p. 4-10.

4 Erle C. Ellis e Navin Ramankutty. “Putting People in the Map: Anthropogenic Biomes of the World”, *Frontiers in Ecology and the Environment* 6, 2008, p. 439-47.

5 Richard O. Bierregard et al. *Lessons from Amazonia: The Ecology and Conservation of a Fragmented Forest*. New Haven, Conn.: Yale University Press, 2001, p. 41.

6 Jared Diamond. “The Island Dilemma: Lessons of Modern Biogeographic Studies for the Design of Natural Reserves”, *Biological Conservation* 7, 1975, p. 129-46.

7 Jared Diamond. “‘Normal’ Extinctions of Isolated Populations”, em *Extinctions*, organizado por Matthew H. Nitecki. Chicago: University of Chicago Press, 1984, p. 200.

8 Susan G. W. Laurance et al. “Effects of Road Clearings on Movement Patterns of Understory Rainforest Birds in Central Amazonia”, *Conservation Biology* 18, 2004, p. 1099-109.

9 E. O. Wilson. *The Diversity of Life*. Nova York: Norton, 1993 (1992), p. 3-4.

10 Carl W. Rettenmeyer et al. “The Largest Animal Association Centered on One Species: The Army Ant *Eciton burchellii* and Its More Than 300 Associates”, *Insectes Sociaux* 58, 2011, p. 281-92.

11 Idem.

12 Terry L. Erwin. “Tropical Forests: Their Richness in Coleoptera and Other Arthropod Species”, *Coleopterists Bulletin* 36, 1982, p. 74-75.

13 Andrew J. Hamilton et al. “Quantifying Uncertainty in Estimation of Tropical Arthropod Species Richness”, *American Naturalist* 176, 2010, p. 90-95.

14 E. O. Wilson. “Threats to Biodiversity”, *Scientific American,* setembro de 1989, p. 108-16.

15 John H. Lawton e Robert M. May. *Extinction Rates*. Oxford: Oxford University Press, 1995, p. v.

16 “Spineless: Status and Trends of the World’s Invertebrates”, publicado on-line em 31 de julho de 2012, 17.

17 Thomas E. Lovejoy. “Biodiversity: What Is It?”, em *Biodiversity II: Understanding and Protecting Our Biological Resources*, editado por Marjorie L. Kudla, Don E. Wilson e E. O. Wilson. Washington, DC: Joseph Henry Press, 1997, p. 12.

CAPÍTULO X: A NOVA PANGEIA

1 Charles Darwin, carta para J. D. Hooker, 19 de abril de 1855, Darwin Correspondence Project, Cambridge University.

2 Charles Darwin, carta para o *Gardeners’ Chronicle*, 21 de maio de 1855, Darwin Correspondence Project, Cambridge University.

3 Darwin, *A origem das espécies*.

4 Idem.

5 Alfred Wegener. *The Origin of Continents and Oceans*, traduzido por John Biram. Nova York: Dover, 1966, p. 17.

6 Mark A. Davis. *Invasion Biology.* Oxford: Oxford University Press, 2009, p. 22.

7 Anthony Ricciardi. “Are Modern Biological Invasions an Unprecedented Form of Global Change?”, *Conservation Biology* 21, 2007, p. 329-36.

8 Randall Jarrell e Maurice Sendak. *The Bat-Poet*. Nova York: HarperCollins, 1996 (1964), p. 1.

9 Paul M. Cryan et al. “Wing Pathology of White-Nose Syndrome in Bats Suggests Life-Threatening Disruption of Physiology”, *BMC Biology* 8, 2010.

10 Este relato sobre a expansão do besouro-japonês é extraído de Charles S. Elton, *The Ecology of Invasions by Animals and Plants*. Chicago: University of Chicago Press, 2000 (1958), p. 51-53.

11 Jason van Driesche e Roy van Driesche. *Nature out of Place: Biological Invasions in the Global Age*. Washington, DC: Island Press, 2000, p. 91.

12 As informações sobre os caramujos terrestres do Havaí foram extraídas do trabalho de Christen Mitchell et al., *Hawaii's Comprehensive Wildlife Conservation Strategy*. Honolulu: Department of Land and Natural Resources, 2005.

13 David Quammen. *The Song of the Dodo: Island Biogeography in an Age of Extinctions*. Nova York: Scribner, 2004 (1996), p. 333.

14 Van Driesche e Van Driesche, *Nature out of Place*, p. 123.

15 George H. Hepting. "Death of the American Chestnut", *Forest and Conservation History* 18, 1974, p. 60.

16 Paul Somers. "The Invasive Plant Problem", disponível em: <www.mass.gov/eea/docs/dfg/nhesp/land-protection-and-management/invasive-plant-problem.pdf>.

17 John C. Maerz, Victoria A. Nuzzo e Bernd Blossey. "Declines in Woodland Salamander Abundance Associated with Non-Native Earthworm and Plant Invasions", *Conservation Biology* 23, 2009, p. 975-81.

18 "Operation Toad Day Out: Tip Sheet", Prefeitura de Townsville, disponível em: <www.townsville.qld.gov.au/resident/pests/Documents/TDO%202012Tip%20Sheet.pdf>.

19 Steven L. Chown et al. "Continent-wide Risk Assessment for the Establishment of Nonindigenous Species in Antarctica", *Proceedings of the National Academy of Sciences* 109, 2012, p. 4938-43.

20 Alan Burdick. *Out of Eden: An Odyssey of Ecological Invasion*. Nova York: Farrar, Straus and Giroux, 2005, p. 29.

21 Jennifer A. Leonard et al. "Ancient DNA Evidence for Old World Origin of New World Dogs", *Science* 298, 2002, p. 1613-16.

22 Citação extraída do livro de Kim Todd, *Tinkering with Eden: A Natural History of Exotics in America.* Nova York: Norton, 2001, p. 137-38.

23 Peter T. Jenkins. "Pet Trade", em *Encyclopedia of Biological Invasions*, organizado por Daniel Simberloff e Marcel Rejmánek. Berkeley: University of California Press, 2011, p. 539-43.

24 Gregory M. Ruiz et al. "Invasion of Coastal Marine Communities of North America: Apparent Patterns, Processes, and Biases", *Annual Review of Ecology and Systematics* 31, 2000, p. 481-531.

25 Van Driesche e Van Driesche, *Nature out of Place*, p. 46.

26 Elton, *The Ecology of Invasions by Animals and Plants*, p. 50-51.

27 James H. Brown. *Macroecology*. Chicago: University of Chicago Press, 1995, p. 220.

CAPÍTULO XI: O RINOCERONTE FAZ UMA ULTRASSONOGRAFIA

1 Ludovic Orlando et al. “Ancient DNA Analysis Reveals Woolly Rhino Evolutionary Relationships”, *Molecular Phylogenetics and Evolution* 28, 2003, p. 485-99.

2 E. O. Wilson. *The Future of Life*. Nova York: Vintage, 2003 (2002), p. 80.

3 Adam Welz. “The Dirty War Against Africa’s Remaining Rhinos”, *e360*, publicado on-line em 27 de novembro de 2012.

4 Fiona Maisels et al. “Devastating Decline of Forest Elephants in Central Africa”, *PLOS ONE* 8, 2013.

5 Thomas Lovejoy. “A Tsunami of Extinction”, *Scientific American*, dez. 2012, p. 33-34.

6 Tim F. Flannery. *The Future Eaters*: *An Ecological History of the Australasian Lands and People*. Nova York: G. Braziller, 1995, p. 55.

7 Valérie A. Olson e Samuel T. Turvey. “The Evolution of Sexual Dimorphism in New Zealand Giant Moa (*Dinornis*) and Other Ratites”, *Proceedings of the Royal Society B* 280, 2013.

8 Alfred Russel Wallace. *The Geographical Distribution of Animals with a Study of the Relations of Living and Extinct Faunas as Elucidating the Past Changes of the Earth’s Surface*, vol. 1. Nova York: Harper and Brothers, 1876, p. 150.

9 Robert Morgan, “Big Bone Lick”, disponível em: <www.big-bone-lick.com/2011/10/>.

10 Charles Lyell. *Travels in North America, Canada, and Nova Scotia with Geological Observations,* 2ª edição. Londres: J. Murray, 1855, p. 67.

11 Charles Lyell. *Geological Evidences of the Antiquity of Man*, *with Remarks on Theories of the Origin of Species by Variation*, 4ª edição, revista. Londres: J. Murray, 1873, p. 189.

12 Citação extraída da obra de Donald K. Grayson. “Nineteenth Century Explanations”, em *Quaternary Extinctions: A Prehistoric Revolution*, organizado por Paul S. Martin e Richard G. Klein. Tucson: University of Arizona Press, 1984, p. 32.

13 Wallace, *The Geographical Distribution of Animals*, p. 150-51.

14 Alfred R. Wallace. *The World of Life: A Manifestation of Creative Power, Directive Mind and Ultimate Purpose*. Nova York: Moffat, Yard, 1911, p. 264.

15 Paul S. Martin. “Prehistoric Overkill”, em *Pleistocene Extinctions: The Search for a*

Cause, organizado por Paul S. Martin e H. E. Wright. New Haven, Conn.: Yale University Press, 1967, p. 115.

16 Jared Diamond. *Guns, Germs, and Steel: The Fates of Human Societies*. Nova York: Norton, 1997, p. 43.

17 Susan Rule et al. “The Aftermath of Megafaunal Extinction: Ecosystem Transformation in Pleistocene Australia”, *Science* 335, 2012, p. 1483-86.

18 John Alroy. “A Multispecies Overkill Simulation of the End-Pleistocene Megafaunal Mass Extinction”, *Science* 292, 2001, p. 1893-6.

19 John Alroy. “Putting North America’s End-Pleistocene Megafaunal Extinction in Context”, em *Extinctions in Near Time: Causes, Contexts, and Consequences*, organizado por Ross D. E. MacPhee. Nova York: Kluwer Academic/Plenum, 1999, p. 138.

CAPÍTULO XII: O GENE DA LOUCURA

1 Charles Darwin. *The Descent of Man*. Nova York: Penguin, 2004 (1871), p. 75.

2 James Shreeve. *The Neandertal Enigma: Solving the Mystery of Human Origins*. Nova York: William Morrow, 1995, p. 38.

3 Marcellin Boule. *Fossil Men; Elements of Human Palaeontology*, traduzido por Jessie Elliot Ritchie e James Ritchie. Edimburgo: Oliver and Boyd, 1923, p. 224.

4 William L. Straus Jr. e A. J. E. Cave. “Pathology and the Posture of Neanderthal Man”, *Quarterly Review of Biology* 32, 1957, p. 348-63.

5 Ray Solecki. *Shanidar, the First Flower People*. Nova York: Knopf, 1971, p. 250.

6 Richard E. Green et al. “A Draft Sequence of the Neanderthal Genome”, *Science* 328, 2010, p. 710-22.

7 E. Herrmann et al. “Humans Have Evolved Specialized Skills of Social Cognition: The Cultural Intelligence Hypothesis”, *Science* 317, 2007, p. 1360-66.

8 David Reich et al. “Genetic History of an Archaic Hominin Group from Denisova Cave in Siberia”, *Nature* 468, 2010, p. 1053-60.

CAPÍTULO XIII: A COISA COM PENAS

1 Jonathan Schell. *The Fate of the Earth*. Nova York: Knopf, 1982, p. 21.

2 Carson, *Silent Spring*, p. 296.

3 Michael Benton. “Paleontology and the History of Life”, em *Evolution: The First Four Billion Years*, organizado por Michael Ruse e Joseph Travis. Cambridge, MA: Belknap Press of Harvard University Press, 2009, p. 84.

4 Richard E. Leakey e Roger Lewin. *The Sixth Extinction: Patterns of Life and the Future of Humankind*. Nova York: Anchor, 1996 (1995), p. 249.

5 Annalee Newitz. *Scatter, Adapt, and Remember: How Humans Will Survive a Mass Extinction*. Nova York: Doubleday, 2013, p. 263.

BIBLIOGRAFIA SELECIONADA

ALROY, John. “A Multispecies Overkill Simulation of the End-Pleistocene Megafaunal Mass Extinction”. *Science* 292, 2001, p. 1893-96.

ALVAREZ, Luis W. “Experimental Evidence That an Asteroid Impact Led to the Extinction of Many Species 65 Million Years Ago”. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, vol. 80, 1983, p. 627-42.

ALVAREZ, Luis W.; Alvarez, W.; Asaro, F. Asaro; e Michel, H. V. “Extraterrestrial Cause for the Cretaceous-Tertiary Extinction”. *Science*, vol. 208, 1980, p. 1095-108.

ALVAREZ, Walter. *T. Rex and the Crater of Doom*. Princeton, NJ: Princeton University Press, 1997.

_____. “Earth History in the Broadest Possible Context”. 97ª Palestra Anual de Pesquisa Acadêmica. Universidade da Califórnia, California, Berkeley, International House, ministrada em 29 de abril de 2010.

APPEL, Toby A. *The Cuvier-Geoffroy Debate: French Biology in the Decades Before Darwin*. Nova York: Oxford University Press, 1987.

BARNOSKY, Anthony D. “Megafauna Biomass Tradeoff as a Driver of Quaternary and Future Extinctions”. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, vol. 105, 2008, p. 11543-48.

_____. *Heatstroke: Nature in an Age of Global Warming*. Washington, DC: Island Press/Shearwater Books, 2009.

BENTON, Michael J. *When Life Nearly Died: The Greatest Mass Extinction of All Time*. Nova York: Thames and Hudson, 2003.

BIERREGAARD, Richard O. et al. *Lessons from Amazonia: The Ecology and Conservation of a Fragmented Forest*. New Haven, Connecticut: Yale University Press, 2001.

BIRKHEAD, Tim. “How Collectors Killed the Great Auk”. *New Scientist* n. 142, 1994, p. 24-27.

BLUNDELL, Derek J. e Andrew C. Scott, orgs. *Lyell: The Past Is the Key to the Present*. Londres: Geological Society, 1998.

BOHOR, B. F. et al. “Mineralogic Evidence for an Impact Event at the Cretaceous-Tertiary Boundary”. *Science*, vol. 224, 1984, p. 867-69.

BOULE, Marcellin. *Fossil Men: Elements of Human Palaeontology*. Traduzido por Jessie J. Elliot Ritchie e James Ritchie. Edimburgo: Oliver and Boyd, 1923.

BOWEN, James e Bowen, Margarita. *The Great Barrier Reef: History, Science, Heritage*. Cambridge: Cambridge University Press, 2002.

BROWN, James H. *Macroecology*. Chicago: University of Chicago Press, 1995.

BROWNE, Janet. *Charles Darwin: Voyaging*. Nova York: Knopf, 1995.

_____. *Charles Darwin: The Power of Place.* Nova York: Knopf, 2002.

BROWNE, Malcolm W. “Dinosaur Experts Resist Meteor Extinction Idea”. *The New York Times*, 20 de outubro de 1985.

BUCKLAND, William. *Geology and Mineralogy Considered with Reference to Natural Theology*. Londres: W. Pickering, 1836.

BURDICK, Alan. *Out of Eden: An Odyssey of Ecological Invasion*. Nova York: Farrar, Straus and Giroux, 2005.

BURKHARDT, Richard Wellington. *The Spirit of System: Lamarck and Evolutionary Biology*. Cambridge, Massachusetts: Harvard University Press, 1977.

BUTLIN, Roger; Briddle, Jon e Schluter, Dolph, orgs. *Speciation and Patterns of Diversity*. Cambridge: Cambridge University Press, 2009.

CALDEIRA, Ken e Wickett, Michael E. "Anthropogenic Carbon and Ocean pH". *Nature*, vol. 425, 2003, p. 365.

CARPENTER, Kent E. et al. "One-Third of Reef- Building Corals Face Elevated Extinction Risk from Climate Change and Local Impacts". *Science*, vol. 321, 2008, p. 560-63.

CARSON, Rachel. *Silent Spring*. Edição comemorativa do 40º aniversário da edição. Boston: Houghton Mifflin, 2002.

_____. *The Sea Around Us.* Reedição, Nova York: Signet, 1961.

CATENAZZI, Alessandro et al. "*Batrachochytrium dendrobatidis* and the Collapse of Anuran Species Richness and Abundance in the Upper Manú National Park, Southeastern Peru". *Conservation Biology*, vol. 25, 2011, p. 382-91.

CHOWN, Steven L. et al. "Continent-wide Risk Assessment for the Establishment of Nonindigenous Species in Antarctica". *Proceedings of the National Academy of Sciences*, vol. 109, 2012, p. 4938-43.

CHU, Jennifer. "Timeline of a Mass Extinction". MIT News Office, publicado on-line em 8 de novembro de 2011.

COHEN, Claudine. *The Fate of the Mammoth: Fossils, Myth, and History*. Chicago: University of Chicago Press, 2002.

COLEMAN, William. *Georges Cuvier, Zoologist: A Study in the History of Evolution Theory*. Cambridge, Massachusetts: Harvard University Press, 1964.

COLLEN, Ben; Böhm, Monika; Kemp, Rachael e Baillie, Jonathan E. M., orgs. *Spineless: Status and Trends of the World's Invertebrates*. Londres: Zoological Society, 2012.

COLLINGE, Sharon K. *Ecology of Fragmented Landscapes*. Baltimore: Johns Hopkins University Press, 2009.

COLLINS, James P. e Crump, Martha L. *Extinctions in Our Times: Global Amphibian Decline*. Oxford: Oxford University Press, 2009.

CRUMP, Martha L. *In Search of the Golden Frog*. Chicago: University of Chicago Press, 2000.

CRUTZEN, Paul J. "Geology of Mankind". *Nature*, vol. 415, 2002, p. 23.

CRYAN, Paul M. et al. "Wing Pathology of White-Nose Syndrome in Bats Suggests Life-Threatening Disruption of Physiology". *BMC Biology*, vol. 8, 2010.

CUVIER, Georges e Rudwick, Martin J. S. *Georges Cuvier, Fossil Bones, and Geological Catastrophes: New Translations and Interpretations of the Primary Texts*. Chicago: University of Chicago Press, 1997.

DARWIN, Charles. *The Structure and Distribution of Coral Reefs*. 3ª ed. Nova York: D. Appleton, 1897.

_____. *On the Origin of Species: A Facsimile of the First Edition*. Cambridge, Massachusetts: Harvard University Press, 1964.

_____. *The Autobiography of Charles Darwin, 1809-1882: With Original Omissions Restored*. Nova York: Norton, 1969.

_____. *The Works of Charles Darwin.* Vol. 1, *Diary of the Voyage of H.M.S.* Beagle. Organizado por Paul H. Barrett e R. B. Freeman. Nova York: New York University Press,

1987.
_____. *The Works of Charles Darwin.* Vol. 2, *Journal of Researches*. Organizado por Paul H. Barrett e R. B. Freeman. Nova York: New York University Press, 1987.
_____. *The Works of Charles Darwin.* Vol. 3, *Journal of Researches*, parte 2. Organizado por Paul H. Barrett e R. B. Freeman. Nova York: New York University Press, 1987.
_____. *The Descent of Man*. Nova York: Penguin, 2004 (1871).
DAVIS, Mark A. *Invasion Biology*. Oxford: Oxford University Press, 2009.
DE'ATH, Glenn et al. "The 27-Year Decline of Coral Cover on the Great Barrier Reef and Its Causes". *Proceedings of the National Academy of Sciences*, vol. 109, 2012, p. 17995-99.
DEWOLF, Gordon P. *Native and Naturalized Trees of Massachusetts*. Amherst: Cooperative Extension Service, University of Massachusetts, 1978.
DIAMOND, Jared. "The Island Dilemma: Lessons of Modern Biogeographic Studies for the Design of Natural Reserves". *Biological Conservation*, vol. 7, 1975, p. 129-46.
_____. *Guns, Germs, and Steel: The Fates of Human Societies*. Nova York: Norton, 2005.
DOBBS, David. *Reef Madness: Charles Darwin, Alexander Agassiz, and the Meaning of Coral*. Nova York: Pantheon, 2005.
ELLIS, Erle C. e Ramankutty, Navin. "Putting People in the Map: Anthropogenic Biomes of the World". *Frontiers in Ecology and the Environment*, vol. 6, 2008, p. 439-47.
ELTON, Charles S. *The Ecology of Invasions by Animals and Plants*. Chicago: University of Chicago Press, 2000 (1958).
ERWIN, Douglas H. *Extinction: How Life on Earth Nearly Ended 250 Million Years Ago*. Princeton, Nova Jersey: Princeton University Press, 2006.
ERWIN, Terry L. "Tropical Forests: Their Richness in Coleoptera and Other Arthropod Species". *Coleopterists Bulletin*, vol. 36, 1982, p. 74-75.
FABRICIUS, Katherina E. et al. "Losers and Winners in Coral Reefs Acclimatized to Elevated Carbon Dioxide Concentrations". *Nature Climate Change*, vol. 1, 2011, p. 165-69.
FEELEY, Kenneth J. et al. "Upslope Migration of Andean Trees". *Journal of Biogeography*, vol. 38, 2011, p. 783-91.
FEELEY, Kenneth J. e Silman, Miles R. "Biotic Attrition from Tropical Forests Correcting for Truncated Temperature Niches". *Global Change Biology*, vol. 16, 2010, p. 1830-36.
FLANNERY, Tim F. *The Future Eaters: An Ecological History of the Australasian Lands and People*. Nova York: G. Braziller, 1995.
FORTEY, Richard A. *Life: A Natural History of the First Four Billion Years of Life on Earth*. Nova York: Vintage, 1999.
FULLER, Errol. *The Great Auk*. Nova York: Abrams, 1999.
GASKELL, Jeremy. *Who Killed the Great Auk?.* Oxford: Oxford University Press, 2000.
GATTUSO, Jean-Pierre e Hansson, Lina, orgs. *Ocean Acidification*. Oxford: Oxford University Press, 2011.
GLEICK, James. *Chaos: Making a New Science*. Nova York: Viking, 1987.
GLEN, William, org. *The Mass-Extinction Debates: How Science Works in a Crisis*. Stanford, Califórnia: Stanford University Press, 1994.
GOODELL, Jeff. *How to Cool the Planet: Geoengineering and the Audacious Quest to Fix Earth's Climate*. Boston: Houghton Mifflin Harcourt, 2010.
GOULD, Stephen Jay. *The Panda's Thumb: More Reflections in Natural History*. Nova York:

Norton, 1980.
GRANT, K. Thalia e Estes, Gregory B. *Darwin in Galapagos: Footsteps to a New World*. Princeton, Nova Jersey: Princeton University Press, 2009.
GRAYSON, Donald K. e Meltzer, David J. "A Requiem for North American Overkill". *Journal of Archaeological Science*, vol. 30, 2003, p. 585-93.
GREEN, Richard E. et al. "A Draft Sequence of the Neandertal Genome". *Science*, vol. 328, 2010, p. 710-22.
HALLAM, A. *Great Geological Controversies*. Oxford: Oxford University Press, 1983.
HALLAM, A. e Wignall, P. B. *Mass Extinctions and Their Aftermath*. Oxford: Oxford University Press, 1997.
HALL-SPENCER, Jason M. et al. "Volcanic Carbon Dioxide Vents Show Ecosystem Effects of Ocean Acidification". *Nature*, vol. 454, 2008, p. 96-99.
HAMILTON, Andrew J. et al. "Quantifying Uncertainty in Estimation of Tropical Arthropod Species Richness". *American Naturalist*, vol. 176, 2010, p. 90-95.
HANNAH, Lee Jay, org. *Saving a Million Species: Extinction Risk from Climate Change*. Washington, D.C.: Island Press, 2012.
HAYNES, Gary, org. *American Megafaunal Extinctions at the End of the Pleistocene*. Dordrecht: Springer, 2009.
HEATWOLE, Harold; Done, Terence Done; e Cameron, Elizabeth. *Community Ecology of a Coral Cay: A Study of One Tree Island, Great Barrier Reef, Australia*. Haia: W. Junk, 1981.
HEDEEN, Stanley. *Big Bone Lick: The Cradle of American Paleontology*. Lexington: University Press of Kentucky, 2008.
HEPTING, George H. "Death of the American Chestnut". *Forest and Conservation History*, vol. 18, 1974, p. 60-67.
HERBERT, Sandra. *Charles Darwin, Geologist.* Ithaca, NY: Cornell University Press, 2005.
HERRMANN, E. et al. "Humans Have Evolved Specialized Skills of Social Cognition: The Cultural Intelligence Hypothesis". *Science*, vol. 317, 2007, p. 1360-66.
HOEGH-GULDBERG, Ove et al. "Coral Reefs under Rapid Climate Change and Ocean Acidification". *Science*, vol. 318, 2007, p. 1737-42.
HOFFMANN, Michael et al. "The Impact of Conservation on the Status of the World's Vertebrates". *Science*, vol. 330, 2010, p. 1503-09.
HOLDAWAY, Richard N. e Jacomb, Christopher. "Rapid Extinction of the Moas (*Aves: Dinornithiformes*): Model, Test, and Implications". *Science*, vol. 287, 2000, p. 2250-54.
HOOKE, Roger; Martín-Duque, José F. e Pedraza, Javier. "Land Transformation by Humans: A Review". *GSA Today*, vol. 22, 2012, p. 4-10.
HUGGETT, Richard J. *Catastrophism: Systems of Earth History*. Londres: E. Arnold, 1990.
HUMBOLDT, Alexander von. *Views of Nature, or, Contemplations on the Sublime Phenomena of Creation with Scientific Illustrations*. Traduzido por Elsie C. Otté e Henry George Bohn. Londres: H. G. Bohn, 1850.
HUMBOLDT, Alexander von e Bonpland, Aimé. *Essay on the Geography of Plants*. Organizado por Stephen T. Jackson. Traduzido por Sylvie Romanowski. Chicago: University of Chicago Press, 2008.
HUNT, Terry L. "Rethinking Easter Island's Ecological Catastrophe". *Journal of Archaeological Science*, vol. 34, 2007, p. 485-502.
HUTCHINGS, P. A.; Kingsford, Michael e Hoegh-Guldberg, Ove, orgs. *The Great Barrier Reef: Biology, Environment and Management*. Collingwood, Austrália: CSIRO, 2008.
JANZEN, Daniel H. "Why Mountain Passes Are Higher in the Tropics". *American Naturalist*,

vol. 101, 1967, p. 233-49.
JARRELL, Randall e Sendak, Maurice. *The Bat-Poet*. Nova York: HarperCollins, 1996 (1964).
JOHNSON, Chris. *Australia's Mammal Extinctions: A 50,000 Year History*. Cambridge: Cambridge University Press, 2006.
KIESSLING, Wolfgang e Simpson, Carl. "On the Potential for Ocean Acidification to Be a General Cause of Ancient Reef Crises". *Global Change Biology*, vol. 17, 2011, p. 56-67.
KNOLL, A. H. "Biomineralization and Evolutionary History". *Reviews in Mineralogy and Geochemistry*, vol. 54, 2003, p. 329-56.
KUDLA, Marjorie L.; Wilson, Don E.e Wilson, E. O., orgs. *Biodiversity II: Understanding and Protecting Our Biological Resources*. Washington, DC: Joseph Henry Press, 1997.
KUHN, Thomas S. *Estrutura das revoluções científicas*. São Paulo: Perspectiva, 2010.
KUMP, Lee; Bralower, Timothy; e Ridgewell, Andy. "Ocean Acidification in Deep Time". *Oceanography*, vol. 22, 2009, p. 94-107.
KUMP, Lee R.; Pavlov, Alexander; e Arthur, Michael A. "Massive Release of Hydrogen Sulfide to the Surface Ocean and Atmosphere During Intervals of Oceanic Anoxia". *Geology*, vol. 33, 2005, p. 397.
LANDMAN, Neil et al. "Mode of Life and Habitat of Scaphitid Ammonites". *Geobios*, vol. 54, 2012, p. 87-98.
LAURANCE, Susan G. W. et al. "Effects of Road Clearings on Movement Patterns of Understory Rainforest Birds in Central Amazonia". *Conservation Biology*, vol. 18, 2004, p. 1099-109.
LAWTON, John H. e May, Robert M. *Extinction Rates*. Oxford: Oxford University Press, 1995.
LEAKEY, Richard E. e Lewin, Roger. *The Sixth Extinction: Patterns of Life and the Future of Humankind*. Nova York: Anchor, 1996 (1995).
LEE, R. *Memoirs of Baron Cuvier*. Nova York: J. and J. Harper, 1833.
LENTON, Timothy M. et al. "First Plants Cooled the Ordovician". *Nature Geoscience*, vol. 5, 2012, p. 86-9.
LEVY, Sharon. *Once and Future Giants: What Ice Age Extinctions Tell Us about the Fate of Earth's Largest Animals*. Oxford: Oxford University Press, 2011.
LONGRICH, Nicholas R.; Bhullar, Bhart-Anjan S. e; Gauthier, Jacques A. "Mass Extinction of Lizards and Snakes at the Cretaceous-Paleogene Boundary". *Proceedings of the National Academy of Sciences*, vol. 109, 2012, p. 21396-401.
LONGRICH, Nicholas R., T. Tokaryk; e D. J. Field. "Mass Extinction of Birds at the Cretaceous-Paleogene (K-Pg) Boundary". *Proceedings of the National Academy of Sciences*, vol. 108, 2011, p. 15253-57.
LOPEZ, Barry. *Arctic Dreams*. Nova York: Vintage, 2001 (1986).
LOVEJOY, Thomas. "A Tsunami of Extinction". *Scientific American*, dez. 2012, p. 33-34.
LYELL, Charles. *Travels in North America, Canada, and Nova Scotia with Geological Observations*. 2ª ed. Londres: J. Murray, 1855.
_____. *Geological Evidences of the Antiquity of Man; with Remarks on Theories of the Origin of Species by Variation.* 4ª ed, revista. Londres: Murray, 1873.
_____. *Life, Letters and Journals of Sir Charles Lyell*, organizado por Mrs. Lyell. Londres: J. Murray, 1881.
_____. *Principles of Geology*. Vol. 1. Chicago: University of Chicago Press, 1990.
_____. *Principles of Geology.* Vol. 2. Chicago: University of Chicago Press, 1990.

_____. *Principles of Geology.* Vol. 3. Chicago: University of Chicago Press, 1991.
MacPHEE, R. D. E., ed. *Extinctions in Near Time: Causes, Contexts, and Consequences*. Nova York: Kluwer Academic/Plenum, 1999.
MAERZ, John C.; Nuzzo, Victoria A.; e Blossey, Bernd. "Declines in Woodland Salamander Abundance Associated with Non-Native Earthworm and Plant Invasions". *Conservation Biology*, vol. 23, 2009, p. 975-81.
MAISELS, Fiona et al. "Devastating Decline of Forest Elephants in Central Africa". *PLOS ONE*, vol. 8, 2013.
MARTIN, Paul S. e Klein, Richard G., orgs. *Quaternary Extinctions: A Prehistoric Revolution*. Tucson: University of Arizona Press, 1984.
MARTIN, Paul S. e Wright, H. E., orgs. *Pleistocene Extinctions: The Search for a Cause.* New Haven, Connecticut: Yale University Press, 1967.
MARVIN, Ursula B. *Continental Drift: The Evolution of a Concept*. Washington, DC: Smithsonian Institution Press (distribuído por G. Braziller), 1973.
MAYR, Ernst. *The Growth of Biological Thought: Diversity, Evolution, and Inheritance*. Cambridge, Massachusetts: Belknap Press of Harvard University Press, 1982.
MCCALLUM, Malcolm L. "Amphibian Decline or Extinction? Current Declines Dwarf Background Extinction Rates". *Journal of Herpetology*, vol. 41, 2007, p. 483-91.
MENDELSON, Joseph R. "Shifted Baselines, Forensic Taxonomy, and Rabb's Fringelimbed Treefrog: The Changing Role of Biologists in an Era of Amphibian Declines and Extinctions". *Herpetological Review*, vol. 42, 2011, p. 21-25.
MITCHELL, Alanna. *Seasick: Ocean Change and the Extinction of Life on Earth*. Chicago: University of Chicago Press, 2009.
MITCHELL, Christen et al. *Hawaii's Comprehensive Wildlife Conservation Strategy*. Honolulu: Department of Land and Natural Resources, 2005.
MITTELBACH, Gary G. et al. "Evolution and the Latitudinal Diversity Gradient: Speciation, Extinction and Biogeography". *Ecology Letters*, vol. 10, 2007, p. 315-31.
MONKS, Neale e Philip Palmer. *Ammonites*. Washington, DC: Smithsonian Institution Press, 2002.
MOUM, Truls et al. "Mitochondrial DNA Sequence Evolution and Phylogeny of the Atlantic Alcidae, Including the Extinct Great Auk (*Pinguinus impennis*)". *Molecular Biology and Evolution*, vol. 19, 2002, p. 1434-39.
MULLER, Richard. *Nemesis*. Nova York: Weidenfeld and Nicolson, 1988.
MUSGRAVE, Ruth A. "Incredible Frog Hotel". *National Geographic Kids*, set. 2008, p. 16-19.
NEWITZ, Annalee. *Scatter, Adapt, and Remember: How Humans Will Survive a Mass Extinction*. Nova York: Doubleday, 2013.
NEWMAN, M. E. J. e Palmer, Richard G. *Modeling Extinction*. Oxford: Oxford University Press, 2003.
NEWTON, Alfred. "Abstract of Mr. J. Wolley's Researches in Iceland Respecting the Gare-Fowl or Great Auk". *Ibis*, vol. 3, 1861, p. 374-99.
NITECKI, Matthew H., org. *Extinctions*. Chicago: University of Chicago Press, 1984.
NOVACEK, Michael J. *Terra: Our 100-Million-Year-Old Ecosystem — and the Threats That Now Put It at Risk*. Nova York: Farrar, Straus and Giroux, 2007.
OLSON, Valérie A. e Samuel T. Turvey. "The Evolution of Sexual Dimorphism in New Zealand Giant Moa (*Dinornis*) and Other Ratites". *Proceedings of the Royal Society B*, vol. 280, 2013.
ORLANDO, Ludovic et al. "Ancient DNA Analysis Reveals Woolly Rhino Evolutionary

Relationships". *Molecular Phylogenetics and Evolution*, vol. 28, 2003, p. 485-99.
OUTRAM, Dorinda. *Georges Cuvier: Vocation, Science and Authority in Post-Revolutionary France*. Manchester, Inglaterra: Manchester University Press, 1984.
PALMER, Trevor. *Perilous Planet Earth: Catastrophes and Catastrophism through the Ages*. Cambridge: Cambridge University Press, 2003.
PEALE, Charles Willson. *The Selected Papers of Charles Willson Peale and His Family*. Organizado por Lillian B. Miller, Sidney Hart e Toby A. Appel. New Haven, Connecticut: Yale University Press (publicado para a National Portrait Gallery, Smithsonian Institution), 1983-2000.
PHILLIPS, John. *Life on the Earth.* Cambridge: Macmillan and Company, 1860.
PLAISANCE, Laetitia et al. "The Diversity of Coral Reefs: What Are We Missing?" *PLOS ONE*, vol. 6, 2011.
POWELL, James Lawrence. *Night Comes to the Cretaceous: Dinosaur Extinction and the Transformation of Modern Geology*. Nova York: W. H. Freeman, 1998.
QUAMMEN, David. *The Song of the Dodo: Island Biogeography in an Age of Extinctions*. Nova York: Scribner, 2004 (1996).
_____. *The Reluctant Mr. Darwin: An Intimate Portrait of Charles Darwin and the Making of His Theory of Evolution*. Nova York: Atlas Books/Norton, 2006.
_____. *Natural Acts: A Sidelong View of Science and Nature*. Edição revisada, Nova York: Norton, 2008.
RABINOWITZ, Alan. "Helping a Species Go Extinct: The Sumatran Rhino in Borneo". *Conservation Biology*, vol. 9, 1995, p. 482-88.
RANDALL, John E.; Allen, Gerald R.; e Steene, Roger C. *Fishes of the Great Barrier Reef and Coral Sea*. Honolulu: University of Hawaii Press, 1990.
RAUP, David M. *The Nemesis Affair: A Story of the Death of Dinosaurs and the Ways of Science*. Nova York: Norton, 1986.
_____. *Extinction: Bad Genes or Bad Luck?* Nova York: Norton, 1991.
RAUP, David M. e Sepkoski Jr. J. John. "Periodicity of Extinctions in the Geologic Past". *Proceedings of the National Academy of Sciences*, vol. 81, 1984, p. 801-5.
_____. "Mass Extinctions in the Marine Fossil Record". *Science*, vol. 215, 1982, p. 1501-3.
REICH, David et al. "Genetic History of an Archaic Hominin Group from Denisova Cave in Siberia". *Nature*, vol. 468, 2010, p. 1053-60.
RETTENMEYER, Carl W. et al. "The Largest Animal Association Centered on One Species: The Army Ant *Eciton burchellii* and Its More Than 300 Associates". *Insectes Sociaux*, vol. 58, 2011, p. 281-92.
RHODES, Frank H. T. ; Stone, Richard O.; e Malamud, Bruce D. *Language of the Earth: A Literary Anthology.* 2ª ed. Chichester, Inglaterra: Wiley, 2009.
RICCIARDI, Anthony. "Are Modern Biological Invasions an Unprecedented Form of Global Change?". *Conservation Biology* vol. 21, 2007, p. 329-36.
ROSE, Kenneth D. *The Beginning of the Age of Mammals*. Baltimore: Johns Hopkins University Press, 2006.
ROSENZWEIG, Michael L. *Species Diversity in Space and Time*. Cambridge: Cambridge University Press, 1995.
RUDWICK, M. J. S. *The Meaning of Fossils: Episodes in the History of Palaeontology*. 2ª edição revisada. Nova York: Science History, 1976.
_____. *Bursting the Limits of Time: The Reconstruction of Geohistory in the Age of*

Revolution. Chicago: University of Chicago Press, 2005.
_____. *Lyell and Darwin, Geologists: Studies in the Earth Sciences in the Age of Reform*. Aldershot, Inglaterra: Ashgate, 2005.
_____. *Worlds Before Adam: The Reconstruction of Geohistory in the Age of Reform*. Chicago: University of Chicago Press, 2008.
RUIZ, Gregory M. et al. "Invasion of Coastal Marine Communities in North America: Apparent Patterns, Processes, and Biases". *Annual Review of Ecology and Systematics*, vol. 31, 2000, p. 481-531.
RULE, Susan et al. "The Aftermath of Megafaunal Extinction: Ecosystem Transformation in Pleistocene Australia". *Science*, vol. 335, 2012, p. 1483-86.
RUSE, Michael e Travis, Joseph, orgs. *Evolution: The First Four Billion Years*. Cambridge, Massachusetts: Belknap Press of Harvard University Press, 2009.
SCHELL, Jonathan. *The Fate of the Earth.* Nova York: Knopf, 1982.
SELLERS, Charles Coleman. *Mr. Peale's Museum: Charles Willson Peale and the First Popular Museum of Natural Science and Art*. Nova York: Norton, 1980.
SEMONIN, Paul. *American Monster: How the Nation's First Prehistoric Creature Became a Symbol of National Identity*. Nova York: New York University Press, 2000.
SEVERANCE, Frank H. *An Old Frontier of France: The Niagara Region and Adjacent Lakes under French Control.* Nova York: Dodd, 1917.
SHEN, Shu-zhong et al. "Calibrating the End-Permian Mass Extinction". *Science*, vol. 334, 2011, p. 1367-72.
SHEPPARD, Charles; Davy, Simon K.; e Pilling, Graham M. *The Biology of Coral Reefs*. Oxford: Oxford University Press, 2009.
SHREEVE, James. *The Neandertal Enigma: Solving the Mystery of Modern Human Origins*. Nova York: William Morrow, 1995.
SHRENK, Friedemann e Müller, Stephanie. *The Neanderthals*. Londres: Routledge, 2009.
SILVERMAN, Jacob et al. "Coral Reefs May Start Dissolving when Atmospheric CO_2 Doubles". *Geophysical Research Letters*, vol. 35, 2009.
SIMBERLOFF, Daniel e Rejmánek, Marcel, orgs., *Encyclopedia of Biological Invasions*. Berkeley: University of California Press, 2011.
SIMPSON, George Gaylord. *Why and How: Some Problems and Methods in Historical Biology*. Oxford: Pergamon Press, 1980.
SOTO-AZAT, Claudio et al. "The Population Decline and Extinction of Darwin's Frogs". *PLOS ONE*, vol. 8, 2013.
STANLEY, Steven M. *Extinction*. Nova York: Scientific American Library, 1987.
STOLZENBURG, William. *Rat Island: Predators in Paradise and the World's Greatest Wildlife Rescue*. Nova York: Bloomsbury, 2011.
STRAUS, William L., Jr. e Cave, A. J. E. "Pathology and the Posture of Neanderthal Man". *Quarterly Review of Biology*, vol. 32, 1957, p. 348-63.
SULLOWAY, Frank J. "Darwin and His Finches: The Evolution of a Legend". *Journal of the History of Biology*, vol. 15, 1982, p. 1-53.
TAYLOR, Paul D. *Extinctions in the History of Life*. Cambridge: Cambridge University Press, 2004.
THOMAS, Chris D. et al. "Extinction Risk from Climate Change". *Nature*, vol. 427, 2004, p. 145-48.
THOMSON, Keith Stewart. *The Legacy of the Mastodon: The Golden Age of Fossils in America*. New Haven, Connecticut: Yale University Press, 2008.

TODD, Kim. *Tinkering with Eden: A Natural History of Exotics in America*. Nova York: Norton, 2001.
TOLLEFSON, Jeff. “Splinters of the Amazon”. *Nature*, vol. 496, 2013, p. 286-89.
TRIPATI, Aradhna K.; Roberts, Christopher D.; e Eagle, Robert A. “Coupling of CO_2 and Ice Sheet Stability over Major Climate Transitions of the Last 20 Million Years”. *Science*, vol. 326, 2009, p. 1394-97.
TURVEY, Samuel. *Holocene Extinctions*. Oxford: Oxford University Press, 2009.
URRUTIA, Rocío e Vuille, Mathias. “Climate Change Projections for the Tropical Andes Using a Regional Climate Model: Temperature and Precipitation Simulations for the End of the 21st Century”. *Journal of Geophysical Research*, vol. 114, 2009.
VAN DRIESCHE, Jason e Van Driesche, Roy. *Nature out of Place: Biological Invasions in the Global Age*. Washington, D.C.: Island Press, 2000.
VERON, J. E. N. *A Reef in Time: The Great Barrier Reef from Beginning to End*. Cambridge, Mass.: Belknap Press of Harvard University Press, 2008.
_____. “Is the End in Sight for the World’s Coral Reefs?”. *e360*, publicado on-line em 6 de dezembro de 2010.
WAKE, D. B. e Vredenburg, V. T. “Colloquium Paper: Are We in the Midst of the Sixth Mass Extinction? A View from the World of Amphibians”. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, vol. 105, 2008, p. 11466-73.
WALLACE, Alfred Russel. *The Geographical Distribution of Animals with a Study of the Relations of Living and Extinct Faunas as Elucidating the Past Changes of the Earth’s Surface.* Vol. 1. Nova York: Harper and Brothers, 1876.
_____. *Tropical Nature and Other Essays*. Londres: Macmillan, 1878.
_____. *The Wonderful Century: Its Successes and Its Failures*. Nova York: Dodd, Mead, 1898.
_____. *The World of life: A Manifestation of Creative Power, Directive Mind and Ultimate Purpose.* Nova York: Moffat, Yard, 1911.
WEGENER, Alfred. *The Origin of Continents and Oceans*. Traduzido por John Biram. Nova York: Dover, 1966.
WELLS, Kentwood David. *The Ecology and Behavior of Amphibians*. Chicago: University of Chicago Press, 2007.
WELZ, Adam. “The Dirty War against Africa’s Remaining Rhinos”. *e360*, publicado on-line em 27 de novembro de 2012.
WHITFIELD, John. *In the Beat of a Heart: Life, Energy, and the Unity of Nature*. Washington, DC: National Academies Press, 2006.
WHITMORE, T. C. e Sayer, Jeffrey, orgs. *Tropical Deforestation and Species Extinction*. Londres: Chapman and Hall, 1992.
WILSON, Edward O. “Threats to Biodiversity”. *Scientific American*, set. 1989, p. 108-16.
_____. *The Diversity of Life*. Nova York: Norton, 1993 (1992).
_____. *The Future of Life*. Nova York: Vintage, 2003 (2002).
WILSON, Leonard G. *Charles Lyell, the Years to 1841: The Revolution in Geology*. New Haven, Connecticut: Yale University Press, 1972.
WOLLASTON, Alexander F. R. *Life of Alfred Newton*. Nova York: E. P. Dutton, 1921.
WORTHY, T. H. e Holdaway, Richard N. *The Lost World of the Moa: Prehistoric Life of New Zealand*. Bloomington: Indiana University Press, 2002.
ZALASIEWICZ, Jan. *The Earth After Us: What Legacy Will Humans Leave in the Rocks?.* Oxford: Oxford University Press, 2008.

ZALASIEWICZ, Jan et al. “Are We Now Living in the Anthropocene?”. *GSA Today*, vol. 18, 2008, p. 4-8.
_____. “Graptolites in British Stratigraphy”. *Geological Magazine*, vol. 146, 2009, p. 785-850.

CRÉDITOS DE FOTOS E ILUSTRAÇÕES

1 © Vance Vredenburg
2 © Michael & Patricia Fogden/Minden Pictures
3 Adaptado de David M. Raup e J. John Sepkoski Jr./*Science*, vol. 215, 1982, p. 1502
4 Paul D. Stewart/Science Source
5 Reproduzido com autorização do Rare Book Room, Buffalo e Erie County Public Library, Buffalo, Nova York
6 The Granger Collection, Nova York
7 © The British Library Board, 39.i.15 pl.1
8 Hulton Archive/Getty Images
9 © Museu de História Natural, Londres/Mary Evans Picture Library
10 Matthew Kleiner
11 Museu de História Natural/Science Source
12 Elizabeth Kolbert
13 © ER Degginger/Science Source
14 Adaptado do filme de John Phillips *Life on Earth*
15 Detlev van Ravenswaay/Science Source
16 Nasa/GSFC/DLR/ASU/Science Source
17 Utilizado com autorização da Paleontological Society
18 John Scott/E+/Getty Images
19 British and Irish Graptolite Group
20 EMR Wood/Palaeontolographical Society
21 John Kleiner
22 Steve Gschmeissner/Science Source
23 © Gary Bell/OceanwideImages.com
24 Nancy Sefton/Science Source
25 David Doubilet/National Geographic/Getty Images
26 © Miles R. Silman
27 © William Farfan Rios
28 © Miles Silman
29 The Biological Dynamics of Forest Fragments Project

30 © Konrad Wothe/Minden Pictures
31 © Philip C. Stouffer
32 U.S. Fish and Wildlife Service/Science Source
33 John Kleiner
34 Vermont Fish and Wildlife Department/Joel Flewelling
35 Tom Uhlman, Cincinnati Zoo
36 © Natural History Museum, London/Mary Evans Picture Library
37 AFP/Getty Images/Newscom
38 Neanderthal Museum
39 © Paul D. Stewart/NPL/Minden Pictures
40 Neanderthal Museum
41 Graças a Ed Green
42 San Diego Zoo

Pesquisa iconográfica de Laura Wyss e Wyssphoto, Inc.
Imagens 3, 14, 17, I, II geradas por Mapping Specialists

SOBRE A AUTORA

© Barry Goldstein



ELIZABETH KOLBERT é colaboradora da revista *The New Yorker* desde 1999. Com passagens anteriores pelo *The New York Times* e pela *Times Magazine*, foi premiada duas vezes com o National Magazine Award, uma delas pela aclamada série de reportagens “The Climate of Man”. *A sexta extinção*, vencedor do Pulitzer de Não Ficção em 2015, é o seu terceiro livro publicado.

LEIA TAMBÉM



O colapso de tudo
John Casti



10 bilhões
Stephen Emmott



A história do mundo em 100 objetos
Neil MacGregor