

# DESVENDANDO O ARCO-ÍRIS

Ciência,  
ilusão e  
encantamento

---

RICHARD  
DAWKINS

RICHARD DAWKINS

Desvendando o arco-íris  
Ciência, ilusão e encantamento

Tradução  
Rosaura Eichenberg

2ª reimpressão



COMPANHIA DAS LETRAS

Copyright © 1998 by Richard Dawkins

Título original  
Unweaving the rainbow

Capa  
João Baptista da Costa Aguiar

Índice remissivo  
Carla Aparecida dos Santos

Preparação  
Cássio de Arantes Leite

Revisão  
Ana Maria Barbosa  
Cláudia Cantarin

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

Dawkins, Richard, 1941-  
Desvendando o arco-íris/Richard Dawkins;  
tradução Rosaura Eichenberg. — São Paulo: Companhia das Letras,  
2000.

Título original: Unweaving the rainbow.  
Bibliografia.  
ISBN 978-85-359-0030-9

1. Ciência — Filosofia 2. Ciência — História 3. Informações científicas 1. Título.

00-2480 CDD'501

Índice para catálogo sistemático:

1. Ciência : Filosofia 501

[2009]

Todos os direitos desta edição reservados à

EDITORA SCHWARCZ LTDA.

Rua Bandeira Paulista 702 cj. 32

04532-002 — São Paulo — SP Telefone (11) 3707-3500 Fax (11) 3707-3501

[www.companhidasletras.com.br](http://www.companhidasletras.com.br)

-

Para Lalla

## Sumário

### Prefácio

- [1. O anestésico da familiaridade](#)
- [2. O salão dos duques](#)
- [3. Códigos de barras nas estrelas](#)
- [4. Códigos de barras no ar](#)
- [5. Códigos de barras no tribunal](#)
- [6. De olhos vendados pelas fantasias](#)
- [7. O desvendamento do mistério](#)
- [8. Vastos símbolos nebulosos da alta fantasia](#)
- [9. O cooperador egoísta](#)
- [10. O livro genético dos mortos](#)
- [11. O mundo reconstruído](#)
- [12. O balão da mente](#)

### Bibliografia selecionada

## Prefácio

Um editor estrangeiro de meu primeiro livro confessou que não conseguiu dormir durante três noites depois de lê-lo, tão perturbado ficou com sua “mensagem”, que a ele pareceu desolada e fria. Outros me perguntaram como é que aguento me levantar todas as manhãs. Um professor de um país distante me escreveu uma carta de censura, pois uma aluna o tinha abordado em lágrimas depois de ler o mesmo livro, persuadida de que a vida era vazia e sem sentido. Ele a aconselhou a não mostrar o livro para nenhum de seus amigos, por medo de contaminá-los com o mesmo pessimismo niilista. Acusações semelhantes de desolação estéril, de veicular uma mensagem árida e melancólica, são frequentemente lançadas à ciência em geral, e é fácil que os cientistas passem a reagir de acordo com essas censuras. O meu colega Peter Atkins começa o seu livro *The Second Law* (1984) na seguinte veia:

Somos os filhos do caos, e a estrutura profunda da mudança é a deterioração. No fundo, há apenas corrupção e a maré invencível do caos. Foi-se o desígnio, só resta a direção. Essa é a desolação que temos de aceitar, ao examinar profunda e desapaixonadamente o coração do universo.

Contudo, esse expurgo muito apropriado do falso desígnio açucarado, essa elogiável firmeza da mente em desmascarar a sentimentalidade cósmica, não deve ser confundido com a perda de esperança pessoal. É presumível que não haja de fato nenhum desígnio no destino final do cosmos, mas algum de nós realmente deposita as esperanças de sua vida no destino final do cosmos? Claro que não, isto é, se não formos loucos. As nossas vidas são regidas por todo tipo de ambições e percepções humanas mais íntimas, mais calorosas. Acusar a ciência de roubar da vida o calor que a torna digna de ser vivida é um erro tão disparatado, tão diametralmente oposto a meus sentimentos e aos da maioria dos cientistas ativos que sou quase levado à desesperança que erroneamente suspeitam em mim. Mas neste livro tento buscar uma resposta mais positiva, apelando para o senso de encantamento da ciência, porque é muito triste imaginar o que esses queixosos e negativistas estão perdendo. Essa é uma das coisas que o falecido Carl Sagan sabia fazer muito bem, e pela qual sentimos tanto a sua falta. O sentimento de admiração reverente que a ciência pode nos proporcionar é uma das experiências mais elevadas de que a psique humana é capaz. É uma profunda paixão estética que se equipara às mais belas que a

música e a poesia podem despertar. É na verdade uma das coisas que tornam a vida digna de ser vivida, função que cumpre, se é que se pode fazer essa distinção, com mais eficácia ainda, quando nos convence de que o tempo que temos para viver é finito.

O meu título é tirado de Keats, para quem Newton havia destruído toda a poesia do arco-íris reduzindo-o às cores prismáticas (o trecho do poema em questão, “Lamia”, aparece no capítulo 3, a seguir). Keats não poderia estar mais equivocado, e o meu objetivo é conduzir à conclusão oposta todos os que são tentados a adotar uma visão semelhante. A ciência é, ou deve ser, inspiração para a grande poesia, mas não tenho o talento para comprovar o argumento por meio de uma demonstração, por isso dependo de uma persuasão mais prosaica. Alguns títulos de capítulos são emprestados de Keats; e os leitores também podem descobrir, adornando o texto, alusões ou meias citações dele (bem como de outros poetas). São uma homenagem ao seu gênio sensível. Keats era uma pessoa mais simpática que Newton, e a sua sombra foi um dos juizes imaginários a espiar sobre o meu ombro enquanto eu escrevia.

O fato de Newton ter decomposto o arco-íris conduziu à espectroscopia, que provou ser a chave para grande parte do que hoje sabemos sobre o cosmos. E o coração de qualquer poeta digno do título de romântico não poderia deixar de pular se contemplasse o universo de Einstein, Hubble e Hawking. Lemos a sua natureza pelas linhas de Fraunhofer — “Códigos de barras nas estrelas” — e seus deslocamentos ao longo do espectro. A imagem dos códigos de barras nos leva a reinos de som (“Códigos de barras no ar”), que são muito diferentes, mas igualmente intrigantes; e depois às impressões digitais do DNA (“Códigos de barras no tribunal”), o que nos oferece a oportunidade de refletir sobre outros aspectos do papel da ciência na sociedade.

Na parte do livro que chamo de Seção das Ilusões, “De olhos vendados pelas fantasias” e “O desvendamento do mistério”, dirijo-me àquelas pessoas supersticiosas que, menos exaltadas do que poetas em defesa do arco-íris, deliciam-se com o mistério e sentem-se enganadas se ele é explicado. São aquelas que amam uma boa história de fantasmas, logo pensando em poltergeists ou milagres sempre que acontece algo ainda que só ligeiramente estranho. Nunca perdem uma oportunidade de citar a frase de Hamlet

Há mais coisas no céu e na terra, Horácio,  
Do que sonha a sua filosofia.

(there are more things in heaven and earth, Horatio,  
Than are dreamt of in your philosophy)

e a resposta do cientista (“Sim, mas estamos trabalhando nisso”) não atinge nenhuma corda da sua sensibilidade. Para eles, explicar um bom mistério é ser

um desmancha-prazeres, exatamente o que alguns poetas românticos pensavam sobre a explicação do arco-íris de Newton.

Michael Shermer, editor da revista *Skeptic*, conta a história emblemática de uma ocasião em que publicamente desmascarou um famoso espiritualista de televisão. O homem estava realizando truques comuns de prestidigitação, induzindo as pessoas a pensar que se comunicava com espíritos mortos. Mas, em vez de ser hostil com o charlatão então desmascarado, a plateia se virou contra seu detratador, apoiando uma mulher que o acusava de comportamento “inapropriado” por destruir as ilusões das pessoas. Seria de esperar que ela ficasse agradecida por ter a venda arrancada dos olhos, mas aparentemente ela preferia o pano bem amarrado sobre a vista. Acredito que um universo ordenado, um universo indiferente às preocupações humanas, em que tudo tem uma explicação, ainda que seja longo o caminho antes de encontrá-la, é um lugar mais belo, mais maravilhoso que um universo logrado por meio de magia *ad hoc*, caprichosa.

A paranormalidade poderia ser considerada um abuso do senso legítimo de encantamento poético que a verdadeira ciência deveria estar promovendo. Uma ameaça diferente provém do que se pode chamar má poesia. O capítulo sobre “Vastos símbolos nebulosos da alta fantasia” alerta contra a sedução da má ciência poética, contra o fascínio da retórica desorientadora. A guisa de exemplo, examino um colaborador específico de minha área, cujo estilo imaginativo lhe conferiu uma influência desproporcionada — e acredito infeliz — sobre a compreensão norte-americana da evolução. Mas o impulso dominante do livro é a favor da boa ciência poética, expressão que não emprego para me referir a uma ciência escrita em verso, e sim a uma ciência inspirada pelo senso poético do encantamento.

Os quatro últimos capítulos procuram, com respeito a quatro tópicos distintos mas interrelacionados, dar uma dica sobre o que podem fazer cientistas poeticamente inspirados mais talentosos do que eu. Genes, apesar de “egoístas”, também podem ser “cooperativos”—no sentido de Adam Smith (e é por isso que o capítulo “O cooperador egoísta” é iniciado com uma citação de Adam Smith, embora claramente não se refira a esse tema, mas ao próprio encantamento). Os genes de uma espécie podem ser encarados como a descrição de mundos ancestrais, um “livro genético dos mortos”. De modo similar, o cérebro “reconstrói o mundo”, montando um tipo de “realidade virtual” continuamente atualizada na cabeça. Em “O balão da mente”, especulo sobre as origens das características mais especiais de nossa própria espécie, e volto, finalmente, à admiração pelo impulso poético em si mesmo e ao papel que ele pode ter desempenhado em nossa evolução.

O software de computador está promovendo uma nova renascença, e alguns de seus gênios criativos são mecenas e, simultaneamente, homens da renascença

por seus próprios méritos. Em 1995, Charles Simonyi, da Microsoft, dotou uma nova cátedra de Compreensão Pública da Ciência na universidade de Oxford, e fui nomeado seu primeiro professor titular. Sou grato ao dr. Simonyi, de modo mais óbvio pela sua generosidade presciente para com uma universidade com a qual não tinha nenhuma conexão anterior, mas também pela sua visão imaginativa da ciência e de como ela deve ser comunicada. Isso foi belamente expresso em sua declaração por escrito à Oxford do futuro (a sua dotação é para sempre, mas ele, como era de esperar, evita a segura cautelosa da linguagem legal), e temos discutido essas questões de tempos em tempos, desde que nos tornamos amigos após minha nomeação. *Desvendando o arco-íris* pode ser visto como a minha contribuição para a nossa conversa e como o meu discurso inaugural na cátedra de Compreensão Pública da Ciência. E se “inaugural” soa um pouco impróprio depois de dois anos no cargo, talvez eu possa tomar a liberdade de citar Keats mais uma vez:

Por isso, amigo Charles, é fácil compreender

Por que nunca escrevi uma linha a você:

Meus pensamentos nunca foram livres e claros,

São pouco afeitos a agradecer um ouvido clássico.

(By this, friend Charles, you may plainly see/Why I have never penn'd a line  
to thee:/Because my thoughts were never free, and clear,/And little fit to  
please a classic ear)

Ainda assim, é da natureza do livro levar mais tempo para ser produzido do que um artigo de jornal ou uma conferência. Durante a sua gestação, este livro aproveitou trechos de uns e outros, bem como de programas de rádio. Devo enumerar essas contribuições, para o caso de alguns leitores reconhecerem um parágrafo avulso aqui e ali. A primeira vez em que usei publicamente o título “Desvendando o arco-íris”, e o tema da irreverência de Keats para com Newton, foi por ocasião do convite da Christs College, de Cambridge, a antiga faculdade de Snow, para dar a Palestra C. P. Snow do ano de 1997. Embora eu não tenha explicitamente adotado o seu tema de *The Two Cultures*, ele é evidentemente relevante. Ainda mais importante é *The Third Culture* de John Brockman, que também me prestou grande ajuda, num papel totalmente diferente, como meu agente literário. O subtítulo “A ciência, a ilusão e o apetite por maravilhas” [tradução literal do subtítulo em inglês: “Science, delusion and the appetite for wonder”] foi o título da minha Palestra Richard Dimbleby, em 1996. Alguns parágrafos de um primeiro manuscrito deste livro apareceram nessa palestra televisionada da BBC. Também em 1996, apresentei um documentário de uma hora no Channel Four, *Break the Science Barrier*. Era sobre o tema da ciência na cultura, e algumas das ideias básicas, desenvolvidas em discussões com John

Gau, o produtor, e Simon Raikes, o diretor, influenciaram este livro. Em 1998, incorporei algumas passagens do livro na minha palestra da série *Sounding the Century*, irradiada pela Rádio 3 BBC direto do Queen Elizabeth Hall, Londres. (Agradeço à minha mulher o título da palestra, “Ciência e sensibilidade”, e não sei o que fazer com o fato de já ter sido plagiado, dentre todos os lugares, numa revista de supermercado.) Também usei alguns parágrafos deste livro em artigos encomendados pelo *Independent*, *Sunday Times* e *Observer*. Quando fui honrado com o Prêmio Cosmos Internacional de 1997, escolhi o título “O cooperador egoísta” para a minha palestra do prêmio, proferida em Tóquio e Osaka. Partes da palestra foram retrabalhadas e expandidas no capítulo 9, que tem o mesmo título.

O livro se beneficiou muito com as críticas construtivas a um primeiro manuscrito feitas por Michael Rodgers, John Catalano e Lorde Birkett. Michael Birkett se tornou o meu leitor leigo e inteligente ideal. A sua espirosidade erudita torna a leitura de seus comentários críticos um prazer em si mesmo. Michael Rodgers foi o editor de meus primeiros três livros e, por meu desejo e sua generosidade, ele também desempenhou um papel importante nos três últimos. Gostaria de agradecer a John Catalano, não apenas por seus comentários proveitosos sobre o livro, mas também pelo seu <http://www.world-of-dawkins.com>, cuja excelência — que nada tem a ver comigo — será visível a todos que visitarem essa página da internet. Stefan McGrath e John Radziewicz, editores da Penguin e da Houghton Mifflin, respectivamente, deram um estímulo paciente e conselhos letrados que me foram muito valiosos. Sally Holloway trabalhou incansável e alegremente na edição final. Sou também grato a Ingrid Thomas, Bridget Muskett, James Randi, Nicholas Davies, Daniel Dennett, Mark Ridley, Alan Grafen, Juliet Dawkins, Anthony Nuttal e John Batchelor.

Minha esposa, Lalla Ward, criticou cada capítulo dezenas de vezes em vários rascunhos, e a cada leitura me beneficie de seu ouvido de atriz sensível à língua e suas cadências. Sempre que me assaltavam dúvidas, ela acreditou no livro. A sua visão o manteve íntegro, e eu não o teria terminado sem sua ajuda e estímulo. Eu lhe dedico este trabalho.

## 1. O anestésico da familiaridade

Apenas viver já é milagre suficiente,

Mervin Peake, *The Glassbower* (1950)

Nós vamos morrer, e isso nos torna afortunados. A maioria das pessoas nunca vai morrer, porque nunca vai nascer. As pessoas potenciais que poderiam estar no meu lugar, mas que jamais verão a luz do dia, são mais numerosas que os grãos de areia da Arábia. Certamente esses fantasmas não nascidos incluem poetas maiores que Keats, cientistas maiores que Newton. Sabemos disso porque o conjunto das pessoas possíveis permitidas pelo nosso DNA excede em muito o conjunto das pessoas reais. Apesar dessas probabilidades assombrosas, somos você e eu, com toda a nossa banalidade, que aqui estamos.

Os moralistas e os teólogos atribuem grande valor ao momento da concepção, percebendo-o como o instante em que a alma passa a existir. Se, como eu, você não se deixa impressionar por essa conversa, ainda assim deve considerar esse instante particular, nove meses antes do seu nascimento, o acontecimento mais decisivo no seu destino pessoal. É o momento em que de repente a sua consciência se torna trilhões de vezes mais palpável do que era uma fração de segundo antes. Sem dúvida, o ser embrionário que então passou a existir ainda tinha muitas barreiras a ultrapassar. A maioria dos concebidos acaba em aborto prematuro sem que a mãe nem sequer saiba que estavam em seu corpo, e temos sorte de que isso não tenha se passado conosco. Além disso, a identidade pessoal é bem mais do que genes, como nos mostram os gêmeos idênticos (que se separam depois do momento da fertilização). Mesmo assim, o instante em que um determinado espermatozoide penetrou num determinado óvulo foi, à luz da nossa visão retrospectiva, um momento de singularidade estonteante. Foi então que as probabilidades contra você se tornar uma pessoa caíram de números astronômicos para algarismos simples.

A loteria começa antes de sermos concebidos. Os seus pais tiveram de se encontrar, e a concepção de cada um deles foi tão improvável quanto a sua. E assim por diante, o mesmo tendo acontecido com seus quatro avós e oito bisavós, até gerações que o pensamento já não consegue alcançar. Desmond Morris abre a sua autobiografia, *Animal Days* (1979), num tom caracteristicamente imponente:

Foi Napoleão quem começou tudo. Se não fosse por ele, eu agora talvez não

estivesse sentado aqui, escrevendo estas palavras [...] pois foi uma de suas balas de canhão, lançada na Guerra Peninsular, que arrancou o braço de meu tataravô, James Morris, e alterou todo o curso da minha história de família.

Morris conta que a mudança forçada da carreira de seu antepassado teve vários efeitos em cadeia que culminaram em seu próprio interesse por história natural. Mas ele realmente não precisava ter se dado a todo esse trabalho. Não há “talvez” na sua história. É *claro* que ele deve a existência a Napoleão. Assim como eu, assim como você. Napoleão não precisou arrancar o braço de James Morris para selar o destino do jovem Desmond, nem o seu, nem o meu. Não foi apenas Napoleão: até o camponês medieval mais humilde só teve de espirrar para influenciar algo que mudou alguma outra coisa que, depois de uma longa reação em cadeia, gerou a consequência de que um dos meus prováveis antepassados deixou de ser meu ancestral e tornou-se o de alguma outra pessoa. Não estou falando da “teoria do caos”, nem da igualmente em voga “teoria da complexidade”, mas apenas da simples estatística da causalidade. O fio dos acontecimentos históricos de que depende a nossa existência é assustadoramente tênue.

Quando comparado com o período de tempo para nós desconhecido, ó rei, a vida presente dos homens sobre a Terra é como o vôo de um único pardal pelo salão onde, no inverno, vos sentais com vossos capitães e ministros. Entrando por uma porta e saindo pela outra, enquanto se acha no interior, ele não é atingido pela tempestade hibernal; mas esse breve intervalo de calma termina num momento, e retorna para o inverno de onde veio, desaparecendo de vossa vista. A vida do homem é semelhante; e ignoramos completamente o que a ela se segue, ou o que aconteceu antes. (Venerável Bede, *A History of the English Church and People*, 731).

Esse é outro aspecto em que somos afortunados. O universo é mais antigo que 100 milhões de séculos. Dentro de um tempo comparável, o Sol vai inchar até se transformar num gigante vermelho que engolfará a Terra. Cada século dentre essas centenas de milhões existiu no seu tempo, ou existirá quando chegar o seu tempo, “o século presente”. É interessante que alguns físicos não gostam da ideia de um “presente em movimento”, considerando-o um fenômeno subjetivo para o qual não encontram espaço nas suas equações. Mas é um argumento subjetivo o que estou propondo. O modo como o sinto, e acho que você também o sente assim, é que o presente se move do passado para o futuro, como sob um minúsculo fecho de luz, deslocando-se milímetro por milímetro ao longo de uma gigantesca régua do tempo. Tudo atrás do fecho de luz está na escuridão, a escuridão do passado morto. Tudo à frente do fecho de luz está na escuridão do

futuro desconhecido. A probabilidade de o seu século estar sob o facho de luz é a mesma de uma moeda, atirada aleatoriamente, cair sobre uma determinada formiga que se arrasta em algum lugar ao longo da estrada de Nova York a San Francisco. Em outras palavras, é esmagadoramente provável que você esteja morto.

Apesar dessa probabilidade, você vai notar que está na realidade vivo. As pessoas por quem o facho de luz já passou, e as pessoas que o facho de luz ainda não atingiu, não estão em posição de ler um livro. Tenho igualmente a sorte de estar na posição de escrever um livro, embora talvez já não esteja quando você ler estas palavras. Na verdade, de certo modo tenho esperança de já estar morto quando você estiver lendo o livro. Não me compreenda mal. Amo a vida e espero viver ainda por muito tempo, mas qualquer autor deseja que suas obras atinjam o maior público possível. Como é provável que a população futura total ultrapasse o número de meus contemporâneos por uma grande margem, não posso deixar de me querer morto quando você contemplar estas palavras. Visto de modo jocoso, isso vem a ser nada mais que a esperança de que meu livro não saia logo de circulação. Mas o que vejo, enquanto escrevo, é que tenho a sorte de estar vivo, assim como você.

Vivemos num planeta que é quase perfeito para o nosso tipo de vida: não é demasiado quente nem demasiado frio, aquecendo-se à luz suave do Sol, irrigado de forma amena; um planeta a girar suavemente, um festival de colheitas douradas e verdejantes. Sim, e aí de nós, há desertos e favelas; há fome e miséria torturante. Mas deem uma olhada nos competidores. Comparado com a maioria dos planetas, este é o paraíso, e partes da Terra ainda são paraísos sob qualquer padrão. Qual é a probabilidade de um planeta escolhido ao acaso ter essas propriedades agradáveis? Até o cálculo mais otimista resultaria em menos de uma em um milhão.

Vamos imaginar uma espaçonave cheia de exploradores adormecidos, futuros colonizadores congelados de algum mundo distante. Talvez a nave esteja numa missão desesperada para salvar a espécie antes que um cometa impossível de ser detido, como aquele que matou os dinossauros, atinja o planeta natal. Os viajantes se deixam congelar calculando sobriamente as mínimas chances de sua nave chegar a um planeta favorável à vida. Se, na melhor das hipóteses, um dentre um milhão de planetas é apropriado, e se a nave leva séculos para viajar de uma estrela à outra mais próxima, é pateticamente improvável que ela encontre um ancoradouro tolerável, quanto mais seguro, para a sua carga adormecida.

Vamos imaginar, entretanto, que o piloto automático da nave venha a ser impensavelmente afortunado. Depois de milhões de anos, a nave encontra por fim um planeta capaz de sustentar a vida: um planeta de temperatura uniforme, banhado pelo brilho quente das estrelas, refrescado por oxigênio e água. Os

passageiros, Rip van Winkeles, acordam tropeçando para a luz. Depois de um milhão de anos de sono, eis um globo novo e fértil, um planeta luxuriante de pastagens quentes, rios e cachoeiras brilhantes, um mundo rico em criaturas que correm pelas verdejantes campinas alienígenas. Os nossos viajantes caminham em transe, estupefatos, incapazes de acreditar nos seus sentidos desacostumados ou na sua sorte.

Como disse, a história exige muita sorte; jamais aconteceria. Entretanto, não foi isso o que *aconteceu* a cada um de nós? *Acordamos* depois de um sono de centenas de milhões de anos, desafiando probabilidades astronômicas. É certo que não chegamos numa nave espacial, chegamos ao nascer, e não entramos conscientes no mundo, mas acumulamos a consciência gradativamente durante a infância. O fato de que apreendemos lentamente o nosso mundo, em vez de descobri-lo de repente, não diminui o seu fascínio.

É claro que estou fazendo truques com a ideia da sorte, colocando a carroça na frente dos bois. Não é por acaso que o nosso tipo de vida se acha num planeta cuja temperatura, chuvas e tudo o mais sejam exatamente adequados. Se o planeta fosse adequado para outro tipo de vida, seria esse outro tipo de vida que teria evoluído. Mas nós, como indivíduos, somos imensamente abençoados. Privilegiados, e não apenas por desfrutar nosso planeta. Mais ainda, somos privilegiados por ter recebido a oportunidade de compreender por que nossos olhos estão abertos, e por que eles veem o que veem, no curto espaço de tempo antes de se fecharem para sempre.

Nesse ponto, assim me parece, está a melhor resposta para os mediocres e mesquinhos que estão sempre perguntando qual é a utilidade da ciência. Num desses comentários míticos de autoria incerta, conta-se que perguntaram a Michael Faraday qual era a utilidade da ciência. “Meu senhor”, respondeu Faraday. “Qual é a utilidade de um recém-nascido?” O que Faraday (ou Benjamin Franklin, ou quem quer que seja) obviamente queria dizer é que um bebê talvez não tenha nenhuma utilidade no presente, mas tem grande potencial para o futuro. Agora gosto de pensar que ele quis também dizer outra coisa: qual é a utilidade de pôr um bebê no mundo, se a única coisa que ele faz com a sua vida é apenas trabalhar para continuar a viver? Se tudo é julgado pelo seu grau de “utilidade” — isto é, se é útil para nos manter vivos —, ficamos diante de uma circularidade fútil. Deve haver algum valor adicional. Pelo menos uma parte da vida deveria ser dedicada a viver essa vida, e não apenas a trabalhar para impedir o seu fim. É assim que justificamos corretamente o uso do dinheiro dos contribuintes para promover as artes. É uma das justificações apropriadamente oferecidas para conservar espécies raras e belas edificações. É a resposta que damos àqueles bárbaros para quem os elefantes selvagens e as casas históricas só deviam ser preservados se “compensassem o custo”. Com a ciência acontece o mesmo. É claro que a ciência compensa o seu custo; é claro que ela é útil. Mas

ela não é só isso.

Depois de dormir durante 100 milhões de séculos, abrimos finalmente os olhos para ver um planeta suntuoso, brilhando de cores, rico em vida. Em questão de décadas, devemos fechar novamente os olhos. Não é um modo nobre e esclarecido de passar o nosso breve tempo ao sol, trabalhando para compreender o universo e o modo como viemos a acordar em seu meio? Essa é a resposta que dou, quando me perguntam — o que acontece surpreendentemente muitas vezes — por que me dou ao trabalho de me levantar de manhã. Vendo sob outro prisma, não é triste alguém ir para o túmulo sem nunca ter se perguntado por que nasceu? Quem, com esse pensamento, não pularia da cama, ansioso por continuar a descobrir o mundo e sentir o prazer de fazer parte do universo?

A poetisa Kathleen Raine, que estudou ciências naturais em Cambridge, especializando-se em biologia, encontrou um consolo semelhante como uma jovem infeliz no amor e desesperada por algum alívio para o seu coração partido:

Então o céu me falou em linguagem límpida,  
mais familiar ao coração do que o amor mais íntimo.  
O céu disse à minha alma: “Tens o que desejas!

“Aprende que nasceste junto com esses ventos,  
nuvens, estrelas, mares sempre em movimento,  
e habitantes da floresta. Essa é a tua natureza.

“Ergue de novo teu coração sem receio,  
dorme na tumba, ou respira com enleio,  
este mundo que com a flor e o tigre partilhas”.

(Then the sky spoke to me in language clear,/ familiar as the heart, than love more near./ The sky said to my soul, “You have what you desire!! “Know now that you are born along with these/ clouds, winds, and stars, and ever-moving seas/ and forest dwellers. This your nature is.// “Lift up your heart again without fear./ sleep in the tomb, or breathe the living air./ this world you with the flower and with the tiger share”).

“Passion” (1943)

Há um anestésico da familiaridade, um sedativo do comum, que entorpece os sentidos e oculta a maravilha da existência. Para aqueles de nós que não temos o dom da poesia, vale pelo menos fazer um esforço de tempos em tempos para livrar-se do anestésico. Qual é a melhor maneira de se opor à familiaridade entorpecida gerada pelo nosso gradativo arrastar-se desde a primeira infância? Não podemos realmente voar para outro planeta. Porém podemos recapturar a

sensação de ter tombado num mundo novo, olhando para nosso próprio mundo de modo pouco familiar. É tentador usar um exemplo fácil como uma rosa ou uma borboleta, mas vamos direto ao caso mais estranho. Lembro-me de assistir a uma palestra, anos atrás, proferida por um biólogo que estudava polvos e seus parentes próximos, as lulas e as sibas. Ele começou explicando a sua fascinação por esses animais. “Vejam”, dizia, “eles são os marcianos.” Você já observou uma lula mudar de cor?

Imagens de televisão são às vezes apresentadas em gigantescos painéis LED (Light Emitting Diode, ou diodo emissor de luz). Em vez de uma tela fluorescente com um raio de elétrons correndo de lado a lado, a tela LED é um grande arranjo de luzes brilhantes minúsculas, independentemente controláveis. As luzes são individualmente intensificadas ou enfraquecidas para que, de uma certa distância, toda a matriz brilhe com figuras em movimento. A pele de uma lula se comporta como uma tela LED. Em vez de luzes, está repleta de milhares de pequenos sacos cheios de tinta. Cada um desses sacos de tinta tem seus próprios músculos em miniatura para espremê-los. Com um cordão de marionete ligado a cada um desses músculos em particular, o sistema nervoso da lula pode controlar a forma e, portanto, a visibilidade de cada saco de tinta.

Em teoria, se alguém fizesse uma conexão em algum ponto dos nervos que conduzem aos pixels de tinta separados e os estimulasse por meio de um computador, talvez pudesse passar filmes de Charlie Chaplin na pele da lula. Não é o que a lula faz, mas o seu cérebro controla os fios com precisão e velocidade, e os salpicos que ela apresenta são espetaculares. Ondas de cor correm pela superfície como nuvens num filme acelerado; ondulações e redemoinhos disparam pela tela viva. O animal assinala a sua mudança de emoções em pouco tempo: marrom-escuro num segundo, branco fantasmagórico no seguinte, modulando rapidamente padrões entrelaçados de pontilhados e listas. Quando se trata de mudar de cor, os camaleões são, em comparação, uns amadores nesse jogo.

O neurobiólogo americano William Calvin é um dos que hoje em dia refletem muito sobre o que é realmente pensar. Ele enfatiza, como outros já fizeram, a ideia de que os pensamentos não residem em lugares específicos no cérebro, mas são padrões de atividade que se deslocam pela sua superfície, unidades que recrutam unidades vizinhas para formar populações que se tornam o mesmo pensamento, competindo à maneira darwiniana com populações rivais que têm pensamentos alternativos. Não vemos esses pensamentos deslocando-se, contudo presumivelmente os vemos, se os neurônios se iluminassem quando ativos. Percebo então que o córtex do cérebro talvez se pareça com a superfície do corpo de uma lula. Será que uma lula pensa com a sua pele? Quando uma lula muda de repente o seu padrão de cor, supomos que seja a manifestação de uma mudança de ânimo, para passar um sinal a outra lula. Uma mudança de cor

anuncia que a lula mudou de um ânimo agressivo, digamos, para um estado de espírito temeroso. É natural presumir que a mudança de ânimo ocorreu no cérebro e causou a mudança de cor como uma manifestação visível de pensamentos interiores, exteriorizados para fins de comunicação. A fantasia que estou acrescentando é que os próprios pensamentos da lula talvez não residam em nenhum outro lugar a não ser na sua pele. Se as lulas pensam com a pele, elas são até mais “marcianas” do que pensava o meu colega. Mesmo se isso é uma especulação demasiado forçada (certamente é), o espetáculo de suas agitadas mudanças de cor é suficientemente alienígena para nos arrancar da anestesia da familiaridade.

As lulas não são os únicos “marcianos” à nossa porta. É só pensar nas faces grotescas dos peixes das profundezas do mar; nos ácaros da poeira, até mais temíveis se não fossem tão diminutos; pensar nos tubarões-baleias, certamente temíveis. Pensar nos camaleões com suas línguas que se projetam como catapultas, os torreões dos olhos a girar, o andar frio e lento. Ou podemos captar esse “estranho outro mundo” com a mesma eficácia olhando para dentro de nós mesmos, para as células que formam nossos corpos. Uma célula não é apenas uma bolsa de suco. Está repleta de estruturas sólidas, labirintos de membranas intrincadamente dobradas. Há cerca de 100 milhões de milhões de células num corpo humano, e a área total de estrutura membranosa dentro de cada um de nós chega até a mais de oitenta hectares. Isso corresponde a uma fazenda respeitável.

O que estão fazendo todas essas membranas? Parecem recheiar a célula, mas não é só isso o que fazem. Grande parte da área dobrada é destinada a linhas de produção química, com esteiras transportadoras em deslocamento, centenas de estágios em cascata, cada um conduzindo ao próximo em sequências precisamente arranjadas, tudo impulsionado por engrenagens químicas girando a grande velocidade. O ciclo de Krebs, a engrenagem de nove dentes que é largamente responsável pelo nosso suprimento de energia, gira até a cem revoluções por segundo, duplicadas milhares de vezes em cada célula. As engrenagens químicas dessa marca particular estão instaladas dentro das mitocôndrias, minúsculos corpos que se reproduzem independentemente dentro de nossas células como bactérias. Como veremos, é agora amplamente aceito que as mitocôndrias, junto com outras estruturas vitais necessárias dentro das células, não só se parecem com bactérias, como descendem diretamente de bactérias ancestrais que há bilhões de anos renunciaram à sua liberdade. Cada um de nós é uma grande cidade de células, e cada célula, uma cidade de bactérias. Somos uma gigantesca megalópole de bactérias. Isso não suspende a mortalha anestésica?

Assim como um microscópio ajuda as nossas mentes a penetrar pelas galerias estranhas das membranas das células, e assim como um telescópio nos

eleva a galáxias remotas, outro modo de sair da anestesia é retroceder, na nossa imaginação, pelo tempo geológico. É a era inumana dos fósseis que volta a nos assombrar em nosso encaço. Pegamos um trilobite, e os livros nos dizem que tem 500 milhões de anos. Mas não conseguimos compreender essa idade, e há um prazer ansioso em nossa tentativa. Os nossos cérebros evoluíram para compreender as escalas de tempo de nosso período de vida. Segundos, minutos, horas, dias e anos são fáceis para nós. Podemos lidar com séculos. Quando chegamos aos milênios — milhares de anos —, a nossa espinha começa a formigar. Mitos épicos de Homero; façanhas dos deuses gregos Zeus, Apoio e Ártemis; dos heróis judeus Abraão, Moisés e Davi, e seu deus aterrorizador, Jeová; dos antigos egípcios e do deus-sol, Rá: esses inspiram os poetas e nos dão aquele frisson de uma era imensa. Parecemos estar espiando através de névoas turvas a estranheza dos ecos da Antiguidade. Todavia, na escala de tempo do nosso trilobite, essas alardeadas antiguidades foram apenas ontem.

Muitas dramatizações têm sido apresentadas, e vou tentar mais uma. Vamos escrever a história de um ano numa única folha de papel. Isso não deixa muito espaço para detalhes. Equivale mais ou menos à fulminante “Retrospectiva do ano” que os jornais apresentam em 31 de dezembro. Depois, em outra folha de papel, vamos escrever a história do ano passado. E continuar assim pelos anos anteriores, esboçando, ao ritmo de um ano por folha, as linhas gerais do que aconteceu em cada ano. Em seguida, vamos encadernar as páginas e numerá-las. O Declínio e queda do Império Romano (1776-88) de Gibbon abrange uns treze séculos em seis volumes de cerca de quinhentas páginas cada um, cobrindo os acontecimentos mais ou menos ao ritmo de que estamos falando.

Mais um maldito livro quadrado e grosso. Rabiscando, rabiscando, sempre rabiscando! Eh! Sr. Gibbon? (William Henry, primeiro duque de Gloucester, 1829).

Esse esplêndido volume, *The Oxford Dictionary of Quotations* (1992), do qual acabei de copiar esse comentário, é ele próprio um maldito livro quadrado e grosso, um calço de porta com o tamanho mais ou menos correto para nos levar de volta ao tempo da rainha Elizabeth I. Temos um padrão aproximado de tempo: cerca de dez centímetros de espessura para registrar a história de um milênio. Tendo estabelecido o nosso padrão, vamos retroceder ao mundo alienígena do remoto tempo geológico. Colocamos o livro do passado mais recente deitado no chão, depois empilhamos os livros dos séculos anteriores por cima. Estamos agora de pé ao lado da pilha dos livros como um padrão métrico vivo. Se queremos ler sobre Jesus, digamos, devemos selecionar um volume a vinte centímetros do chão, ou pouco acima do tornozelo.

Um famoso arqueólogo desenterrou um guerreiro da era do bronze com uma

máscara mortuária belamente preservada e exultou: “Contemplei a face de Agamenon”. Ele sentia um poético temor reverente com a sua investigação da antiguidade fabulosa. Para encontrar Agamenon na nossa pilha de livros, teríamos de nos abaixar até um nível mais ou menos na metade de nossas canelas. Nas vizinhanças, encontraríamos Petra (“Uma cidade vermelha rosada, quase tão velha como o tempo”), Ozimandias, o rei dos reis (“Olhai minhas obras, ó Poderoso, e desesperai”), e aquela maravilha enigmática do mundo antigo, os Jardins Suspensos da Babilônia. A Ur dos caldeus e Uruk, a cidade do herói lendário Gilgamés, tiveram a sua época um pouquinho antes, e encontraríamos histórias das suas fundações logo acima de nossas pernas. Por ali está a data mais antiga de todas, segundo o arcebispo do século XVII James Ussher, que calculou 4004 a.C. como a data da criação de Adão e Eva.

A domesticação do fogo foi climática em nossa história; desse feito deriva a maior parte de nossa tecnologia. Em que altura na nossa pilha de livros está a página em que se registrou essa descoberta histórica? A resposta é uma surpresa, quando lembramos que podíamos nos sentar confortavelmente sobre a pilha de livros que abrange toda a história registrada. Os vestígios arqueológicos sugerem que o fogo foi descoberto pelos nossos antepassados *Homo erectus*, embora não saibamos se eles faziam fogo ou apenas o carregavam de um lado para o outro e o usavam. Eles tinham fogo há meio milhão de anos, de modo que, para consultar em nossa analogia o volume que registra tal descoberta, teríamos de subir a um nível bastante mais alto que a estátua da Liberdade. Uma altura vertiginosa, especialmente considerando-se que Prometeu, o lendário transmissor do fogo, recebe a sua primeira menção um pouco abaixo de nossos joelhos na pilha de livros. Para ler sobre Lucy e nossos antepassados australopitecinos na África, precisaríamos subir mais alto que qualquer edifício em Chicago. A biografia da ancestral comum que partilhamos com os chimpanzés seria uma frase num livro empilhado no dobro dessa altura.

No entanto, apenas começamos a nossa viagem de volta ao trilobite. De que altura teria de ser a pilha de livros para acomodar a página em que a vida e a morte desse trilobite, no seu raso mar cambriano, são perfunctoriamente celebradas? A resposta é cerca de 56 quilômetros. Não estamos acostumados a lidar com alturas dessa ordem. O cimo do monte Everest está menos de nove quilômetros acima do nível do mar. Podemos ter uma ideia da era do trilobite se fizermos a pilha inclinar-se noventa graus. É preciso imaginar uma estante de livros com uma extensão três vezes maior que a ilha de Manhattan, repleta de volumes com o tamanho do Declínio e queda de Gibbon. Ler todo o caminho de volta até o trilobite, com apenas uma página atribuída a cada ano, seria mais laborioso que decifrar todos os 14 milhões de volumes da Biblioteca do Congresso. Mas até o trilobite é jovem em comparação com a idade da própria vida. As primeiras criaturas vivas, os antepassados comuns do trilobite, das

bactérias e da nossa espécie, têm as suas antigas vidas químicas registradas no volume 1 da nossa saga. O volume 1 está na ponta final da maratona da estante. Toda a estante se estenderia de Londres até a fronteira escocesa. Ou por toda a Grécia, do Adriático ao Egeu.

Talvez essas distâncias ainda sejam irreais. A arte de pensar em números grandes por meio de analogias é não extrapolar as escalas que as pessoas podem compreender. Se ultrapassamos esses limites, não estamos em melhor posição com essa analogia do que com os dados reais. Ler a nossa trajetória numa obra de história, cujos volumes nas prateleiras se estendem de Roma a Veneza, é uma tarefa incompreensível, quase tão incompreensível quanto o número simples de 4 mil milhões de anos.

Eis outra analogia, que já foi utilizada. Abra bem os braços num gesto expansivo para abarcar toda a evolução, desde a sua origem na ponta dos dedos esquerdos até os dias de hoje na ponta dos dedos direitos. Em toda a extensão que passa pela sua linha mediana e segue até bem depois do ombro direito, a vida consiste apenas em bactérias. A vida multicelular e invertebrada floresce em algum lugar perto do cotovelo direito. Os dinossauros se originam no meio da sua palma direita, e são extintos perto do nó de seu último dedo. Toda a história do Homo sapiens e do nosso predecessor Homo erectus está contida na espessura de um corte de unha. Quanto à história registrada; quanto aos sumerianos, aos babilônios, aos patriarcas judaicos, às dinastias dos faraós, às legiões de Roma, aos padres da Igreja cristã, às leis dos medas e persas que nunca mudam; quanto à Tróia e aos gregos, a Helena, Aquiles e Agamenon mortos; quanto a Napoleão e Hitler, quanto aos Beatles e a Bill Clinton, eles e todos os demais que os conheceram são soprados junto com a poeira gerada por um leve raspar de uma lixa de unha.

Os pobres são logo esquecidos,

Mais numerosos que os vivos, mas onde estão seus ossos?

Para cada homem vivo há um milhão de mortos,

Será que suas cinzas se misturaram tanto à terra que sumiram?

Não haveria ar para respirar, com esse pó tão espesso,

Nem espaço para o vento soprar, a chuva cair;

A terra seria uma nuvem de pó, um solo de ossos,

Sem nem um lugar sequer para os nossos esqueletos.

(The poor are fast forgotten,/ They outnumber the living, but where are all their bones?/ For every man alive there are a million dead./ Has their dust gone into earth that is never seen?/ There should be no air to breathe, with it so thick/ No space for wind to blow, nor rain to fall./ Earth should be a cloud of dust, a soil of bones./ With no room even, for our skeletons)

Sacheverell Sitwell, "Agamenon's Tomb" (1993)

Não que tenha importância, mas o terceiro verso de Sitwell não é correto. Estima-se que as pessoas vivas hoje em dia constituam uma proporção substancial dos humanos que já viveram. No entanto, isso apenas reflete a força do crescimento exponencial. Se contamos as gerações em vez dos corpos, e especialmente se retrocedemos além da humanidade até o começo da vida, o sentimento de Sacheverell Sitwell ganha nova força. Vamos supor que cada indivíduo em nossa ascendência feminina direta, desde o primeiro florescimento da vida multicelular há pouco mais de meio bilhão de anos, entrasse e morresse no túmulo de sua mãe, acabando por ser fossilizado. Como nas camadas sucessivas da cidade enterrada de Tróia, haveria muita compressão e redução de volume, por isso vamos assumir que cada fóssil na série fosse achatado até ficar da espessura de uma panqueca de um centímetro. Qual a profundidade de rocha necessária para acomodar o nosso registro fóssil contínuo? A resposta é que a rocha teria de apresentar uma espessura de cerca de mil quilômetros. Isso é mais ou menos dez vezes a espessura da crosta terrestre.

O Grand Canyon, cujas rochas, das mais profundas às mais rasas, abarcam a maior parte do período de que estamos falando, tem apenas uma profundidade de aproximadamente 1600 metros. Se os estratos do Grand Canyon fossem cheios de fósseis e não tivessem rochas interpostas, haveria espaço dentro de suas profundezas para acomodar somente cerca de um sexcentésimo das gerações que sucessivamente morreram. Esse cálculo nos ajuda a manter nas suas devidas proporções a série “contínua” de fósseis gradativamente variáveis que os fundamentalistas exigem para aceitar o fato da evolução. As rochas da terra simplesmente não têm espaço para esse luxo — por muitas ordens de grandeza. Seja qual for o modo de considerar a questão, apenas uma proporção extremamente pequena de criaturas tem a boa sorte de ser fossilizada. Como já disse, eu consideraria isso uma honra.

O número dos mortos supera em muito o de todos os que vão viver. A noite do tempo supera em muito o dia, e quem sabe quando foi o Equinócio? Cada hora se acrescenta à aritmética corrente, que raramente se detém por um momento [...]. Quem sabe se os melhores homens nos são conhecidos, ou se não há mais pessoas notáveis esquecidas do que aquelas que são lembradas no registro conhecido do tempo? (Sir Thomas Browne, *Urne Buriall*, 1658).

## 2. O salão dos duques

Podes moer suas almas no mesmo moinho,  
Podes uni-las, coração e mente atados;  
Ainda assim o poeta seguirá o arco-íris,  
E o seu irmão seguirá o arado.

(You may grind their souls in the self-same mill/  
You may bind them, heart and brow;/  
But the poet will follow the rainbow still/  
And his brother will follow the plow).

John Boyle O'Reilly (1844-90) "The Rainbow's Treasure"

Romper a anestesia da familiaridade é o que os poetas fazem de melhor. É a sua atividade. Mas os poetas, muitos deles e por muito tempo, negligenciaram a mina de ouro da inspiração oferecida pela ciência. W. H. Auden, o líder de sua geração de poetas, simpatizava lisonjeiramente com os cientistas, mas mesmo ele se fixava no seu lado prático, comparando os cientistas com os políticos, sob um ângulo favorável aos primeiros, porém deixando de perceber as possibilidades poéticas da própria ciência.

*Os verdadeiros homens de ação de nosso tempo, aqueles que transformam o mundo, não são os políticos e os estadistas, e sim os cientistas. Infelizmente a poesia não pode celebrá-los, porque os seus feitos não dizem respeito a pessoas, mas a coisas, sendo assim silenciosos. Quando me vejo na companhia de cientistas, sinto-me como um cura malvestido que tivesse entrado por engano num salão cheio de duques. (The Dyer's Hand, "Poet and the City", 1963).*

Ironicamente, é mais ou menos assim que eu e muitos outros cientistas nos sentimos quando na companhia de poetas. Na verdade — e vou retornar a esse ponto — essa é provavelmente a avaliação normal em nossa cultura das posições relativas dos cientistas e poetas, o que pode ter sido a razão de Auden ter se dado ao trabalho de afirmar o contrário. Entretanto, por que ele tem tanta certeza de que a poesia não pode celebrar os cientistas e seus feitos? Os cientistas podem transformar o mundo com mais eficácia que os políticos e os estadistas, mas não é só isso o que fazem, e certamente não é só isso o que poderiam fazer. Eles transformam o nosso modo de pensar sobre o universo mais amplo. Ajudam a imaginação a retroceder até o nascimento ardente do tempo e a avançar para o frio eterno, ou, nas palavras de Keats, a "pular diretamente para a galáxia". O

universo silencioso não é um tema digno de atenção? Por que um poeta celebraria apenas pessoas, e não a trituração lenta das forças naturais que as criaram? Darwin tentou bravamente, porém os talentos de Darwin não eram poéticos, e sim de outra espécie:

É interessante contemplar uma ribanceira emaranhada, coberta com muitas plantas de várias espécies, com passarinhos cantando nos arbustos, com vários insetos esvoaçando ao redor, com vermes se arrastando pela terra úmida, e refletir que essas formas elaboradamente construídas, tão diferentes umas das outras, e dependentes umas das outras de maneira tão complexa, foram todas produzidas por leis que operam ao nosso redor [...]. Assim, da guerra da natureza, da fome e da morte, deriva diretamente o objeto mais sublime que somos capazes de conceber, isto é, a produção dos animais superiores. Há grandiosidade nessa visão de a vida, com seus vários poderes, ter sido originalmente insuflada em algumas formas ou numa forma única; e de infindáveis formas muito belas e muito maravilhosas terem sido e estarem sendo desenvolvidas a partir de um começo tão simples, enquanto este planeta continua a girar em sua órbita segundo a lei fixa da gravidade. (*Sobre a origem das espécies*, 1859).

Os interesses de William Blake eram religiosos e místicos, mas, palavra por palavra, eu gostaria de ter escrito a seguinte e famosa quadra. Se assim tivesse feito, minha inspiração e meu significado teriam sido muito diferentes.

Ver um mundo num grão de areia  
E um céu numa flor silvestre  
Capturar o infinito na palma da mão  
E a eternidade em uma hora.

(To see a world in a grain of sand/ And a heaven in a wild flower/ Hold infinity in the palm of your hand/ And eternity in an hour)

“Auguries of Innocence” (c. 1803)

A estrofe pode ser lida como sendo toda acerca da ciência, acerca de estar embaixo do facho de luz em movimento, acerca de domesticar o espaço e o tempo, acerca das construções muito grandes a partir dos grãos quânticos do que é muito pequeno, uma flor solitária representando a miniatura de toda a evolução. Os impulsos de temor, reverência e admiração que levaram Blake ao misticismo (e figuras menores à superstição paranormal, como veremos) são precisamente aqueles que levam outros de nós à ciência. A nossa interpretação é diferente, porém o que nos emociona é o mesmo. O místico se contenta em gozar a admiração e alegra-se com um mistério que não fomos “feitos” para

compreender. O cientista sente a mesma admiração, mas fica inquieto, não se contenta com isso; reconhece que o mistério é profundo, depois acrescenta: “Mas estamos trabalhando nisso”.

Blake não amava a ciência, até a temia e menosprezava:

Bacon e Newton, cobertos de armas sombrias, seus terrores pairam  
Como açoites de ferro sobre Albion; os Raciocínios, imensas serpentes,  
Abraçam os meus membros [...]

(To see a world in a grain of sand/ And a heaven in a wild flower/ Hold  
infinity in the palm of your hand/ And eternity in an hour)

“Bacon, Newton, and Locke”, Jerusalem (1804-20)

Que desperdício de talento poético! E mesmo que, de acordo com a opinião confiável de comentaristas em voga, houvesse um motivo político subjacente ao poema, ainda assim é um desperdício; pois a política e suas preocupações são temporárias, tão triviais em comparação. A minha tese é que os poetas poderiam fazer melhor uso da inspiração fornecida pela ciência e que, ao mesmo tempo, os cientistas deveriam procurar se comunicar com o grupo que, na falta de uma palavra melhor, chamo de poetas.

Não se trata, é claro, de que a ciência deva ser declamada em versos. Os dísticos rimados de Erasmus Darwin, o avô de Charles, embora surpreendentemente bem considerados na sua época, não elevam a ciência. E, a menos que os cientistas tenham o talento de um Carl Sagan, um Peter Atkins ou uma Loren Eiseley, tampouco deveriam cultivar um estilo deliberado de prosa poética nas suas exposições. A clareza simples e sóbria cumpre muito bem o seu papel, deixando que os fatos e as ideias falem por si mesmos. A poesia está na ciência.

Os poetas podem ser obscuros, às vezes por boas razões, e exigem, com todo o direito, a dispensa da obrigação de explicar os seus versos. “Diga-me, senhor Eliot, como é exatamente que se mede a vida de uma pessoa com colherinhas de café?” não teria sido, para dizer o mínimo, uma boa maneira de puxar assunto, mas um cientista, com razão, espera que lhe façam perguntas equivalentes. “Em que sentido um gene pode ser egoísta?” “O que exatamente flui do rio que saía do Éden?” Ainda explico a pedidos o significado do Monte Improvável e o modo como ele é lento e gradativamente escalado. A nossa linguagem deve se esforçar para esclarecer e explicar, e, se não conseguimos transmitir o nosso significado por meio de uma abordagem, devemos procurar outra mais eficaz. Mas, sem perder a lucidez, na verdade com lucidez ainda maior, precisamos reclamar para a verdadeira ciência aquele estilo de admiração reverente que movia os místicos como Blake. A ciência verdadeira tem direito ao formigamento na espinha que, num nível mais baixo, atrai os fãs de *Jornada nas Estrelas* e que, no nível mais

baixo de todos, tem sido lucrativamente explorado pelos astrólogos, videntes e médiuns de televisão.

A exploração dos pseudocientistas não é a única ameaça ao nosso senso de admiração. A “vulgarização” populista é outro perigo, e devo retornar a esse ponto. Uma terceira ameaça é a hostilidade de acadêmicos com um conhecimento sofisticado de disciplinas que estão na moda. Uma onda em voga vê a ciência apenas como um dentre muitos mitos culturais, nem mais verdadeiro ou válido do que os mitos de qualquer outra cultura. Nos Estados Unidos, essa atitude é alimentada pela culpa justificada do tratamento histórico conferido aos americanos nativos. Mas as consequências podem ser risíveis, como no caso do Homem de Kennewick.

O Homem de Kennewick é um esqueleto descoberto no estado de Washington em 1996 que, pela datação de carbono, deve ter mais de 9 mil anos. Os antropólogos ficaram intrigados com as sugestões anatômicas de que talvez não estivesse relacionado com os típicos americanos nativos, podendo representar uma outra migração anterior pelo que é agora o estreito de Bering ou até originária da Islândia. Eles estavam se preparando para realizar os importantíssimos testes de DNA, quando as autoridades legais se apoderaram do esqueleto, com a intenção de entregá-lo aos representantes das tribos indígenas locais, que propuseram enterrá-lo e proibir todo estudo posterior. Houve naturalmente uma ampla oposição da comunidade científica e arqueológica. Mesmo se o Homem de Kennewick fosse um tipo de índio americano, é altamente improvável que tivesse afinidades com qualquer tribo específica que por acaso habitasse a mesma área 9 mil anos mais tarde.

Os americanos nativos têm uma força legal impressionante, e “O Antigo” poderia ter sido entregue às tribos, não fosse por um acontecimento bizarro. A Assembleia do Povo de Asatru, um grupo de adoradores dos deuses nórdicos Thor e Odín, entrou com uma ação legal independente afirmando que o Homem de Kennewick era, na verdade, um viking. Essa seita nórdica, cujas visões se encontram no número do verão de 1997 de *The Rune-stone*, teve realmente a permissão de realizar um culto religioso sobre os ossos. Isso desagradou à comunidade indígena yakama, cujo porta-voz temia que a cerimônia viking pudesse “impedir o espírito do Homem de Kennewick de encontrar o seu corpo”. A disputa entre os indígenas e os nórdicos poderia ser resolvida pela comparação do DNA, e os nórdicos estavam bem desejosos de passar pelo teste. O estudo científico dos vestígios certamente lançaria um luz fascinante sobre a questão de saber quando os humanos chegaram pela primeira vez à América. Mas os líderes indígenas não admitem a simples ideia de estudar o assunto, porque acreditam que seus antepassados existem na América desde a criação. Como Armand Minthorn, o líder religioso da tribo umatilla, se expressou: “De nossas histórias orais, sabemos que o nosso povo é parte desta terra desde o começo dos tempos.

Não acreditamos que o nosso povo migrou de outro continente para a América, como afirmam os cientistas”.

Talvez a melhor atitude para os arqueólogos seja declarar que pertencem a uma religião, sendo as impressões digitais do DNA o seu totem sacramental. Parece brincadeira, mas é tal o clima nos Estados Unidos no final do século XX que possivelmente esse é o único recurso que iria funcionar. Se alguém diz: “Olha, há evidências esmagadoras, obtidas pela datação de carbono, pelo DNA mitocondrial e pelas análises arqueológicas da cerâmica, de que x é o caso”, não vai chegar muito longe. Mas, se alguém diz: “É uma crença fundamental e inquestionável da minha cultura de que x é o caso”, vai imediatamente atrair a atenção de um juiz.

Vai também chamar a atenção de muitos na comunidade acadêmica que, no final do século XX, descobriram uma nova forma de retórica anticientífica, às vezes chamada de “crítica pós-moderna” da ciência. O alerta mais completo sobre esse tipo de atitude é o esplêndido livro de Paul Gross e Norman Levitt, *Higher Superstition: the Academic Left and its Quarrels with Science* (1994). O antropólogo americano Matt Cartmill resume o novo credo:

Quem afirma ter conhecimento objetivo sobre alguma coisa está tentando controlar e dominar o restante dos homens [...]. Não há fatos objetivos. Todos os supostos “fatos” estão contaminados por teorias, e todas as teorias estão infestadas de doutrinas morais e políticas [...]. Portanto, quando um sujeito metido num guarda-pó afirma que tal coisa é um fato objetivo [...], ele deve ter uma agenda política escondida na sua manga branca e engomada. (“Oppressed by Evolution”, revista Discover, 1998).

Há até alguns quinta-colunistas eloquentes dentro da própria ciência que têm exatamente essas opiniões e que as usam para desperdiçar o tempo do restante dos cientistas.

A tese de Cartmill é que há uma aliança inesperada e perniciosa entre o direito religioso fundamentalista de nada saber e a esquerda acadêmica sofisticada. Uma manifestação bizarra da aliança é a sua oposição conjunta à teoria da evolução. A oposição dos fundamentalistas é óbvia. A da esquerda é uma mistura de hostilidade à ciência em geral, de “respeito” (palavra equívoca do nosso tempo) pelos mitos da criação tribais e de várias agendas políticas. Esses dois parceiros estranhos partilham uma preocupação com “a dignidade humana” e indignam-se com o fato de se tratar humanos como “animais”. Barbara Ehrenreich e Janet McIntosh dizem algo semelhante sobre o que chamam de “criacionistas seculares” no seu artigo de 1997 “The New Creationism” na revista *The Nation*.

Os promotores do relativismo cultural e da “superstição mais elevada”

tendem a despejar desprezo na busca da verdade. Isso deriva parcialmente da convicção de que as verdades são diferentes em culturas diferentes (esse era o argumento da história do Homem de Kennewick) e parcialmente da incapacidade de os filósofos da ciência concordarem de algum modo sobre a verdade. Há certamente dificuldades filosóficas genuínas. Uma verdade é apenas uma hipótese não falsificada até o presente momento? Que status possui a verdade no estranho e incerto mundo da teoria quântica? Algo é em última análise verdadeiro? Por outro lado, nenhum filósofo encontra dificuldades em usar a linguagem da verdade quando é falsamente acusado de um crime, ou quando suspeita que sua esposa cometeu adultério. “É verdade?” parece então uma pergunta justa, e poucos dos que a formulam nas suas vidas privadas ficariam satisfeitos em ter como resposta um sofisma argumentativo. Os experimentadores do pensamento quântico talvez não saibam em que sentido é “verdade” que o gato de Schrödinger está morto. Mas todo mundo sabe o que é verdadeiro na declaração de que Jane, a gata da minha infância, está morta. E, em muitas verdades científicas, o que afirmamos é apenas que elas são verdadeiras nesse mesmo sentido comum. Se lhe digo que os humanos e os chimpanzés partilham um antepassado comum, você pode duvidar da verdade da minha afirmação e procurar (em vão) evidências de que ela é falsa. Nós dois sabemos, no entanto, o que significaria se ela fosse verdadeira, e o que significaria se ela fosse falsa. Está na mesma categoria de: “É verdade que você esteve em Oxford na noite do crime?”, e não na mesma categoria difícil de: “É verdade que um *quantum* tem posição?”. Sim, há dificuldades filosóficas sobre a verdade, mas podemos ir bem longe antes de ser preciso que delas nos ocupemos. A criação prematura de alegados problemas filosóficos é às vezes uma cortina de fumaça para a discórdia.

A “vulgarização” é um tipo muito diferente de ameaça à sensibilidade científica. O movimento para a “Compreensão Pública da Ciência”, provocado nos Estados Unidos pela entrada triunfal da União Soviética na corrida espacial e impulsionado hoje em dia, pelo menos na Grã-Bretanha, pelo alarme público a respeito da diminuição de candidatos às vagas de ciência nas universidades, está se tornando popular. “Semanas da Ciência” e “Quinzenas da Ciência” revelam nos cientistas o desejo ansioso de serem amados. Chapéus engraçados e vozes travessas proclamam que a ciência é divertida, divertida, divertida. “Personalidades” malucas realizam explosões e truques assustadores. Assisti recentemente a uma sessão preparatória em que os cientistas foram solicitados a encenar eventos em shopping centers, destinados a atrair as pessoas para as alegrias da ciência. O palestrante nos aconselhou a não fazer nada que pudesse ser visto como desmancha-prazeres. Sempre tornar a ciência “relevante” para a vida das pessoas comuns, para o que se passa na sua cozinha e banheiro. Sempre que possível, escolher materiais experimentais que o público possa comer no

final. No último evento organizado pelo próprio palestrante, o fenômeno científico que realmente chamou a atenção foi o mictório que acionava a descarga automaticamente, quando a pessoa se afastava. É melhor evitar a própria palavra ciência, disseram-nos, porque “as pessoas comuns” a consideram ameaçadora.

Não tenho dúvida se esse tipo de vulgarização alcançará sucesso, se o nosso objetivo for maximizar o número da população total em nosso “evento”. Mas, quando protesto que o que está sendo propagandeado não é a verdadeira ciência, sou censurado por meu “elitismo” e informado de que atrair as pessoas para a ciência, por qualquer meio, é um primeiro passo necessário. Bem, se devemos usar a palavra (eu não a usaria), talvez o elitismo não seja algo assim tão terrível. E há uma grande diferença entre um esnobismo exclusivo e um elitismo lisonjeiro e inclusivo, que se esforça para ajudar as pessoas a melhorar o seu desempenho e ingressar na elite. Uma vulgarização calculada é o pior de tudo: condescendente e indulgente. Quando expressei essas opiniões numa palestra recente nos Estados Unidos, um questionador no final, sem dúvida com uma aura de autocongratulação política no seu coração masculino e branco, teve a impertinência insultante de sugerir que a vulgarização poderia ser necessária para levar “as minorias e as mulheres” à ciência.

A minha preocupação é que promover a ciência só como algo divertido, travesso e fácil significa acumular problemas para o futuro. A verdadeira ciência pode ser difícil (melhor, desafiadora, para lhe dar uma imagem mais positiva), mas, como a literatura clássica ou tocar violino, vale a pena o esforço. Se as crianças são atraídas para a ciência, ou para qualquer outra ocupação que valha a pena, pela promessa de diversão fácil, o que vão fazer quando finalmente tiverem de confrontar a realidade? A propaganda de recrutamento do exército é correta em não prometer um piquenique: eles procuram jovens com dedicação suficiente para aguentar o tranco. “Diversão” emite sinais errados e pode atrair pessoas para a ciência por razões erradas. Os estudos acadêmicos literários correm o risco de ser solapados de maneira semelhante. Estudantes relapsos são seduzidos a entrar num rebaixado curso de “Estudos Culturais”, com a promessa de que vão passar o tempo desconstruindo novelas de televisão, princesas de tabloides e os Teletubbies. A ciência, como os estudos literários apropriados, pode ser difícil e desafiadora, mas é — assim como os estudos literários apropriados — maravilhosa. A ciência pode compensar o seu custo, contudo, como a grande arte, não precisaria compensá-lo. E não deveríamos precisar de personalidades malucas, nem de explosões engraçadas, para nos convencer do valor de uma vida dedicada a descobrir por que temos vida em primeiro lugar.

Receio ter sido talvez demasiado negativo nesse ataque, mas há momentos em que o pêndulo vai tão longe que precisa de um forte puxão na outra direção, para que o equilíbrio seja restaurado. É claro que a ciência é divertida, uma vez

que é o oposto de aborrecida. Pode fascinar uma boa mente durante toda a vida. Certamente, as demonstrações práticas podem ajudar a tornar as ideias vividas e duradouras na mente. Desde as Palestras de Natal de Michael Faraday na Royal Institution até o Bristol Exploratory de Richard Gregory, as crianças têm experimentado a emoção de conhecer a verdadeira ciência fazendo experiências com as próprias mãos. Eu mesmo tive a honra de dar as Palestras de Natal, na sua forma moderna televisionada, e utilizei muitas demonstrações feitas com as próprias mãos. Faraday nunca vulgarizou a ciência. Estou atacando apenas o tipo de prostituição populista que adultera a maravilha da ciência.

Todos os anos há um grande jantar em Londres para a entrega dos prêmios dos melhores livros de divulgação científica. Um dos prêmios é dedicado à obras infantis sobre ciência, e foi recentemente conferido a um livro sobre seres microscópicos e outros “insetos feios e horríveis”. Esse tipo de linguagem talvez não seja a mais bem calculada para despertar o senso poético da admiração, mas vamos ser tolerantes e reconhecer outros meios de atrair o interesse das crianças. Mais difícil de perdoar foram os trejeitos ridículos da presidente dos juizes, uma personalidade de televisão bem conhecida (que recentemente se vendera para o gênero lucrativo da televisão “paranormal”). Emitindo guinchos com a frivolidade de um programa de auditório, ela incitou o grande público (de adultos) a repetir junto com ela coros de caretas sonoras provocadas pela contemplação dos horríveis “insetos feios”. “Aaaaaarrgh! Eeeeca! Uuuuuuu! Aaaaaarrgh!” Esse tipo de diversão vulgar degrada a maravilha da ciência e corre o risco de “afastar” as pessoas mais qualificadas para apreciá-la e inspirar outros: os verdadeiros poetas e os verdadeiros estudiosos da literatura.

Quando digo poetas, quero dizer, claro, artistas de todos os tipos. Michelangelo e Bach eram pagos para celebrar os temas sagrados do seu tempo, e os resultados vão sempre parecer sublimes aos sentidos humanos. Mas nunca saberemos como esses gênios teriam respondido a encomendas alternativas. Como a mente de Michelangelo se movia sobre o silêncio “como uma mosca de longas patas sobre a água”, o que ele não teria pintado se conhecesse o conteúdo de uma única célula nervosa de uma mosca de longas patas? É só pensar no “Dies Irae” que a contemplação do destino dos dinossauros poderia ter arrancado de Verdi, quando há 65 milhões de anos uma rocha do tamanho de uma montanha saiu silvando do espaço profundo, a 16 mil quilômetros por hora, para atingir em cheio a península do Yucatán, e o mundo escureceu. Tentem imaginar a “Sinfonia da Evolução” de Beethoven, o oratório de Haydn sobre “O Universo em Expansão”, ou a epopeia A Via Láctea de Milton. Quanto a Shakespeare... Mas não precisamos mirar tão alto. Os poetas menores já seriam um belo começo.

Posso imaginar, em algum outro mundo

De silêncio primevo, muito remoto ,  
Naquela sua imobilidade terrível, apenas arfando e zumbindo,  
Colibris a precipitar-se pelas avenidas.

Antes que alguma coisa tivesse alma,  
Enquanto a vida era uma onda de matéria, meio inanimada,  
Essa pequena lasca de brilho  
Saiu a zunir pelas hastes lentas, imensas, suculentas.

Acredito que não havia flores então,  
No mundo em que o colibri cintilava à frente da criação.  
Acredito que ele furava as lentas veias das plantas com seu longo bico.

Era provavelmente grande  
Como o musgo é os pequenos lagartos, dizem, eram outrora grandes.  
Era provavelmente um monstro aterrorizador, apunhalador.  
Nós o vemos pelo lado errado do telescópio do Tempo,  
Felizmente para nós

(I can imagine, in some otherworld/ Primeval-dumb, far back/ In that most awful stillness, that only gasped and hummed./ Humming-birds raced down the avenues.// Before anything had a soul,/ While life was a heave of matter, half inanimate./ This little bit chipped off in brilliance/ And went whizzing through the slow, vast, succulent stems.// I believe there were no flowers then./ In the world where the humming-bird flashed ahead of creation./ I believe he pierced the slow vegetable veins with his long beak.// Probably he was big/ As mosses, and little lizards, they say, were once big./ Probably he was a jabbing, terrifying monster.// We look at him through the wrong end of the telescope of Time./ Luckily for us).

Unrhyming Poems, 1928

O poema de D. H. Lawrence sobre os colibris é quase inteiramente incorreto e assim, superficialmente, não-científico. Todavia, apesar disso, é uma tentativa aceitável de como um poeta poderia tirar inspiração do tempo geológico. Lawrence precisava apenas de algumas lições de evolução e taxonomia para inserir o seu poema no âmbito da precisão, e ele não seria menos interessante e estimulante como poema. Depois de outra lição, Lawrence, o filho de um mineiro, poderia contemplar com olhos renovados o seu fogo de carvão, cuja energia brilhante viu pela última vez a luz do dia — era a luz do dia — na época em que ela aquecia os fetos arborescentes carboníferos, para depois ser depositado no porão escuro da Terra e lacrado por 3 milhões de séculos. Um obstáculo maior teria sido a hostilidade de Lawrence ao que ele erroneamente

pensava ser o espírito antipoético da ciência e dos cientistas, como ao resmungar que

O conhecimento matou o Sol, transformando-o numa bola de gás com manchas [...]. O mundo da razão e da ciência [...], esse é o mundo seco e estéril que a mente abstrata habita.

Quase reluto em admitir que o meu favorito dentre todos os poetas é aquele confuso místico irlandês, William Butler Yeats. Na velhice, Yeats procurou um tema e procurou-o em vão, acabando por voltar, em desespero, aos antigos temas de sua juventude finde siècle. Que tristeza renunciar, naufragado entre os sonhos pagãos, abandonado entre as fadas e a Irlanda encantada da sua afetada juventude, quando, a uma hora de carro da torre de Yeats, a Irlanda abrigava o maior telescópio astronômico então construído. Era o refletor de 72 polegadas, construído antes do nascimento de Yeats por William Parsons, terceiro conde de Rosse, no castelo Birr (onde foi agora restaurado pelo sétimo conde). O que um simples vislumbre da Via Láctea através do instrumento óptico do “Leviatã de Parsonstown” não teria feito pelo poeta frustrado que, ainda jovem, tinha escrito estes versos inesquecíveis?

Sossega, coração trêmulo, sossega;  
Recorda a sabedoria dos antigos dias:  
Quem treme diante das chamas e das águas,  
E dos ventos que sopram pelas estreladas vias,  
Que seja encoberto pelas chamas e pelas águas  
E pelos ventos estrelados, pois renega  
Unir-se à multidão solitária e imponente.

(Be you still, be you still, trembling heart/  
Remember the wisdom out of the old days/  
Him who trembles before the flame and the flood/  
And the winds that blow through the starry ways,  
Let the starry winds and the flame and the flood/  
Cover over and hide, for he has no part/  
With the lonely, majestic multitude).

The Wind Among the Reeds (1899)

Essas seriam belas últimas palavras para um cientista, como também seria, agora que penso no caso, o próprio epitáfio do poeta: “Lança um olhar frio / à vida, à morte. / Cavaleiro, passa adiante!” (Cast a cold eye/ On life, on death/ Horseman, pass by!). Mas, como Blake, Yeats não amava a ciência, descartando-a (absurdamente) como o “ópio dos subúrbios” e convocando-nos a “Atacar a cidade de Newton”. Isso é triste, e o tipo de atitude que me leva a escrever os meus livros.

Keats também reclamou que Newton destruíra a poesia do arco-íris explicando-o. Por implicação mais geral, a ciência é o desmancha-prazeres da poesia, seca e fria, sem alegria, arrogante e carente de tudo o que um jovem romântico poderia desejar. Proclamar o oposto é um dos objetivos deste livro, e vou me limitar neste ponto à especulação não comprovável de que Keats, como Yeats, poderia ter sido até um poeta melhor, se tivesse recorrido à ciência em busca de inspiração.

Tem-se apontado que a educação médica de Keats talvez lhe tenha dado os meios de reconhecer os sintomas mortais de sua tuberculose, como ao diagnosticar sinistramente o seu próprio sangue arterial. A ciência, para ele, não teria sido a mensageira de boas notícias, por isso não é tão surpreendente que tenha encontrado consolo no mundo antisséptico do mito clássico, perdendo-se entre flautas de Pã e náiades, ninfas e driades, exatamente como Yeats iria fazer entre os seus equivalentes celtas. Por mais irresistíveis que me pareçam os dois poetas, perdoem-me se duvido que os gregos teriam reconhecido as suas lendas em Keats, ou os celtas, as suas em Yeats. Esses grandes poetas tinham à sua disposição as melhores fontes de inspiração possíveis? O preconceito contra a razão não pesou sobre as asas da poesia?

A minha tese é que o espírito de admiração que levou Blake ao misticismo cristão, Keats aos mitos arcádicos e Yeats aos fenianos e duendes é o mesmo que inspira os grandes cientistas; um espírito que, se reconduzido aos poetas sob forma científica, poderia inspirar poesia ainda maior. Para apoiar a tese, menciono o gênero menos elevado da ficção científica. Jules Verne, H. G. Wells, Olaf Stapledon, Robert Heinlein, Isaac Asimov, Arthur C. Clarke, Ray Bradbury e outros empregaram prosa poética para evocar o romance de temas científicos, em alguns casos ligando-os explicitamente aos mitos da Antiguidade. O melhor da ficção científica me parece ser uma forma literária importante por seus próprios méritos, subestimada arrogantemente por alguns estudiosos da literatura. Mais de um cientista famoso foi introduzido ao que chamo de espírito de admiração por uma primeira fascinação pela ficção científica.

Na extremidade inferior do mercado de ficção científica, o mesmo espírito tem sido malbaratado para fins mais sinistros, mas a ponte à poesia mística e romântica ainda pode ser discernida. Pelo menos uma religião de importância, a cientologia, foi fundada por um escritor de ficção científica, L. Ron Hubbard (cujo verbete no *Oxford Dictionary of Quotations* diz: “Se você quer realmente ganhar um milhão [...], a maneira mais rápida é começar a sua própria religião”). Os adeptos agora mortos do culto do Heavens Gate [Portão do Céu] provavelmente nunca souberam que a expressão aparece duas vezes em Shakespeare e duas vezes em Keats, mas eles sabiam tudo sobre Jornada nas Estrelas, um seriado pelo qual tinham obsessão. A linguagem da sua página na web é uma caricatura ridícula de ciência mal compreendida, enfeitada com má

poesia romântica.

O culto do Arquivo X tem sido defendido como inofensivo, porque, afinal, não passa de ficção. Diante das circunstâncias, é uma defesa justa. Todavia, a ficção que aparece com regularidade — novelas de televisão, séries policiais e coisas desse gênero — é criticada com legitimidade se, semana após semana, apresenta sistematicamente uma visão unilateral do mundo. Arquivo X é uma série de televisão em que, toda semana, dois agentes do FBI enfrentam um mistério. Um dos dois, Scully, prefere uma explicação racional e científica; o outro agente, Mulder, procura uma explicação que é sobrenatural ou, no mínimo, glorifica o inexplicável. O problema com o Arquivo X é que, rotineira e inexoravelmente, a explicação sobrenatural, ou pelo menos a ponta Mulder do espectro, revela ser a resposta na maioria dos casos. Disseram-me que, em episódios recentes, até a agente cética Scully está começando a perder a sua confiança, e não é de admirar.

Mas então não é apenas ficção inofensiva? Não, acho que o argumento da defesa soa vazio. Imagine-se uma série de televisão em que dois policiais solucionam um crime a cada semana. Toda semana há um suspeito negro e um suspeito branco. Um dos dois detetives sempre tende a culpar o suspeito negro, o outro culpa o branco. E, semana após semana, descobre-se que o autor do crime foi o suspeito negro. Bem, e o que há de errado nisso? Afinal, é apenas ficção! Por mais chocante que seja, acredito que a analogia é completamente justa. Não estou afirmando que a propaganda do sobrenatural é tão perigosa ou desagradável quanto a racista. Porém, Arquivo X fornece sistematicamente uma visão antirracional do mundo que, em virtude de sua persistência recorrente, é insidiosa.

Outra forma bastarda de ficção científica converge para o mito inventado por Tolkien. Os físicos se acotovelam com magos, alienígenas interplanetários acompanham princesas montadas de lado em unicórnios, estações espaciais com milhares de vigias surgem envoltas na mesma bruma de castelos medievais com alguns corvos (ou até pterodáctilos) girando ao redor de suas torres góticas. A verdadeira ciência, ou a ciência calculada-mente modificada, é substituída pela magia, a saída fácil.

A boa ficção científica não tem nada a ver com sortilégios de contos de fadas, e tem como premissa o mundo como um lugar ordenado. Há mistério, mas o universo não é frívolo nem enganador no seu estado de constante mudança. Se alguém coloca um tijolo em cima da mesa, ele ali permanece, a menos que algo o mova, ainda que tenhamos esquecido que ele estava sobre a mesa. Os poltergeists e os elfos não intervêm atirando-o ao redor por razões malévolas ou caprichosas. A ficção científica pode brincar com as leis da natureza, sendo aconselhável e preferível que seja uma lei de cada vez, mas ela não pode abolir a condição de haver leis e continuar a ser boa ficção científica. Os computadores

fictícios podem se tornar conscientemente malévolos ou até, nas magistrais comédias científicas de Douglas Adams, paranoides; as naves espaciais podem se lançar em velocidade de dobra (ou *warp*) para galáxias distantes usando alguma suposta tecnologia futura, mas as regras da ciência são essencialmente observadas. A ciência permite o mistério, mas não a magia; permite bizarras além da mais louca imaginação, mas não os sortilégios e as bruxarias, tampouco os milagres fáceis e baratos. A má ficção científica perde o controle sobre a moderada observância às leis, substituindo-a pelo desregramento do “vale-tudo” da magia. O pior da má ficção científica dá as mãos ao “paranormal”, esse outro filho ilegítimo e preguiçoso do senso de admiração que deveria motivar a verdadeira ciência. A popularidade desse tipo de pseudociência parece ao menos sugerir que o senso de admiração é difundido e sincero, por mais mal empregado que seja. É o único consolo que encontro na obsessão pré-milenarista da mídia com o paranormal, no imenso sucesso de Arquivo X e nos programas populares de televisão em que truques de prestidigitação rotineiros são representados distorcidamente como violação da lei natural.

Vamos retornar, entretanto, ao elogio agradável de Auden e à inversão que dele fizemos. Por que alguns cientistas se sentem como curas malvestidos entre duques literários, e por que muitos na nossa sociedade assim os percebem? De vez em quando alunos que estão se especializando em ciência na minha própria universidade têm me afirmado (ansiosamente, pois a pressão dos pares na sua coorte é grande) que o seu tema de estudos não é visto como “legal”. Isso me foi ilustrado por uma jovem jornalista inteligente que conheci numa recente série de discussões da rede BBC. Ela parecia quase intrigada com o fato de conhecer um cientista, pois confessou que no seu tempo de Oxford não conhecera nenhum. O seu círculo os considerava à distância “homens cinzentos”, lamentando especialmente o seu hábito de se levantarem da cama antes do almoço. Dentre todos os excessos absurdos, eles assistiam palestras às nove da manhã e depois trabalhavam nos laboratórios até a hora do almoço. O grande estadista humanista e humanitário Jawaharlal Nehru, como convém ao primeiro-ministro de um país que não pode se dar ao luxo de embromações, tinha uma visão mais realista da ciência.

Só a ciência pode resolver os problemas da fome e da pobreza, da insalubridade e do analfabetismo, da superstição e dos costumes e tradições retrógrados, do desperdício de imensos recursos, ou de um país rico ser habitado por seres famintos. [...] Quem na verdade poderia se dar ao luxo de ignorar a ciência hoje em dia? A cada passo temos de procurar a sua ajuda [...]. O futuro pertence à ciência e àqueles que são amigos da ciência. (ao corrigir a cópia em agosto de 1998, não posso deixar de refletir tristemente que Nehru sentiria que a decisão da Índia de realizar testes nucleares, de

forma unilateral e desafiando a opinião mundial, é um abuso chocante da ciência e uma profanação da sua memória e da memória de Mahatma Gandhi - N. A.) [1962]

Mesmo assim, é possível que transborde para a arrogância a confiança com que os cientistas às vezes afirmam o quanto sabemos e o quanto a ciência pode ser útil. O ilustre embriologista Lewis Wolpert admitiu certa vez que a ciência é ocasionalmente arrogante, e ainda observou, de forma amena, que ela tem um certo direito a ser arrogante. Peter Medawar, Cari Sagan e Peter Atkins disseram todos algo parecido.

Arrogantes ou não, defendemos pelo menos da boca para fora a ideia de que a ciência avança pela refutação de suas hipóteses. Konrad Lorenz, o pai da etologia, exagerava característica- mente quando dizia que desejava refutar pelo menos uma de suas hipóteses favoritas todos os dias, antes do café da manhã. Mas é verdade que os cientistas, mais do que, digamos, os advogados, os médicos ou os políticos, ganham prestígio entre os seus pares ao admitir publicamente os seus erros. Uma das experiências formativas dos meus anos de graduação em Oxford ocorreu quando um professor visitante dos Estados Unidos apresentou evidências que refutavam de maneira conclusiva a teoria preferida de um líder idoso e muito respeitado do nosso departamento de zoologia, a teoria que todos tínhamos aprendido. No final da palestra, o velho se levantou, caminhou a passos largos até a frente da sala, apertou calorosamente a mão do americano e declarou com voz emocionada: “Meu caro colega, quero lhe agradecer. Estive enganado esses últimos quinze anos”. Aplaudimos até as mãos ficarem vermelhas. Alguma outra profissão é tão generosa em admitir os seus erros?

A ciência progride corrigindo os seus erros, e não faz segredo do que ainda não compreende. Todavia, o oposto é a percepção mais difundida. Quando era colunista do *The Times* de Londres, Bernard Levin publicava esporadicamente tiradas contra a ciência, e no dia 11 de outubro de 1996 ele escreveu uma invectiva intitulada “Deus, eu e o dr. Dawkins”, com o subtítulo de “Os cientistas não sabem, nem eu — mas ao menos eu sei que não sei”, acima da qual aparecia uma caricatura minha como o Adão de Michelangelo enfrentando o dedo em riste de Deus. Mas, como qualquer cientista protestaria com vigor, é da essência da ciência saber o que não sabemos. É isso precisamente o que nos leva a descobertas. Numa coluna anterior, de 29 de julho de 1994, Bernard Levin tinha caçoado da ideia dos quarks (“Os quarks estão chegando! Os quarks estão chegando! Corram para salvar a vida...”). Depois de outras piadas sobre a “nobre ciência” ter nos dado telefones móveis, guarda-chuvas dobráveis e cremes dentais de múltiplas listas, ele atacou com uma seriedade zombeteira:

Você pode comer quarks? Pode espalhá-los sobre a sua cama quando chega o

tempo frio?

Esse tipo de coisa não merece realmente uma resposta, mas o metalurgista de Cambridge, Sir Alan Cottrell, respondeu com duas frases numa carta ao editor alguns dias mais tarde.

Meu senhor: o sr. Bemard Levin pergunta: “Você pode comer quarks?” A minha estimativa é que ele come 500.000.000.000.000.000.000.001 quarks por dia [...] Atenciosamente [...].

Admitir o que não se sabe é uma virtude, mas uma ignorância das artes festejada em escala tão desmesurada não seria tolerada, com toda a razão, por nenhum editor. A ignorância prosaica filistina da ciência ainda é considerada, em alguns setores da sociedade, espirituosa e inteligente. De que outra maneira explicar a seguinte piada de um editor do *Daily Telegraph* de Londres? O jornal estava noticiando o fato assombroso de que um terço da população britânica ainda acredita que o Sol gira ao redor da Terra. Nesse ponto, o editor inseriu uma nota entre colchetes: “[E não gira? N. E.]”. Se um levantamento tivesse mostrado que um terço do populacho britânico acredita que Shakespeare escreveu a *Iliada*, nenhum editor fingiria jocosamente ignorar Homero. Mas é socialmente aceitável vangloriar-se da ignorância das ciências e declarar com orgulho a incompetência em matemática. Tenho discutido esse aspecto tantas vezes a ponto de lhe conferir um tom melancólico, por isso vou citar um trecho de Melvyn Bragg, um dos comentaristas de arte mais justamente respeitados na Grã-Bretanha, extraído de seu livro sobre os cientistas, *On Giant's Shoulders* (1998).

Há ainda aqueles que são tão afetados a ponto de dizer que nada sabem sobre as ciências, como se isso de algum modo os tornasse superiores. O que os torna é um tanto tolos, colocando-os na ponta final daquela velha e esgotada tradição britânica de esnobismo intelectual que considera todo conhecimento, especialmente a ciência, “comércio”.

Sir Peter Medawar, aquele ganhador fanfarrão do prêmio Nobel que já citei, disse algo parecido sobre o “comércio”, satirizando vividamente a aversão britânica por tudo o que é prático.

Conta-se que na China antiga os mandarins permitiam que as unhas — ou pelo menos uma delas — crescessem a ponto de torná-los visivelmente incapacitados para qualquer atividade manual, deixando assim bem claro a todos que eram criaturas demasiado refinadas e elevadas para se envolverem em tais empreendimentos. É um gesto que não pode deixar de agradar aos

ingleses, que superam todas as outras nações em esnobismo; a nossa aversão fastidiosa pelas ciências aplicadas e pelo comércio tem contribuído bastante para conduzir a Inglaterra à posição mundial que ela hoje ocupa. (The Limits of Science, 1984).

A antipatia para com a ciência pode se tornar muito mal-humorada. Escute o hino de ódio contra “os cientistas” da romancista e feminista Fay Weldon, também publicado no Daily Telegraph, em 2 de dezembro de 1991 (não estou sugerindo nada com essa coincidência, pois o jornal tem um editor de ciência diligente e uma bela cobertura de tópicos científicos):

Não esperem que gostemos de vocês. Vocês nos prometeram demais e deixaram de entregar a encomenda. Nunca sequer tentaram responder às perguntas que todos fazemos com seis anos. Para onde foi tia Maud, quando ela morreu? Onde ela estava antes de nascer?

Note-se que essa acusação é exatamente o oposto da apresentada por Bernard Levin (a de que os cientistas não sabem quando não sabem). Se eu fosse dar a melhor resposta possível de modo simples e direto para essas duas perguntas sobre a tia Maud, seria certamente chamado de arrogante e presunçoso, pois estaria indo além do que poderia possivelmente conhecer, além dos limites da ciência. Fay Weldon continua:

Vocês acham que essas perguntas são simplistas e embaraçosas, mas são as que nos interessam. Quem se importa com o meio segundo depois do *Big Bang*; e o que dizer do meio segundo antes? E o que dizer dos círculos nas plantações? [...] Os cientistas simplesmente não podem enfrentar a noção de um universo variável. Nós podemos.

Ela nunca deixa claro quem é esse inclusivo “nós” anticientífico, e agora provavelmente lamenta o tom de seu artigo. Mas vale a pena procurar saber de onde vem essa hostilidade direta.

Outro exemplo de anti-ciência, embora neste caso possivelmente com a intenção de ser engraçado, é um artigo de A. A. Gill, um bem-humorado colunista que atrai para todos os lados no Sunday Times de Londres (8 de setembro de 1996). Ele se refere à ciência como algo restringido pelo experimento e pelos degraus tediosos e laboriosos do empirismo. Contrasta-a com a arte e com o teatro, com o encanto das luzes, pó mágico, música e aplauso.

Há estrelas e estrelas, querida. Algumas são rabiscos monótonos e repetitivos

sobre o papel, e algumas são fabulosas, espirituosas, intrigantes, incrivelmente populares [...].

“Rabiscos monótonos e repetitivos” é uma referência à descoberta dos pulsares por Bell e Hewish em Cambridge, em 1967. Gill fazia o comentário sobre um programa de televisão em que a astrônoma Jocelyn Bell Burnell recordava aquele momento arrepiante, quando compreendeu pela primeira vez, examinando o relatório impresso do radiotelescópio de Anthony Hewish, que estava vendo algo até então inédito no universo. Para uma jovem no limiar da carreira, os “rabiscos monótonos e repetitivos” no rolo de papel soavam como uma revolução. Não era algo de novo sob o sol: era todo um novo *tipo* de sol, um pulsar. Os pulsares giram tão rapidamente que, se o nosso planeta leva 24 horas para completar uma rotação, um pulsar pode levar uma fração de segundo. Entretanto, o raio de energia que nos traz a notícia, varrendo o espaço como um farol de velocidade espantosa e contando os segundos mais acuradamente que um cristal de quartzo, pode levar milhões de anos para chegar até nós. Querida, como tudo isso é tedioso, como é loucamente *empírico*, minha cara! Prefiro o pó de pirlimpimpim a qualquer hora.

Não acho que essa antipatia impaciente e leviana resulte da tendência comum a atirar no mensageiro ou a culpar a ciência por maus empregos políticos como as bombas de hidrogênio. Não, a hostilidade que tenho citado me parece mais pessoalmente angustiada, quase ameaçada, assediada, receosa de humilhação, porque a ciência é vista como demasiado difícil para ser dominada. Estranhamente, eu não ousaria ir tão longe quanto John Carey, professor de literatura inglesa em Oxford, quando escreve, no prefácio de seu admirável *Faber Book of Science* (1995):

As hordas anuais que competem por vagas nos cursos de artes nas universidades britânicas, e os gatos-pingados que se candidatam aos de ciência, atestam o abandono da ciência entre os jovens. Embora a maioria dos acadêmicos tenha o cuidado de não falar abertamente, o consenso geral parece ser que os cursos de artes são populares porque são mais fáceis, e que a maioria dos estudantes de arte simplesmente não estaria à altura dos requisitos intelectuais de um curso de ciência.

Algumas das ciências mais matemáticas podem ser difíceis, mas ninguém deveria ter problemas em compreender a circulação do sangue e o papel do coração no seu bombeamento. Carey relata ter citado para uma classe de trinta estudantes de graduação, no seu último ano de estudos de inglês numa grande universidade, os versos de Donne: “Sabes tu como o sangue, que rumo ao coração vai, / De um ventrículo para o outro sai?”. (Knows't thou how blood,

which to the heart doth flow, / Doth from one ventricle to the other go?) Carey lhes perguntou como de fato o sangue *flui*. Nenhum dos trinta alunos soube responder, e um conjecturou tentativamente que poderia ser “por osmose”. Isso não está apenas errado. Ainda mais espetacularmente, é desinteressante. Desinteressante quando comparado com a verdade de que o comprimento total dos vasos capilares pelos quais o coração bombeia o sangue, de ventrículo a ventrículo, tem mais de oitenta quilômetros. Se oitenta quilômetros de tubos estão amontoados dentro de um corpo humano, pode-se facilmente calcular que a maior parte desses tubos deve ser precisa e intrincadamente ramificada. Não acho que nenhum estudioso verdadeiro poderia deixar de ver nessa realidade um pensamento emocionante. E, ao contrário da teoria quântica ou da relatividade, ela não é certamente difícil de compreender, embora possa ser difícil lhe dar crédito. Por isso, adoto uma visão mais caridosa que a do professor Carey, e me pergunto se esses jovens não foram simplesmente desapontados pelos cientistas, não inspirados o suficiente por eles. Talvez uma ênfase no experimento prático na escola, muito adequada para algumas crianças, seja supérflua ou contraproducente para outras que são igualmente inteligentes, mas que possuem outra forma de inteligência.

Realizei recentemente um programa de televisão sobre a ciência em nossa cultura (era, na verdade, aquele comentado por A. A. GUI). Entre as muitas cartas compreensivas que recebi, havia uma que começava assim: “Sou um professor de clarinete cuja única lembrança de ciência na escola foi um longo período dedicado ao estudo do bico de Bunsen”. A carta me levou a refletir que é possível alguém desfrutar o concerto de Mozart, sem ser capaz de tocar clarinete. Na verdade, é possível alguém aprender a ser um profundo conhecedor de música, sem ser capaz de tocar uma única nota em qualquer instrumento. Claro, a música chegaria a um impasse, se ninguém aprendesse a tocá-la. Mas se todos crescessem pensando que música é sinônimo de tocá-la, imagine como muitas vidas não seriam relativamente empobrecidas.

Não poderíamos aprender a pensar na ciência da mesma maneira? É certamente importante que algumas pessoas, aliás algumas das melhores e mais brilhantes, aprendam a fazer ciência como tema prático. Porém, não poderíamos ensinar a ciência como algo a ser lido e desfrutado da mesma forma como aprendemos a escutar música em vez de suarmos como escravos exercitando os dedos para poder tocá-la? Keats saiu assustado da sala de dissecação, e quem poderia reprová-lo? Darwin fez o mesmo. Talvez se tivesse sido ensinado de forma menos prática, Keats teria simpatizado mais com a ciência e com Newton.

É nesse ponto que eu procuraria me reconciliar com o mais famoso crítico de ciência da imprensa na Grã-Bretanha, Simon Jenkins, antigo editor de *The Times*. Jenkins é um adversário mais formidável do que os outros já citados, porque sabe

do que está falando. Ele prontamente admite que os livros de ciência podem ser inspiradores, mas se ressentido do perfil elevado que a ciência recebe em modernos roteiros obrigatórios da educação. Na gravação de uma conversa comigo em 1996, ele disse:

Não consigo pensar em muitos livros de ciência que tenha lido a que eu poderia dar o epíteto de úteis. Eles são é maravilhosos. Eles realmente me fizeram sentir que o mundo ao meu redor é um lugar mais pleno, muito mais maravilhoso, muito mais reverente do que eu imaginava. Isso tem sido, para mim, a maravilha da ciência. É por isso que a ficção científica mantém o seu fascínio imperioso sobre as pessoas. É por isso que a passagem da ficção científica para a biologia é tão intrigante. Acho que a ciência tem uma história maravilhosa para contar. Mas ela não é útil. Não é útil como um curso de administração ou direito, nem mesmo como um curso de política e economia.

A visão de Jenkins de que a ciência não é útil é tão idiossincrática que não vou comentá-la. Em geral, até os críticos mais severos admitem que a ciência é útil, talvez excessivamente, embora ao mesmo tempo deixem de perceber a ideia mais importante de Jenkins, a de que ela pode ser maravilhosa. Para eles, a ciência com a sua utilidade solapa a nossa humanidade ou destrói o mistério em que às vezes se pensa que a poesia prospera. Para outro jornalista britânico ponderado, Bryan Appleyard, escrevendo em 1992, a ciência está fazendo “um estarrecedor estrago espiritual”. Está “nos convencendo de que devemos abandonar a nós mesmos, a nossos eus verdadeiros”. O que nos leva de volta a Keats e ao seu arco-íris, conduzindo-nos ao próximo capítulo.

### 3. Códigos de barras nas estrelas

Nunca antes

Os tons primaveris do arco-íris diluído  
Para mim tão belos brilharam, como quando  
A mão da ciência apontou o caminho  
Pelo qual os raios de sol luzindo do oeste  
Batem na nuvem fluida cujo escuro véu  
Envolve o oriente, e essa chuva, aos poucos  
Furando as áreas cristalinas convexas  
Das gotas de orvalho opostas ao seu voo,  
Recua enfim até onde o côncavo atrás  
Da face interior de cada esfera vítrea  
Repele a sua passagem rumo ao ar;  
Dali direto buscam a meta radiante  
De onde começou seu curso; e, ao atingirem  
Em várias linhas o olhar do espectador,  
Assumem um lustro diverso pela mescla  
De cores que mudam do suntuoso rosa  
Ao tom esmaecido do pálido violeta.

(Nor ever yet/ The melting rainbow's vernal-tinctur'd hues/ To me have shone  
so pleasing, as when first/ The hand of science pointed out the path/ In which  
the sun-beams gleaming from the west/ Fall on the wat'ry cloud, whose  
darksome veil/ Involves the orient, and that tricking show'r/ Piercing thro'  
every crystalline convex/ Of clust'ring dew-drops to their flight oppos'd./  
Recoil at length where concave all behind/ Th'internal surface of each glassy  
orb/ Repells their forward passage into air:/ That thence direct they seek the  
radiant goal/ From which their course began; and as they strike/ In diff'rent  
lines the gazer's obvious eye./ Assume a diff'rent lustre, thro' the brede/ Of  
colours changing from the splendid rose/ To the pale violet's dejected hue).

Mark Akenside, *The Pleasures of Imagination* (1744)

Em dezembro de 1817, o pintor e crítico inglês Benjamin Haydon apresentou John Keats a William Wordsworth num jantar em seu estúdio londrino, junto com Charles Lamb e outros do círculo literário inglês. À vista estava a nova pintura de Haydon representando a entrada de Cristo em Jerusalém, acompanhado pelas figuras de Newton como um fiel e Voltaire como um cético. Lamb, bêbado,

repreendeu Haydon por pintar Newton, “um sujeito que não acreditava em nada que não fosse tão claro como os três lados de um triângulo”. Newton, Keats concordava com Lamb, tinha destruído toda a poesia do arco-íris, reduzindo-o às cores prismáticas. “Era impossível resistir a Keats”, disse Haydon, “e todos bebemos à saúde de Newton e à confusão da matemática.” Anos mais tarde, Haydon recordou esse “jantar imortal” numa carta a Wordsworth, seu companheiro de sobrevivência.

E você não se lembra de Keats propor “Confusão à memória de Newton” e, como você insistisse numa explicação antes de acompanhar o brinde, de ele dizer: “Porque ele destruiu a poesia do arco-íris, reduzindo-o a um prisma”? Ah, meu caro e velho amigo, você e eu nunca mais veremos dias assim! (Haydon, *Autobiography and Memoirs*).

Três anos depois do jantar de Haydon, no seu longo poema “Lamia” (1820), Keats escreveu:

Todos os encantos não se esvaem  
Ao mero toque da fria filosofia?  
Havia um formidável arco-íris no céu de outrora:  
Vimos a sua trama, a textura; ele agora  
Consta do catálogo das coisas vulgares.  
Filosofia, a asa de um anjo vais cortar,  
Conquistar os mistérios com régua e traço,  
Esvaziar a mina de gnomos, o ar de feitiço —  
Desvendar o arco-íris [...].

(Do not all charms fly / At the mere touch of cold philosophy? / There was an awful rainbow once in heaven: / We know her woof, her texture; she is given / In the dull catalogue of common things. / Philosophy will clip an Angel's wings. / Conquer all piysteries by rule and line, / Empty the haunted air, and gnomed mine / Unweave a rainbow [...])

Wordsworth tinha mais consideração pela ciência e por Newton (“Viajando por estranhos mares do pensamento, sozinho”) (*Voyaging through strange seas of thought, alone*). No seu prefácio às *Lyrical Ballads* (1802), ele também previu um tempo em que “as descobertas mais remotas do químico, do botânico ou do mineralogista serão objetos tão apropriados da arte do poeta quanto de qualquer outra em que possam ser empregados”. O seu colaborador Coleridge disse, em outro lugar, que “seriam necessárias as almas de quinhentos Sir Isaac Newtons para formar um Shakespeare ou um Milton”. Isso pode ser interpretado como a hostilidade aberta de um importante romântico contra a ciência em geral, mas o

caso de Coleridge é mais complicado. Ele lia muito sobre ciência e imaginava-se um pensador científico, em nada menos do que sobre o tema da luz e cor, no qual afirmava ter antecipado Goethe. Algumas das especulações científicas de Coleridge se revelaram plágios, e ele talvez tenha demonstrado um julgamento pobre quanto a quem plagiar. Não foram os cientistas em geral que Coleridge anatematizou, mas a Newton em particular. Ele tinha alta consideração por Sir Humphry Davy, a cujas palestras assistia na Royal Institution “para renovar o meu estoque de metáforas”. Sentia que as descobertas de Davy, comparadas com as de Newton, eram “mais intelectuais, mais capazes de tornar nobre e poderosa a natureza humana”. O seu uso de palavras como “tornar nobre e poderosa” sugere que o coração de Coleridge talvez tivesse a posição adequada com respeito à ciência, ainda que não com respeito a Newton. No entanto, ele não conseguiu se mostrar à altura de seus próprios ideais de “expor e arranjar” as suas ideias em “conceitos distintos, claros e comunicáveis”. Sobre o próprio tema do espectro e da decomposição do arco-íris, numa carta de 1817 ele quase perdeu a cabeça de tanta confusão:

Para mim, confesso, as posições de Newton, primeiro, de um Raio de Luz, como um Individuum sinódico físico; segundo, de que sete indivíduos específicos são coexistentes (por qual cópula?) nesse Raio complexo, mas divisível; terceiro, de que o Prisma é um mero Dissector mecânico desse Raio; e, por último, de que a Luz, como resultado comum, é = confusão.

Em outra carta de 1817, Coleridge se entusiasma com o seu tema:

Assim, mais uma vez, a Cor é Gravitação sob o poder da Luz, o Amarelo sendo o Polo positivo, o Azul o negativo, e o Vermelho a culminação ou Equador; enquanto o Som, por outro lado, é a Luz sob o poder ou supremacia da Gravitação.

Talvez Coleridge tenha simplesmente nascido cedo demais para ser um pós-modernista:

A distinção figura/terra predominante em *Gravity's Rainbow* é também evidente em *Vineland*, embora num sentido mais independente. Derrida usa o termo “teoria cultural subsemiótica” para denotar o papel do leitor como poeta. Assim, o tema é contextualizado numa teoria capitalista pós-cultural que inclui a língua como paradoxo.

Isso é tirado de <http://www.cs.monash.edu.au/links/post-modern.html>, onde uma quantidade literalmente infinita de tolices semelhantes pode ser encontrada.

Os jogos de palavras sem sentido dos savants francófonos em moda, denunciados magnificamente em *Intellectual Impostures* (1998) de Alan Sokal e Jean Bricmont, parecem não ter outra função a não ser impressionar os crédulos. Eles nem sequer desejam ser compreendidos. Uma colega confessou a um adepto americano do pós-modernismo que achava o livro dele de muito difícil compreensão. “Oh, muito obrigado”, ele sorriu, obviamente encantado com o elogio. Em oposição, as digressões científicas de Coleridge parecem demonstrar um desejo genuíno, ainda que incoerente, de compreender o mundo ao seu redor. Devemos considerá-lo uma anomalia singular e seguir adiante.

Por que, em “Lamia”, de Keats, a filosofia da régua e traço é “fria”, e por que todos os encantos fogem da sua presença? O que há de tão ameaçador na razão? Os mistérios não perdem a sua poesia quando solucionados. Muito pelo contrário; a solução frequentemente se revela mais bela que o enigma e, de qualquer modo, quando se soluciona um mistério, descobrem-se outros, talvez para inspirar poesia ainda mais elevada. O ilustre físico teórico Richard Feynman foi atacado por um amigo seu, que afirmou que o cientista deixa de perceber a beleza de uma flor ao estudá-la. Feynman respondeu:

A beleza que ali existe para você também está à minha disposição. Mas vejo uma beleza mais profunda que não está tão facilmente à disposição dos outros. Posso ver as complicadas interações da flor. A cor da flor é vermelha. O fato de a planta ter cor significa que ela evoluiu para atrair os insetos? Isso leva a outra pergunta. Os insetos podem ver a cor? Eles têm um senso estético? E assim por diante. Não vejo como o estudo de uma flor pode diminuir a sua beleza. Ele apenas acrescenta. (“Remembering Richard Feynman”, *The Skeptical Inquirer*, 1988).

A dissecação do arco-íris em luz de diferentes comprimentos de onda efetuada por Newton conduziu à teoria do eletromagnetismo de Maxwell e daí à teoria da relatividade especial de Einstein. Se você acha que o arco-íris tem mistério poético, deveria tentar a relatividade. O próprio Einstein fazia abertamente julgamentos estéticos na ciência, e talvez tenha ido longe demais. “O mais belo que podemos experimentar”, disse, “é o misterioso. É a fonte de toda verdadeira arte e ciência.” Sir Arthur Eddington, cujos escritos científicos eram célebres pelo tom poético, usou o eclipse solar de 1919 para testar a relatividade geral, e retornou da ilha de Príncipe para anunciar, na expressão de Banesh Hoffmann, que a Alemanha abrigava o maior cientista da era. Leio essas palavras com um nó na garganta, mas o próprio Einstein não se deixou impressionar pelo triunfo. Qualquer outro resultado, e ele teria “sentido pena do senhor. A teoria está correta”.

Isaac Newton criou um arco-íris privado num quarto escuro. Um pequeno

buraco num anteparo deixava passar um raio de sol. No caminho dessa luz, colocou o seu famoso prisma, que refratava (inclinava) o raio de sol por um ângulo assim que ele penetrava no vidro, e depois novamente quando passava pela faceta mais distante para voltar ao ar. Quando a luz batia na parede distante do quarto de Newton, as cores do espectro ficavam claramente evidentes. Newton não foi o primeiro a criar um arco-íris artificial com um prisma, mas foi o primeiro a usá-lo para demonstrar que a luz branca é uma mistura de diferentes cores. O prisma as separa, inclinando-as por diferentes ângulos: o azul por um ângulo mais agudo que o vermelho; o verde, o amarelo e o laranja por ângulos intermediários. Outros tinham compreensivelmente pensado que o prisma mudava a qualidade da luz, matizando-a positivamente em vez de separar as cores de uma mistura existente. Newton decidiu a questão com dois experimentos em que a luz passava por um segundo prisma. Na sua “*experimentam crucis*” mais além do primeiro prisma ele colocou uma fenda que deixava passar apenas uma pequena parte do espectro, digamos, a porção vermelha. Quando essa luz vermelha era novamente refratada por um segundo prisma, aparecia apenas luz vermelha. Isso demonstrava que a luz não é qualitativamente alterada por um prisma, apenas separada em componentes que estariam normalmente misturados. Em seu outro experimento decisivo, Newton virou o segundo prisma de cabeça para baixo. As cores do espectro que haviam sido desdobradas pelo primeiro prisma voltaram a ser reunidas pelo segundo. O que apareceu foi a luz branca reconstituída.

A maneira mais fácil de compreender o espectro é pela teoria da luz como onda. O importante sobre as ondas é que nada realmente viaja todo o percurso da fonte ao destino. O movimento que se produz é local e em pequena escala. O movimento local desencadeia o movimento no próximo trecho local, e assim por diante, ao longo de toda a linha, como a famosa “ola” do estádio de futebol. A teoria original da luz como onda foi por sua vez suplantada pela teoria quântica, segundo a qual a luz é transmitida como uma corrente de fótons discretos. Os físicos que pressionei com perguntas admitem que os fótons não emanam do Sol da forma como os fãs de futebol se movem de uma ponta à outra do estádio. Ainda assim, experimentos engenhosos neste século têm demonstrado que até na teoria quântica os fótons também se comportam como ondas. Para muitos fins, inclusive o nosso neste capítulo, podemos esquecer a teoria quântica e tratar a luz simplesmente como ondas que se propagam a partir de uma fonte de luz, como ondulações num lago em que se jogou uma pedra. Mas as ondas de luz viajam incomparavelmente mais rápido e são difundidas em três dimensões. Decompor o arco-íris é separá-lo em seus componentes de diferentes comprimentos de onda. A luz branca é uma mistura amontoada de comprimentos de onda, uma cacofonia visual. Os objetos brancos refletem a luz de todos os comprimentos de onda, mas, ao contrário dos espelhos, eles a espalham incoerentemente ao

refleti-la. É por isso que vemos a luz, mas não o nosso rosto, refletido numa parede branca. Os objetos pretos absorvem a luz de todos os comprimentos de onda. Os objetos coloridos, devido às estruturas atômicas de seus pigmentos ou camadas da superfície, absorvem a luz de alguns comprimentos de onda e refletem outros. O vidro claro permite que a luz de todos os comprimentos de onda passe diretamente pelo seu corpo. O vidro colorido transmite a luz de alguns comprimentos de onda, enquanto absorve a luz de outros.

O que se passa na ação de inclinação de um prisma de vidro ou, nas condições apropriadas, de uma gota de chuva para dividir a luz branca em suas cores separadas? E, de qualquer modo, por que os raios de luz são inclinados pelo vidro e pela água? A inclinação resulta de um retardamento da luz, enquanto ela se move do ar para dentro do vidro (ou da água). Ela acelera de novo quando sai do vidro. Como é que isso pode ocorrer, dada a sentença de Einstein de que a velocidade da luz é a grande constante física do universo e de que nada pode se mover mais rápido? A resposta é que a lendária velocidade plena da luz, representada pelo símbolo  $c$ , só é alcançada no vácuo. Quando se desloca por uma substância transparente como vidro ou água, a luz é retardada por um fator conhecido como o “índice de refração” dessa substância. É também retardada pelo ar, mas com menos intensidade.

Todavia, por que o retardamento se traduz numa mudança de ângulo? Se o raio de luz aponta direto para dentro de um bloco de vidro, ele vai continuar no mesmo ângulo (rumo à frente), mas retardado. Entretanto, se ele entra na superfície por um ângulo oblíquo, é deflectido para um ângulo mais aberto, quando começa a se deslocar mais devagar. Por quê? Os físicos cunharam um “Princípio da Ação Mínima” que, se não é inteiramente satisfatório como explicação final, pelo menos transforma o fenômeno em algo pelo qual podemos sentir empatia. A questão é bem explicada em *Creation Revisited*, de Peter Atkins (1992). Alguma entidade física, nesse caso um raio de luz, comporta-se como se estivesse fazendo esforços para conseguir economia, tentando minimizar algo. Imagine que você é um salva-vidas numa praia, correndo para salvar uma criança que está se afogando. Todo segundo conta, e você deve levar o menor tempo possível para chegar até a criança. Você corre mais rápido do que nada. A sua trajetória em direção à criança é inicialmente por terra e por isso veloz, depois pela água e, assim, muito mais devagar. Assumindo que a criança não está no mar bem à frente de onde você se encontra, como pode minimizar o seu tempo de deslocamento? Você poderia ir em linha reta, minimizando a distância, contudo isso não minimizaria o tempo, porque deixa a maior parte do trajeto na água. Você poderia correr direto até o ponto na beira do mar imediatamente oposto à criança, e depois nadar em linha reta para o mar. Isso maximiza a corrida à custa do nado, mas mesmo essa solução não é o trajeto mais rápido por causa da maior distância total percorrida. É fácil ver que o trajeto mais veloz é

correr para a praia num ângulo crítico, que depende da relação entre a sua velocidade de corrida e a sua velocidade de nado, e depois mudar abruptamente para um novo ângulo na parte natatória do percurso. Nos termos da analogia, a velocidade do nado e a da corrida correspondem ao índice de refração da água e ao índice de refração do ar. É claro que os raios de luz não estão “tentando” deliberadamente minimizar o seu tempo de deslocamento, mas tudo no seu comportamento faz sentido, se assumimos que estão fazendo o equivalente inconsciente. Pode-se tornar essa analogia respeitável em termos da teoria quântica, mas isso está além do meu alcance neste ponto e recomendo o livro de Atkins.

O espectro depende de a luz de cores diferentes ser retardada em quantidades diferentes: o índice de refração de uma substância, digamos o vidro ou a água, é maior para a luz azul que para a vermelha. Seria possível pensar que a luz azul é um nadador mais lento que a vermelha, emaranhando-se na moita de átomos do vidro e da água por causa de seu pequeno comprimento de onda. A luz de todas as cores se emaranha menos entre os átomos mais esparsos do ar, mas a azul ainda se desloca mais devagar do que a vermelha. No vácuo, onde não há nenhuma moita, a luz de todas as cores tem a mesma velocidade: o grande e universal máximo  $c$ .

As gotas de chuva têm um efeito mais complicado do que o prisma de Newton. Sendo aproximadamente esféricas, sua superfície posterior age como um espelho côncavo. Assim elas refletem a luz do Sol depois de refratá-la, sendo essa a razão pela qual vemos o arco-íris na parte do céu oposta ao Sol, em vez de ao olharmos para o Sol através da chuva. Imagine que você se acha com as costas viradas para o Sol, olhando para a chuva, de preferência com um pano de fundo sombrio. Não veremos um arco-íris, se o Sol estiver mais alto no céu do que 42 graus acima do horizonte. Quanto mais baixo o Sol, mais elevado o arco-íris. Quando o Sol nasce pela manhã, o arco-íris, se houver algum visível, se põe. Quando o Sol se põe no entardecer, o arco-íris se eleva. Assim, vamos assumir que é de manhã cedo ou no fim da tarde. Vamos pensar numa gota de chuva particular como uma esfera. O Sol está atrás e um pouco acima de você, e a sua luz entra na gota de chuva. Na fronteira do ar com a água, a luz é refratada e os diferentes comprimentos de onda que formam a luz do Sol são inclinados em diferentes ângulos, como no prisma de Newton. As cores desdobradas passam pelo interior da gota de chuva até atingirem a parede côncava do outro lado, onde são refletidas de volta e para baixo. Elas saem de novo da gota de chuva, e algumas acabam em nosso olho. Quando voltam a passar da água para o ar, são refratadas novamente, sendo as diferentes cores mais uma vez inclinadas em ângulos diferentes.

Assim, um espectro completo — vermelho, laranja, amarelo, verde, azul, violeta — se origina da nossa única gota de chuva, e outro semelhante se origina

das outras gotas de chuva nos arredores. Mas, de qualquer gota de chuva, apenas uma pequena parte do espectro atinge o nosso olho. Se o olho recebe um raio de luz verde de uma gota de chuva particular, a luz azul daquela gota de chuva passa acima do olho, e a luz vermelha passa por baixo. Assim, por que vemos um arco-íris completo? Porque há muitas gotas de chuva diferentes. Uma faixa de milhares de gotas de chuva está lhe dando a luz verde (e ao mesmo tempo a luz azul para alguém que esteja adequadamente colocado acima de você, e ao mesmo tempo a luz vermelha para outra pessoa abaixo de você). Outra faixa de milhares de gotas de chuva está lhe dando a luz vermelha (e a luz azul para outra pessoa...), outra faixa de milhares de gotas de chuva está lhe dando a luz azul, e assim por diante. As gotas de chuva que lhe transmitem a luz vermelha estão todas a uma distância fixa de você — razão pela qual a faixa vermelha é curvada (você está no centro do círculo). As gotas de chuva que lhe transmitem a luz verde também estão a uma distância fixa de você, mas é uma distância menor. Assim, o círculo em que você se acha tem um raio menor, e a curva verde se encontra dentro da curva vermelha. A curva azul vai então estar dentro da verde, e todo o arco-íris é construído como uma série de círculos com você no centro. Os outros observadores verão arco-íris diferentes neles centrados.

Assim, longe de o arco-íris estar arraigado num “lugar” particular onde as fadas poderiam depositar um pote de ouro, há tantos arco-íris quantos olhos contemplando a tempestade. Olhando para a mesma chuva de lugares diferentes, observadores diferentes vão formar seus arco-íris separados usando a luz de diferentes grupos de gotas de chuva. Em termos estritos, até os nossos dois olhos estão vendo dois arco-íris diferentes. Quando passamos de carro por uma estrada olhando para “um” arco-íris, estamos na realidade vendo uma série de arco-íris em rápida sucessão. Acho que se Wordsworth tivesse percebido tudo isso, ele talvez tivesse aperfeiçoado o seu verso: “Meu coração pula quando contemplo/ Um arco-íris no céu” ( My heart leaps up when I behold/ A rainbow in the sky) [embora deva dizer que seria difícil aperfeiçoar os versos seguintes].

Outra complicação é que as próprias gotas de chuva estão caindo ou sendo sopradas pelo vento. Assim, qualquer gota de chuva particular poderia passar pela faixa que está transmitindo, digamos, a luz vermelha, e depois se deslocar para a região amarela. Mas você continua a ver a faixa vermelha, como se nada tivesse se movido, porque novas gotas de chuva vêm ocupar o lugar das que partiram. Richard Whelan, no seu encantador *Book of Rainbows* (1997), que é a fonte de muitas das minhas citações sobre o arco-íris, cita Leonardo da Vinci sobre o tema:

Observe os raios do Sol na composição do arco-íris, cujas cores são geradas pela chuva que cai, quando cada gota na sua descida assume toda cor do arco. (*Tratado sobre pintura*, década de 1490)

A ilusão do próprio arco-íris permanece firme como rocha, embora as gotas que a transmitem estejam caindo ou movendo-se ao sabor do vento. Coleridge escreveu:

O firme arco-íris na névoa de granizo a se mover rápida e apressada.  
Que congregação de imagens e sentimentos, de fantástica permanência  
entre a rápida mudança da tempestade — quietude, afilha da tormenta.  
(The steadfast rainbow in fast-moving, fast-hurrying hail-mist./ What a  
congregation of images and feelings, of fantastic permanence/ amidst the  
rapid change of tempest — quietness the daughter of storm).

Anima Poetae (publicado em 1895)

O seu amigo Wordsworth era também fascinado pela imobilidade do arco-íris em face do movimento turbulento da própria chuva:

Enquanto isso, por que estranho acaso não sei dizer,  
Por que combinação dos ventos e das nuvens,  
Um grande arco-íris incólume permanecia  
Imóvel no céu.  
(Meanwhile, by what strange chance I cannot tell/ What combination of the  
winds and clouds/ A large unmutilated rainbow stood/ Immovable in heaven)  
The Prelude (1815)

Parte do romance do arco-íris provém da ilusão de que está sempre empoleirado no horizonte distante, uma imensa curva que recua inatingivelmente à medida que nos aproximamos. Mas o “arco-íris da onda de areia e sal” de Keats se achava perto. E às vezes se pode ver um arco-íris como um círculo completo de menos de um metro de diâmetro, correndo ao longo do lado mais próximo de uma cerca viva, enquanto passamos de carro. (O arco-íris só parece semicircular porque o horizonte se interpõe na parte inferior do círculo.) O arco-íris parece tão grande em parte por causa de uma ilusão de distância. O cérebro projeta a imagem no céu, aumentando-a. Pode-se obter o mesmo efeito fitando uma lâmpada brilhante para “gravar” a sua imagem posterior na retina, “projetando-a” depois na distância ao fixar o céu. Isso a faz parecer grande.

Há outras complicações encantadoras. Eu disse que a luz do Sol entra numa gota de chuva pelo quadrante superior da superfície virada para o Sol e sai pelo quadrante inferior. Em condições adequadas, ela pode ser refletida duas vezes no interior da esfera, saindo do quadrante inferior da gota de modo a entrar no olho do observador, também retratada, e produzir um segundo arco-íris, oito graus mais elevado que o primeiro, com as cores invertidas. Para qualquer observador

específico, é claro que os dois arco-íris são transmitidos por diferentes populações de gotas de chuva. Não se vê um arco-íris duplo com muita frequência, mas Wordsworth deve ter visto esse fenômeno alguma vez, e seu coração certamente pulou ainda mais alto com o que viu. Teoricamente, é também possível que haja outros arco-íris, embora mais esmaecidos, arranjados de forma concêntrica, mas eles raramente são percebidos. Alguém poderia seriamente sugerir que estraga o prazer proporcionado pelo arco-íris ser informado do que se passa no interior de todas essas milhares de populações de gotas de chuva que caem, cintilam, refletem e refratam a luz? *Ruskin disse em Modem Painters III* (1856):

Para a maioria dos homens, um prazer ignorante é melhor do que um bem informado; é melhor conceber o céu como um domo azul do que como uma cavidade escura, e a nuvem como um trono dourado do que como uma névoa de granizo. Eu questiono se alguém que conhece óptica, por mais religioso que seja, pode sentir com igual intensidade o prazer ou a reverência que um camponês iletrado sente diante de um arco-íris. [...] Não podemos compreender o mistério de uma única flor, nem se pretende que deveríamos desvendá-lo; não que a busca da ciência deva ser constantemente detida pelo amor da beleza, e a precisão do conhecimento pela ternura da emoção.

De certo modo, tudo isso empresta alguma plausibilidade à teoria de que a noite de núpcias do pobre Ruskin foi arrumada pela descoberta horripilante de que as mulheres têm pelos pubianos.

Em 1802, quinze anos antes do “jantar imortal” de Haydon, o físico inglês William Wollaston realizou um experimento semelhante ao de Newton, mas o seu raio de sol tinha de passar por uma fenda estreita antes de atingir o prisma. O espectro que emergiu do prisma era formado por uma série de tiras estreitas de comprimento de onda diferente. As tiras se mesclavam umas nas outras para formar um espectro, mas, espalhadas ao longo do espectro, ele viu linhas estreitas e escuras em determinados lugares. Essas linhas foram mais tarde medidas e sistematicamente catalogadas pelo físico alemão Joseph von Fraunhofer, em cuja homenagem elas são agora chamadas. As linhas de Fraunhofer têm uma disposição característica, uma impressão digital — um código de barras é uma analogia ainda mais apropriada — que depende da natureza química da substância pela qual os raios passaram. O hidrogênio, por exemplo, produz o seu padrão característico de linhas e espaços, o sódio um padrão diferente, e assim por diante. Wollaston viu apenas sete linhas, os instrumentos superiores de Fraunhofer revelaram 576, e os modernos espectroscópios, cerca de 10 mil.

O código de barras de um elemento não reside apenas no espaçamento das

linhas, mas igualmente no seu posicionamento contra o pano de fundo do arco-íris. Os códigos de barras precisos do hidrogênio e de todos os elementos são agora acuradamente explicados pela teoria quântica, mas é nesse ponto que devo apresentar as minhas desculpas e retirar-me da cena. Às vezes imagino que tenho alguma percepção da poesia da teoria quântica, porém ainda tenho de alcançar uma compreensão mais profunda para poder explicá-la aos outros. Na verdade, é possível que ninguém realmente compreenda a teoria quântica, talvez porque a seleção natural tenha modelado os nossos cérebros para sobreviver num mundo de coisas grandes e lentas, em que os efeitos quânticos são abafados. Essa ideia é muito bem apresentada por Richard Feynman, que supostamente também teria dito: “Se você acha que compreende a teoria quântica — você não compreende a teoria quântica!”. Acho que cheguei mais perto de compreendê-la pelas conferências publicadas de Feynman, e pelo livro espantoso e perturbador de David Deutsch, *The Fabric of Reality* (1997). (Acho-o ainda mais perturbador porque não sei dizer quando estou lendo a física aceita de modo geral, e não as audaciosas especulações do próprio autor) Sejam quais forem as dúvidas de um físico sobre como interpretar a teoria quântica, ninguém duvida de seu sucesso fenomenal em prever resultados experimentais detalhados. E felizmente, para o objetivo deste capítulo, basta saber, como sabemos desde a época de Fraunhofer, que cada um dos elementos químicos apresenta confiavelmente uma única marca de linhas finas caracteristicamente espaçadas, gravada pelo espectro.

Há duas maneiras de ver as linhas de Fraunhofer. Até agora mencionei as linhas escuras contra um pano de fundo do arco-íris. Essas são causadas porque um elemento no caminho da luz absorve determinados comprimentos de onda, removendo-os seletivamente do arco-íris visto. Mas um padrão equivalente de linhas coloridas brilhantes contra um pano de fundo escuro é produzido se alguma circunstância faz o mesmo elemento brilhar, como quando ele é parte da constituição de uma estrela.

O refinamento de Fraunhofer do arco-íris decomposto de Newton já era conhecido quando o filósofo francês Auguste Comte escreveu precipitadamente sobre as estrelas:

Nunca seremos capazes de estudar, por nenhum método, a sua composição química ou a sua estrutura mineralógica [...]. O nosso conhecimento positivo das estrelas está necessariamente limitado a seus fenômenos geométricos e mecânicos. (Corns de *Philosophic Positive*, 1835)

Hoje, por meio de uma análise meticulosa dos códigos de barras de Fraunhofer na luz estelar, conhecemos com grandes detalhes a constituição das estrelas, embora as nossas perspectivas de visitá-las não sejam melhores do que eram na época de Comte. Há alguns anos, meu amigo Charles Simonyi teve uma

discussão com um antigo presidente do us Federal Reserve Bank

Esse cavalheiro sabia que os cientistas se surpreenderam quando a NASA descobriu a verdadeira constituição da Lua. Como a Lua está muito mais perto do que as estrelas, ele raciocinava, é provável que as nossas conjeturas sobre as estrelas estejam ainda mais erradas. Parece plausível, mas, como o dr. Simonyi conseguiu lhe apontar, a verdade é exatamente o oposto. Seja qual for a distância das estrelas, elas emitem a sua própria luz, e isso faz toda a diferença. O luar é luz do Sol refletida (um fato que, dizem, D. H. Lawrence teria se recusado a acreditar: ofendia a sua sensibilidade poética), por isso o seu espectro não nos ajuda a analisar a natureza química da Lua.

Os instrumentos modernos têm um desempenho espetacularmente melhor que o do prisma de Newton, mas a ciência da espectroscopia atual é descendente direta da sua decomposição do arco-íris. O espectro da luz emitida por uma estrela, em especial as suas linhas de Fraunhofer, informa-nos com grandes detalhes as substâncias químicas que nela estão presentes. Também nos informa a temperatura, a pressão e o tamanho da estrela. É a base de uma exaustiva classificação da história natural das estrelas. Coloca o nosso Sol no seu devido lugar no grande catálogo das estrelas: uma anã amarela classe G2V. Para citar uma revista popular de astronomia, *Sky and Telescope*, de 1996:

Para aqueles que sabem ler o seu significado, o código do espectro informa, a um mero passar de olhos, o tipo de objeto que é a estrela — sua cor, seu tamanho, sua luminosidade, sua história e seu futuro, suas peculiaridades, e como ela se compara com o Sol e todos os outros tipos de estrelas.

Ao decompor a luz estelar em espectroscópios, ficamos sabendo que as estrelas são fornalhas nucleares, fundindo hélio a partir do hidrogênio que predomina na sua massa; depois aglomerando os núcleos de hélio na cascata posterior de impurezas que formam a maior parte do resto dos elementos, forjando os átomos de tamanho médio de que somos finalmente feitos.

A decomposição de Newton abriu caminho para a descoberta do século XIX de que o arco-íris visível, a faixa que realmente enxergamos, é uma fenda estreita no pleno espectro das ondas eletromagnéticas. A luz visível abarca os comprimentos de onda que vão desde 0,4 milionésimos de um metro (violeta) até 0,7 milionésimos de um metro (vermelho-escuro). Um pouco mais longos que os vermelhos são os raios infravermelhos, que percebemos como radiação invisível de calor e que algumas cobras e mísseis teleguiados usam para mirar os seus alvos. Um pouco mais curtos que o violeta são os raios ultravioleta, que queimam a nossa pele e causam câncer. As ondas de rádio são muito mais longas que a luz vermelha. Seus comprimentos de onda são medidos em centímetros, metros e até milhares de metros. Entre essas ondas e as ondas infravermelhas no espectro estão as micro-ondas, que usamos para o radar e para o forno da cozinha. Mais curtos que os raios ultravioleta são os raios X, que usamos para ver os ossos

através da carne. Os mais curtos de todos são os raios cósmicos, com um comprimento de onda medido em trilionésimos de metro. Não há nada de especial sobre a faixa estreita de comprimentos de onda a que damos o nome de luz, salvo o fato de que podemos vê-la. Para os insetos, a luz visível é deslocada materialmente ao longo do espectro. O ultravioleta é para eles uma cor visível (“púrpura de abelha”), e não enxergam o vermelho (a que poderiam chamar de “infra-amarelo”). A radiação ao longo de todo o espectro maior pode ser decomposta da mesma maneira como o arco-íris, embora o instrumento particular que usamos para decompô-la — um sintonizador de rádio, por exemplo — seja diferente em diversas partes do espectro.

As cores que realmente experimentamos, as sensações subjetivas da qualidade de vermelho e de azul, são rótulos arbitrários que nossos cérebros ligam à luz de diferentes comprimentos de onda. Não há nada intrinsecamente “longo” sobre o vermelho. Conhecer o vermelho e o azul não nos ajuda a lembrar qual dos dois tem o comprimento de onda mais longo. Regularmente tenho de consultar para ficar sabendo, ao passo que nunca esqueço que os sons sopranos têm comprimento de onda mais curto que os baixos. O cérebro precisa de rótulos internos convenientes para as diferentes partes do arco-íris físico. Ninguém sabe se a minha sensação do vermelho corresponde à de outra pessoa, mas podemos facilmente concordar que a luz a que dou o nome de vermelho é a mesma que outra pessoa chama de vermelho, e que, se um físico a mede, vai descobrir que ela tem um comprimento de onda longo. O meu julgamento subjetivo é que o violeta parece mais vermelho do que o azul, mesmo que esteja mais afastado do vermelho no espectro. Você provavelmente concorda com isso. O aparente tom avermelhado no violeta é um fato dos sistemas nervosos, e não um fato da física dos espectros.

O imortal doutor Dolittle de Hugh Lofting voou para a Lua e ficou espantado por ver uma série deslumbrante de novas cores, tão diferentes de nossas cores familiares quanto o vermelho é do azul. Mesmo na ficção podemos estar seguros de que isso jamais aconteceria. Os matizes que saudariam qualquer viajante em outro mundo seriam uma função do cérebro que ele traz do planeta natal (A cor é uma rica fonte de especulação filosófica, a qual frequentemente possui pouco embasamento científico. Uma tentativa louvável de corrigir essa carência é o livro de 1988 de C. L. Hardin, *Color for Philosophers: Unweaving the Rainbow*. É embaraçoso confessar que só descobri esse livro, e em particular seu excelente subtítulo, depois de já ter enviado o meu para os editores. O doutor Dolittle, por sua vez, pode ser difícil de achar, pois ele agora é muitas vezes banido por bibliotecários pomposamente corretos. Eles se preocupam com o racismo em *The Story of Doctor Dolittle*, mas isso era quase universal na década de 1920. Em todo caso, isso é compensado por sua magnífica luta contra o tráfico de escravos em *Doctor Dolittle's Post Office*, e, mais profundamente, pela posição que todos

os livros de sua autoria tomam contra o vício do preconceito em relação a espécies, que é tão incontesté hoje quanto o racismo era naqueles dias - N. A.).

Sabemos agora bastante minuciosamente como é que o olho informa à mente os comprimentos de onda da luz. É um código de três cores, como o usado na televisão colorida. A retina humana tem quatro tipos de célula sensível à luz: três tipos de “cones” mais os “bastonetes”. Todos os quatro são semelhantes e divergiram certamente de um ancestral comum. Uma das coisas fáceis de esquecer sobre qualquer tipo de célula é o quanto cada uma delas é intrincadamente complicada, a maior parte da complexidade sendo formada por membranas internas finamente dobradas. Cada minúsculo bastonete ou cone contém uma pilha profunda de membranas, reunidas como uma coluna alta de livros. Enfiada de um lado para o outro em cada livro está uma molécula longa e fina, uma proteína chamada retiniana. Como muitas proteínas, a retiniana se comporta como uma enzima, catalisando uma determinada reação química ao proporcionar um lugar corretamente modelado para que certas moléculas nele se encaixem.

É a forma tridimensional de uma molécula de enzima que lhe dá sua propriedade catalítica, servindo como um padrão cuidadosamente modelado, ainda que levemente flexível, para que outras moléculas possam se engatar nele e assim encontrar-se umas com as outras — caso contrário, teriam de contar apenas com o acaso de se chocarem de vez em quando (razão pela qual as enzimas aceleram tão dramaticamente as reações químicas). A elegância desse sistema é um dos fatores importantes que tornam a vida possível, mas gera um problema. As moléculas de enzima são frequentemente capazes de se encadear em mais de uma forma, e em geral apenas uma delas é desejável. Grande parte do trabalho da seleção natural, ao longo dos milhões de anos, tem sido encontrar moléculas “decididas” ou “de um só propósito”, cuja “preferência” pela sua forma favorita seja muito mais forte do que a sua tendência de se encadear em qualquer outra forma. As moléculas com duas formas alternativas podem ser uma ameaça trágica. A “doença da vaca louca”, o scrapie das ovelhas e os seus equivalentes humanos, o kuru e a doença de Creutzfeldt-Jakob, são causados por proteínas chamadas prions, que têm duas formas alternativas. Elas normalmente dobram em uma das duas formas, e nessa configuração realizam uma tarefa útil. Mas de vez em quando adotam a forma alternativa. É então que acontece algo terrível. A presença de uma proteína com a forma alternativa induz as outras a aceitar a persuasão defeituosa. Uma epidemia de proteínas malformadas varre o corpo como uma cascata de dominós caindo. Uma única proteína malformada pode infectar um novo corpo e desencadear uma nova queda de dominós. A consequência é a morte causada por buracos esponjosos no cérebro, porque a proteína na sua forma alternativa não consegue realizar a sua tarefa normal.

Os prions têm causado alguma confusão, porque se espalham como vírus

autoreplicadores, embora sejam proteínas, e as proteínas não devem ser autoreplicadoras. Os compêndios de biologia sustentam que a autorreplicação é o privilégio singular dos polinucleotídeos (DNA e RNA). Entretanto, os prions são autoreplicadores apenas no sentido peculiar de que uma molécula malformada “persuade” as suas vizinhas já existentes a adotar a mesma forma.

Em outros casos, as enzimas com duas formas alternativas tiram bom proveito dessa sua capacidade. Afinal, a capacidade de mudar de forma é a propriedade essencial dos transistores, díodos e outras portas eletrônicas de alta velocidade que possibilitam as operações lógicas dos computadores — SE, NÃO, E, OU e outras afins. Há proteínas “alostéricas”, que passam de um estado para o outro como um transistor, não pela “persuasão” infecciosa de uma vizinha, como nos prions, mas apenas SE for encontrada alguma condição biologicamente útil, E NÃO em certas outras condições. A retiniana é uma dessas proteínas “transistor” que fazem bom proveito de sua propriedade de ter duas formas alternativas. Como uma fotocélula, ela passa de um estado para o outro ao ser atingida pela luz. Volta automaticamente à forma anterior depois de um breve período de recuperação. Numa de suas duas formas, é um poderoso catalisador, mas isso não acontece na outra. Assim, quando a luz faz com que passe para a sua forma ativa, isso dá início a uma reação em cadeia especial e a uma rápida mudança das moléculas. É como se a luz tivesse aberto uma torneira de alta pressão.

O produto final da resultante cascata química é uma corrente de impulsos nervosos que são transmitidos ao cérebro por meio de uma série de células nervosas, cada uma das quais é um longo tubo fino. Os impulsos nervosos também são mudanças químicas rapidamente catalisadas. Eles passam pelos longos tubos finos como rastros sibilantes de pólvora. Cada varredura sibilante é discreta e separada das outras, por isso chegam à ponta do tubo como uma série de estampidos curtos e abruptos — os impulsos nervosos. A velocidade com que os impulsos nervosos chegam — que pode ser de centenas de impulsos por segundo — é uma representação codificada (neste caso) da intensidade da luz que incide sobre a célula cone ou bastonete. No que diz respeito a uma única célula nervosa, a diferença entre a estimulação forte e a fraca é analogamente similar à diferença entre uma metralhadora de alta velocidade e os disparos intermitentes de um rifle.

Até o momento, o que eu disse se aplica aos bastonetes e a todos os três tipos de cone. Agora, ao modo como diferem entre si. Os cones reagem apenas à luz brilhante. Os bastonetes são sensíveis à luz fraca e são necessários para a visão noturna. Os bastonetes são encontrados por toda a retina, e não ficam especialmente amontoados em nenhum lugar, por isso não são bons para perceber os pequenos detalhes. Não se pode ler com eles. Lê-se com os cones, que são extrema e densamente amontoados em determinada parte da retina, a

fóvea. Quanto mais denso o amontoamento, mais minuciosos os detalhes que podem ser percebidos.

Os bastonetes não estão envolvidos com a visão em cores, porque todos têm a mesma sensibilidade ao comprimento de onda. São muito sensíveis à luz amarela no meio do espectro visível, e menos sensíveis às cores perto das duas extremidades do espectro. Isso não significa que transmitem toda a luz para o cérebro como amarela. Nem sequer faz sentido afirmar tal coisa. Todas as células nervosas passam informações para o cérebro como impulsos nervosos, só isso. Se um bastonete lança a informação rapidamente, isso poderia significar que há muita luz vermelha ou azul, ou que há menos luz amarela. A única maneira de o cérebro resolver a ambiguidade é ter informações simultâneas de mais de um tipo de célula, diversamente sensível a diferentes cores.

É nesse ponto que entram os três tipos de cone. Eles têm três qualidades diferentes de retiniana. Todos reagem à luz de todos os comprimentos de onda. Mas um tipo é mais sensível à luz azul, o outro é mais sensível à luz verde, e o terceiro é mais sensível à luz vermelha. Comparando as velocidades de transmissão dos três tipos de cone — na verdade, subtraindo umas das outras —, o sistema nervoso é capaz de reconstruir os comprimentos de onda da luz que incide sobre a parte relevante da retina. Ao contrário da visão apenas com bastonetes, o cérebro não fica confuso entre a luz fraca de uma cor e a luz brilhante de outra.

Como recebe as informações de mais de um tipo de cone, o cérebro é capaz de computar a verdadeira cor da luz.

Como disse ao lembrar o doutor Dolittle na Lua, as cores que finalmente pensamos ver são rótulos usados por conveniência pelo cérebro. Eu costumava ficar desapontado quando via imagens de “cor falsa”, por exemplo, fotografias da Terra feitas por satélites ou imagens do espaço profundo construídas por computador. A legenda nos diz que as cores são códigos arbitrários para diferentes tipos de vegetação numa fotografia da África feita por satélite. Para mim, as imagens de cor falsa eram uma forma de engodo. Queria ver a aparência “real” da cena. Agora percebo que tudo o que penso ver, até as cores do meu jardim pela janela, é “falso” no mesmo sentido: convenções arbitrárias usadas, neste caso pelo meu cérebro, como rótulos convenientes para os comprimentos de onda da luz. O capítulo 11 argumenta que todas as nossas percepções são uma espécie de “realidade virtual limitada” construída no cérebro. (Na realidade, continuo desapontado com as imagens de cores falsas!).

Nunca saberemos se as sensações subjetivas que diferentes pessoas associam com determinados comprimentos de onda são iguais. Podemos comparar opiniões sobre que cores parecem ser misturas de que outras cores. A maioria de nós concorda em achar plausível que o laranja seja uma mistura de vermelho e amarelo. O status do verde-azul como mistura é transmitido pela própria palavra

composta, embora não pela palavra turquesa. É controverso se as diferentes línguas concordam no modo como dividem o espectro. Alguns linguistas afirmam que a língua galesa não divide a região verde e azul do espectro da mesma maneira que o inglês. Diz-se que o galês tem uma palavra correspondente a uma parte do verde, e outra palavra correspondente a outra parte do verde mais a parte do azul. Outros linguistas e antropólogos consideram isso um mito, nem um pouco mais verdadeiro do que a alegação igualmente sedutora de que os inuit (“esquimós”) têm cinquenta palavras diferentes para neve. Esses cétricos afirmam ter evidências experimentais, obtidas ao apresentarem uma grande série de lascas coloridas aos falantes nativos de muitas línguas, de que há universais fortes no modo como os humanos dividem o espectro. A evidência experimental é, na verdade, a única maneira de resolver a questão. Pelo menos para este falante do inglês, pouco importa que a história sobre a divisão galesa do azul e do verde pareça plausível. Não há nada na física para contestá-la. Os fatos, sejam quais forem, são da psicologia.

Ao contrário dos pássaros, que têm excelente visão em cores, muitos mamíferos não têm nenhuma visão colorida verdadeira. Outros, inclusive certos tipos de humanos parcialmente daltônicos, usam um sistema de duas cores baseado em dois tipos de cones. A visão colorida de alta qualidade com um sistema de três cores pode ter evoluído em nossos ancestrais primatas como uma ajuda para encontrar as frutas na floresta verde. Até foi sugerido, pelo psicólogo de Cambridge John Mollon, que o sistema de três cores “é um dispositivo inventado por certas árvores frutíferas para se propagar”: um modo imaginativo de chamar a atenção para o fato de que as árvores tiram proveito de atrair os mamíferos para comer seus frutos e espalhar as sementes. Alguns macacos do Novo Mundo participam de estranhos arranjos em que diferentes indivíduos dentro de uma espécie têm diferentes combinações de sistemas de duas cores, sendo portanto especializados em ver diferentes coisas. Ninguém sabe se ou como isso os beneficia, mas talvez seja sugestivo que as tripulações dos bombardeiros na Segunda Guerra Mundial gostassem de ter pelo menos um membro daltônico, que podia perceber certo tipo de camuflagem no solo.

Ao decompor todo o arco-íris, passando para outras partes do espectro eletromagnético, separamos estação por estação na sintonização do rádio, isolamos conversa por conversa na rede de telefones celulares. Sem a decomposição sensível do arco-íris eletromagnético, escutaríamos a conversa de todo mundo simultaneamente, e todas as frequências na sintonização do rádio, numa babel branca de ruído. De modo diferente, e com a ajuda de computadores especialmente projetados, a decomposição do arco-íris constitui a base da imagem de ressonância magnética, a técnica espetacular pela qual os médicos da atualidade conseguem discernir a estrutura tridimensional de nossos órgãos internos.

Quando uma fonte de ondas está se movendo em relação ao seu detector, acontece algo especial. Há um “efeito Doppler” dos comprimentos de onda detectados. Isso é fácil de perceber no caso de ondas sonoras, porque elas se deslocam lentamente. O som do motor de um carro tem uma altura nitidamente mais elevada quando o carro está se aproximando do que quando está se afastando. É por isso que escutamos o tom dual característico iii-aaah quando um carro passa zunindo. Em 1845, o cientista holandês Buys Ballot verificou pela primeira vez a predição de Doppler, contratando uma banda de metais para tocar num vagão aberto de um trem que passava velozmente pelos ouvintes. As ondas de luz se deslocam tão rapidamente que só percebemos o efeito Doppler se nos movemos muito velozmente em direção à fonte de luz (neste caso, a luz é deslocada para a ponta azul do espectro) ou para longe dela (neste caso, a luz é deslocada para o vermelho). Isso é verdade para as galáxias distantes. O fato de estarem se afastando de nós foi descoberto por causa do efeito Doppler na sua luz. É mais vermelha do que deveria ser, deslocada consistentemente em direção ao extremo vermelho, de ondas longas, do espectro.

Como sabemos que a luz que vem de uma galáxia distante é deslocada para o vermelho? Como sabemos que não era vermelha, quando começou a se deslocar? Pode-se saber usando as linhas de Fraunhofer como marcadores. Cada elemento, é bom lembrar, assina o seu nome num único código de barras. O espaçamento entre as linhas é característico como uma impressão digital, mas assim também é a posição precisa de cada linha ao longo do arco-íris. A luz de uma galáxia distante apresenta códigos de barras que têm padrões de espaçamento familiares. Essa própria familiaridade é o que nos diz que as outras galáxias são feitas da mesma gama de matérias da nossa. Porém, todo o padrão é deslocado uma distância fixa para a extremidade de ondas longas do espectro: é mais vermelho do que deveria ser. Nos anos 20, o astrônomo americano Edwin Hubble (em cuja homenagem o telescópio espacial Elubble recebeu esse nome) descobriu que as galáxias distantes têm espectros com deslocamento para o vermelho. Essas galáxias com deslocamento para o vermelho mais pronunciado são também as mais distantes — conforme estimativas a partir da tenuidade de sua luz. A famosa conclusão de Hubble (embora já tivesse sido sugerida por outros) foi que o universo está se expandindo, e, de qualquer ponto de observação, as galáxias parecem recuar a uma velocidade sempre crescente.

Quando fitamos uma galáxia distante, estamos olhando para o passado remoto, pois a luz levou bilhões de anos para chegar até nós. Tornou-se fraca, e por isso sabemos que percorreu uma grande distância. A velocidade com que a nossa galáxia está se afastando de outra causou o efeito de deslocamento do espectro para a extremidade vermelha. A relação entre a distância e a velocidade do recuo é regida por lei (obedece à “lei de Hubble”). Ao extrapolar essa relação quantitativa para o passado, podemos estimar quando o universo

começou a se expandir. Usando a linguagem da agora prevalecente teoria do “Big Bang”, o universo começou numa gigantesca explosão entre 10 bilhões; e 20 bilhões de anos atrás. Tudo isso inferimos da decomposição do arco-íris. Outros desenvolvimentos da teoria, confirmados por todas as evidências existentes, sugerem que o próprio tempo começou nessa mão de todos os cataclismos. Você provavelmente não compreende, certamente nem eu, o que significa dizer que o próprio tempo começou num momento particular. Mas novamente essa é uma limitação de nossas mentes, que sempre foram projetadas para lidar com objetos lentos e bastante grandes nas savanas africanas, onde os acontecimentos se dão de maneira bem-comportada e em ordem, e todos possuem um antes. Um acontecimento que não possui um antes terrifica a nossa pobre razão. Talvez só possamos apreciá-lo pela poesia. Keats, vós deveríeis estar vivo numa hora dessas.

Existem olhos lá fora nas galáxias, voltados para nós? Voltados é a palavra, pois eles só podem nos ver em nosso passado. Os habitantes de um mundo a 100 milhões de anos-luz de distância poderiam neste momento ver, se conseguissem vislumbrar alguma coisa sobre o nosso planeta, dinossauros avermelhados arremetendo sobre planícies róseas. Ai de nós; mesmo se houver outras criaturas no universo, e mesmo que possuam olhos, é improvável que, por mais poderosos que sejam os seus telescópios, eles tenham o poder de resolução para ver o nosso planeta, quanto mais os seus habitantes individuais. Nós próprios nunca vimos outro planeta fora de nosso sistema solar. Nem sequer sabíamos sobre todos os planetas em nosso sistema solar até séculos recentes. Netuno e Plutão são ténues demais para serem vistos a olho nu. A única razão de sabermos para onde apontar o telescópio é que seguimos os cálculos de perturbações diminutas nas órbitas dos planetas mais próximos. Em 1846, dois astrônomos matemáticos, J. C. Adams na Inglaterra e U. J. J. Leverrier na França, ficaram independentemente intrigados com uma discrepância entre a posição real do planeta Urano e a posição em que teoricamente deveria estar. Os dois calcularam que a perturbação poderia ter sido causada pela gravidade de um planeta invisível de determinada massa em determinado lugar. O astrônomo alemão J. G. Galle apontou devidamente o seu telescópio na direção correta e descobriu Netuno. Plutão foi descoberto da mesma maneira, já tarde em 1930, pelo astrônomo americano C. W. Tombaugh, alertado pelos efeitos gravitacionais (muito menores) sobre a órbita de Netuno. John Keats teria apreciado a emoção sentida por esses astrônomos:

Então me senti como um vigia dos céus  
Quando um novo planeta surge em sua visão;  
Ou como Cortês quando, com olhos de água,  
Fitou o Pacífico — e todos os seus homens

Trocaram olhares de suspeição cruel —

Em silêncio sobre um pico em Darién

(Then felt I like some watcher of the skies/  
When a new planet swims into his ken;  
Or like the stout Cortez when with eagle eyes/  
He stared at the Pacific —  
and all his men/ Look'd at each other with a wild surmise —/  
Silent upon a peak in Darien).

“On First Looking into Chapman’s Homer” (1816)

Tenho um afeto especial por esses versos desde que me foram citados por um editor depois de ler o manuscrito de *O relojoeiro cego*.

Mas há planetas em órbita ao redor de outras estrelas? Uma questão importante, cuja resposta influencia a nossa estimativa da ubiquidade da vida no universo. Se há apenas uma estrela com planetas no universo, essa estrela aconteceu de ser o nosso Sol, e estamos muito, muito sozinhos. No outro extremo, se toda estrela é o centro de um sistema solar, o número de planetas potencialmente existentes para a vida vai superar toda a contagem. Sejam quais forem as chances de vida em qualquer outro planeta, se descobrirmos planetas em órbita ao redor de outra estrela típica, vamos nos sentir sensivelmente menos solitários.

Os planetas estão demasiado próximos de seus sóis, e demasiado abafados pelo brilho da estrela, para que nossos telescópios normalmente os vejam. A principal maneira de sabermos se as outras estrelas têm planetas — e a descoberta só veio na década de 1990 — é, mais uma vez, pelas perturbações orbitais, detectadas dessa vez por meio de efeitos Doppler na luz colorida. Eis como isso funciona. Pensamos no Sol como o centro, ao redor do qual giram os planetas. Mas Newton nos diz que dois corpos giram um em relação ao outro. Se duas estrelas têm massa semelhante — são chamadas de par binário —, elas balançam uma ao redor da outra como um par de halteres. Quanto mais desiguais, maior a impressão de que a mais leve gira em torno da mais pesada, que se mantém quase parada. Quando um corpo é muito maior que o outro, por exemplo o Sol em relação a Júpiter, o mais pesado apenas oscila um pouco, enquanto o mais leve gira zunindo como um terrier fazendo círculos ao redor de seu dono num passeio.

São essas oscilações nas posições das estrelas que traem a presença de planetas de outro modo invisíveis que giram ao seu redor. Contudo, as próprias oscilações são demasiado pequenas para serem vistas diretamente. Os nossos telescópios não conseguem perceber essas pequenas mudanças de posição; menos ainda, para falar a verdade, conseguem perceber os próprios planetas. Mais uma vez, é a decomposição do arco-íris que oferece a solução. Como uma estrela oscila de um lado para outro sob a influência de um planeta em órbita, a sua luz nos chega deslocada para o vermelho quando a estrela está se afastando,

deslocada para o azul quando está se aproximando de nós. Os planetas se revelam ao causar oscilações vermelhas/azuis diminutas, mas mensuráveis, na luz que nos chega de suas estrelas-mães. Da mesma maneira, os habitantes de planetas distantes poderiam detectar a presença de Júpiter observando as mudanças; rítmicas dos matizes solares. Júpiter é provavelmente o único planeta do sistema solar com tamanho suficiente para ser detectado dessa maneira. O nosso humilde planeta é demasiado pequeno para produzir ondulações gravitacionais que os alienígenas pudessem notar.

Entretanto, eles poderiam perceber a nossa existência pela decomposição do arco-íris dos sinais de rádio e televisão que temos emitido nas últimas décadas. A inchada bolha esférica de vibrações, agora com mais de um século-luz de extensão, cercou um número significativo de estrelas, embora seja urna proporção insignificante daquelas que povoam o universo. Em seu romance *Contato*, Carl Sagan observou sombriamente que na vanguarda das imagens que vão anunciar a Terra para o resto do universo estará o discurso de abertura proferido por Hitler nos Jogos Olímpicos de 1936 em Berlim. Não se captou nenhuma resposta até agora, nenhuma mensagem de nenhum outro mundo.

Nunca tivemos nenhuma razão direta para supor que temos companhia. De modos muito diferentes, a possibilidade de que o universo esteja cheio de vida, e a possibilidade oposta de que estejamos totalmente sós, são igualmente emocionantes. De um modo ou de outro, o ímpeto de conhecer mais sobre o universo me parece irresistível, e não consigo imaginar que uma pessoa de sensibilidade verdadeiramente poética poderia discordar. Ironicamente, acho graça ao ver como muito do que temos descoberto até agora é uma extrapolação direta da decomposição do arco-íris. E a beleza poética do que essa decomposição revelou, da natureza das estrelas à expansão do universo, não poderia deixar de atrair a imaginação de Keats; haveria de mergulhar Coleridge num devaneio delirante; faria o coração de Wordsworth pular como nunca.

O grande astrofísico indiano Subrahmanyan Chandrasekhar disse numa conferência em 1975:

Esse “estremecimento diante do belo”, esse incrível fato de que uma descoberta motivada pela busca da beleza na matemática encontra sua réplica exata na natureza, persuade-me a dizer que a beleza é aquilo a que a mente humana reage em seus aspectos mais profundos.

Como isso soa mais sincero que os versos mais conhecidos de Keats sobre uma emoção superficialmente semelhante:

“A beleza é verdade, a verdade, beleza” — é tudo  
O que sabeis na terra, e tudo o que precisais saber.

(“Beauty is truth, truth beauty” — that is all/ Ye know on earth, and all ye need to know).

“Ode on a Grecian Urn”(1820)

Keats e Lamb deveriam ter erguido o seu brinde à poesia, à matemática e à poesia da matemática. Wordsworth não teria precisado de estímulo. Ele (e Coleridge) haviam sido inspirados pelo poeta escocês James Thomson, e poderiam ter lembrado “To the Memory of Sir Isaac Newton”, desse autor (1727):

[...] Mesmo a própria luz, que a tudo revela,  
Brilhava oculta, até sua mente mais clara  
Desemaranhar todo o manto luminoso do dia,  
E da esbranquiçada luz indistinta,  
Reunindo cada raio em sua espécie,  
Ao olhar fascinado inferiu a rica série  
Das cores fundamentais. Primeiro, o ardente vermelho  
Surgiu intenso. Depois, o laranja fulvo.  
A seguir, o amarelo vivaz, a cujo lado  
Caíam os raios brandos do suave verde.  
Além, o azul puro, que alarga os céus do outono,  
Etéreo brincava, e após, um tom mais triste,  
Vinha o índigo escuro, como quando  
A tarde de orla densa pende com a geada.  
E os últimos lampejos da luz refratada  
Dissipavam-se no violeta esmaecido.  
Quando as nuvens destilam a chuva rosada,  
Tais cores brilham distintas pelo arco fluido,  
E sobre nós a visão rociada se curva  
Sedutora, unindo-se com os campos abaixo.  
Milhares de tons mesclados delas resultam,  
E milhares ainda restam — fonte infinita  
De beleza, sempre jorrando, sempre nova.  
Um poeta já imaginou algo tão belo,  
A sonhar nas matas rumorosas do riacho?  
Ou profeta, cujo êxtase suscita o céu?  
Mesmo agora o pôr-do-sol e as nuvens volúveis,  
Vistos, Greenwich, de teus belos morros, declaram  
Quão justa e formosa é a lei da refração

([...] Even Light itself, which every thing displays,/ Shone undiscovered, till his brighter mind/ Untwisted all the shining robe of day:/ And, from the whitening

undistinguished blaze,/ Collecting every ray into his kind,/ To the charmed eye  
educed the gorgeous train/ Of parent colours. First the flaming red/ Sprung vivid  
forth; the tawny orange next;/ And next delicious yellow; by whose side/ Fell the  
kind beams of all-refreshing green./ Then the pure blue, that swells autumnal  
skies,/ Ethereal played; and then, of sadder hue,/ Emerged the deepened indigo,  
as when/ The heavy-skirted evening droops with frost;/ While the last gleamings  
of refracted light/ Died in the fainting violet away./ These, when the clouds distil  
the rosy shower,/ Shine out distinct adown the watery bow;/ While o'er our heads  
the dewy vision bends/ Delightful, melting on the fields beneath./ Myriads of  
mingling dyes from these result,/ And myriads still remain — infinite source/ Of  
beauty, ever flushing, ever new./ Did ever poet image aught so fair,/ Dreaming in  
whispering groves by the hoarse brook?/ Or prophet, to whose rapture heaven  
descends?/ Even now the setting sun and shifting clouds,/ Seen, Greenwich, from  
thy lovely heights, declare/ How just, how beauteous the refractive law).

#### 4. Códigos de barras no ar

Vamos encontrar o Cubo do Arco-Íris,  
Quanto a isso, nenhuma dúvida.

Mas o Arco da conjectura de um Amante Elude a descoberta.

(We shall find the Cube of the Rainbow,/ Of that, there is no doubt./ But the  
Arc of a Lover's conjecture/ Eludes the finding out).

Emily Dickinson (1894)

No ar, em linguagem contemporânea, significa no rádio. Mas as ondas de rádio não têm nada a ver com o ar, sendo mais adequadamente consideradas ondas de luz com longos comprimentos de onda. As ondas do ar só podem significar sensatamente uma única coisa, o som. Este capítulo é sobre o som e outras ondas lentas, e sobre o fato de que também podem ser decompostas como o arco-íris. As ondas sonoras se deslocam meio milhão de vezes mais devagar que as ondas de luz (ou rádio), não muito mais velozes que um Boeing 747, e mais lentas que um Concorde. Ao contrário da luz e de outra radiação eletromagnética, que se propaga melhor no vácuo, as ondas sonoras só se deslocam num meio material como o ar ou a água. Elas são ondas de compressão e rarefação (espessamento e afinamento) do meio. No ar, isso significa ondas de crescente e decrescente pressão barométrica local. Nossos ouvidos são minúsculos barômetros capazes de rastrear mudanças rítmicas de pressão muito velozes. Os ouvidos dos insetos funcionam de um modo completamente diferente. Para compreender a diferença, precisamos de uma pequena digressão para examinar o que é realmente a pressão.

Sentimos a pressão em nossa pele como um empurrão de uma mola, quando, por exemplo, colocamos a mão sobre o bico de uma bomba de bicicleta. Na realidade, a pressão são os bombardeamentos somados de milhares de moléculas do ar, zunindo ao redor em direções aleatórias (ao contrário de um vento, quando as moléculas fluem predominantemente numa direção específica). Se erguemos a palma da mão num vento forte, sentimos o equivalente da pressão — bombardeamento de moléculas. As moléculas num espaço confinado, por exemplo, o interior de um pneu de bicicleta bem cheio, pressionam para fora e batem nas paredes do pneu com uma força proporcional ao número de moléculas no pneu e à temperatura. Em qualquer temperatura superior a  $-273^{\circ}\text{C}$  (a temperatura mais baixa possível, correspondendo à imobilidade completa das moléculas), as moléculas estão em contínuo movimento aleatório, ricocheteando

umas nas outras como bolas de bilhar. Elas não só ricocheteiam umas nas outras, como também nas paredes internas do pneu — e as paredes do pneu “sentem” esse movimento como pressão. Como um efeito adicional, quanto mais quente o ar, mais rápido as moléculas se deslocam ao redor (é isso o que significa a temperatura); assim a pressão de um dado volume de ar aumenta quando o esquentamos. Do mesmo modo, a temperatura de determinada quantidade de ar aumenta quando a comprimimos, isto é, quando elevamos a pressão reduzindo o volume.

As ondas de som são ondas de mudança oscilante da pressão local. A pressão total numa sala hermeticamente fechada é determinada pelo número de moléculas na sala e pela temperatura, e esses números não mudam no curto prazo. Em média, cada centímetro cúbico na sala terá o mesmo número de moléculas que todo outro centímetro cúbico e, portanto, a mesma pressão. Mas isso não impede que haja variações locais na pressão. O centímetro cúbico A pode ter uma elevação momentânea da pressão à custa do centímetro cúbico B, que lhe doou temporariamente algumas moléculas. A pressão aumentada em A tenderá a empurrar as moléculas de volta para B e com isso vai restaurar o equilíbrio. Na escala muito maior da geografia, é isso que são os ventos — fluxos de ar de áreas de alta pressão para áreas de baixa pressão. Numa escala menor, os sons podem ser compreendidos dessa maneira, mas não são ventos, pois oscilam numa e noutra direção com muita rapidez.

Se um diapasão é golpeado no meio de uma sala, a vibração perturba as moléculas locais de ar, fazendo com que colidam com as moléculas de ar vizinhas. O diapasão vibra de um lado para o outro numa frequência particular, causando a propagação de ondulações de distúrbio em todas as direções como uma série de camadas em expansão. Cada frente de onda é uma zona de pressão aumentada, com uma zona de pressão diminuída seguindo na sua esteira. Então vem a próxima frente de onda, depois de um intervalo determinado pela velocidade em que o diapasão está vibrando. Se colocamos um pequeno barômetro de ação rápida em qualquer lugar na sala, a agulha do barômetro vai oscilar para cima e para baixo a cada frente de onda que passar por cima do instrumento. A velocidade com que a agulha do barômetro oscila é a frequência do som. O ouvido de um vertebrado é exatamente um barômetro de ação rápida. O tímpano se move para dentro e para fora sob as pressões variáveis que o atingem. Ele é conectado (via três minúsculos ossos, os famosos martelo, bigorna e estribo, confiscados dos ossos da articulação do maxilar dos répteis durante a evolução) a uma espécie de harpa inversa em miniatura, chamada cóclea. Como numa harpa, as “cordas” da cóclea estão dispostas numa estrutura afilada. As cordas na ponta menor da estrutura vibram de acordo com os sons agudos; as da ponta maior vibram de acordo com os sons baixos. Os nervos que partem de toda a cóclea são mapeados de maneira ordenada no cérebro, por isso ele pode saber

se um som agudo ou um som baixo está vibrando no tímpano.

Em comparação, os ouvidos dos insetos não são pequenos barômetros, e sim pequenos cata-ventos. Eles realmente medem o fluxo de moléculas como um vento, embora seja um tipo estranho de vento, que se desloca apenas por uma distância muito curta, antes de inverter a sua direção. A frente de onda em expansão que detectamos como uma mudança na pressão é também uma onda de movimento de moléculas: movimento para dentro de uma área local quando a pressão sobe, depois novo movimento para fora dessa área quando a pressão volta a baixar. Enquanto os nossos ouvidos barômetros têm uma membrana estendida sobre um espaço confinado, os ouvidos cata-ventos dos insetos têm um pelo ou uma membrana estendida sobre uma câmara com um buraco. Em qualquer um dos casos, essa membrana ou pelo é literalmente soprado de um lado para o outro pelos movimentos rítmicos das moléculas.

Sentir a direção de um som é, portanto, uma segunda natureza para os insetos. Qualquer tolo com um cata-vento sabe distinguir um vento norte de um vento leste, e um único ouvido de um inseto não tem dificuldade em distinguir uma oscilação norte—sul de uma oscilação leste—oeste. O sentido de direção está embutido no método dos insetos para detectar o som. Os barômetros não são assim. Um aumento de pressão é apenas um aumento de pressão, e não importa de onde vêm as moléculas a mais. Portanto, nós, vertebrados, com nossos ouvidos barômetros, temos de calcular a direção do som comparando os registros dos dois ouvidos, mais ou menos como calculamos a cor comparando os registros de diferentes classes de cones. O cérebro compara o barulho nos dois ouvidos e separadamente o tempo de chegada dos sons (em especial os sons staccato) nos dois ouvidos. Alguns tipos de sons não se prestam a tais comparações tão facilmente como outros. O canto de um grilo tem uma altura e um tempo dissimulado, de modo que os ouvidos dos vertebrados têm dificuldades em localizá-lo, mas os grilos fêmeas, com seus ouvidos cata-ventos, não acham difícil encontrar seus parceiros. Alguns cricris de grilo até criam a ilusão, pelo menos ao meu cérebro de vertebrado, de que o grilo (na realidade parado) está pulando ao redor como um busca-pé saltador.

As ondas de som formam um espectro de comprimentos de onda, análogo ao arco-íris. O arco-íris de sons também está sujeito à decomposição, e é por isso afinal de contas que se podem discriminar os sons de alguma forma. Assim como as nossas sensações das cores são os rótulos que o cérebro atribui à luz de diferentes comprimentos de onda, os rótulos internos equivalentes que ele usa para os sons são as diferentes alturas. Mas o som tem muitos outros elementos além da simples altura, e é nesse ponto que a decomposição mostra realmente o seu poder.

Um diapasão ou uma harmônica de vidro (um instrumento do agrado de Mozart, que é composto de vasilhas de vidro fino afinadas pela quantidade de

água nelas contida, e que soa pela ação de um dedo molhado ao redor da borda) emite um som puro e cristalino. Os físicos chamam esses sons de ondas senoidais. Ondas senoidais são os tipos mais simples de ondas, uma espécie de ondas teóricas ideais. As curvas regulares que serpenteiam ao longo de uma corda, quando sacudimos uma de suas pontas para cima e para baixo, são mais ou menos ondas senoidais, embora tenham, é claro, uma frequência muito mais baixa que as ondas sonoras. A maioria dos sons não são ondas senoidais simples, e sim ondas mais recortadas e complicadas, como veremos. Por enquanto, vamos pensar num diapasão ou numa harmônica de vidro, emitindo suas ondas regulares e curvilíneas de mudança de pressão que se afastam velozmente da fonte em esferas que se expandem de forma concêntrica. Um ouvido barômetro colocado em determinado lugar detecta um aumento regular de pressão seguido por uma diminuição regular, oscilando ritmicamente sem torceduras ou meios na curva. A cada duplicação da frequência (ou a cada redução do comprimento de onda pela metade, o que é a mesma coisa), escutam os o pulso de uma oitava. As frequências muito baixas, as notas mais graves do órgão, estremecem pelo nosso corpo e mal são percebidas pelos nossos ouvidos. As frequências muito altas são inaudíveis aos humanos (especialmente aos humanos idosos), mas são audíveis aos morcegos e por eles usadas, na forma de ecos, para orientação. Essa é uma das narrações mais fascinantes em toda a história natural, mas já lhe dediquei um capítulo inteiro em *O relojoeiro cego*, por isso vou resistir à tentação de desenvolver o tema.

Salvo os diapasões e as harmônicas de vidro, as ondas senoidais puras são em grande parte uma abstração matemática. Os sons reais são em geral misturas mais complicadas, e eles compensam generosamente a decomposição. Os nossos cérebros os decompõem sem esforço e com resultados espantosos. É apenas com muito trabalho que a nossa compreensão matemática dos acontecimentos acompanha, desajeitada e incompletamente, o que nossos ouvidos decompueram sem esforço — e nossos cérebros recompuseram — desde a infância.

Vamos supor que fazemos um diapasão vibrar com uma frequência de 440 ciclos por segundo, ou 440 Hertz (Hz). Escutaremos um tom puro, o lá acima do dó médio. Qual é a diferença entre esse som e um violino tocando o mesmo lá, um clarinete tocando o mesmo lá, um oboé, uma flauta? A resposta é que cada instrumento inclui mesclas de ondas cujas frequências são múltiplos variados da frequência fundamental. Ao tocar o lá acima do dó médio, qualquer instrumento vai emitir a maior parte da sua energia sonora na frequência fundamental, 440 Hz, mas sobrepostos estarão os vestígios de vibração em 880 Hz, 1320 Hz, e assim por diante. Esses sons são chamados harmônicos, embora a palavra possa gerar confusão, pois as “harmonias” são cordas de várias notas que escutam os como distintas. Uma “única” nota de um trompete é na realidade uma mistura de

harmônicos, a mistura específica sendo uma espécie de “assinatura” do trompete que o distingue de um violino, por exemplo, tocando a “mesma” nota (com harmônicos diferentes que constituem a assinatura do violino). Há complicações adicionais, que vou ignorar, na geração dos sons, por exemplo, a irrupção labial do sopro de um trompete ou o zumbido agudo do arco do violino atingindo a corda.

Além dessas complicações, há uma qualidade característica do trompete (ou do violino ou de qualquer outro instrumento) na parte prolongada de uma nota. É possível demonstrar que o tom aparentemente simples de um determinado instrumento é uma construção recomposta do cérebro, reunindo as ondas senoidais. A demonstração funciona da maneira a seguir descrita. Depois de decidir quais as ondas senoidais envolvidas, por exemplo no som de um trompete, é preciso selecionar os tons puros apropriados do “diapasão” e fazê-los soar um de cada vez. Durante um breve período, é possível escutar as notas separadas, como se realmente fossem um acorde de diapasões. Depois, muito estranhamente, elas se acertam umas com as outras, os “diapasões” desaparecem, e escuta-se apenas o que Keats chamou de trompetes ríspidos, argentinos, fazendo soar a altura da frequência fundamental. É necessária uma combinação diferente do código de barras das frequências para gerar o som de um clarinete, e mais uma vez é possível distingui-las fugazmente como “diapasões” separados, antes que o cérebro gere a ilusão de uma nota “amadeirada” de clarinete. O violino tem a sua própria assinatura de código de barras, e assim por diante.

Agora, se observamos um traço da onda de pressão quando o violino está tocando alguma nota, o que vemos é uma linha complicada e tortuosa que se repete na frequência fundamental, mas com coleios menores de frequências mais altas sobrepostos. O que aconteceu é que as diferentes ondas senoidais que constituem o som do violino se reuniram para formar a complicada linha tortuosa. É possível programar um computador para decompor qualquer padrão complicadamente repetitivo de coleios composto por suas ondas puras, as ondas senoidais separadas que teríamos de reunir para formar o padrão complicado. Presumivelmente, quando escutamos um instrumento, realizamos algo equivalente a esse cálculo, o ouvido primeiro decompondo as ondas senoidais componentes, depois o cérebro voltando a juntá-las e dando-lhes o rótulo apropriado: “trompete”, “oboé” ou o que for.

Mas nossas façanhas inconscientes de decomposição e composição são ainda mais impressionantes. Pense no que acontece quando escutamos uma orquestra inteira. Imagine que, sobreposto a cem instrumentos, o nosso vizinho no concerto está sussurrando crítica musical especializada em nosso ouvido, outros estão tossindo e, lamentavelmente, alguém atrás de nós está amassando um papel de chocolate. Todos esses sons estão simultaneamente vibrando o nosso tímpano, e

eles são reunidos numa única onda muito complicada e tortuosa de mudança de pressão. Sabemos que é uma única onda, porque uma orquestra completa, e todos os barulhos ao redor, podem ser transmitidos num único sulco ondulado de um disco fonográfico, ou representados num único traço flutuante de substância magnética numa fita. Todo o conjunto de vibrações se resume numa única linha tortuosa no gráfico da pressão de ar em relação ao tempo, assim como é registrado em nosso tímpano. Mirabile dictu, o cérebro consegue separar o barulho do papel amassado e o sussurro, a tosse e a porta batendo, os instrumentos da orquestra uns dos outros. Essa proeza de decomposição e composição, ou de análise e síntese, é quase inacreditável, mas todos a realizamos sem esforço e sem pensar. Os morcegos são ainda mais impressionantes, analisando saraivadas balbuciantes de ecos para construir, em seus cérebros, as imagens tridimensionais detalhadas e em rápida mutação do mundo pelo qual voam, incluindo os insetos que pegam durante o vôo, e até separando os seus próprios ecos daqueles de outros morcegos.

A técnica matemática de decompor formas de onda tortuosas em ondas senoidais, que podem então ser novamente reunidas para formar a linha tortuosa original, é chamada de análise de Fourier, em referência ao matemático francês do século XIX, Joseph Fourier. Funciona não apenas para as ondas sonoras (na verdade, o próprio Fourier desenvolveu a técnica para uma finalidade muito diferente), mas para qualquer processo que varia periodicamente, e não precisam ser ondas de alta velocidade como o som, ou ondas de altíssima velocidade como a luz. Podemos pensar na análise de Fourier como uma técnica matemática conveniente para decompor o “arco-íris” em que a vibração que forma o espectro é lenta comparada com a da luz.

Passando a uma vibração realmente muito lenta, vi recentemente, numa estrada no Parque Nacional Kruger, na África do Sul, uma linha molhada tortuosa que seguia o curso da estrada e aparentemente traçava uma espécie de padrão complicado e repetido. O meu guia nativo e experimentado me informou que era o rastro de urina de um elefante macho em estado de frenesi. Quando um elefante macho entra nesse estado curioso, ele pinga urina de maneira mais ou menos contínua, aparentemente para marcar o seu território. A ondulação do rastro de urina de um lado para o outro na estrada era presumivelmente produzida pelo longo pênis a funcionar como um pêndulo (seria uma onda senoidal, se o pênis fosse um pêndulo newtoniano perfeito, o que não é) e a interagir com a periodicidade mais complicada do andar pesado do quadrúpede. Tirei fotografias com a vaga intenção de fazer mais tarde uma análise de Fourier. Lamento dizer que nunca cheguei a realizá-la. Mas, em teoria, isso poderia ser feito. Um traçado da linha de urina fotografada poderia ser colocado sobre papel quadriculado, e suas coordenadas, digitadas para alimentar um computador. O computador poderia então realizar uma versão moderna dos cálculos de Fourier

e extrair as ondas senoidais componentes. Há métodos mais fáceis (embora não necessariamente mais seguros) de medir o comprimento do pênis de um elefante, mas teria sido divertido fazer a análise, e o próprio barão Fourier teria certamente se encantado com um emprego tão inesperado da sua matemática. Não há razão para que uma trilha de urina não possa fossilizar, como acontece com pegadas e rastros de vermes, e nesse caso poderíamos em princípio usar a análise de Fourier para medir o comprimento do pênis de um mastodonte ou um mamute lanudo extinto, a partir da evidência indireta de sua trilha de urina quando em estado de frenesi.

O pênis de um elefante balança a uma frequência muito mais lenta que a do som (embora na mesma faixa do som, quando o comparamos com as frequências ultraelevadas da luz). A natureza nos oferece outras formas de ondas periódicas, de frequência ainda mais baixa, que têm comprimentos de onda medidos em anos ou até em milhões de anos. Algumas delas foram submetidas ao equivalente da análise de Fourier, inclusive os ciclos das populações de animais. Desde 1736 a Companhia Hudson's Bay mantém registros da abundância de peles trazidas pelos caçadores de pele canadenses. O ilustre ecologista de Oxford, Charles Elton (1900-91), que trabalhava como consultor da companhia, percebeu que esses registros podiam fornecer uma leitura das populações flutuantes de lebres da neve, lincos e outros mamíferos perseguidos pelo comércio de peles. Os números sobem e descem em complicadas misturas de ritmos, que foram muito analisados. Entre os comprimentos de onda extraídos por essas análises, há um proeminente com uma periodicidade de aproximadamente quatro anos, e outro com cerca de onze anos. Uma das hipóteses sugeridas para explicar os ritmos de quatro anos é uma interação com um intervalo de tempo entre os predadores e as presas (uma superabundância de presas fomenta uma praga de predadores, que quase exterminam as presas; esse extermínio, por sua vez, faz com que os predadores morram de fome, e a consequente diminuição na população de predadores permite uma nova explosão de crescimento na população das presas, e assim por diante). Quanto ao ritmo mais longo, de onze anos, talvez a sugestão mais intrigante seja a que liga o fenômeno à atividade das manchas solares, que sabemos que varia num ciclo de aproximadamente onze anos. Como as manchas solares influenciam as populações de animais, é um tema aberto à discussão. Talvez elas mudem o clima da Terra, que influencia a abundância de alimentos vegetais.

Em todos os casos em que encontramos ciclos regulares de comprimentos de onda muito longos, é provável que eles tenham origens astronômicas. Originam-se do fato de que os objetos celestes frequentemente giram ao redor de seu próprio eixo ou seguem órbitas repetitivas ao redor de outros objetos celestes. Os ritmos de atividade de 24 horas permeiam quase todos os detalhes refinados dos corpos vivos sobre este planeta. A razão básica é a rotação da Terra sobre seu

próprio eixo, mas animais de muitas espécies, inclusive os humanos, quando isolados do contato direto com o dia e a noite, continuam a seguir os ciclos com um ritmo de aproximadamente 24 horas, mostrando que internalizaram o ritmo e podem cumpri-lo independentemente até na ausência do agente externo que o estabelece. O ritmo lunar de 28 dias é outro componente proeminente da mescla de ondas nas funções corporais de muitas criaturas, especialmente marinhas. A Lua exerce a sua influência rítmica por meio da sucessão de marés de sizígia e marés de quadratura. O ritmo orbital da Terra de pouco mais de 365 dias fornece o seu pêndulo mais lento para a soma de Fourier, manifestando-se por meio de estações de reprodução, estações de migração, padrões de muda e crescimento de pêlos para o inverno.

Talvez o comprimento de onda mais longo capáado pela decomposição de ritmos biológicos seja o ciclo proposto de 26 milhões de anos para extinções em massa. Os especialistas em fósseis estimam que mais de 99 por cento das espécies que já existiram estão extintas. Felizmente, a taxa de extinção é, no longo prazo, mais ou menos equilibrada pela taxa com que novas espécies são formadas pela divisão das existentes. Isso não significa, porém, que elas permanecem constantes no prazo mais curto. Longe disso. As taxas de extinção flutuam por toda parte, bem como as taxas com que aparecem novas espécies. Há tempos ruins quando as espécies somem, e há tempos bons quando elas desabrocham. Provavelmente o pior dos tempos ruins, o Armagedon mais devastador, ocorreu no fim do período permiano, há aproximadamente 250 milhões de anos. Cerca de noventa por cento de todas as espécies foram extintas naqueles tempos terríveis, inclusive muitos répteis terrestres semelhantes a mamíferos. A fauna do mundo acabou voltando ao palco vazio, mas com um elenco muito diferente: em terra os dinossauros assumiram os papéis deixados pelos répteis semelhantes a mamíferos mortos. A próxima grande extinção em massa — e a mais comentada — é a famosa extinção cretácea de 65 milhões de anos atrás, quando todos os dinossauros, e muitas outras espécies tanto na terra como no mar, foram exterminados instantaneamente, pelo que podemos inferir do registro fóssil. Nesse acontecimento cretáceo, talvez cinquenta por cento de todas as espécies tenham sido extintas, bem menos do que no período permiano, mas ainda assim foi uma temível tragédia global. Mais uma vez a fauna devastada de nosso planeta voltou a ressurgir, e aqui estamos, nós, mamíferos, descendentes de alguns sobreviventes afortunados da outrora rica fauna de répteis semelhantes a mamíferos. Agora nós, junto com os pássaros, preenchemos as lacunas deixadas pelos dinossauros mortos. Até, presumivelmente, a próxima grande extinção.

Houve muitos episódios de extinção em massa, não tão terríveis como os acontecimentos permiano e cretáceo, mas ainda perceptíveis nas crônicas das rochas. Os paleontólogos estatísticos reuniram os números de espécies fósseis ao

longo das eras, introduziram-nos em computadores para realizar a análise de Fourier e extraíram os ritmos que conseguiram encontrar, como se procurando escutar a ondulação de notas de órgão absurdamente graves. O ritmo dominante alegado (se bem que existem controvérsias) é uma periodicidade de cerca de 26 milhões de anos. O que poderia causar ritmos de extinção com um comprimento de onda tão formidavelmente longo? Provavelmente apenas um ciclo celestial.

Existem cada vez mais evidências de que a catástrofe cretácea ocorreu quando um grande asteroide ou cometa, do tamanho de uma montanha e deslocando-se a dezenas de milhares de milhas por hora, acertou em cheio o nosso planeta, provavelmente em algum ponto ao redor do que hoje chamamos a península de Yucatán, no golfo do México. Os asteroides se movem ao redor do Sol num cinturão que se encontra dentro da órbita de Júpiter. Há muitos asteroides nessa área — os pequenos nos atingem o tempo todo —, e alguns deles são suficientemente grandes para causar extinções cataclísmicas, caso nos atinjam. Os cometas têm órbitas maiores e excêntricas ao redor do Sol, em geral bem fora do que convencionalmente chamamos de sistema solar, mas de vez em quando eles entram no nosso sistema, como faz o cometa Halley a cada 76 anos e o cometa Hale Bopp, a cada 4 mil anos aproximadamente. Talvez o acontecimento permiano tenha sido causado por um choque de cometa ainda maior do que o responsável pela catástrofe cretácea. Talvez o ciclo proposto de 26 milhões de anos para extinções em massa seja causado por um aumento rítmico na taxa de choques de cometas.

Mas por que seria mais provável que os cometas nos atingissem a cada 26 milhões de anos? Nesse ponto, mergulhamos em profunda especulação. Tem sido sugerido que o Sol tem uma estrela irmã, e que os dois giram um ao redor do outro com uma periodicidade de cerca de 26 milhões de anos. Essa hipotética parceira binária, que jamais foi vista, mas que ainda assim recebeu o nome dramático de Nêmesis, passa, uma vez a cada rotação orbital, pela assim chamada nuvem de Oort, o cinturão talvez composto de 1 trilhão de cometas que giram ao redor do Sol muito além dos planetas. Se houvesse uma Nêmesis que passasse pela nuvem de Oort ou dela se aproximasse, é plausível que perturbaria os cometas, e isso poderia aumentar a probabilidade de um deles atingir a Terra. Se tudo isso acontecesse: — e a cadeia de raciocínio é reconhecidamente tênue —, estaria explicada a periodicidade de 26 milhões de anos para as extinções em massa, que algumas pessoas pensam discernir nos registros fósseis. É um pensamento agradável o de que a decomposição matemática do estrondoso espectro das extinções de animais seja talvez o único meio ao nosso alcance para detectar uma estrela do contrário desconhecida.

Começando com as frequências extremamente altas da luz e outras ondas eletromagnéticas, e passando pelas frequências intermediárias do som e do balanço do pênis de um elefante, chegamos àquelas extremamente baixas e ao

alegado comprimento de onda de 26 milhões de anos para as extinções em massa. Vamos retornar ao som e em particular a essa proeza máxima do cérebro humano, a composição e decomposição dos sons da fala. As “cordas” vocais são na realidade um par de membranas que vibram juntas na passagem da respiração, como um par de palhetas de um instrumento de sopro de madeira. As consoantes são produzidas como interrupções mais ou menos explosivas do fluxo de ar, causadas pelo fechamento e o contato dos lábios, dentes, língua e parte anterior da garganta. As vogais variam assim como os trompetes diferem dos oboés. Produzimos diferentes sons de vogais, mais ou menos como o trompetista introduz ou retira uma surdina para mudar as ondas senoidais preponderantes que formam o som composto. As diferentes vogais têm diferentes combinações de harmônicos acima da frequência fundamental. A própria frequência fundamental é certamente mais baixa para os homens que para as mulheres e as crianças, no entanto as vogais masculinas soam semelhantes às vogais femininas correspondentes por causa do padrão dos harmônicos. Cada som de vogal tem o seu próprio padrão característico de faixas de frequência, como um código de barras, mais uma vez. No estudo da fala, as faixas do código de barras são chamadas de “formantes”.

Qualquer língua, ou dialeto dentro de uma língua, tem uma lista finita de sons vogais, e cada um desses sons vogais tem o seu próprio código de barras formante. Outras línguas, e diferentes sotaques dentro das línguas, têm sons vogais diferentes que são produzidos mantendo a boca e a língua em posições intermediárias, mais uma vez como um trompetista regula a surdina no pavilhão do instrumento. Teoricamente, há um espectro contínuo de sons vogais. Qualquer uma das línguas emprega uma seleção útil, um repertório descontínuo escolhido dentre o espectro 'contínuo das vogais existentes. Diferentes línguas escolhem pontos diferentes ao longo do espectro. A vogal na palavra francesa *tu* e na alemã *über*, que não ocorre em (minha versão do) inglês, é aproximadamente intermediária entre os sons ingleses *oo* e *ee*. Pouco importa que pontos de referência ao longo do espectro de vogais existentes são adotados por uma língua, desde que estejam suficientemente separados para evitar a ambiguidade nessa língua.

A história das consoantes é mais complicada, mas há uma série semelhante de código de barras para as consoantes, com as línguas existentes empregando um subconjunto limitado dos sons disponíveis. Algumas línguas empregam sons que se acham bem fora do espectro da maioria delas, por exemplo, os estalidos de algumas línguas do Sul da África. Como acontece com as vogais, diferentes línguas dividem o repertório disponível de forma diferente. Várias das línguas do subcontinente indiano têm um som dental que é intermediário entre os sons ingleses “d” e “t”. O “c” duro francês em *comme* é intermediário entre o “c” duro e o “g” duro do inglês (e o “o” é intermediário entre as vogais inglesas em

*cod e cud*). A língua, os lábios e a voz podem ser modulados para produzir uma variedade quase infinita de consoantes e vogais. Quando os códigos de barras são modelados no tempo para formar os fonemas, as sílabas, as palavras e as sentenças, a série de ideias que pode ser comunicada é ilimitada.

Ainda mais estranho, o que pode ser comunicado inclui imagens, ideias, sentimentos, amor e júbilo — o tipo de comunicação que Keats faz de forma tão sublime.

Dói o meu coração, e invade-me um torpor  
Como se eu cicuta houvesse ingerido,  
Ou esvaziado até o fim um ópio indolor  
Há um minuto, e rumo ao Letes imergido:  
Não é por inveja do teu feliz segredo,  
Mas por ser feliz na tua felicidade —  
Que tu, Driade esvoaçante das matas,  
Extasiada num melodioso enredo  
De sombras múltiplas e faias cor de jade,  
Cantas o verão com a garganta estufada.

(My heart aches, and a drowsy numbness pains/  
My sense, as though of hemlock I had drunk/  
Or emptied some dull opiate to the drains/  
One minute past, and Lethe-wards had sunk/  
'Tis not through envy of thy happy lot,  
But being too happy in thy happiness —/  
That thou, light-winged Dryad of the trees,  
In some melodious plot/  
Of beechen green, and shadows numberless,  
Sings of summer in full-throated ease).

“Ode to a Nightingale” (1820)

Lemos as palavras em voz alta e as imagens fazem acrobacias em nossos cérebros, como se estivéssemos realmente embriagados pelo canto de um rouxinol num frondoso bosque de faias no verão. Num certo nível, tudo é feito por um padrão de ondas de pressão do ar, um padrão cuja riqueza é primeiro decomposta em ondas senoidais no ouvido, e depois mais uma vez recomposta no cérebro para reconstruir as imagens e as emoções. Ainda mais estranho, o padrão pode ser decomposto matematicamente numa série de números, retendo o seu poder de arrebatador e assombrar a imaginação. Quando se faz um disco laser (CD) da *Paixão de São Mateus*, por exemplo, a onda de pressão crescente e decrescente, com todos os seus coleios e voltas, é copiada em intervalos frequentes e traduzida em dados digitais. Em princípio, os dígitos poderiam ser impressos como monótonos zeros e uns em preto-e-branco sobre resmas de papel. Entretanto, os números retêm o poder, se traduzidos de volta para ondas de pressão, de levar um ouvinte às lágrimas.

Keats talvez não tivesse literalmente essa intenção, mas a ideia de que o canto

do rouxinol funciona como uma droga não é totalmente forçada. Vamos considerar o que o pássaro está fazendo na natureza, e para que funções a seleção natural o modelou. Os rouxinóis machos precisam influenciar o comportamento das rouxinóis fêmeas e de outros machos. Alguns ornitólogos hoje veem o canto como um transmissor de informações: “Sou um macho da espécie *Luscinia megarhynchos*, em condições de reprodução, com um território, preparado hormonalmente para acasalar e construir um ninho”. Sim, o canto contém essas informações, e uma fêmea que responde acreditando na sua veracidade pode tirar proveito da situação. Mas um outro modo de considerá-lo sempre me pareceu mais vívido. O canto não está informando a fêmea, e sim a manipulando. Mais do que mudar o que a fêmea sabe, o canto está mudando diretamente o estado fisiológico interno do seu cérebro. Está agindo como uma droga.

Por meio de medições dos níveis de hormônio de pombas e de canários fêmeas, bem como de seu comportamento, obteve-se uma evidência experimental de que o estado sexual das fêmeas ‘ é diretamente influenciado pelas vocalizações dos machos, os efeitos sendo completados num certo período de dias. Os sons de um canário macho inundam os ouvidos da fêmea e invadem o seu cérebro, no qual criam um efeito indistinguível daquele que um experimentador busca com uma seringa hipodérmica. A “droga” do macho entra na fêmea pelos portais dos seus ouvidos, em vez de por uma seringa hipodérmica, mas essa diferença não parece particularmente notável.

A ideia de que o canto de um pássaro é uma droga auditiva ganha plausibilidade quando consideramos como ele se desenvolve durante a vida de um indivíduo. Tipicamente, um jovem pássaro canoro macho aprende a cantar praticando: harmonizando fragmentos de tentativas com um canto “padrão” no seu cérebro, uma noção pré-programada de como o canto da sua espécie “deve” soar. Em algumas espécies, como o pardal canoro americano [*Melospiza melodia*], o padrão é embutido, programado pelos genes. Em outras espécies, como o pardal de crista branca [*Zonotrichia leucophrys*] ou o tentilhão europeu, ele se deriva do “registro” do canto de outro macho, gravado bem cedo na vida do jovem ao escutar um adulto. Seja qual for a origem do padrão, o jovem aprende a cantar imitando-o.

Essa é, pelo menos, uma das maneiras de considerar o que acontece quando um jovem pássaro aperfeiçoa o seu canto. Vamos considerá-lo porém de outra maneira. O canto é projetado em última análise para exercer um forte efeito no sistema nervoso de outro membro da espécie, seja uma provável parceira, seja um possível rival territorial que precisa ser afastado. Mas o próprio jovem pássaro é um membro da sua espécie. O seu cérebro é típico dessa espécie. Um som que consiga despertar as suas emoções vai provavelmente conseguir excitar uma fêmea da mesma espécie. Em vez de dizer que o jovem macho tenta

moldar o seu canto “imitando” um “padrão” embutido, poderíamos pensar nele como um típico membro da sua espécie, ensaiando fragmentos de canto para ver se eles excitam as suas próprias paixões, isto é, experimentando a sua própria droga em si mesmo.

E, para completar o circuito, talvez não seja surpreendente que o canto do rouxinol tenha agido como uma droga no sistema nervoso de John Keats. Ele não era um rouxinol, mas era um vertebrado, e a maioria das drogas que funcionam em humanos tem um efeito comparável em outros vertebrados. As drogas feitas pelo homem são os produtos de testes relativamente grosseiros realizados pelos químicos no laboratório. A seleção natural teve milhares de gerações para aperfeiçoar a sua tecnologia das drogas.

Deveríamos nos indignar, em nome de Keats, com essa comparação? Não acredito que o próprio Keats teria se ofendido — Coleridge ainda menos. “Ode to a Nightingale” aceita a implicação da analogia da droga, torna o poema maravilhosamente real. Não é aviltante para a emoção humana o fato de tentarmos analisá-la e explicá-la, assim como, para um juiz ponderado, o arco-íris não se diminui quando um prisma o decompõe.

Neste capítulo e no anterior, usei o código de barras como um símbolo de análise precisa, com toda a sua beleza. A luz misturada é separada no seu arco-íris de cores componentes, e todo mundo percebe a beleza. Essa é uma primeira análise. Detalhes mais minuciosos revelam finas linhas e uma nova elegância, a da descoberta, da geração de ordem e compreensão. Os códigos de barras de Fraunhofer nos falam da natureza elementar exata das estrelas distantes. Um padrão de faixas medido com precisão é uma mensagem codificada que nos chega de além dos parsecs. Há elegância na pura *economia* de decompor detalhes íntimos de uma estrela que, tinha-se pensado, só poderiam ser descobertos pelo empreendimento custoso de uma viagem que duraria o tempo de 2 mil vidas humanas. Numa outra escala, encontramos uma história semelhante quando consideramos as faixas formantes na fala, os códigos de barras harmônicos da música. Há elegância igualmente nos códigos de barras da dendrocronologia: as faixas na antiga madeira do gênero *Sequoia* que nos informam com precisão em que ano antes de nossa era a árvore foi plantada, e como estava o tempo em cada um dos anos decorridos (pois são as condições do tempo que dão aos anéis da árvore as suas larguras características). Como as linhas de Fraunhofer transmitem informações através do espaço, os anéis da árvore nos transmitem mensagens através do tempo, e mais uma vez há uma *economia* flexível. É o poder—o fato de que podemos aprender muito pela análise precisa do que parece tão pouca informação — que confere a essas decomposições a sua beleza. O mesmo também vale, talvez até mais dramaticamente, para as ondas sonoras na fala e na música — os códigos de barras no ar.

Recentemente temos ouvido falar sobre outro tipo de código de barras — as “impressões digitais” do DNA, OS códigos de barras no sangue. Os códigos de barras do DNA expõem e reconstroem detalhes de casos humanos que se poderiam supor irremediavelmente inacessíveis até para os grandes detetives lendários. Até agora o principal emprego prático dos códigos de barras no sangue tem sido nas cortes de justiça, e será para os tribunais — e para os benefícios que uma atitude científica pode lhes oferecer — que vamos nos voltar no próximo capítulo.

## 5. Códigos de barras no tribunal

E ele lhe disse: Ai de vós também, doutores da lei, que carregais os homens com cargas difíceis de transportar, e vós mesmos nem ainda com um dos vossos dedos tocais essas cargas. [...] Ai de vós, doutores da lei, que tirastes a chave da ciência; vós mesmos não entrastes, e impedistes os que entravam.

Lucas 11

Diante das circunstâncias, a lei pode parecer o mais longe possível da poesia ou da maravilha da ciência. Talvez haja beleza poética nas ideias abstratas de justiça ou equidade, mas duvido que muitos advogados sejam movidos por elas. Em todo caso, não é disso que trata o presente capítulo. Vou considerar um exemplo do papel da ciência na lei: um aspecto diferente da ciência e sua importância na sociedade; um sentido pelo qual a compreensão científica pode se tornar uma parte valiosa da boa cidadania. Nas cortes de justiça, os júris são cada vez mais solicitados a compreender evidências que os próprios advogados talvez não compreendam plenamente. A evidência proveniente da decodificação do DNA — o que veremos como códigos de barras no sangue — é o exemplo proeminente, constituindo o tema principal deste capítulo. Mas não é apenas com fatos sobre o DNA que os cientistas podem contribuir. Ainda mais importante é a teoria subjacente da probabilidade e estatística; é o modo científico de fazer inferências que precisa ser empregado. Esses temas se estendem além do assunto estreito da evidência do DNA.

Sei por fontes fidedignas que alguns advogados de defesa nos Estados Unidos às vezes fazem objeções a certos candidatos ao júri, porque eles tiveram uma educação científica. O que isso significa? Eu não questionaria o direito de os advogados de defesa desaprovarem a seleção de determinados jurados. Um jurado pode ter preconceitos contra a raça ou a classe a que o réu pertence. É obviamente indesejável que um homófobo furioso julgue um caso de violência contra homossexuais. É por razões como essa que os advogados de defesa em alguns países têm a permissão de interrogar jurados potenciais e eliminá-los da lista. Nos Estados Unidos, os advogados podem ser completamente estapafúrdios sobre os seus critérios para a seleção do júri. Um colega me contou que certa vez estava sendo considerado na seleção de um júri, num caso de litígio por injúria. O advogado perguntou: “Alguém aqui teria algum problema em conferir uma quantia substancial de dinheiro para o meu cliente, talvez na casa dos milhões?”

Um advogado pode desqualificar um jurado sem apresentar razões. Embora

isso talvez seja justo, na única vez em que vi acontecer, o advogado errou o alvo. Eu fazia parte de uma lista de 24 indivíduos dentre os quais seriam escolhidos doze jurados. Já participara de dois júris com membros dessa lista, e conhecia as suas fraquezas individuais. Um determinado homem era um inflexível fomentador da acusação; ele adotava a linha mais dura quase sem considerar o caso particular. O advogado de defesa o aceitou sem restrições. O candidato seguinte, uma mulher grandalhona de meia-idade, era o oposto: um jurado garantidamente tolerante, um presente para a defesa. Mas a sua aparência talvez sugerisse o contrário, e foi contra ela que o advogado de defesa decidiu exercer o seu direito de veto. Nunca esqueci o olhar de mágoa ferida no seu rosto quando, com um movimento cortante da mão, o erudito advogado a expulsou — a ela que, mal sabia ele, poderia ter sido a sua arma secreta — do compartimento do júri.

Mas, repetindo o fato espantoso, sabe-se que nos Estados Unidos alguns advogados usam a seguinte razão para eliminar jurados potenciais: o provável jurado tem uma boa formação científica, ou possui algum conhecimento de genética ou da teoria da probabilidade. Qual é o problema? Os geneticistas são conhecidos por abrigar preconceitos arraigados contra certas partes da sociedade? É grande a probabilidade de que os matemáticos sejam da linha “Fustiguem-nos [...] enforcem-nos [...] é a única língua que compreendem [...] a lei e a ordem”? Claro que não. Ninguém jamais afirmou tal disparate.

As objeções dos advogados têm base mais ignóbil. Há um novo tipo de evidência cada vez mais frequente nas cortes criminais: a evidência da impressão digital do DNA, muitíssimo poderosa. Se o cliente é inocente, a evidência do DNA pode fornecer um meio decisivamente convincente de estabelecer a sua inocência. Ao contrário, se o cliente é culpado, a evidência do DNA tem uma boa chance de estabelecer a sua culpa em casos nos quais nenhuma outra evidência é eficaz. Na melhor das hipóteses, a evidência do DNA é muito difícil de ser compreendida. Tem alguns aspectos controversos que são ainda mais difíceis. Nessas circunstâncias, é de se pensar que um advogado honesto que deseja ver a justiça cumprida acolheria com prazer jurados capazes de compreender os argumentos. Não seria obviamente bom ter pelo menos uma ou duas pessoas na sala dos jurados que pudessem corrigir a ignorância de seus desconcertados colegas? Que tipo de advogado preferiria um júri incapaz de seguir a argumentação de cada um dos advogados?

A resposta é um advogado mais interessado em ganhar a causa do que em fazer justiça. Um advogado, em outras palavras. E parece ser um fato que muitos advogados, tanto de acusação como de defesa, frequentemente rejeitam certos jurados porque têm formação científica.

As cortes de justiça sempre precisaram estabelecer a identidade individual. O indivíduo visto saindo apressado da cena era Richard Dawkins? Era seu o chapéu

caído na cena do crime? As impressões digitais na arma são suas? Responder sim a uma dessas perguntas não prova por si só a culpa, mas é certamente um fator importante que deve ser levado em conta. A maioria de nós, inclusive a maioria dos jurados e advogados, tem um senso intuitivo de que a evidência de uma testemunha ocular é especialmente confiável. Nesse ponto estamos quase certamente errados, mas o erro é perdoável. Pode até fazer parte de nossos seres por causa de milênios de história evolutiva, quando a evidência da testemunha ocular era a mais confiável. Se vejo um homem com um chapéu de lã vermelha subindo por um cano de escoamento, vai ser muito difícil me persuadir mais tarde de que ele estava na verdade usando uma boina azul. Os nossos vieses intuitivos são de tal ordem que a evidência da testemunha ocular supera todas as outras categorias. Entretanto, inúmeros estudos têm mostrado que as testemunhas oculares, por mais convencidas que possam estar, por mais sinceras e bem-intencionadas, frequentemente cometem erros ao se lembrarem até de detalhes gritantes como a cor da roupa e o número de agressores presentes.

Quando a identificação individual é importante, por exemplo, quando uma mulher que foi estuprada é convocada para identificar o seu agressor, os tribunais realizam um teste estatístico rudimentar conhecido como o processo ou fileira de identificação. A mulher é conduzida diante de uma fila de homens, um dos quais a polícia suspeita ser o culpado por outros motivos. Os demais foram buscados nas ruas ou são atores desempregados, ou então policiais vestidos à paisana. Se a mulher escolhe um desses ajudantes, a sua evidência de identificação é desconsiderada. Mas se ela escolhe o homem de quem a polícia já suspeita, a sua evidência é levada a sério.

Com toda a razão. Especialmente se o número de pessoas na fila de identificação é grande. Somos todos suficientemente estatísticos para compreender o porquê disso. A suspeita anterior da polícia deve estar sujeita a dúvidas — caso contrário, não haveria motivo para buscar a evidência da mulher. O que nos impressiona é a concordância entre a identificação da mulher e a evidência independente oferecida pela polícia. Se a fileira de identificação contém apenas dois homens, a testemunha teria uma chance de cinquenta por cento de escolher o homem de quem a polícia já suspeita, mesmo que escolhesse ao acaso — ou mesmo que se equivocasse. Como a polícia também pode estar equivocada, isso representa um risco inaceitavelmente alto de injustiça. Mas se há vinte homens na fileira, a mulher tem apenas uma chance em vinte de escolher, por adivinhação ou erro, o homem que já é alvo das suspeitas da polícia. A coincidência de sua identificação com a suspeita anterior da polícia é provavelmente bastante significativa. O que está em andamento é a avaliação da coincidência, ou as chances de que algo poderia ter acontecido apenas por acaso. A probabilidade de uma coincidência pouco significativa é ainda menor, se a fileira de identificação tem cem homens, porque uma chance de erro em cem é

visivelmente menor que uma chance de erro em vinte. Quanto mais longa a fileira, mais segura é a convicção final.

Temos igualmente um senso intuitivo de que os homens escolhidos para a fileira não devem parecer gritantemente diferentes do suspeito. Se a mulher contou originalmente à polícia que deviam procurar um homem com barba, e a polícia prendeu um suspeito barbado, é claramente injusto colocá-lo numa fileira com dezenove homens barbeados. Seria como se ele estivesse sozinho na fila. Mesmo que a mulher nada tenha dito sobre a aparência de seu agressor, se a polícia prendeu um punk com uma jaqueta de couro, seria errado colocá-lo numa fila de contadores vestidos de terno e com guarda-chuvas fechados. Em países de múltiplas raças, essas considerações têm ainda mais importância. Todos compreendem que um suspeito negro não deveria ser colocado numa fileira de brancos, ou vice-versa.

Quando pensamos sobre como identificamos alguém, o rosto é o primeiro traço que salta à vista. Somos particularmente bons em distinguir rostos. Como veremos em outro contexto, até parecemos ter desenvolvido uma parte especial do cérebro só para esse fim, e certos tipos de lesões cerebrais inutilizam nossa faculdade de reconhecer rostos, mas deixam o resto da visão intacto. Em todo caso, os rostos são bons para o reconhecimento, porque são muito variáveis. Com a famosa exceção dos gêmeos idênticos, é raro encontrar duas pessoas cujos rostos sejam con- fundíveis. Não é totalmente inconcebível, entretanto, e pode-se caracterizar um ator para que fique muito parecido com outra pessoa. Os ditadores frequentemente empregam substitutos para desempenhar o seu papel, quando estão demasiado ocupados, ou para atrair o fogo dos assassinos. Sugeriu-se que uma das razões para os líderes carismáticos em geral usarem bigodes (Hitler, Stalin, Franco, Saddam Hussein, Oswald Mosley) é facilitar a sua personificação por duplês. A cabeça raspada de Mussolini talvez servisse para o mesmo fim.

À exceção dos gêmeos idênticos, os parentes próximos são às vezes suficientemente parecidos para enganar pessoas que não os conhecem muito bem. (Infelizmente, a história de que o doutor Spooner, na época em que era diretor da minha faculdade, certa vez deteve um estudante e perguntou: “Nunca consigo lembrar, foi você ou o seu irmão que morreu na guerra?” não é provavelmente verdadeira, como a maioria dos alegados spoonerismos.) A semelhança de irmãos e irmãs, de pais e filhos, de avós e netos serve para nos lembrar da imensa combinação de variedade facial na população geral dos que não são parentes.

Mas os rostos são apenas um caso especial. Somos crivados de idiossincrasias que, com suficiente treinamento, podem ser usadas para identificar os indivíduos. Tinha um amigo na escola que afirmava (e meus testes no ato confirmaram) poder reconhecer qualquer um dos oitenta moradores da residência em que

vivíamos apenas escutando os seus passos. Tinha outra amiga da Suíça que, ao entrar numa sala, afirmava poder dizer, pelo olfato, os membros de seu círculo de conhecidos que haviam recentemente saído do recinto. Não é que seus colegas não se lavavam, ela é que era extraordinariamente sensível. Que isso seja em princípio possível é confirmado pelo fato de que os cães da polícia podem distinguir entre dois seres humanos apenas pelo cheiro, com a exceção, mais uma vez, dos gêmeos idênticos. Pelo que sei, a polícia ainda não adotou a técnica que menciono a seguir, mas aposto que se poderiam treinar cães de caça para rastrear uma criança raptada, deixando-os cheirar o seu irmão. Até se poderia encontrar um meio de usar um júri de cães de caça para decidir casos de paternidade.

As vozes são tão idiossincráticas quanto os rostos, e várias equipes de pesquisa trabalham em sistemas computadorizados de reconhecimento de vozes para autenticar a identidade. Seria uma grande vantagem se, no futuro, pudéssemos dispensar as chaves da porta da frente e confiar num computador operado por voz que obedecesse ao nosso comando pessoal de “Abre-te, Sésamo”. A letra de uma pessoa é suficientemente individual para que a assinatura escrita seja usada como garantia de identidade nos cheques bancários e em importantes documentos legais. Na verdade, as assinaturas não são particularmente seguras porque são forjadas com facilidade, mas ainda é impressionante como a letra pode ser reconhecível. Uma novata promissora na lista de “assinaturas” individuais é a íris do olho. Um banco, pelo menos, já está experimentando máquinas automatizadas de exame da íris para verificar a identidade. O cliente fica de pé diante de uma máquina que fotografa o olho e digita a imagem no que um jornal descreveu como “um código de barras humano de 256 bytes”. Mas nenhum desses métodos de verificar a identidade humana nem sequer chega perto do potencial da impressão digital do DNA, apropriadamente aplicada.

Não causa surpresa que os cães da polícia possam distinguir pelo faro dois seres humanos, à exceção dos gêmeos idênticos. O nosso suor contém um complicado coquetel de proteínas, e os detalhes precisos de todas as proteínas são minuciosamente especificados pelas instruções codificadas do DNA, que são os nossos genes. Ao contrário da letra e dos rostos, que variam continuamente e se convertem aos poucos uns nos outros, os genes são códigos digitais, muito semelhantes aos usados em computadores. Mais uma vez, com a exceção dos gêmeos idênticos, diferimos geneticamente de todas as outras pessoas de formas discretas e descontínuas: um número exato de formas, que até podem ser contadas por quem tiver a paciência de realizar a operação. O DNA em cada uma das minhas células (considerando-se ou desconsiderando-se uma pequena minoria de erros, e sem incluir as células vermelhas do sangue, que perderam todo o seu DNA, OU as reprodutivas, que contêm uma metade aleatória dos meus genes) é idêntico ao DNA em todas as minhas outras células. Difere do

DNA em cada uma das suas células, leitor, e não de algum modo vago e impressionista, mas num número preciso de pontos marcados ao longo de bilhões de letras do DNA que nós dois possuímos.

É quase impossível exagerar a importância da revolução digital na genética molecular. Antes que Watson e Crick marcassem época com o anúncio da estrutura do DNA em 1953, ainda era possível concordar com as palavras finais da obra autorizada de Charles Singer, *A Short History of Biology*, publicada em 1931:

[...] apesar de interpretações em contrário, a teoria do gene não é uma teoria “mecanicista”. O gene não é mais compreensível como uma entidade química ou física do que a célula ou, quanto a isso, o próprio organismo. Além do mais, embora a teoria fale em termos de genes como a teoria atômica fala em termos de átomos, devemos nos lembrar de que há uma distinção fundamental entre as duas teorias. Os átomos existem independentemente, e as suas propriedades podem ser examinadas em si. Eles podem até ser isolados. Embora não possamos vê-los, podemos lidar com eles em várias condições e em várias combinações. Podemos lidar com eles individualmente. Tal não se dá com o gene. Ele existe apenas como parte do cromossomo, e o cromossomo apenas como parte de uma célula. Se quero um cromossomo vivo, isto é, o único tipo efetivo de cromossomo, ninguém pode me dar esse cromossomo a não ser no seu ambiente vivo, assim como ninguém pode me dar um braço ou uma perna vivos. A doutrina da relatividade das funções é tão verdadeira para o gene como para qualquer um dos órgãos do corpo. Eles existem e funcionam apenas em relação a outros órgãos. Assim, a última das teorias biológicas nos deixa no ponto de partida, na presença de um poder chamado vida ou psique que não tem apenas a sua própria natureza, mas é única em cada uma de suas manifestações.

Isso é dramática, profunda, imensamente errado. E tem realmente importância. Seguindo Watson e Crick e a revolução que desencadearam, um gene pode ser isolado. Ele pode ser purificado, engarrafado, cristalizado, lido como informação digitalmente codificada, impresso numa página, introduzido num computador, lido de novo para um tubo de ensaio e reinserido num organismo em que funciona exatamente como funcionava. Quando o Projeto Genoma Humano, que começou a elaborar a sequência completa dos genes de um ser humano, for completado, provavelmente por volta do ano 2003, o genoma completo vai caber confortavelmente em dois discos de CD-ROM padrão, deixando espaço bastante para um compêndio de embriologia molecular. Esses dois discos poderiam ser então enviados ao espaço exterior, e a raça

humana poderia ser extinta com segurança, por sabermos que agora existe uma chance de que, em algum tempo futuro e em algum lugar remoto, uma civilização suficientemente adiantada seria capaz de reconstituir um ser humano. Enquanto isso, aqui na Terra, é pelo fato de o DNA ser profunda e fundamentalmente digital — porque as diferenças entre os indivíduos e entre as espécies podem ser precisamente contadas, e não medidas de forma vaga e impressionista — que a impressão digital do DNA é potencialmente tão poderosa.

Afirmo o caráter único do DNA de cada indivíduo com toda a confiança, mas até isso é apenas um julgamento estatístico. Teoricamente, a loteria sexual poderia produzir a mesma sequência genética duas vezes. Um “gêmeo idêntico” de Isaac Newton poderia nascer amanhã. Mas o número de pessoas que teriam de nascer para tornar esse evento provável seria maior que o número de átomos no universo.

Ao contrário de nosso rosto, voz ou letra, o DNA na maioria das nossas células permanece o mesmo desde a primeira infância até a velhice, não podendo ser alterado por treinamento ou cirurgia estética. O texto de nosso DNA tem um número tão imenso de letras que podemos quantificar precisamente o número esperado que é partilhado por irmãos ou primos irmãos, por exemplo, em oposição a primos segundos ou pares aleatórios escolhidos dentre a população em geral. Isso o torna muito útil, não só para identificar indivíduos de forma inequívoca e ligá-los a vestígios como sangue ou sêmen, mas também para estabelecer a paternidade e outras relações genéticas. A lei britânica permite a imigração de pessoas se elas podem provar que seus pais já são cidadãos britânicos. Várias crianças do subcontinente indiano foram presas por funcionários céticos da imigração. Antes do advento da impressão digital do DNA, era frequentemente impossível que esses infelizes provassem a sua filiação. Agora é fácil. Basta tirar uma amostra de sangue dos supostos pais e comparar um conjunto particular de genes com o conjunto de genes correspondente da criança. O veredicto é claro e inequívoco, sem a dúvida ou imprecisão que cria a necessidade de julgamentos qualitativos. Vários jovens na Grã-Bretanha de hoje devem a sua cidadania à tecnologia do DNA.

Um método semelhante foi usado para identificar os esqueletos descobertos em Yekaterinburg, suspeitos de pertencerem à executada família real russa. O príncipe Philip, duque de Edimburgo, cujo parentesco exato com os Romanov é conhecido, forneceu gentilmente um pouco do seu sangue, e com isso foi possível estabelecer que os esqueletos eram na verdade os da família do czar. Num caso mais macabro, provou-se que um esqueleto exumado na América do Sul pertencia ao doutor Josef Mengele, o criminoso de guerra nazista conhecido como “o Anjo da Morte”. O DNA extraído dos ossos foi comparado com o sangue do filho ainda vivo de Mengele, e a identidade do esqueleto foi confirmada. Mais recentemente, provou-se, pelo mesmo método, que um

cadáver desenterrado em Berlim era o de Martin Bormann, o conselheiro de Hitler, cujo desaparecimento gerou intermináveis lendas e boatos, bem como mais de 6 mil “aparições” ao redor do mundo.

Apesar do termo “impressão digital”, o nosso DNA, sendo digital, é até mais individualmente característico do que os padrões de estrias em nossos dedos. O nome é apropriado porque, como verdadeiras impressões digitais, a evidência do DNA é muitas vezes inadvertidamente deixada para trás, depois que a pessoa já saiu da cena. O DNA pode ser extraído de uma mancha de sangue no tapete, do sêmen dentro de uma vítima de estupro, de uma crosta de muco nasal seco num lenço, do suor ou de cabelos caídos. O DNA na amostra pode ser então comparado com o do sangue tirado de um suspeito. É possível avaliar, em quase qualquer nível desejado de probabilidade, se a amostra pertence a uma determinada pessoa ou não.

Assim, quais são os obstáculos? Por que a evidência do DNA é controversa? O que há nesse tipo importante de evidência que dá aos advogados a possibilidade de induzir os júris a interpretá-la erroneamente ou a ignorá-la? Por que alguns tribunais foram levados ao extremo desesperador de eliminar essa evidência por completo?

Há três classes importantes de problemas potenciais: uma simples, uma sofisticada e uma tola. Vou abordar mais tarde o problema tolo e as dificuldades mais sofisticadas, mas primeiro, como acontece com qualquer tipo de evidência, há a possibilidade simples — e muito importante — do erro humano. Possibilidade é o melhor termo, pois há muitas oportunidades de erros e até de sabotagem. Um tubo de sangue pode ter o seu rótulo trocado, por acaso ou numa tentativa deliberada de incriminar alguém. A amostra da cena do crime pode ser contaminada pelo suor de um técnico do laboratório ou de um policial. O perigo da contaminação é especialmente grande naqueles casos em que uma técnica engenhosa de amplificação chamada PCR (reação de polimerização em cadeia) é empregada.

Pode-se facilmente perceber por que a amplificação seria desejável. Uma minúscula nódoa de suor na coronha de um revólver contém uma preciosa quantidade pequena de DNA. Por mais sensível que possa ser a análise do DNA, ela precisa de uma certa quantidade mínima de material para ser efetuada. A técnica do PCR, inventada em 1983 pela bioquímica americana Kary B. Mullis, é a resposta de dramático sucesso. O PCR toma o pouco de DNA existente e produz milhões de cópias, multiplicando repetidamente as sequências de código encontradas. Mas, como sempre acontece com a amplificação, os erros são amplificados junto com o sinal verdadeiro. Os fragmentos desgarrados de contaminação pelo suor de um técnico são amplificados tão efetivamente quanto a amostra da cena do crime, com óbvias possibilidades de injustiça.

O erro humano, contudo, não é peculiar à evidência do DNA. Todos os tipos

de evidência são vulneráveis a trabalhos malfeitos e à sabotagem, e devem ser manipulados com um cuidado escrupuloso. Os arquivos numa coleção convencional de impressões digitais podem ter os seus rótulos trocados. A arma do homicídio pode ter sido manuseada por pessoas inocentes além do assassino, e suas impressões digitais devem ser examinadas, junto com as do suspeito, para fins de eliminação. As cortes de justiça já estão acostumadas com a necessidade de tomar todas as precauções possíveis contra erros, mas eles ainda acontecem, às vezes tragicamente. A evidência do DNA não é imune a erros humanos, tampouco é particularmente vulnerável, exceto nos casos em que o PCR amplifica o erro. Se todas as evidências do DNA fossem desconsideradas por causa de erros ocasionais, o precedente deveria também eliminar a maioria de outros tipos de evidência. Temos de supor que se podem desenvolver códigos de conduta e precauções rigorosas para prevenir o erro humano na apresentação de todos os tipos de evidência legal.

A explicação das dificuldades mais sofisticadas que atormentam a evidência do DNA vai me tomar mais tempo. Elas também têm os seus precedentes em tipos convencionais de evidência, embora esse ponto muitas vezes não pareça ser compreendido nas cortes de justiça.

Nos casos que precisam de alguma forma de evidência de identificação, há dois tipos de erro que correspondem aos dois tipos de erro em qualquer evidência estatística. Noutro capítulo, vou chamar esses erros de Tipo 1 e Tipo 2, mas é mais fácil pensar neles como falso positivo e falso negativo. Um suspeito culpado pode escapar, por não ser reconhecido — falso negativo. E — falso positivo (o que a maioria das pessoas consideraria o erro mais perigoso) — um suspeito inocente pode ser condenado, porque por acaso ou má sorte ele se parece com o sujeito genuinamente culpado. No caso da identificação comum por testemunha ocular, um espectador inocente que por acaso se pareça um pouco com o criminoso real poderia ser preso por essa razão — falso positivo. As filas de identificação têm o objetivo de tornar esse erro menos provável. A chance de um erro de justiça está inversamente relacionada com o número de pessoas na fileira. O perigo pode ser aumentado de várias formas que já consideramos — a fileira sendo injustamente preenchida com homens sem barba, por exemplo.

No caso da evidência do DNA, O perigo de uma condenação por erro falso positivo é teoricamente muito baixa. Temos uma amostra de sangue do suspeito e uma amostra da cena do crime. Se o conjunto inteiro dos genes nessas duas amostras pudesse ser decifrado, a probabilidade de uma condenação falsa seria de uma em bilhões e bilhões. À parte os gêmeos idênticos, a chance de que haja correspondência entre todos os DNAs de dois seres humanos é equivalente a zero. Mas infelizmente não é prático elaborar a sequência genética completa de um ser humano. Mesmo depois do término do Projeto Genoma Humano, tentar fazer o equivalente na solução de cada crime não é realista. Na prática, os

detetives forenses se concentram em pequenas seções do genoma, de preferência aquelas que sabemos serem variáveis na população. Nesse caso, embora pudéssemos eliminar a identificação errônea, se todo o genoma fosse considerado, o nosso temor deve ser o possível perigo de dois indivíduos serem idênticos com respeito à pequena porção do DNA que temos tempo de analisar.

A probabilidade de que isso possa acontecer deveria ser mensurável para cada seção específica do genoma; poderíamos então decidir se é um risco aceitável. Quanto maior a seção do DNA, menor a probabilidade de erro, assim como, numa fileira de identificação, quanto mais longa a fila, mais segura a condenação. A diferença é que, para competir com a evidência equivalente do DNA, a fileira de identificação precisaria conter não apenas algumas dezenas de pessoas, mas milhares, milhões ou até bilhões. À parte essa diferença quantitativa, a analogia com a fileira de identidades se mantém. Veremos que há um DNA equivalente de nossa fila hipotética de homens barbeados com um suspeito de barbas. Mas, primeiro, mais algumas informações sobre a impressão digital do DNA.

É claro que examinamos as partes equivalentes do genoma tanto no suspeito como na amostra. Essas partes do genoma são escolhidas pela sua tendência a variar amplamente na população. Um darwiniano notaria que as partes não variáveis são frequentemente aquelas que têm um papel importante na sobrevivência do organismo. É provável que quaisquer variações substanciais nesses genes importantes tenham sido removidas da população pela morte de seus possuidores — a seleção natural darwiniana.

No entanto, há outras partes do genoma que são muito variáveis, talvez porque não sejam importantes para a sobrevivência. Essa não é toda a história, porque na verdade alguns genes úteis são muito variáveis. As razões para isso são controversas. É um pouco de digressão, mas... O que é esta vida se, atormentados pelo estresse, não temos a liberdade de divagar?

A escola de pensamento “neutralista”, associada com o ilustre geneticista japonês Motoo Kimura, acredita que os genes úteis são igualmente úteis numa variedade de formas diferentes. Isso enfaticamente não significa que sejam inúteis, apenas que as formas diferentes cumprem igualmente bem as suas funções. Se imaginarmos os genes registrando as suas receitas com palavras, as formas alternativas de um gene podem ser imaginadas como as mesmas palavras escritas com diferentes tipos: o significado é o mesmo, e o produto da receita vai ser igual. A seleção natural não “percebe” as mudanças genéticas, as “mutações”, que não fazem diferença. Não são afinal mutações, apesar de toda a diferença que criam para a vida do animal, mas constituem mutações potencialmente úteis do ponto de vista do cientista forense. A população acaba tendo muita variedade em determinado locus (posição num cromossomo), e esse tipo de variedade poderia em princípio ser usada como impressão digital.

A outra teoria da variação, oposta à teoria neutra de Kimura, acredita que as diferentes versões dos genes cumprem realmente funções diferentes e que há alguma razão especial para que as duas sejam preservadas pela seleção natural na população. Por exemplo, poderia haver duas formas alternativas de uma proteína do sangue,  $\alpha$  e  $\beta$ , que são suscetíveis a duas doenças infecciosas chamadas alfluenza e betaccosis, respectivamente, cada uma sendo imune à outra. Tipicamente, uma doença infecciosa precisa de uma densidade crítica de vítimas suscetíveis numa população, pois do contrário a epidemia não se instala. Numa população dominada por tipos  $\alpha$ , há frequentes epidemias de alfluenza, mas não de betaccosis. Assim, a seleção natural favorece os tipos  $\beta$  que são imunes à alfluenza. Ela os favorece tanto que, depois de certo tempo, eles passam a dominar a população. Agora as mesas estão viradas. Há epidemia de betaccosis, mas não de alfluenza. Os tipos  $\beta$  são então favorecidos pela seleção natural, porque são imunes à betaccosis. A população pode continuar oscilando entre uma predominância  $\alpha$  e uma predominância  $\beta$ , ou pode se acomodar numa mistura intermediária, um “equilíbrio”. De qualquer modo, veremos muita variação no locus do gene em questão, e essa é uma boa notícia para os que procuram impressões digitais. O fenômeno é chamado “seleção dependente de frequência”, sendo uma das razões sugeridas para os altos níveis de variação genética na população. Há outras.

Entretanto, para nossos fins forenses, importa apenas que há partes variáveis no genoma. Seja qual for o veredicto na controvérsia sobre se as partes úteis do genoma são variáveis, há em todo caso muitas outras regiões do genoma que não são sequer lidas, nem traduzidas para seus equivalentes de proteína. Na verdade, uma proporção espantosamente elevada de nossos genes parece não fazer coisa alguma. Têm, portanto, a Uberdade de variar, o que os torna excelente material para as impressões digitais do DNA.

Como se para confirmar o fato de que uma grande porção do DNA não faz nada de útil, a simples quantidade de DNA nas células de diferentes tipos de organismos é loucamente variável. Sendo informação do DNA digital, podemos medi-la com o mesmo tipo de unidades que usamos para medir as informações do computador. Um bit de informação é o bastante para especificar uma decisão sim/não: um 1 ou um 0, um *verdadeiro* ou um *falso*. O computador em que estou escrevendo estas páginas tem 256 megabits (32 megabytes) de memória principal. (O meu primeiro computador era uma caixa maior, mas tinha menos que cinco milésimos da capacidade de memória). A unidade fundamental equivalente no DNA é a base de nucleotídeo. Como há quatro bases possíveis, o conteúdo de informação de cada uma é equivalente a dois bits. A bactéria comum de intestino *Escherichia coli* tem um genoma de quatro megabases, ou oito megabits. O tritão de crista *Triturus cristatus* tem 40 mil megabits. A diferença de 5 mil vezes entre o tritão de crista e a bactéria é mais ou menos a

mesma existente entre o meu computador atual e o meu primeiro. Nós humanos temos 3 mil megabases, ou 6 mil megabits. Isso significa 750 vezes mais que a bactéria (o que satisfaz a nossa vaidade), mas o que vamos fazer com o tritão nos suplantando por ter seis vezes mais megabases? Gostaríamos de pensar que o tamanho do genoma não é estritamente proporcional ao que ele executa: é presumível que grande parte do DNA do tritão não realiza coisa alguma. Isso é certamente verdade. Vale também para a maior parte do nosso DNA. Sabemos por outras evidências que, do genoma humano de 3 mil megabases, apenas uns dois por cento são realmente usados para codificar a síntese da proteína. O resto é frequentemente chamado de DNA-ÍIXO. Presumivelmente, o tritão de cristã tem uma porcentagem ainda mais elevada de DNA-ÍIXO. Outros tritões não têm.

O excedente de DNA não utilizado se divide em várias categorias. Parte parece informação genética real, e provavelmente representa genes velhos, defuntos, ou cópias desatualizadas de genes que ainda estão em uso. Esses pseudogenes fariam sentido se fossem lidos e traduzidos. Mas não são. Os discos rígidos nos computadores em geral contêm refugio comparável: velhas cópias de trabalho em andamento, espaço de rascunho usado pelo computador para operações intermediárias, e assim por diante. Nós, usuários, não vemos esse refugio, porque os nossos computadores apenas nos mostram aquelas partes do disco que precisamos conhecer. Mas, se nos pusermos a ler a informação real no disco, byte a byte, veremos o refugio, e grande parte desse lixo vai fazer algum sentido. Há provavelmente dezenas de fragmentos desconexos deste capítulo salpicados pelo meu disco rígido neste momento, embora haja apenas uma cópia “oficial” qu e o computador me apresenta (além de um prudente *back-up*).

Além do DNA-lixo que *poderia* ser, mas não é lido, há muito DNA-lixo que, além de não ser lido, não faria sentido se fosse. Há imensos trechos de absurdos repetidos, talvez repetições de uma única base, ou alternâncias das mesmas duas bases, ou repetições de um padrão mais complicado. Ao contrário da outra classe de DNA-lixo, não podemos explicar essas “repetições em tandem” como cópias desatualizadas de genes úteis. Esse DNA repetitivo nunca foi decodificado, e presumivelmente nunca teve nenhuma utilidade. (Isto é, nunca foi útil para a sobrevivência do animal. Do ponto de vista do gene egoísta, como expliquei em outro livro, poderíamos dizer que qualquer tipo de DNA-ÍIXO é “útil” para si mesmo, se continua a sobreviver e a gerar mais cópias de si mesmo. Essa sugestão veio a ser conhecida pela expressão capciosa “DNA egoísta”, embora ela seja um pouco infeliz porque, no meu sentido original, o DNA operante também é egoísta. Por essa razão, algumas pessoas passaram a chamá-lo “DNA ultra-egoísta”).

De qualquer modo, seja qual for a razão, o DNA-lixo existe, e em quantidades prodigiosas. Como não é usado, tem toda a liberdade de variar. Os

genes úteis, como vimos, têm restrições severas na sua liberdade de mudar. A maioria das mudanças (mutações) faz com que um gene funcione com menos eficácia, o animal morre e a mudança não é passada adiante. É nisso que consiste a seleção natural darwiniana. Mas as mutações no DNA- lixo (principalmente aquelas no número de repetições numa dada região) não são percebidas pela seleção natural. Assim, quando examinamos a população, encontramos a maior parte da variação que serve para as impressões digitais nas regiões de refugio. Como veremos agora, as repetições em tandem são particularmente úteis, porque variam com respeito ao número de repetições, uma característica bruta que é fácil de mensurar.

Se não fosse por isso, o geneticista forense teria de examinar a sequência exata de bases da nossa região-amostra. Isso pode ser feito, mas o sequenciamento do DNA consome tempo. As repetições em tandem nos permitem usar atalhos engenhosos, como descobriu Alec Jeffreys da Universidade de Leicester, considerado com razão pai das impressões digitais do DNA (e agora Sir Alec). Pessoas diferentes têm números diferentes de repetições em tandem em determinados lugares. Eu poderia ter 147 repetições de um determinado trecho sem sentido, enquanto você tem 84 repetições do mesmo trecho sem sentido no lugar correspondente do seu genoma. Em outra região, eu poderia ter 24 repetições de um determinado trecho sem sentido para as suas 38 repetições. Cada um de nós tem uma impressão digital característica que consiste num conjunto de números. Cada um desses números na nossa impressão digital é o número de vezes em que um determinado trecho sem sentido é repetido em nosso genoma.

Recebemos as nossas repetições em tandem dos nossos pais. Temos cada um 46 cromossomos, 23 de nosso pai e 23 cromossomos homólogos ou correspondentes da nossa mãe. Esses cromossomos vêm completos com as repetições em tandem. O seu pai recebeu os 46 cromossomos dele de seus avós paternos, mas não os passou para você na sua totalidade. Cada um dos cromossomos da sua mãe foi alinhado com seu número oposto paterno, e trocaram-se bits, antes que um cromossomo composto fosse colocado no espermatozoide que ajudou a gerá-lo. Cada espermatozoide e cada óvulo é único, porque é uma mistura diferente de cromossomos paternos e maternos. O processo de mistura afeta as seções de repetição em tandem e as seções significativas dos cromossomos. Assim, nossos números característicos de repetições em tandem são herdados, quase da mesma maneira como a cor dos olhos e a ondulação dos cabelos. Com a diferença que, enquanto a cor dos olhos resulta de algum tipo de veredicto conjunto de nossos genes paternos e maternos, os nossos números de repetições em tandem são propriedades dos próprios cromossomos, e por isso podem ser medidos separadamente para os cromossomos paternos e maternos. Em qualquer região de repetições em

tandem, cada um de nós tem duas leituras: um número de repetição do cromossomo paterno e um número de repetição do cromossomo materno. De tempos em tempos, os cromossomos mudam — sofrem uma mudança aleatória — nos seus números de repetição em tandem. Ou uma determinada região em tandem pode ser dividida pela permutação genética entre os cromossomos. É por isso que existe variação nos números de repetição em tandem na população. A beleza dos números de repetição em tandem é que eles são fáceis de medir. Não é preciso enrolar-se num sequenciamento detalhado de bases codificadas do DNA. O que se faz é um pouco semelhante a pesá-las. Ou, para usar outra analogia igualmente apta, nós as espalhamos como as faixas coloridas que emergem de um prisma. Vou explicar uma das maneiras de fazer isso.

Primeiro, é preciso fazer alguns preparativos. Faz-se a chamada sonda do DNA, uma sequência curta do DNA que corresponde exatamente à sequência sem sentido em questão — com um comprimento de até umas vinte bases de nucleotídeos. Isso não é difícil de fazer hoje em dia. Há vários métodos. Pode-se até comprar no comércio uma máquina que gera sequências curtas de DNA segundo qualquer especificação, assim como se pode comprar um teclado para perfurar qualquer série desejada de letras numa fita de papel. Ao suprir a máquina sintetizadora com matérias-primas radioativas, é possível tornar radioativas as próprias sondas, e com isso “etiquetá-las”. Isso facilita encontrar as sondas mais tarde, pois o DNA natural não é radioativo, e assim os dois trechos são facilmente distinguíveis um do outro.

As sondas radioativas são uma ferramenta do ofício que precisamos ter à mão, antes de começarmos um exercício Jeffreys de impressões digitais. Outra ferramenta essencial é a “enzima de restrição”. As enzimas de restrição são ferramentas químicas especializadas em cortar DNA, mas cortá-lo apenas em determinados lugares. Por exemplo, uma enzima de restrição pode pesquisar a extensão de um cromossomo até encontrar a sequência GAATTC (G, C, T e A são as quatro letras do alfabeto do DNA; todos os genes, de todas as espécies sobre a Terra, diferem apenas por consistir em sequências diferentes dessas quatro letras). Outra enzima de restrição corta o DNA sempre que encontrar a sequência GCGGCCGC. Várias enzimas de restrição diferentes se encontram na caixa de ferramentas do biólogo molecular. Elas se originam de bactérias, que as usam para seus fins defensivos. Cada enzima de restrição tem o seu trecho de pesquisa único, que ela detecta e corta.

Ora, o truque é escolher uma enzima de restrição cujo trecho de pesquisa específico esteja completamente ausente da repetição em tandem que nos interessa. A extensão total do DNA é, portanto, retalhada em trechos curtos, demarcados pelo trecho de pesquisa característico da enzima de restrição. É claro, nem todos os trechos vão ter a repetição em tandem que estamos procurando. Diversas outras extensões do DNA vão estar por acaso demarcadas

pelo trecho de pesquisa preferido pelas tesouras da enzima de restrição. Mas algumas delas vão consistir em repetições em tandem, e a extensão de cada trecho cortado será em grande parte determinada pelo número de repetições em tandem nele contidas. Se tenho 147 repetições de um trecho específico de DNA sem sentido, enquanto você tem apenas 84, meus fragmentos cortados serão correspondentemente mais longos que os seus.

Podemos medir esses comprimentos característicos usando uma técnica que já existe na biologia molecular há bastante tempo. É semelhante a espalhá-los com um prisma, como Newton fez para a luz branca. O “prisma” padrão do DNA é uma coluna gel de eletroforese, isto é, um longo tubo cheio de gelatina pelo qual passa uma corrente elétrica. Uma solução contendo os trechos cortados do DNA, todos embaralhados, é despejada numa das extremidades do tubo. Os fragmentos do DNA são todos atraídos eletricamente para a extremidade negativa da coluna, que fica na outra ponta do tubo, e eles se movem constantemente pela gelatina. Mas nem todos se movem com a mesma velocidade. Como luz de baixa frequência de vibrações se movendo pelo vidro, os pequenos fragmentos do DNA se movem com mais rapidez que os grandes. O resultado é que, se desligarmos a corrente depois de um intervalo apropriado, verificaremos que os fragmentos se espalharam ao longo da coluna, assim como as cores de Newton se espalham, porque a luz da extremidade azul do espectro é mais facilmente retardada pelo vidro do que a luz da extremidade vermelha.

Mas até agora não podemos ver os fragmentos. A coluna de gelatina parece uniforme em toda a sua extensão. Não há nada para mostrar que fragmentos de DNA de diversos tamanhos estão ocultos em faixas discretas ao longo de sua extensão, e nada para mostrar que faixas contêm que variedade de repetições em tandem. Como torná-los visíveis? É nesse ponto que entram as sondas radioativas.

Para torná-los visíveis, pode-se empregar outra técnica engenhosa, o borrão Southern, que recebeu o nome de seu inventor, Edward Southern. (De um modo um pouco confuso, há outras técnicas chamadas o borrão Northern e o borrão Western, mas não existem o sr. Northern nem o sr. Western.) A coluna de gelatina é retirada do tubo e estendida sobre um mata-borrão. O mata-borrão é previamente incrementado com quantidades da sonda radioativa para a repetição em tandem específica que nos interessa. As moléculas da sonda se alinham ao longo do mata-borrão, formando pares precisos, pelas regras comuns do DNA, com seus números opostos nas repetições em tandem. As moléculas da sonda que sobram são eliminadas. Agora as únicas moléculas da sonda radioativa que ficam no mata-borrão são aquelas ligadas a seus exatos números opostos que filtraram da gelatina. O mata-borrão é depois colocado sobre um pedaço de filme de raios X, que é então marcado pela radioatividade. Assim, o que vemos quando se revela o filme é um conjunto de faixas escuras — outro código de

barras. O padrão final do código de barras que lemos no borrão Southern é a impressão digital de uma pessoa, quase como as linhas de Fraunhofer são a impressão digital de uma estrela, ou as linhas formantes são a impressão digital do som de uma vogal. Na verdade, o código de barras do sangue se parece muito com as linhas de Fraunhofer ou as linhas formantes.

Os detalhes das técnicas de impressão digital do DNA se tornam muito complicados, e não vou me estender mais. Por exemplo, uma estratégia é atingir o DNA com muitas sondas, todas ao mesmo tempo. O que se obtém é um saco misturado de faixas simultâneas de código de barras. Em casos extremos, as faixas se fundem umas nas outras, e o que se obtém é apenas um grande borrão com todos os tamanhos possíveis de fragmentos do DNA representados em algum lugar no genoma. Isso não serve para fins de identificação. No outro extremo, as pessoas usam apenas uma sonda de cada vez, examinando um único “lôcus” genético. Essa “impressão digital de locus único” resulta em barras bem nítidas, como as linhas de Fraunhofer. Mas apenas uma ou duas barras por pessoa. Ainda assim, as chances de confundir as pessoas são pequenas. Isso porque as características de que estamos falando não são como “olhos castanhos versus olhos azuis”, em cujo caso muitas pessoas seriam iguais. As características que estamos medindo, é bom lembrar, são comprimentos de fragmentos de repetições em tandem. O número de possíveis comprimentos é muito grande, assim até a impressão digital de locus único é razoavelmente boa para fins de identificação. Porém, não é boa o suficiente, por isso na prática forense os que coletam impressões digitais do DNA geralmente usam meia dúzia de sondas separadas. Com isso as chances de erro são realmente muito baixas. Mas ainda precisamos determinar o quanto elas são baixas, pois a vida ou a liberdade das pessoas talvez dependa disso.

Primeiro, devemos retornar à nossa distinção entre falsos positivos e falsos negativos. A evidência do DNA pode ser usada para livrar um suspeito inocente, ou pode ser usada para apontar o culpado. Vamos supor que um pouco de sêmen seja retirado da vagina de uma vítima de estupro. A evidência circunstancial leva a polícia a prender um homem, suspeito A. O suspeito A fornece uma amostra de sangue, e essa é comparada com a amostra do sêmen, usando-se uma única sonda do DNA para examinar um único locus de repetição em tandem. Se as duas amostras são diferentes, o suspeito A está limpo. Nem precisamos examinar um segundo locus.

Mas e se o sangue do suspeito A corresponder à amostra do sêmen nesse locus? Vamos supor que os dois partilham o mesmo padrão de código de barras, que chamaremos de padrão P. Isso é compatível com o fato de o suspeito ser culpado, mas não prova a sua culpa. Ele podia simplesmente partilhar o padrão P com o verdadeiro estuprador. Devemos examinar alguns outros loci. Se as amostras ainda apresentam concordância, qual é a probabilidade de essa

concordância ser coincidência — uma identificação errônea falsa positiva? É nesse ponto que temos de começar a pensar estatisticamente sobre a população em geral. Na teoria, tirando uma amostra de sangue dos homens na população em geral, seríamos capazes de calcular a probabilidade de dois homens serem idênticos em cada locus examinado. Mas de que parte da população devemos tirar a nossa amostra?

Lembram-se do único homem barbado na antiquada fileira de identificação? Eis o seu equivalente molecular. Vamos supor que, no mundo em geral, apenas um dentre 1 milhão de homens tem o padrão P. Isso significa que há uma chance em 1 milhão de ocorrer a condenação errada do suspeito A? Não. O suspeito A pode pertencer a uma minoria de pessoas cujos antepassados imigraram de uma região específica do mundo. As populações locais frequentemente partilham peculiaridades genéticas, pela simples razão de que descendem dos mesmos antepassados. Dentre os 2,5 milhões de holandeses sul-africanos, ou africânderes, a maioria descende de um navio de imigrantes que chegou da Holanda em 1652. Como indicador da estreiteza desse gargalo genético, cerca de 1 milhão ainda têm os sobrenomes de vinte desses colonizadores originais. Os africânderes têm uma frequência muito mais elevada de certas doenças genéticas do que a população do mundo em geral. Segundo uma estimativa, cerca de 8 mil (um em trezentos) têm a condição sanguínea porfíria variegada, que é muito mais rara no resto do mundo. Isso aparentemente ocorre porque eles descendem de um determinado casal no navio, Gerrit Jansz e Ariaantje Jacobs, embora não se saiba qual deles possuía o gene (dominante) para essa condição. (Ela era uma das oito jovens do orfanato de Roterdã que foram colocadas no navio para serem esposas dos colonizadores.) Na verdade, a condição não foi absolutamente percebida antes da medicina moderna, porque seu sintoma mais marcante é uma reação letal a certos anestésicos modernos (os hospitais sul-africanos hoje fazem testes de rotina sobre esse gene antes de aplicar a anestesia). Outras populações muitas vezes têm frequências localmente elevadas de outros genes específicos, pelo mesmo tipo de razão. Se, para retornar ao nosso caso hipotético na justiça, o suspeito A e o verdadeiro criminoso pertencem à mesma minoria, a probabilidade de confusão acidental poderia ser dramaticamente maior do que se imaginaria se a base das estimativas fosse a população em geral. O ponto é que a frequência do padrão P nos humanos em geral já não é relevante. Precisamos conhecer a frequência do padrão P no grupo a que o suspeito pertence.

Essa necessidade não é nova. Já vimos o perigo equivalente numa fileira de identificação comum. Se o principal suspeito é chinês, não adianta colocá-lo numa fila formada na sua maior parte por ocidentais. E o mesmo tipo de raciocínio estatístico sobre a população básica é necessário para identificar bens roubados, além de suspeitos individuais. Já mencionei o meu serviço como jurado na corte de Oxford. Num dos três casos sobre os quais deliberei, um

homem era acusado de roubar três moedas de um rival numismático. O acusado fora pego com três moedas que correspondiam às três perdidas. O advogado da acusação foi eloquente.

Senhoras e senhores do júri, devemos realmente acreditar que três moedas, exatamente do mesmo tipo das três moedas desaparecidas, estariam por acaso presentes na casa de um colecionador rival? Digo-lhes que essa coincidência é demasiado difícil de engolir.

Os jurados não têm permissão de inquirir. Esse era o dever do advogado de defesa. Embora sem dúvida conhecedor da lei e também eloquente, ele não tinha mais pistas sobre a teoria da probabilidade do que o advogado da acusação. Gostaria que ele tivesse dito mais ou menos o seguinte:

“Excelência, não sei se a coincidência é demasiado difícil de engolir, porque meu douto amigo não nos apresentou absolutamente nenhuma evidência quanto ao caráter raro ou comum dessas três moedas na população em geral. Se essas moedas são tão raras que apenas um em cem colecionadores do país possui algum exemplar, a acusação tem boas alegações, pois o réu foi pego com três dessas moedas. Por outro lado, se essas moedas são tão comuns quanto a poeira, não há evidência suficiente para condenar. (Levando ao extremo, três moedas que tenho no meu bolso hoje, todas moedas legais correntes, são provavelmente iguais a três moedas no bolso de Vossa Excelência.)”

O meu ponto é que nunca ocorreu a nenhuma das mentes legalmente treinadas da corte que era relevante pelo menos perguntar quão raras eram essas três moedas na população em geral. Os advogados sabem certamente somar (certa vez recebi a conta de um advogado cujo último item era: “Tempo despendido em fazer esta conta”), mas a teoria da probabilidade é outra história.

Imagino que as moedas fossem realmente raras. Caso contrário, o roubo não teria sido um caso tão sério, e a acusação presumivelmente nunca teria sido apresentada. Mas o júri devia ser explicitamente informado a esse respeito. Lembro que a questão surgiu na sala do júri, e que todos gostaríamos de ter permissão de voltar ao tribunal em busca de esclarecimento. A questão equivalente é igualmente relevante no caso da evidência do DNA, e com toda a certeza está sendo formulada. Felizmente, desde que um número suficiente de loci genéticos separados seja examinado, as chances de identificação errônea — até entre membros de minorias, até entre membros de famílias (exceto os gêmeos idênticos) — podem ser reduzidas a níveis genuinamente muito baixos, muito mais baixos do que se pode conseguir com qualquer outro método de

identificação, inclusive a evidência da testemunha ocular.

Ainda está em aberto a questão relativa ao grau exato da pequena possibilidade residual de erro. E nesse ponto passamos à terceira categoria de objeção à evidência, a que é apenas tola. Os advogados estão acostumados a atacar quando os peritos depoentes parecem discordar. Se dois geneticistas convocados são solicitados a estimar a probabilidade de uma identificação errônea com a evidência do DNA, O primeiro pode dizer que há urna chance em 1 milhão, enquanto o segundo pode dizer que há apenas uma chance em 100 mil. Ao ataque! “Aha! Aha! Os peritos discordam! Senhoras e senhores do júri, que confiança podemos ter num método científico, se os próprios peritos não conseguem se entender por um fator de dez? É óbvio que a única coisa a fazer é jogar fora toda a evidência, com armas e bagagens.”

Mas, nesses casos, embora os geneticistas estejam inclinados a dar pesos diferentes a imponderáveis como o efeito do subgrupo racial, qualquer discordância entre eles é apenas quanto à probabilidade de as chances de uma identificação errônea serem hiper-mega-astronômicas ou apenas astronômicas. Normalmente a probabilidade não pode ser mais baixa que uma chance em milhares, podendo estar bem acima, na casa dos bilhões. Até na estimativa mais conservadora, a chance de uma identificação errônea é imensamente menor que numa fileira de identificação comum. “Excelência, uma fila de identificação de apenas vinte homens é grosseiramente injusta com o meu cliente. Exijo uma fila de pelo menos um milhão de homens!”

Os peritos estatísticos, convocados a depor sobre a probabilidade de uma fileira de identificação convencional de vinte homens resultar numa falsa identificação, também discordariam entre si. Alguns dariam a resposta simples, uma chance em vinte. Inquiridos, concordariam então que poderia haver uma chance em menos de vinte, dependendo da natureza da variação na fila em relação às características do suspeito (essa era a questão sobre o único homem barbado na fila). O único ponto sobre o qual todos os peritos concordariam, contudo, é que a chance de identificação errônea por puro acaso é pelo menos de uma em vinte. Entretanto, os advogados e os juizes normalmente se contentam com a evidência das filas de identificação comuns em que o suspeito é colocado ao lado de vinte homens.

Depois de noticiar a eliminação da evidência do DNA num caso no tribunal criminal central de Londres, o Old Bailey, o jornal *Independent* de 12 de dezembro de 1992 predisse uma consequente inundação de apelações. A ideia é que todos os que no momento definham na cadeia, em virtude da evidência de identificação do DNA, serão capazes de apelar, citando o precedente. Mas a inundação pode ser até maior do que o *Independent* imagina, porque, se essa eliminação da evidência do DNA é realmente um precedente sério para alguns casos, lançará dúvida sobre todos os casos em que a chance de um erro acidental

for maior que uma em milhares. Se uma testemunha diz que “viu” alguém e depois o identifica numa fila, os advogados e os júris se dão por satisfeitos. Porém, a chance de uma identificação errônea nos casos em que o olhar humano está envolvido é muito maior que nos casos em que a identificação é feita pela impressão digital do DNA. Se levarmos a sério o precedente, isso deve significar que todo criminoso condenado do país terá excelentes razões para apelar sob o pretexto de identidade errônea. Mesmo quando o suspeito foi visto por dezenas de testemunhas com um revólver fumegante na mão, a chance de injustiça deve ser maior que uma em 1 milhão.

Um caso recente e amplamente divulgado nos Estados Unidos, em que o júri sistematicamente se confundiu sobre a evidência do DNA, também se tornou notório por outro erro relativo à teoria da probabilidade. O réu, conhecido por bater na mulher, foi julgado por finalmente assassiná-la. Um dos advogados famosos da equipe de defesa, um professor de direito em Harvard, apresentou o seguinte argumento: as estatísticas mostram que, dentre os homens que batem nas esposas, apenas um em mil chega a matá-la. A inferência que se esperava que qualquer júri tirasse (na verdade, que se queria *induzir* o júri a tirar) é que o fato de o réu bater na esposa devia ser descontado no julgamento de assassinato. A evidência não mostra ser esmagadoramente improvável que o homem que bate na esposa se transforme no seu assassino? Errado. O dr. I. J. Good, um professor de estatística, escreveu à revista científica *Nature*, em junho de 1995, para explodir a falácia. O argumento do advogado de defesa negligencia o fato adicional de que o assassinato da esposa é raro, se comparado com os maus-tratos violentos. Good calculou que, se considerarmos a minoria de mulheres que tanto são maltratadas pelos maridos como assassinadas por *alguém*, é muito provável que o assassino seja o marido. Essa é a maneira relevante de calcular a probabilidade, porque, no caso em discussão, a infeliz mulher *havia* sido assassinada por alguém, depois de espancada pelo marido.

Há sem dúvida advogados, juízes e magistrados que poderiam tirar proveito de uma melhor compreensão da teoria da probabilidade. Em algumas ocasiões, entretanto, não se pode deixar de suspeitar que eles a compreendem muito bem, mas fingem incompetência. Não sei se isso se aplica ao caso acima citado. A mesma suspeita é insinuada pelo dr. Theodore Dalrymple, o amargo contador de casos médicos do *Spectator* (londrino), na seguinte história tipicamente sarcástica de 7 de janeiro de 1995, quando relata a sua convocação como testemunha perita num júri de instrução:

[...] um conhecido meu rico e bem-sucedido engoliu duzentos comprimidos e uma garrafa de rum. O magistrado me perguntou se eu achava que ele poderia ter tomado os comprimidos acidentalmente. Estava prestes a responder com um sonoro e confiante não, quando o magistrado se expressou

com mais. Clareza: havia pelo menos uma chance em um milhão de ele ter tomado os comprimidos acidentalmente? “Bem, suponho que sim”, respondi. O magistrado (e a família do homem) relaxaram, o veredicto ficou em aberto, a família se tornou 750 mil libras mais rica e uma companhia de seguros equivalentemente mais pobre, pelo menos até aumentarem o meu prêmio de seguro.

O poder das impressões digitais do DNA é um aspecto do poder geral da ciência que leva algumas pessoas a temê-la. É importante não exacerbar esses medos afirmando demais ou tentando avançar demasiado rápido. Vou terminar este capítulo um tanto técnico retornando à sociedade e a uma importante e difícil decisão que devemos tomar coletivamente. Em geral eu procuraria evitar a discussão de uma questão tópica por medo de que se torne desatualizada, ou uma questão local por medo de ser paroquial, mas o assunto de um banco de dados nacional de DNA está começando a preocupar a maioria das nações, cada uma a seu modo, e está fadada a se tornar mais urgente no futuro.

Em teoria, seria possível manter um banco de dados nacional das sequências de DNA de cada homem, mulher e criança no país. Então, sempre que uma amostra de sangue, sêmen, saliva, pele ou cabelo fosse encontrada na cena de um crime, a polícia não teria de localizar um suspeito por outros meios, antes de comparar o seu DNA com a amostra. Eles poderiam simplesmente realizar uma pesquisa computadorizada no banco de dados nacional. A mera sugestão provoca uivos de protesto. Seria uma violação da liberdade individual. É o primeiro passo. Um passo gigantesco rumo a um estado policial. Sempre fiquei um pouco intrigado com a razão de as pessoas reagirem automaticamente com tanta força contra sugestões como essa. Se examinar a questão desapaixonadamente, acho que, considerando todos os seus aspectos, acabarei sendo contra a ideia. Mas não é algo a ser condenado de imediato, sem nem sequer levar em conta os prós e os contras.

Se for garantido que a informação será usada apenas para capturar criminosos, é difícil compreender por que alguém que não é criminoso levantaria objeções. Sei que muitos ativistas das liberdades civis ainda vão se opor por uma questão de princípio. Mas, sinceramente, não compreendo a razão, a menos que se queira proteger o direito dos criminosos de cometer crimes sem serem descobertos. Também não vejo nenhuma boa razão para assumir uma posição contrária a um banco de dados nacional de impressões digitais convencionais carimbadas (exceto a razão prática de que, ao contrário do DNA, é difícil realizar uma busca automática de impressões digitais convencionais no computador). O crime é um problema sério, que diminui a qualidade de vida para todos, exceto para os criminosos (talvez até para eles: presumivelmente não há nada que impeça a casa de um ladrão de ser arrombada). Se um banco de

dados nacional, de DNA ajudasse significativamente a polícia a capturar criminosos, as objeções teriam de ser realmente muito boas para sobrepujar os benefícios.

Mas, para começar, eis uma importante precaução. Uma coisa é usar a evidência do DNA, OU algum tipo de evidência de identificação numa sociedade de massas, para corroborar uma suspeita que a polícia já possui com base em outros motivos. Outra coisa muito diferente é usá-la para prender uma pessoa do país que corresponde à amostra. Se há uma pequena probabilidade de semelhança coincidente entre uma amostra de sêmen e o sangue de um indivíduo inocente, a probabilidade de que esse indivíduo também será alvo de uma falsa suspeita por outros motivos é obviamente muito menor. Assim, a técnica de simplesmente pesquisar o banco de dados e prender a única pessoa que corresponde à amostra tem uma probabilidade muito maior de gerar injustiça do que o sistema que requer primeiro outros motivos para a suspeita. Se uma amostra da cena de um crime em Edimburgo corresponde por acaso ao meu DNA, a polícia deveria ter permissão de bater à minha porta e me prender com base apenas nessa evidência? Acho que não, mas vale a pena observar que a polícia já faz algo equivalente com os traços faciais, quando envia ao jornal um retrato falado ou uma foto tirada por uma testemunha, convidando as pessoas de todo o país a telefonar se “reconhecerem” aquele rosto. Mais uma vez, devemos ter cuidado com a nossa tendência a confiar no reconhecimento facial acima de todos os outros tipos de identificação individual.

Deixando o crime de lado, há o perigo real de a informação no banco de dados nacional de DNA cair em mãos erradas. Quero dizer, nas mãos daqueles que não desejam usá-la para capturar criminosos, e sim para outros fins, talvez ligados com os seguros de saúde ou a chantagem. Há razões respeitáveis para que pessoas sem nenhuma intenção criminosa não desejem que o perfil de seu DNA seja conhecido, e parece-me que sua privacidade deve ser respeitada. Por exemplo, um número significativo de indivíduos acredita ser o pai de uma determinada criança, mas não é. Igualmente, um número significativo de crianças acredita que alguém é o seu verdadeiro pai, quando ele não é. Quem tivesse acesso ao banco de dados nacional de DNA poderia descobrir a verdade, e o resultado talvez fosse uma enorme desgraça emocional, um casamento desfeito, um colapso nervoso, chantagem ou coisa pior. Há aqueles que sentem que a verdade deve ser sempre revelada, por mais dolorosa que seja, mas acho defensável argumentar que a soma total da felicidade humana não seria intensificada por uma repentina explosão de revelações sobre a verdadeira paternidade de cada um.

Depois há as questões médicas e dos seguros. Toda a vida do negócio dos seguros depende da incapacidade de se prever exatamente quando alguém vai morrer. Como disse Sir Arthur Eddington: “A vida humana é proverbialmente

incerta; poucas coisas são mais certas do que a solvência de uma companhia de seguros de vida”. Todos pagamos nossos prêmios de seguro. Aqueles dentre nós que morrem mais tarde do que o esperado subsidiam (os herdeiros) (d) aqueles que morrem mais cedo do que o esperado. As companhias de seguro já fazem conjeturas estatísticas que parcialmente subvertem o sistema, capacitando-as a cobrar prêmios maiores de clientes de alto risco. Elas enviam um médico para auscultar o nosso coração, tirar a nossa pressão arterial, investigar a prática de hábitos como fumar e beber. Se os atuários soubessem exatamente quando todos iríamos morrer, o seguro de vida se tornaria impossível. Em princípio, se os atuários pudessem pôr as mãos num banco de dados nacional de DNA, isso talvez nos aproximasse desse resultado infeliz. Seria possível que chegássemos ao extremo de que o único tipo de risco de morte a ser segurado seria o simples acidente.

Da mesma forma, as pessoas que avaliam os candidatos a um emprego ou os candidatos a vagas na universidade poderiam usar a informação do DNA de um modo que muitos de nós acharíamos indesejável. Alguns empresários já usam métodos dúbios como a grafologia (a análise da letra de uma pessoa como suposto indicador do caráter e aptidões). Ao contrário do caso da grafologia, há boas razões para pensar que a informação do DNA poderia ser genuinamente útil para julgar as aptidões. Mas, ainda assim, eu seria um dos muitos que ficariam perturbados, se as comissões de seleção fizessem uso da informação do DNA, pelo menos se as utilizassem de forma secreta.

Um dos argumentos gerais contra os bancos de dados nacionais de qualquer tipo é este: “E se caísse nas mãos de um Hitler?”. A um exame superficial, não está claro como um mau governo tiraria proveito de um banco de dados com informações verdadeiras sobre as pessoas. Eles são tão adeptos de usar informações falsas que se poderia dizer: porque se incomodariam em fazer mau uso da informação verdadeira. No caso de Hitler, entretanto, há o ponto sobre a sua campanha contra os judeus e outras etnias. Embora não seja verdade que se possa identificar um judeu pelo seu DNA, há genes específicos que são característicos de pessoas cujos antepassados vêm de certas regiões da Europa Central, e há correlações estatísticas entre possuir certos genes e ser judeu. Parece inegável que, se o regime de Hitler tivesse tido um banco de dados nacional de DNA à sua disposição, eles teriam encontrado formas terríveis de fazer mau uso dessas informações.

Há meios de salvaguardar a sociedade contra esses males potenciais, retendo ao mesmo tempo o benefício do auxílio na captura de criminosos? Não tenho certeza. Acho que poderia ser difícil. Seria possível proteger os cidadãos honestos contra as companhias de seguro e os empregadores, restringindo o banco de dados nacional às regiões não codificadoras do genoma. O banco de dados se referiria apenas às áreas de repetições em tandem do genoma, não aos genes

que realmente fazem alguma coisa. Isso impediria os atuários de calcular a nossa expectativa de vida e não permitiria que os caçadores de talento adivinhassem as nossas capacidades. Mas não nos protegeria contra a descoberta (ou contra os chantagistas descobrirem) de verdades sobre a paternidade que talvez preferíssemos não saber. Muito pelo contrário. A identificação dos ossos de Josef Mengele a partir do sangue de seu filho foi inteiramente baseada em repetições em tandem do DNA. Não vejo resposta fácil para essa objeção, a não ser afirmar que, com o teste do DNA se tornando mais fácil, vai ser cada vez mais possível descobrir a paternidade de qualquer jeito, sem recorrer a um banco de dados nacional. Um homem que suspeita que o “seu” filho não é realmente seu já poderia tirar o sangue do garoto e mandá-lo comparar com o seu sangue. Não precisaria de um banco de dados nacional para isso.

Não é apenas nos tribunais. As decisões de comissões de inquérito e outros órgãos encarregados de descobrir o que aconteceu em algum incidente ou acidente frequentemente se voltam para questões científicas. Os cientistas são convocados como testemunhas peritas sobre questões fatuais: sobre as técnicas da fadiga do metal, sobre a infecciosidade da doença da vaca louca, e assim por diante. Depois, tendo apresentado seus conhecimentos, são dispensados para que os encarregados da tarefa séria de realmente tomar as decisões possam continuar o seu trabalho. A implicação é que os cientistas são bons em descobrir fatos detalhados, mas outros, frequentemente advogados ou juizes, têm melhores qualificações para integrá-los e recomendar o que precisa ser feito. Ao contrário, pode-se defender que os modos científicos de pensar são valiosos não apenas para reunir os fatos detalhados, mas também para chegar ao veredicto final. Quando há um acidente de avião ou um desastroso tumulto de futebol, um cientista pode ter melhores qualificações para presidir o inquérito do que um juiz, não por causa do que os cientistas conhecem, mas por causa dos métodos que usam para descobrir os fatos e tomar decisões.

O caso da impressão digital do DNA sugere que os advogados seriam melhores advogados, os juizes melhores juizes, os parlamentares melhores parlamentares e os cidadãos melhores cidadãos se todos conhecessem mais ciência e, o que é ainda mais pertinente, se raciocinassem mais como cientistas. E não apenas porque os cientistas dão mais valor a conhecer a verdade do que a ganhar um caso. Os juizes e os responsáveis pelas decisões em geral saberiam tomar melhores decisões se fossem mais adeptos das artes do raciocínio estatístico e da avaliação da probabilidade. Esse ponto vai voltar à tona nos próximos dois capítulos, que tratam da superstição e dos chamados fenômenos paranormais.

## 6. De olhos vendados pelas fantasias

*A credulidade é a fraqueza do homem, mas a força da criança.*

Charles Lamb, *Essays of Elia* (1823)

Temos um apetite por maravilhas, um apetite poético que a verdadeira ciência devia estar satisfazendo, mas que está sendo saqueado, frequentemente por causa de ganhos monetários, pelos que fornecem a superstição, o paranormal e a astrologia. Frases retumbantes como “a Quarta Casa da Era de Aquário” ou “Netuno começou a retrogradar e entrou em Sagitário” criam um contexto romanesco e falso que, para os ingênuos e impressionáveis, é quase indistinguível da autêntica poesia científica: “O universo é mais pródigo do que imaginamos”, por exemplo, de *Shadows of Forgotten Ancestors*, de Cari Sagan e Ann Druyan (1992); ou, do mesmo livro (depois de descobrir como o sistema solar se condensou a partir de um disco giratório), “O disco se ondula com futuros possíveis”. Noutro livro, Cari Sagan observou:

Como é que nenhuma das grandes religiões considerou a ciência e concluiu: “Isto é melhor do que imaginávamos! O universo é muito maior do que afirmavam os nossos profetas, mais grandioso, mais sutil, mais elegante”? Em vez disso, elas dizem: “Não, não, não! O meu deus é um deus pequeno, e quero que ele continue a ser assim”. Uma religião, velha ou nova, que enfatizasse a magnificência do universo revelada pela ciência moderna poderia ser capaz de suscitar reservas de reverência e admiração dificilmente aproveitadas pelas crenças convencionais. (*Pálido ponto azul*, 1995).

Na medida em que as religiões tradicionais estão em declínio no Ocidente, o seu lugar não parece ser preenchido pela ciência, com sua visão perspicaz e mais grandiosa do cosmo, e sim pelo paranormal e pela astrologia. Seria de esperar que, no final deste século XX, que é o mais bem-sucedido de todos em termos científicos, a ciência houvesse sido incorporada em nossa cultura e o nosso senso estético houvesse se elevado para estar à altura de sua poesia. Sem reviver o pessimismo de C. P. Snow da metade do século, acredito relutantemente que essas esperanças não se concretizaram. Os livros de astrologia vendem muito mais que os de astronomia. A televisão corre a abrir as portas para ilusionistas de segunda categoria que se disfarçam de médiuns e videntes. Este capítulo

examina a superstição e a credulidade, tentando explicá-las, e a facilidade com que podem ser exploradas. O capítulo 7 recomenda o simples pensamento estatístico como um antídoto para a doença paranormal. Começamos com a astrologia.

No dia 27 de dezembro de 1997, um dos jornais nacionais de maior circulação na Grã-Bretanha, o *Daily Mail*, dedicou a sua reportagem de capa à astrologia, sob a manchete “1998: a aurora de Aquário”. O leitor se sente quase agradecido quando o artigo concede que o cometa Hale Bopp não foi a causa direta da morte da princesa Diana. O astrólogo regamente pago nos informa que “o poderoso e lento Netuno” está prestes a reunir “forças” com o igualmente poderoso Urano quando entrar em Aquário. Isso terá consequências dramáticas:

[...] o Sol está nascendo. E o cometa veio nos lembrar que este Sol não é um Sol físico, mas um Sol espiritual, psíquico, interior. Portanto, ele não tem de obedecer à lei da gravidade. Pode aparecer sobre o horizonte mais rapidamente, se muitas pessoas se levantarem para saudá-lo e encorajá-lo. E pode dissipar a escuridão no momento em que aparecer.

Como é que as pessoas podem achar atraente esse mingau sem sentido, especialmente diante do universo real revelado pela astronomia?

Numa noite sem luar, quando “as estrelas parecem muito frias no céu”, e as únicas nuvens a serem vistas são as manchas brilhantes da Via Láctea, vá para um lugar longe de poluição luminosa das ruas, deite sobre a grama e contemple o céu. Você irá notar superficialmente as constelações, mas o padrão de uma constelação não significa mais do que uma mancha de umidade no teto do banheiro. Note, assim, que pouco significa dizer algo semelhante a “Netuno entra em Aquário”. Aquário é uma miscelânea de estrelas, todas a diferentes distâncias de nós, sem conexão umas com as outras, exceto o fato de constituírem um padrão (sem sentido) quando vistas de um certo lugar (não particularmente especial) na galáxia (aqui). Uma constelação não é absolutamente uma entidade, por isso não é algo em que se possa sensatamente dizer que Netuno, ou qualquer outra coisa, esteja “entrando”.

Além do mais, a forma de uma constelação é efêmera. Há 1 milhão de anos, os nossos antepassados *Homo erectus* contemplavam à noite (não havia poluição luminosa então, a menos que viesse da brilhante inovação daquela espécie, o fogo do acampamento) um conjunto de constelações muito diferentes. Daqui a 1 milhão de anos, os nossos descendentes vão ver ainda outras formas no céu, e já sabemos exatamente como elas serão. Esse é o tipo de predição detalhada que os astrônomos, mas não os astrólogos, podem fazer. E — de novo em contraste com as predições astrológicas — ela será correta.

Devido à velocidade finita da luz, quando olhamos para a grande galáxia em

Andrômeda, nós a vemos como era há 2,3 milhões de anos, quando o *Australopithecus* andava pelas altas savanas. O nosso olhar retrocede no tempo. Se movemos os olhos alguns graus para a estrela brilhante mais próxima na constelação de Andrômeda, contemplamos Mirach, porém muito mais recentemente, como ela era quando Wall Street quebrou. Quando observamos a cor e a forma do Sol, ele se acha num passado de apenas oito minutos atrás. Contudo, se apontarmos um grande telescópio para a galáxia Sombrero, contemplaremos 1 trilhão de sóis, assim como eram quando nossos antepassados de rabo espiavam medrosamente o firmamento, e a Índia colidiu com a Ásia para erguer os Himalaias. Uma colisão em escala maior, entre duas galáxias no Quinteto de Stephan, é exibida para nós numa época em que na Terra os dinossauros estavam começando a nascer e os trilobites haviam recém-desaparecido.

Se você considerar qualquer acontecimento na história, vai encontrar uma estrela no céu cuja luz lhe dá um vislumbre de algo que estava se passando durante o ano daquele acontecimento. Desde que você não seja uma criança muito pequena, em algum lugar no alto do céu noturno vai poder encontrar a estrela do seu nascimento. A sua luz é um brilho termonuclear que anuncia o ano do seu nascimento. Na verdade, você pode encontrar muitas dessas estrelas (cerca de quarenta, se você tem quarenta anos; umas setenta, se tem cinquenta anos; cerca de 175, se tem oitenta anos). Quando você contempla uma das estrelas do seu ano de nascimento, o seu telescópio é uma máquina do tempo que lhe permite testemunhar eventos termonucleares que estão realmente ocorrendo durante o ano em que você nasceu. Uma vaidade agradável, nada mais. A sua estrela natal não vai se dignar a lhe dizer qualquer coisa sobre a sua personalidade, o seu futuro ou as suas compatibilidades sexuais. As estrelas têm agendas mais amplas em que não figuram as preocupações da pequenez humana.

Claro, a sua estrela natal é sua apenas por este ano. No próximo ano, você deve contemplar a superfície de uma esfera maior que se encontra um ano-luz mais distante. Pense nessa esfera em expansão como um raio de boas notícias, a notícia de seu nascimento sendo irradiada cada vez para mais longe. No universo einsteiniano em que a maioria dos físicos pensa que vivemos, nada pode em princípio viajar mais rápido que a luz. Assim, se você tem cinquenta anos, possui uma bolha de notícias pessoais com um raio de cinquenta anos-luz. Dentro dessa esfera (de um pouco mais de mil estrelas) é *em princípio* possível (embora não o seja na prática) que a notícia da sua existência tenha se difundido. Fora dessa esfera, é como se você não existisse; num sentido einsteiniano, você não existe. Os mais velhos têm esferas de existência maiores que os jovens, mas a existência de ninguém se estende por mais que uma minúscula fração do universo. O nascimento de Jesus talvez nos pareça um acontecimento antigo e

solene nesse período em que atingimos o seu segundo milênio. Mas a nova é tão recente nessa escala que, até nas circunstâncias mais ideais, teria sido proclamada em princípio a uma fração menor do que um sobre 200 milhões de milhões das estrelas no universo. Muitas, se não a maioria, das estrelas no espaço terão planetas girando ao seu redor. Os números são tão imensos que provavelmente alguns desses planetas têm formas de vida, alguns desenvolveram a inteligência e a tecnologia. Entretanto, as distâncias e os tempos que nos separam são tão grandes que milhares de formas de vida podem evoluir e desaparecer independentemente, sem que seja possível que uma saiba da existência da outra.

Para fazer os meus cálculos sobre os números de estrelas natis, assumi que as estrelas têm, em média, um espaço de uns 7,6 anos-luz entre si. Isso vale aproximadamente para a nossa região local da galáxia da Via Láctea. Parece uma densidade espantosamente baixa (cerca de 440 anos-luz cúbicos por estrela), mas é na realidade elevada em comparação com a densidade das estrelas no universo em geral, onde o espaço fica vazio entre as galáxias. Isaac Asimov tem uma ilustração dramática: é como se toda a matéria do universo fosse um único grão de areia, colocado no meio de um quarto vazio de mais de trinta quilômetros de comprimento, trinta quilômetros de largura e trinta quilômetros de altura. No entanto, ao mesmo tempo, é como se esse único grão de areia fosse pulverizado em mil milhões de milhões de milhões de fragmentos, pois esse é aproximadamente o número de estrelas no universo. Esses são alguns dos fatos sóbrios da astronomia, e pode-se perceber a sua beleza.

A astrologia, em comparação, é uma afronta estética. O seu diletantismo pré-copernicano avilta e deprecia a astronomia, algo semelhante a usar Beethoven em jingles comerciais. É também um insulto à ciência da psicologia e à riqueza da personalidade humana. Estou falando da maneira fácil e potencialmente danosa com que os astrólogos dividem os humanos em doze categorias. Os escorpianos são tipos alegres e expansivos, enquanto os leoninos, com suas personalidades metódicas, se dão bem com os librianos (ou seja lá o que for). Minha esposa Lalla Ward lembra uma ocasião em que uma estrela americana perguntou ao diretor do filme em que ambos estavam trabalhando: “Ih, sr. Preminger, de que signo o senhor é?”, e recebeu o contra imortal, num forte sotaque austríaco: “Sou do signo Não Pertrurrbe”.

A personalidade é um fenômeno real, e os psicólogos tiveram algum sucesso desenvolvendo modelos matemáticos para lidar com a sua variação em muitas dimensões. O número a princípio grande de dimensões pode ser matematicamente reduzido com uma perda mensurável, e para alguns fins razoável, do poder profético. Esse menor número de dimensões derivadas às vezes corresponde às dimensões que intuitivamente pensamos reconhecer — a agressividade, a obstinação, a afetividade, e assim por diante. Resumir a

personalidade de um indivíduo como um ponto num espaço multidimensional é uma aproximação utilizável cujas limitações podem ser definidas. Está muito longe de qualquer categorização mutuamente exclusiva, e certamente muito longe da ficção falsa das doze latas de lixo da astrologia de jornal. É baseado em dados genuinamente relevantes sobre as próprias pessoas, e não sobre as suas datas de nascimento. A escala multidimensional do psicólogo pode ser útil para decidir se uma pessoa tem aptidão para determinada carreira, ou se um futuro casal tem compatibilidade de gênios. Os doze escaninhos do astrólogo são, se nada pior, uma diversão dispendiosa e irrelevante.

Além disso, eles não estão de acordo com os nossos fortes tabus e leis atuais contra a discriminação. Os leitores de jornal são ensinados a se considerar, e também a seus amigos e colegas, escorpianos, librianos ou um dos outros doze “signos” míticos. Se você pensar um pouco, essa não é uma forma de rótulo discriminatória semelhante aos estereótipos culturais que muitos de nós achamos censuráveis hoje em dia? Posso imaginar um esquete de Monty Python, em que um jornal publica uma coluna diária mais ou menos assim:

*Alemães:* Está na sua natureza ser trabalhador e metódico, o que deve lhe trazer vantagens hoje no trabalho. Nas suas relações pessoais, especialmente hoje à noite, vai ter de domar a sua tendência natural de obedecer a ordens.

*Espanhóis:* O seu quente sangue latino pode dominá-lo, por isso cuide para não fazer algo de que possa se arrepender. E dispense o alho no almoço, se tiver aspirações românticas para a noite.

*Chineses:* A inescrutabilidade tem muitas vantagens, mas pode ser a sua desgraça hoje...

*Britânicos:* A sua obstinação pode lhe trazer vantagens nos negócios, mas tente relaxar e descontraí- se na vida social.

E assim por diante com doze estereótipos nacionais. Sem dúvida, as colunas de astrologia são menos ofensivas que isso, mas devemos nos perguntar exatamente onde está a diferença. As duas atitudes são culpadas de discriminação fácil, dividindo a humanidade em grupos exclusivos sem ter como base nenhuma evidência. Mesmo se houvesse evidência de alguns tênues efeitos estatísticos, os dois tipos de discriminação encorajam o tratamento preconceituoso das pessoas como tipos, e não como indivíduos. Já se podem ver anúncios nas colunas dos corações solitários que incluem expressões como “Nada de escorpianos” ou “Os taurinos não precisam responder”. É claro que isso não é tão ruim como as infames notas “Nada de negros” ou “Nada de

irlandeses”, porque o preconceito astrológico não atormenta constantemente mais alguns signos do que outros, mas permanece o princípio dos estereótipos discriminatórios — em oposição a aceitar as pessoas como indivíduos.

Até poderia haver tristes consequências humanas. A ideia de colocar anúncios nas colunas dos corações, solitários é aumentar a área de captação de parceiros sexuais (e, na verdade, o círculo fornecido pelo local de trabalho e por amigos dos amigos é frequentemente magro e precisa ser enriquecido). Os solitários, cuja vida poderia ser transformada por uma amizade compatível há muito desejada, são encorajados a desistir, de forma extravagante e injustificada, de até onze doze avos da população disponível. Há pessoas vulneráveis neste mundo, e elas merecem compaixão em vez de serem deliberadamente enganadas.

Numa ocasião apócrifa de alguns anos atrás, um jornalista assalariado, que perdera num jogo de azar e recebera ordens para compor o conselho astrológico do dia, matou o seu tédio escrevendo num dos signos as seguintes linhas agourentas: “Todas as desgraças do ano passado não são nada perto do que vai lhe acontecer hoje”. Foi despedido depois que o quadro de ligações ficou congestionado com leitores tomados de pânico, um testemunho patético da confiança sincera que as pessoas podem depositar na astrologia.

Além da legislação contra a discriminação, temos leis destinadas a nos proteger de fabricantes que fazem afirmações falsas a respeito de seus produtos. A lei não é invocada em defesa da verdade simples sobre o mundo natural. Se fosse, os astrólogos dariam o melhor caso-teste que se poderia desejar. Eles afirmam poder prever o futuro e adivinhar as fraquezas pessoais, e recebem pagamento por isso, bem como por conselhos profissionais sobre decisões importantes. Um fabricante de produtos farmacêuticos que vendesse uma pílula anticoncepcional sem o mais leve efeito demonstrável sobre a fertilidade seria processado segundo a Lei das Descrições do Comércio e acionado pelas consumidoras que se descobrissem grávidas. Mais uma vez parece uma reação exagerada, mas não consigo realmente compreender por que os astrólogos profissionais não são presos por fraude e por incitamento à discriminação.

O *Daily Telegraph* londrino de 18 de novembro de 1997 noticiou que, por ter persuadido uma adolescente crédula a fazer sexo sob o pretexto de expulsar os maus espíritos de seu corpo, um pretenso exorcista fora condenado a dezoito meses de prisão no dia anterior. O homem mostrara à jovem alguns livros sobre quiromancia e magia, depois disse que ela estava “azarada: alguém lhe tinha posto mau-olhado”. Para exorcizá-la, explicou, ele precisava untar todo o seu corpo com óleos especiais. Ela concordou em tirar toda a roupa para esse fim. Finalmente, ela copulou com o homem, quando ele lhe disse que isso era necessário “para se livrar dos espíritos”. Ora, parece-me que a sociedade não pode ter moral dupla. Se foi correto prender esse homem por explorar uma

jovem crédula (ela estava acima da idade legal mínima), por que não processamos da mesma forma os astrólogos que tiram dinheiro de pessoas igualmente crédulas; ou os videntes “médiums” que convencem companhias petrolíferas a dar o dinheiro dos acionistas para “consultas” dispendiosas sobre onde perfurar? Inversamente, se alguém protestasse que os tolos devem ter a liberdade de dar o seu dinheiro para charlatães se assim desejarem, por que o “exorcista” sexual não deveria apresentar uma defesa semelhante, invocando que a jovem tinha a liberdade de dar o seu corpo para um ritual em que, no momento, ela sinceramente acreditava?

Não há nenhum mecanismo físico conhecido pelo qual a posição de distantes corpos celestes no momento do nascimento de uma pessoa poderia exercer alguma influência causal sobre a sua natureza ou destino. Isso não elimina a possibilidade de alguma influência física desconhecida. Mas só precisamos nos dar ao trabalho de pensar nessa influência física se alguém puder exhibir alguma evidência de que os movimentos dos planetas contra o pano de fundo das constelações têm realmente a mais tênue influência sobre os assuntos humanos. Até agora nenhuma evidência desse tipo resistiu a uma investigação apropriada. A imensa maioria dos estudos científicos da astrologia não produziu nenhum resultado positivo. Uns poucos (muito poucos) estudos sugeriram (fracamente) uma correlação estatística entre o “signo” e o caráter. Esses poucos resultados positivos receberam uma explicação interessante. Muitas pessoas são tão versadas no conhecimento dos signos que sabem as características que delas são esperadas. Por isso, têm uma pequena tendência a corresponder a essas expectativas — não grande, mas o suficiente para produzir os efeitos estatísticos muito tênues que foram observados.

Um teste mínimo que qualquer método bem conceituado de diagnose ou adivinhação deve satisfazer é o da confiabilidade. Esse não é o teste que verifica se o método realmente funciona; apenas avalia se diferentes profissionais confrontados com a mesma evidência (ou o mesmo profissional confrontado com a mesma evidência duas vezes) concordam entre si. Embora não ache que a astrologia funcione, eu teria esperado índices de alta confiabilidade nesse sentido de coerência. Afinal, os diferentes astrólogos têm presumivelmente acesso aos mesmos livros. Ainda que seus veredictos sejam errados, seria de pensar que seus métodos fossem bastante sistemáticos para produzir os mesmos veredictos errados! Ai de nós, como foi demonstrado num estudo realizado por G. Dean e colegas, eles nem sequer atingem esse marco mínimo e fácil. Para efeitos de comparação, quando diferentes avaliadores julgavam o desempenho de pessoas em entrevistas estruturadas, o coeficiente de correlação foi maior que 0,8 (um coeficiente de correlação de 1,0 representaria a concordância perfeita -1,0 representaria a discordância perfeita; 0,0 representaria uma completa aleatoriedade ou falta de associação; 0,8 é bastante bom). Ao lado desses dados,

no mesmo estudo, o coeficiente de confiabilidade para a astrologia era um lamentável 0,1, comparável ao número para a quiromancia (0,11), e indicando aleatoriedade quase total. Por mais errados que estejam os astrólogos, seria de pensar que encenariam o seu ato juntos a ponto de serem pelo menos coerentes. Aparentemente não. A grafologia (a análise da letra de uma pessoa) e as análises de Rorschach (borrões de tinta) não tiveram resultados muito melhores.

A tarefa do astrólogo requer tão pouco treinamento ou talento que é frequentemente entregue a qualquer repórter novato com tempo livre. O jornalista Jan Moir relata no *Guardian* de 6 de outubro de 1994 que “Meu primeiro emprego em jornalismo foi escrever horóscopos para um grupo de revistas femininas. Era a tarefa do escritório que sempre cabia ao novato, porque era tão estúpida e tão fácil que até um maluco inexperiente como eu poderia realizá-la”. Da mesma forma, quando era jovem, o ilusionista e racionalista James Randi se empregou, com o pseudônimo de Zo-ran, como astrólogo num jornal de Montreal. O método de trabalho de Randi era pegar velhas revistas de astrologia, cortar as suas previsões com tesoura, embaralhá-las num chapéu, colá-las aleatoriamente nos doze “signos”, depois publicá-las como suas próprias “previsões”. Ele descreve como escutou a conversa de duas auxiliares de escritório na sua hora de almoço num café, examinando ansiosamente a coluna de “Zo-ran” no jornal.

Gritavam com prazer ao ver seu futuro tão bem delineado, e em resposta à minha pergunta disseram que Zo-ran tinha “acertado em cheio” na semana passada. Eu não me identifiquei como Zoran [...]. A reação nas cartas à coluna também havia sido interessante, o suficiente para que eu decidisse que muitas pessoas aceitam e racionalizam quase toda declaração feita por alguém que acreditam ser uma autoridade com poderes místicos. Nesse ponto, Zo-ran dependeu de uma tesoura, pôs de lado o pote de cola e saiu do emprego. (*Flim-flam*, 1992)

Há evidências, colhidas numa pesquisa feita por meio de questionário, de que muitas pessoas que lêem os horóscopos diários não acreditam realmente no que eles dizem. Afirmam que lêem a coluna apenas como “diversão” (o seu gosto pelo que constitui ficção divertida é evidentemente diferente do meu). Mas números significativos de pessoas realmente acreditam e agem de acordo com as previsões, inclusive, segundo notícias alarmantes e aparentemente autênticas, Ronald Reagan durante o seu período como presidente. Por que alguém se deixa impressionar por horóscopos?

Primeiro, as previsões ou leituras de caráter são tão mornas, vagas e gerais que servem para quase todo mundo e toda circunstância. As pessoas normalmente lêem apenas o seu horóscopo no jornal. Se fizessem um esforço

para ler os outros onze, ficariam muito menos impressionadas com a exatidão do seu. Segundo, as pessoas lembram os acertos e esquecem as mancadas. Se há uma frase num horóscopo de um parágrafo que parece estar correta, o leitor nota essa determinada frase, enquanto seu olhar passa sobre todas as demais sem tomar conhecimento. Mesmo que as pessoas notem uma previsão gritantemente errada, é bem provável que ela seja considerada uma exceção ou anomalia interessante, em vez de uma indicação de que toda a história pode ser um embuste. Assim David Bellamy, um popular cientista na televisão (e genuíno herói conservacionista), confessou em *Radio Times* (esse outrora respeitado órgão da BBC) que ele tem a “cautela do capricorniano” a respeito de certas coisas, mas que na maioria das vezes abaixa a cabeça e investe como um verdadeiro bode. Não é interessante? Bem, declaro que apenas confirma o que sempre digo: é a exceção que prova a regra! O próprio Bellamy presumivelmente não acreditava no que dizia, e estava apenas seguindo a tendência, comum entre pessoas educadas, de empregar a astrologia como uma diversão inofensiva. Duvido que seja inofensiva, e me pergunto se as pessoas que a descrevem como divertida se divertem realmente com isso.

“Mãe dá à luz gatinho de 3,5 quilos” é uma manchete típica de um jornal chamado *Sunday Sport* que, semelhante a seus equivalentes americanos como *National Enquirer* (com uma circulação de 4 milhões), é inteiramente dedicado a publicar histórias ridiculamente incríveis como se fossem fatos. Conheci certa vez uma mulher que tinha um emprego de tempo integral só para inventar histórias que seriam publicadas por um periódico americano desse tipo, e ela me contou que havia uma disputa entre ela e os colegas para ver quem conseguia passar as histórias mais escandalosamente ridículas. A competição se revelou inútil, porque não parece haver limites para o que as pessoas são capazes de acreditar, desde que vejam as histórias impressas. Na página seguinte à história do gatinho de 3,5 quilos, o *Sunday Sport* apresentava um artigo sobre um mágico que não aguentava mais a chatice da mulher, por isso a transformou num coelho. Além de se mostrar complacente com o clichê preconceituoso da esposa chata, o mesmo exemplar do jornal acrescentava um sabor xenóforo a essas fantasias: “Grego louco faz churrasco de menino”. Outras histórias favoritas desses jornais incluem “Marilyn Monroe retorna como alface” (completada com uma fotografia esverdeada da falecida diva do cinema aninhada no centro de um broto de alface) e “Estátua de Elvis encontrada em Marte”.

As visões de um Elvis Presley ressuscitado são numerosas. O culto de Elvis, com suas preciosas unhas dos pés e outras relíquias, seus ícones e suas peregrinações, está a caminho de se tornar uma nova religião plenamente desenvolvida, mas terá de tomar cuidado, se não quiser ser superado pelo culto mais recente da princesa Diana. As multidões que formaram fila para assinar o livro de condolências depois de sua morte em 1997 declararam a jornalistas que

a sua face foi vista claramente por uma janela, espiando de um antigo retrato dependurado na parede. Como no caso do Anjo de Mons, que apareceu aos soldados durante os dias mais sombrios da Primeira Guerra Mundial, inúmeras testemunhas oculares “viram” o espectro de Diana, e a história se espalhou como fogo de palha entre as multidões entusiásticas, estimuladas como estavam pelos tabloides sensacionalistas.

A televisão é um meio até mais poderoso que os jornais, e estamos nas garras de uma quase-epidemia de propaganda paranormal nesse meio. Num dos exemplos mais notórios dos últimos anos na Grã-Bretanha, um desses médiums que curam pela fé afirmava ser o receptáculo da alma de um médico morto havia 2 mil anos, chamado Paulo da Judéia. Sem nenhuma investigação crítica, a BBC reservou todo um programa de meia hora para apresentar essa fantasia como fato. Mais tarde, tive um confronto com o editor encarregado desse programa, num debate público sobre “Vendendo-se para o sobrenatural” no Festival de Televisão de Edimburgo de 1996. A principal defesa do editor era que o homem estava fazendo um bom trabalho ao curar os pacientes. Ele parecia achar sinceramente que era só isso o que importava. Quem se interessa em saber se a reencarnação realmente acontece, desde que o curandeiro dê algum consolo a seus pacientes? Para mim, a verdadeira afronta se deu com o material de publicidade que a BBC distribuiu para acompanhar o espetáculo. Entre os que receberam agradecimentos pelos conselhos, e foram listados como supervisores do conteúdo, estava ninguém menos que... Paulo da Judéia. Uma coisa é as pessoas verem na tela as crenças excêntricas de um indivíduo psicótico ou fraudulento. Talvez isso seja entretenimento — até comédia, embora eu ache tão censurável quanto rir de um espetáculo de monstruosidades numa feira, ou da voga corrente nos Estados Unidos de mostrar violentas disputas conjugais na televisão. Mas outra coisa bem diferente é a BBC emprestar o peso de sua reputação construída ao longo dos anos, dando a impressão de que aceita a fantasia em seu valor nominal na publicidade do espetáculo.

Uma fórmula barata mas eficaz para a televisão paranormal é empregar ilusionistas comuns e repetir à audiência que eles não são ilusionistas, e sim genuinamente sobrenaturais. Numa mostra adicional de desprezo cínico pelo QI do espectador, esses atos são submetidos a menos controle e precauções do que seria o desempenho de um mágico. Os ilusionistas *bona fide* pelo menos se dão ao trabalho de demonstrar que não têm nada escondido na manga, nem há fios embaixo da mesa. Quando um artista é anunciado como “paranormal”, ele fica escusado até dessa desvantagem rotineira.

Vou descrever um espetáculo real, um ato de telepatia, da recente série de televisão Carlton, *Beyond Belief*, produzida e apresentada por David Frost, um veterano da televisão britânica a quem um governo achou por bem sagrar cavaleiro e cujo imprimátur tem, portanto, peso entre os espectadores. Os

participantes eram uma equipe de Israel, formada por pai e filho, e o filho de olhos vendados veria “pelos olhos do pai”. Um aparelho que dava números aleatórios foi acionado, e tirou-se um número. O pai fitou-o fixamente, fechando e abrindo os punhos com o esforço, e perguntou ao filho com um grito abafado se ele poderia ver o número. “Sim, acho que sim”, resmungou o filho. E, claro, ele acertou o número. Aplausos retumbantes. Que espantoso! E não esqueçam, espectadores, tudo isso é TV ao vivo, é *programação factual*, não é ficção como o *Arquivo X*.

O que testemunhamos é nada mais do que um truque ilusionista familiar e um tanto medíocre, um número favorito nas casas de espetáculos que remontam pelo menos ao Signor Pinetti em 1784. Há muitos códigos simples pelos quais o pai poderia ter transmitido o número ao bem ensaiado filho. A contagem das palavras no seu grito aparentemente inocente de “Pode vê-lo, filho?” é uma das possibilidades. Em vez de arregalar os olhos de espanto, David Frost deveria ter realizado o experimento simples de amordaçar o pai e de vendar os olhos do filho. A única diferença de um espetáculo ilusionista comum é que uma companhia de televisão de boa reputação o divulgou como “paranormal”.

A maioria dentre nós não sabe como os ilusionistas realizam os seus truques. Sou frequentemente confundido por eles. Não compreendo como é que tiram coelhos de chapéus ou serram caixas ao meio sem machucar a mulher lá dentro. Mas todos sabemos que há uma explicação perfeitamente boa que o ilusionista poderia nos dar, se assim desejasse, mas que, compreensivelmente, não quer divulgar. Então, por que deveríamos considerar o ato um genuíno milagre, quando exatamente o mesmo tipo de truque tem a etiqueta “paranormal” nele grudada por uma companhia de televisão?

Depois há aqueles artistas que parecem “sentir” que alguém na plateia tinha um ente querido cujo nome começava com M, possuía um pequinês e morreu de alguma doença no tórax: os “videntes” e os “médiuns” com um aparente conhecimento que “não poderiam ter obtido por meios normais”. Não tenho espaço para entrar em detalhes, mas o truque é bem conhecido dos ilusionistas sob o nome de “leitura fria”. É uma combinação sutil de saber o que é comum (muitas pessoas morrem do coração ou de câncer do pulmão) e pescar pistas (as pessoas involuntariamente se traem quando o artista está esquentando), auxiliada pela disposição da plateia em lembrar os acertos e desconsiderar as mancadadas. Os praticantes da leitura fria também usam frequentemente espíões, que escutam conversas enquanto os espectadores entram no teatro, ou até interrogam as pessoas, e depois passam as informações para o artista no seu camarim antes do espetáculo.

Se um paranormal pudesse realmente fazer uma demonstração apropriadamente pesquisada de telepatia (precognição, psicocinesia, reencarnação, movimento perpétuo, seja lá o que for), ele seria o descobridor de

um princípio totalmente novo, desconhecido para a ciência física. O descobridor do novo campo de energia que liga mente a mente na telepatia, ou da nova força fundamental que move objetos ao redor do tampo de uma mesa sem truques, merece um prêmio Nobel, e ele provavelmente o receberia. Se alguém possui esse revolucionário segredo da ciência, por que desperdiçá-lo em entretenimento secreto na televisão? Por que não prová-lo apropriadamente e ser saudado como o novo Newton? Claro, sabemos a resposta. Ele não consegue fazer a demonstração. É um embuste. Mas, graças aos produtores de televisão cínicos ou crédulos, um embuste bem endinheirado.

Dito isso, alguns “paranormais” têm bastante talento para enganar a maioria dos cientistas, e as pessoas mais qualificadas para desmascará-los não são os cientistas, e sim outros ilusionistas. É por essa razão que a maioria dos médiuns famosos em geral apresenta desculpas e recusa-se a subir no palco se fica sabendo que a primeira fila da plateia está cheia de ilusionistas profissionais. Vários bons ilusionistas, inclusive James Randi nos Estados Unidos e Ian Rowland na Grã-Bretanha, apresentam espetáculos em que duplicam publicamente os “milagres” de famosos paranormais — depois explicam à plateia que tudo não passa de truques. Os Racionalistas da Índia são jovens ilusionistas diligentes que viajam pelas vilas desmascarando os assim chamados “santos” pela duplicação de seus “milagres”. Infelizmente, algumas pessoas ainda acreditam em milagres, mesmo depois que o truque foi explicado. Outros caem em desespero: “Bem, talvez Randi realize o seu ato por meio de truques”, dizem, “mas isso não significa que os outros não estejam fazendo milagres”. Ao que Ian Rowland deu a resposta memorável: “Bem, se estão fazendo milagres, eles os realizam pelo método difícil!”.

Pode-se ganhar muito dinheiro enganando os crédulos. Um ilusionista comum normalmente não poderia esperar sair do mercado de festas infantis e chegar à televisão em cadeia nacional. Entretanto, se ele consegue fazer passar os seus truques como genuinamente sobrenaturais, a história talvez seja diferente. As companhias de televisão são colaboradores ansiosos na hora de enganar o público. É bom para os índices de audiência. Em vez de aplaudir polidamente a realização de um competente truque de ilusionismo, os apresentadores ofegam histrionicamente e levam os espectadores a acreditar que testemunharam algo que desafia as leis da física. As pessoas perturbadas contam as suas fantasias de fantasmas e poltergeists. Mas, em vez de mandá-las a um bom psiquiatra, os produtores de televisão logo as contratam e depois recrutam atores para atuar nas reconstruções dramáticas de suas ilusões — com efeitos previsíveis sobre a credulidade de grandes audiências.

Corro o risco de ser mal compreendido, e é importante que eu enfrente esse perigo. Seria demasiado fácil afirmar complacentemente que o nosso atual conhecimento científico é tudo o que se precisa saber — que podemos estar

seguros de que a astrologia e as assombrações são puro lixo, assim sem mais discussão, simplesmente porque a ciência existente não pode explicá-los. Afinal, é assim tão óbvio que a astrologia é um monte de trapça? Como sabemos que uma mãe humana não deu à luz um gatinho de 3,5 quilos? Como podemos ter certeza de que Elvis Presley não ascendeu em gloriosa ressurreição, deixando um túmulo vazio? Coisas mais estranhas já aconteceram. Ou, para ser mais preciso, coisas que aceitamos como lugar-comum, tais como o rádio, teriam parecido a nossos antepassados tão extraordinárias quanto a visita de um espectro. Para nós, um telefone celular pode não ser mais que um incômodo antissocial nos trens. Mas para os nossos antepassados do século XIX, quando os trens eram novos, um telefone celular teria parecido pura mágica. Como disse Arthur C. Clarke, o ilustre escritor de ficção científica e defensor do poder ilimitado da ciência e da tecnologia: “Qualquer tecnologia suficientemente adiantada é indistinguível da mágica”. Essa foi chamada a Terceira Lei de Clarke, e devo retornar a esse assunto.

William Thomson, o primeiro lorde Kelvin, foi um dos mais ilustres e influentes físicos britânicos do século XIX. Era um espinho na carne de Darwin, porque “provou”, com vasta autoridade, mas, como agora sabemos, com erro ainda mais vasto, que a Terra era demasiado jovem para que a evolução tivesse ocorrido. A ele são creditadas as seguintes três confiantes predições: “O rádio não tem futuro”; “As máquinas voadoras mais pesadas que o ar são impossíveis”; “Os raios X vão se revelar um embuste”. Eis um homem que levou o ceticismo a ponto de buscar — e merecer — o ridículo das futuras gerações. O próprio Arthur C. Clarke, no seu livro visionário *Profiles of the Future* (1982), conta histórias admonitórias semelhantes e dá avisos terríveis sobre os perigos do ceticismo dogmático. Quando Edison anunciou que estava pesquisando a luz elétrica em 1878, uma comissão parlamentar britânica foi criada para investigar se havia alguma coisa de verdadeiro na experiência. O comitê de especialistas noticiou que a fantástica ideia de Edison (o que hoje conhecemos como a lâmpada) era “bastante boa para nossos amigos transatlânticos [...], mas indigna da atenção dos homens práticos ou científicos”.

Para que isso não pareça uma série de histórias contra os britânicos, Clarke também cita dois ilustres cientistas americanos sobre o tema dos aeroplanos. O astrônomo Simon Newcomb teve a infelicidade de fazer o seguinte comentário pouco antes da famosa proeza dos irmãos Wright em 1903:

A demonstração de que nenhuma combinação possível de substâncias conhecidas, formas conhecidas de maquinaria e formas conhecidas de força, pode ser reunida numa máquina prática pela qual os homens cruzariam grandes distâncias pelo ar parece ao escritor tão completa quanto pode ser a demonstração de qualquer fato físico.

Outro conhecido astrônomo americano, William Henry Pickering, afirmou categoricamente que, embora as máquinas voadoras mais pesadas que o ar fossem possíveis (ele teve de afirmar tal coisa, porque os irmãos Wright a essa altura já haviam voado), elas nunca poderiam constituir uma séria proposta prática:

A mente popular frequentemente imagina máquinas voadoras cruzando velozmente o Atlântico e carregando inúmeros passageiros num modo análogo a nossos modernos navios a vapor [.. Parece seguro dizer que essas ideias devem ser totalmente visionárias, e, mesmo que uma máquina conseguisse atravessar o Atlântico com um ou dois passageiros, os custos seriam proibitivos [...]. Outra falácia popular é esperar que seja obtida uma grande velocidade.

Pickering passa a “provar” por meio de cálculos autorizados sobre os efeitos da resistência do ar que um aeroplano nunca poderia viajar mais rápido do que os trens expressos da sua época. Diante das circunstâncias, soa semelhante o comentário de Thomas J. Watson, chefe da IBM, em 1943: “Acho que há um mercado mundial para talvez cinco computadores”. Mas isso é injusto. Watson estava certamente prevendo que os computadores se tornariam cada vez maiores e, sobre esse ponto, ele estava errado; entretanto, ele não estava fazendo pouco-caso da importância do computador no futuro, como Kelvin e os outros estavam fazendo da viagem aérea.

Essas histórias de escorregadelas em cascas de banana são, na verdade, alertas terríveis sobre os perigos de um ceticismo demasiadamente zeloso. A descrença dogmática de qualquer coisa que pareça desconhecida ou inexplicada não é uma virtude. Qual é então a diferença entre isso e o meu confesso ceticismo por astrologia, reencarnação e a ressurreição de Elvis Presley? Como vamos saber quando o ceticismo é justificado e quando é uma miopia dogmática e intolerante?

Vamos pensar sobre um espectro de histórias que as pessoas poderiam nos contar e meditar a respeito do grau de ceticismo que deveríamos experimentar diante delas. No nível mais baixo estão as histórias que podem ser verdadeiras, e podem não ser, mas das quais não temos nenhuma razão particular para duvidar. Em *Men at Arms* (1952), de Evelyn Waugh, o personagem cômico Apthorpe frequentemente fala ao narrador, Guy Crouchback, de suas duas tias, uma que vive em Peterborough, a outra que vive em Tunbridge Wells. No seu leito de morte, Apthorpe finalmente confessa que na verdade tem apenas uma tia. Qual é a que você inventou, pergunta Guy Crouchback “A de Peterborough, claro.” “Você com certeza me enganou completamente.” “Sim, foi uma boa

brincadeira, não foi?”

Não, a brincadeira de Apthorpe não foi boa, e isso é precisamente o que torna engraçada a brincadeira de Evelyn Waugh à custa de Apthorpe. Há, sem dúvida, muitas damas idosas residindo em Peterborough, e, se um homem lhe diz que tem uma tia nessa cidade, não há nenhuma razão particular para não acreditar nas suas palavras. A menos que ele tenha algum motivo específico para lhe mentir, não há por que não acreditar nele, embora seja prudente verificar a evidência, se disso depender algo muito importante. Agora suponha que alguém lhe diga que sua tia consegue levitar por meio da meditação e do poder da vontade. Ela se senta de pernas cruzadas, é o que lhe dizem, e, mentalizando pensamentos bonitos e entoando um mantra, consegue se elevar acima do chão e ali permanece, pairando. Por que ser mais cético do que seríamos se alguém nos dissesse que a sua tia vive em Peterborough, pois em ambos os casos o que se tem é a palavra de uma alegada testemunha ocular?

A resposta óbvia é que a levitação pelo poder da vontade não é explicável pela ciência. Mas isso significa apenas a ciência dos dias atuais. O que nos leva de volta à Terceira Lei de Clarke, e ao ponto importante de que a ciência de qualquer era não tem todas as respostas e será superada. Talvez, em algum dia no futuro, os físicos venham a compreender plenamente a gravidade e construam uma máquina de antigravidade. É concebível que tias que levitam se tornarão algo tão comum para os nossos descendentes como os aviões a jato são para nós. A Terceira Lei de Clarke então nos autoriza a acreditar em toda história que as pessoas possam contar sobre aparentes milagres? Se um homem afirma ter visto a sua tia em levitação de pernas cruzadas, ou um turco zunindo acima dos minaretes sobre um tapete mágico, devemos engolir a história sob o pretexto de que os nossos antepassados que duvidavam da possibilidade do rádio provaram estar errados? Não, claro que essa não é uma razão suficiente para acreditar na levitação ou em tapetes mágicos. Mas, por que não?

A Terceira Lei de Clarke não funciona em sentido contrário. Dado que “qualquer tecnologia suficientemente adiantada é indistinguível da mágica”, não se segue que “qualquer afirmação mágica que alguém possa fazer em qualquer momento é indistinguível de um avanço tecnológico que acontecerá no futuro”. Sim, têm ocorrido casos em que as faces pontificantes das autoridades céticas transformam-se na maior cara de tacho. Mas tem sido feito um número muito maior de alegações mágicas que nunca foram provadas. Algumas coisas que nos surpreenderiam hoje vão se concretizar no futuro. Mas muito mais coisas que nos surpreenderiam hoje não vão se concretizar no futuro. O truque é separar a minoria do lixo — das alegações que vão continuar para sempre no reino da ficção e da magia.

Se confrontados com uma história surpreendente ou milagrosa, podemos começar nos perguntando se o nosso informante tem motivos para mentir. Ou

podemos avaliar as suas credenciais de outras maneiras. Lembro um jantar divertido com um filósofo que me contou a seguinte história: certo dia, na igreja, ele notou que um padre, ajoelhado, estava pairando vinte centímetros acima do chão da igreja. O meu ceticismo natural em relação ao meu companheiro de jantar foi intensificado quando ele passou a contar mais duas experiências que presenciou. Disse que, entre as muitas carreiras que seguira, fora certa vez diretor de uma casa para meninos delinquentes, e descobriu que todos os meninos tinham a frase “Amo mamãe” tatuada nos pênis. Uma história improvável em si mesma, mas não impossível. Ao contrário do caso do padre que levitava, nenhum grande princípio científico seria questionado se a história fosse verdade. Ainda assim, parecia fornecer uma perspectiva útil sobre a credibilidade do meu vizinho de mesa. Em outra ocasião, disse esse prolífico contador de casos, ele vira uma gralha riscar um fósforo enquanto levantava uma das asas para proteger a chama do vento. Não lembro se a gralha até mesmo deu uma baforada num cigarro, mas em todo caso as três histórias, consideradas em conjunto, pareciam estabelecer o meu companheiro como uma testemunha pouco confiável, embora divertida. Em termos amenos, a hipótese de que ele era um mentiroso (ou um lunático, ou um fantasista alucinado, ou alguém disposto a investigar a credulidade dos professores de Oxford) parecia mais provável que a hipótese alternativa de que todas as suas três histórias exageradas fossem verdadeiras.

Como filósofo, ele devia conhecer o teste lógico definido pelo grande filósofo escocês do século XVIII, David Hume, que me parece inatacável:

[...] nenhum testemunho é suficiente para estabelecer um milagre, a menos que o testemunho seja de tal ordem que sua falsidade seria mais milagrosa do que o fato que procura estabelecer.

(“Of Miracles”, 1748)

Vou observar o preceito de Hume com respeito a um dos milagres mais bem atestados de todos os tempos, que dizem ter sido testemunhado por 70 mil pessoas e que ainda está dentro do alcance da memória viva. É a aparição de Nossa Senhora de Fátima. Cito um relato de um website católico romano, no qual se observa que, dentre as muitas alegadas aparições de Maria, essa é incomum por ser oficialmente reconhecida pelo Vaticano.

Em 13 de outubro de 1917, havia mais de 70 mil pessoas reunidas na Cova da Iria em Fátima, Portugal. Tinham vindo para observar um milagre que fora profetizado pela Virgem Maria aos três jovens visionários: Lúcia dos Santos e seus dois primos, Jacinta e Francisco Marto [...]. Pouco depois do meio-dia, Nossa Senhora apareceu aos três visionários. Quando a Virgem estava prestes

a desaparecer, ela apontou para o céu. Lúcia, emocionada, repetiu o gesto, e as pessoas olharam para o céu [...]. Então um arfar de terror se elevou da multidão, pois o Sol parecia ter se desprendido do céu e estar prestes a se espatifar sobre a multidão horrorizada [...]. Quando a bola de fogo parecia que ia cair e destruí-los, o milagre cessou, e o Sol retomou o seu lugar normal no céu, brilhando tão pacificamente como antes.

Se o milagre do Sol cadente tivesse sido visto apenas por Lúcia, a jovem responsável pelo culto de Fátima, poucos o levariam a sério. Poderia ser facilmente uma alucinação particular ou uma mentira por motivos óbvios. São as 70 mil testemunhas que impressionam. Poderiam 70 mil pessoas ser simultaneamente vítimas da mesma alucinação? Poderiam 70 mil pessoas ser coniventes com a mesma mentira? Ou, se nunca houve 70 mil testemunhas, o repórter do acontecimento poderia ter conseguido inventar esse número?

Vamos aplicar o critério de Hume. Por um lado, somos solicitados a acreditar numa alucinação em massa, num truque da luz ou numa mentira em massa envolvendo 70 mil pessoas. Deve-se admitir que isso é improvável. Mas é menos improvável do que a outra alternativa: que o Sol realmente se moveu. O Sol pendente sobre Fátima não era afinal um Sol privado; era o mesmo Sol que aquecia todos os outros milhões de pessoas no lado iluminado do planeta. Se o Sol tivesse realmente se movido — mas o fenômeno só foi visto pelas pessoas de Fátima —, um milagre ainda maior teria sido perpetrado: uma ilusão de não-movimento teve de ser encenada para todos os milhões de testemunhas que não estavam em Fátima. E isso ignorando-se o fato de que, se o Sol tivesse realmente se movido na velocidade noticiada, o sistema solar teria se rompido. Não temos outra alternativa senão seguir Hume, escolher a menos milagrosa das alternativas existentes e concluir, ao contrário da doutrina oficial do Vaticano, que o milagre de Fátima não ocorreu. Além disso, nem é de todo claro que nos cabe o ônus de explicar como é que essas 70 mil testemunhas foram iludidas.

O argumento de Hume é ainda um modo de ponderar as probabilidades. Indo até a ponta extrema de nosso espectro de supostos milagres, há especulações ou alegações que podemos categoricamente e para sempre eliminar? Os físicos concordam que, se um inventor procura obter a patente de uma máquina de moto-perpétuo, pode-se seguramente recusar a patente sem nem sequer examinar o projeto. Isso porque qualquer máquina de moto-perpétuo violaria as leis da termodinâmica. Sir Arthur Eddington escreveu:

Se alguém lhe aponta que sua teoria favorita do universo está em desacordo com as equações de Maxwell — então tanto pior para as equações de Maxwell. Se for descoberto que a observação a contradiz — bem, esses experimentalistas às vezes confundem as coisas. Mas se for descoberto que a

sua teoria está contra a segunda lei da termodinâmica, não posso lhe dar nenhuma esperança. Não há nada a fazer senão cair na mais profunda humilhação. (*The Nature of the Physical World*, 1928)

Eddington se mostra inteligentemente flexível, fazendo concessões esmagadoras na primeira parte da passagem, para que a sua confiança na segunda parte tenha mais impacto. Porém, se alguém ainda achar que a sua afirmação é demasiado segura, se achar que ele está procurando encrenca com alguma tecnologia futura ainda inimaginável, que assim seja. Não vou insistir nesse ponto, mas confiar, junto com Hume, nas probabilidades relativas. Fraude, ilusão, truques, alucinação, engano honesto ou mentiras deslavadas — a combinação resulta numa alternativa tão provável que sempre vou duvidar das observações casuais ou das histórias de segunda mão que parecem sugerir a derrubada catastrófica da ciência existente. A ciência existente será sem dúvida derrubada, só que não por anedotas casuais ou espetáculos na televisão, mas por uma pesquisa rigorosa, repetida, dissecada e novamente repetida.

Retornando ao nosso espectro de improbabilidades, as fadas entrariam em algum lugar entre a tia de Apthorpe e a máquina de moto-perpétuo. Se humanos minúsculos, do tamanho de uma borboleta, usando asas e roupas de miniatura na moda, fossem amanhã realmente descobertos, nenhum grande princípio da física teria sido violado. Não seria tão revolucionário como a máquina de moto-perpétuo. Por outro lado, os biólogos teriam dificuldades para encaixar as fadas no esquema classificatório existente. De onde elas surgiram na evolução? Nem o registro fóssil, nem a zoologia existente nos mostram primatas equipados com asas adjacentes, e seria na verdade surpreendente que elas tivessem evoluído, repentina e singularmente, de uma espécie bastante perto da nossa para terem cooptado — como mostravam com clareza algumas famosas fotografias falsas que impressionaram o notoriamente crédulo Sir Arthur Conan Doyle — roupas em estilo de 1920 *à la mode*.

Algumas criaturas alegadas, como o monstro do lago Ness, o yeti, ou “o abominável homem das neves” dos Himalaias e o dinossauro do Congo, estão, no espectro, no lado mais provável das fadas de Conan Doyle. Não há realmente nenhuma razão para que uma população remanescente de pliossauros não tivesse sobrevivido no lago Ness. Nem sei expressar o prazer que eu e todos os zoólogos sentiríamos se assim fosse; ou se um autêntico dinossauro fosse descoberto no Congo. Nenhum princípio biológico, e certamente nenhum princípio físico, seria violado por uma descoberta dessas. A única razão para que pareça improvável é que o último dinossauro conhecido viveu há 65 milhões de anos, e 65 milhões de anos é um período muito longo para que uma população reprodutora permaneça oculta e sem registros fósseis. Quanto ao yeti, a perspectiva de uma população sobrevivente de *Homo erectus*, ou

Gigantopithecus, me encheria de júbilo, se eu pudesse lhe dar algum crédito. Desejaria muito que a ideia me parecesse mais provável que as alternativas de Hume — alucinações, histórias mentirosas de viajantes ou interpretações honestas, mas errôneas de pegadas animais aumentadas pelo sol.

Em 30 de agosto de 1938, a ainda famosa dramatização radiofônica de Orson Welles para *A guerra dos mundos*, de H. G. Wells, provocou amplo pânico e até boatos de suicídios entre os ouvintes, para quem a cena de abertura era — como tencionava ser — um autêntico noticiário anunciando uma invasão marciana. Essa história é frequentemente apresentada como evidência da credulidade risível da nação americana; bastante injustamente, sempre foi a minha opinião, pois uma invasão do espaço não é impossível e, se viesse a acontecer, um noticiário-relâmpago no rádio é exatamente o modo mais provável de como seríamos informados a respeito.

As histórias de discos voadores são eternamente populares, mas tendem a ser desacreditadas pela comunidade científica. Por quê? Não que uma visita do espaço seja impossível ou até altamente improvável. É que, mais uma vez, as explicações alternativas de fraude ou ilusão são mais prováveis. Na realidade, inúmeras histórias de discos voadores foram laboriosamente investigadas, em detalhes exaustivos, por equipes de cientistas profissionais e amadores conscienciosos. Repetidas vezes, as histórias desmoronaram sob investigação. Frequentemente revelavam-se simples brincadeiras (lucrativas para quem as cometia, porque os editores pagam bom dinheiro por essas histórias, por mais pobremente documentadas que sejam, e é possível sustentar toda uma indústria de camisetas e canecas de souvenir). Ou os “discos” vinham a ser aviões, dirigíveis ou balões, vistos ou iluminados de um ângulo peculiar. Às vezes são miragens ou outros truques da luz, às vezes visões de aviões militares secretos.

Algum dia, talvez, seremos visitados por naves extraterrestres. Mas a chance de que uma *determinada* notícia de discos voadores seja genuína é pequena se comparada com a chance das alternativas de Hume de fraude ou ilusão. Em particular, o que para mim diminui a verossimilhança da maioria das histórias de discos voadores é a quase cômica semelhança dos alienígenas vistos com os humanos comuns, ou com as criações fictícias mais recentes que apareceram na televisão. Muitos deles se parecem tanto com os machos humanos que desejam copular com as fêmeas humanas e até produzir uma prole fértil. Como Carl Sagan e outros assinalaram, os alienígenas humanóides loucos por abdução parecem ser a moderna contrapartida dos demônios e bruxas do século XVII.

Favorecidos pelo prestígio da televisão e dos jornais, a astrologia, o paranormâl e as visitas de alienígenas têm uma trilha de entrada privilegiada na consciência popular. Se estou certo na interpretação de que essa tendência explora o nosso apetite natural e louvável pela maravilha, temos aqui motivos paradoxais para o encorajamento. Devemos nos consolar com o pensamento de

que, como o apetite por maravilhas é satisfeito de forma muito mais aceitável pela verdadeira ciência, combater a superstição deve ser uma simples questão de educação. Mas suspeito que há uma outra força em ação que pode tornar as coisas mais difíceis. É uma força psicológica bem interessante em si mesma, e o meu objetivo no resto deste capítulo é explicá-la, porque a sua compreensão talvez nos ajude a limitar os estragos que pode causar. A outra força de que estou falando é uma credulidade normal e, de muitos pontos de vista, desejável nas crianças, que, se não formos cuidadosos, pode transbordar para a vida adulta, com resultados infelizes. Vou começar com uma história pessoal.

Certo ano, no dia da mentira (1º de abril), quando minha irmã e eu éramos crianças, nossos pais e tios nos pregaram uma peça. Anunciaram que haviam redescoberto no sótão um pequeno aeroplano que lhes pertencera quando jovens, e que iam nos levar para dar uma volta. Voar era menos comum naquela época, e estávamos maravilhados. A única condição era que tínhamos de vender os olhos. Eles nos conduziram pela mão, andando e tropeçando pelo gramado, e nos ataram nos assentos. Ouvimos o barulho do motor arrancando, houve uma guinada e subimos para um passeio cheio de solavancos, balanços e giros. De tempos em tempos passávamos evidentemente pelos altos topos das árvores, pois sentíamos os ramos roçando suavemente no corpo e um vento agradável correndo pelo rosto. Finalmente “aterrissamos”, o passeio cambaleante chegou ao fim em terra firme, as vendas foram retiradas, e, entre risos, tudo foi revelado. Não havia aeroplano. Não saíramos do lugar sobre o gramado de onde havíamos partido. Tínhamos permanecido simplesmente sentados num banco de jardim que nosso pai e nosso tio ergueram, giraram e moveram aos solavancos para simular o movimento aéreo. Não havia motor, apenas o barulhento aspirador de pó, e um ventilador para soprar o vento em nossos rostos. Esses aparelhos e os ramos das árvores que roçavam em nosso corpo foram manejados por nossa mãe e pela nossa tia, de pé ao lado do banco. Foi divertido enquanto durou.

Crianças crédulas e confiantes como éramos, havíamos esperado ansiosamente o vôo prometido durante dias. Nunca nos ocorreu perguntar por que tínhamos de voar com os olhos vendados. Não teria sido natural perguntar qual era o sentido de dar uma volta de avião, se não poderíamos ver nada? Mas não, nossos pais simplesmente nos disseram que, por alguma razão não especificada, era necessário vender os olhos; e nós aceitamos a condição. Talvez eles tenham recorrido à fórmula tradicional de “não estragar a surpresa”. Nunca nos perguntamos por que os adultos tinham nos ocultado o segredo de que pelo menos um deles devia ser um piloto experiente — acho que nem sequer perguntamos qual deles seria o piloto. Não tínhamos o modo de pensar dos céticos. Não temíamos acidentes, tal era a confiança em nossos pais. E, quando as vendas foram retiradas e nos descobrimos vítimas de uma brincadeira, ainda

assim não paramos de acreditar no Papai Noel, na Fada dos Dentes, nos anjos, no céu, nos Felizes Campos de Caça e em outras histórias que os adultos nos contavam. Minha mãe não se lembra desse incidente em particular, mas ela recorda uma ocasião na sua infância, quando o seu pai pregou a mesma brincadeira nela e na irmã menor. A sua arenga foi ainda mais exagerada, porque o aeroplano “levantou vôo” dentro de casa, e ele mandou as crianças “abaixarem a cabeça ao sair voando pela janela”. Ela e a irmã caíram como patinhos.

As crianças são naturalmente crédulas. É claro que são, o que mais se esperaria? Elas chegam ao mundo sem saber nada, rodeadas por adultos que sabem, em comparação, tudo. É honestamente verdadeiro que o fogo queima, que as cobras picam, que caminhar desprotegido ao meio-dia deixa a pele vermelha, em carne viva e, como agora sabemos, cancerosa. Além disso, o outro modo aparentemente mais científico de adquirir conhecimento, aprender por meio de tentativas e erros, não raro é má ideia, pois os erros são demasiado custosos. Se a mãe diz ao filho para não remar no lago por causa dos crocodilos, não é bom tornar-se cético, científico, “adulto” e responder: “Obrigado, mamãe, mas prefiro fazer o teste experimental”. Muito frequentemente, esses experimentos seriam terminais. É fácil ver por que a seleção natural — a sobrevivência dos mais aptos — penalizaria um modo de pensar experimental e cético e favoreceria a credulidade simples nas crianças.

Mas isso tem um efeito colateral infeliz que não pode ser evitado. Se os pais dizem algo que não é verdade, a criança deve também acreditar nessa inverdade. Como não acreditariam? As crianças não são equipadas para distinguir entre um aviso falso sobre perigos genuínos e um aviso falso sobre ficar cego ou ir para o inferno em caso de “pecado”. Se fossem assim equipadas, não precisariam de avisos. A credulidade, como um mecanismo de sobrevivência, vem na forma de um pacote. Acredita-se em tudo o que se escuta, o falso com o verdadeiro. Os pais e os adultos sabem muito, é natural assumir que sabem tudo, e natural acreditar neles. Assim, quando contam a uma criança sobre Papai Noel descendo pela chaminé, e sobre a fé “que move montanhas”, é claro que ela também acredita nisso.

As crianças são crédulas, porque assim precisam ser para cumprir seu papel de “lagartas” na vida. As borboletas têm asas porque seu papel é localizar membros do sexo oposto e espalhar a sua prole a novas plantas nutritivas. Elas têm apetites modestos satisfeitos por doses ocasionais de néctar. Comem menos proteínas em comparação com as lagartas, que constituem o estágio de crescimento na sua história de vida. Os animais jovens têm em geral o papel de se preparar para serem adultos reprodutores bem-sucedidos. As lagartas existem para se alimentar o mais rápido possível, a fim de formarem a crisálida e poderem se transformar em adultos dispersos, reprodutores e voadores. Para

esse fim, elas não têm asas, e sim fortes mandíbulas moedoras e apetites vorazes e simples.

As crianças humanas precisam ser crédulas por uma razão semelhante. Elas são as lagartas da informação. Existem para se transformar em adultos reprodutores numa sociedade sofisticada baseada na informação. E de longe a fonte mais importante da sua dieta de informação são os mais velhos, acima de tudo os pais. Pelo mesmo tipo de razão por que as lagartas têm mandíbulas que sabem roer e aproveitar a polpa do repolho, as crianças humanas têm ouvidos e olhos bem abertos, além de mentes confiantes e boquiabertas, para tragar a língua e outros conhecimentos. São os sugadores do conhecimento adulto. Ondas gigantescas de dados, gigabytes de sabedoria invadem os portais do crânio infantil, e a sua maior parte se origina na cultura construída pelos pais e pelas gerações de antepassados. Nas circunstâncias, é importante não levar a analogia da lagarta longe demais. As crianças se transformam gradativamente em adultos, e não de repente, como as lagartas se metamorfoseiam em borboletas.

Lembro-me certa vez de tentar gentilmente divertir uma criança de seis anos na época de Natal, calculando com ela quanto tempo o Papai Noel levaria para descer por todas as chaminés do mundo. Se a chaminé média tem seis metros de comprimento, e há, digamos, 100 milhões de casas com crianças, com que velocidade, perguntei em voz alta, ele teria de descer zunindo em cada chaminé para terminar o trabalho ao amanhecer do dia de Natal? Ele nem teria tempo de entrar na ponta dos pés e sem fazer barulho no quarto de cada criança, não é mesmo, pois ele estaria necessariamente rompendo a barreira do som? Ela compreendeu a questão e viu que havia um problema, mas isso não a preocupou nem um pouco. Abandonou o assunto sem continuar a investigação. A óbvia possibilidade de que os pais lhe contaram inverdades nunca pareceu lhe passar pela cabeça. Ela não teria se expressado com essas palavras, mas a implicação era que, se as leis da física tornavam a proeza de Papai Noel impossível, tanto pior para as leis da física. Bastava que os pais lhe tivessem contado que ele descia em todas as chaminés durante as poucas horas da véspera de Natal. Assim devia ser, porque era o que mamãe e papai haviam dito.

A minha alegação é que a credulidade confiante pode ser normal e saudável na criança, mas torna-se repreensível e pouco saudável no adulto. O ato de crescer, no sentido mais pleno da palavra, deve incluir o cultivo de um saudável ceticismo. Uma viva predisposição a ser enganado pode ser chamada de infantil, porque é comum — e defensável — entre as crianças. Suspeito que a sua persistência nos adultos provém de um desejo, na verdade um anseio, da segurança e do conforto perdidos da infância. A ideia foi bem expressa em 1986 pelo grande divulgador de ciência e escritor de ficção científica Isaac Asimov: “Investigue-se toda manifestação da pseudociência, e o que se descobre é um cobertor seguro, o polegar para chupar, uma saia a que se agarrar”. A infância é,

para muitas pessoas, uma Arcádia perdida, uma espécie de céu, com suas certezas e sua segurança, suas fantasias de voar para a Terra do Nunca, suas histórias na hora de dormir antes de partirmos à deriva para a Terra de Nod (Referência a um poema para crianças de Eugene Field, “Wynken, Blynken, and Nod [Dutch Lullaby]” N. T.) nos braços de um ursinho de pelúcia. Retrospectivamente, os anos da inocência infantil passam rápido demais. Amo meus pais por me levarem para um passeio pelos topos das árvores, lá no alto, como uma pipa; e por me contarem sobre a Fada dos Dentes e o Papai Noel, sobre Merlin e suas magias, sobre o Menino Jesus e os Três Reis Magos. Todas essas histórias enriquecem a infância e, junto com muitas outras coisas, ajudam a transformá-la, na memória, num tempo encantado.

O mundo adulto pode parecer um lugar frio e vazio, sem fadas nem Papai Noel, sem os Felizes Campos de Caça para onde vão os pranteados animais de estimação, e sem os anjos — da guarda ou do jardim. Mas também não há demônios, fogo do inferno, bruxas malvadas, fantasmas, casas assombradas, possessão demoníaca, bichos-papões ou ogros. Sim, descobre-se que o ursinho e a boneca não estão realmente vivos. Contudo, há companheiros de cama, quentes, vivos, falantes, pensantes, a que podemos nos agarrar, e muitos de nós achamos que esse é um tipo mais gratificante de amor do que o afeto infantil por brinquedos empalhados, por mais macios e aconchegantes que possam ser.

Não crescer apropriadamente é reter a nossa qualidade “lagarta” da infância (quando é uma virtude) na vida adulta (quando se torna um vício). Na infância, a nossa credulidade nos auxilia bastante. Ajuda-nos a introduzir em nossos crânios, com extraordinária rapidez, toda a sabedoria dos pais e antepassados. Mas se não superarmos essa etapa ao longo do tempo, a nossa natureza lagarta nos torna um alvo certo para os astrólogos, os médiuns, os gurus, os evangelistas e os charlatães. O gênio da criança humana, uma extraordinária lagarta mental, é absorver informações e ideias sem criticá-las. Se as faculdades críticas se desenvolvem mais tarde, será apesar das inclinações da infância, e não em decorrência delas. O mata-borrão do cérebro da criança é a sementeira pouco promissora, a base em que mais tarde a atitude cética, como uma mostarda que luta para vingar, pode vir a crescer. Precisamos substituir a credulidade automática da infância pelo ceticismo construtivo da ciência adulta.

Suspeito, porém, de outro problema. A nossa história da criança como a lagarta da informação era demasiadamente simples. A programação da credulidade infantil tem uma peculiaridade que é quase paradoxal, enquanto não a compreendemos. Vamos voltar à nossa imagem da criança que precisa absorver as informações da geração anterior o mais rapidamente possível. E se dois adultos, a mãe e o pai, lhe dão conselhos contraditórios? E se a mãe diz à criança que todas as cobras são mortais e que ela não deve se aproximar de nenhum desses animais, mas no dia seguinte o pai lhe diz que todas as cobras são

mortais, exceto as verdes, e que ela pode ter uma cobra verde como animal de estimação? Os dois conselhos podem ser bons. O conselho mais geral da mãe tem o efeito desejado de proteger o filho das cobras, mesmo que seja indiscriminado a respeito das cobras verdes. O conselho mais discriminado do pai tem o mesmo efeito protetor e é de certo modo melhor; mas poderia ser fatal se acatado, sem revisão, num país distante. Em todo caso, para a criança pequena a contradição entre os dois pode ser perigosamente confusa. Com frequência os pais fazem grandes esforços para não entrar contradição, e têm provavelmente razão de tomar esse cuidado. Mas a seleção natural, ao “projetar” a credulidade, precisaria incluir um modo de lidar com os conselhos contraditórios. Talvez uma simples regra de anular a contradição como: “Acredite em qualquer história que ouvir primeiro”. Ou: “Acredite mais na mãe que no pai, e mais no pai que nos outros adultos da população”.

Às vezes o conselho dos pais tem o objetivo específico de alertar contra a credulidade em relação aos outros adultos na população. O seguinte conselho é um daqueles que os pais precisam dar a seus filhos: “Se um adulto pedir que o acompanhe e disser que é amigo de seus pais, não acredite nas suas palavras, por mais simpático que ele pareça e até (ou especialmente) se lhe oferecer doces. Só acompanhe um adulto que você e seus pais já conhecem, ou que esteja com uniforme de policial”. (Saiu recentemente uma história encantadora nos jornais ingleses, contando que a rainha Elizabeth, a Rainha-mãe, com 97 anos, mandou o motorista parar o carro ao ver uma criança aos prantos, que estava aparentemente perdida. A bondosa dama saiu do carro para consolar a menina e ofereceu-se para levá-la para casa. “Não posso”, gemeu a criança, “não tenho permissão para falar com estranhos”) Uma criança é solicitada a exercer o oposto exato da credulidade em algumas circunstâncias: uma persistência obstinada em acreditar na primeira declaração de um adulto em face do que pode ser uma outra declaração tentadora e plausível — mas contraditória.

Em si mesmas, as palavras “ingênuo” e “crédulo” não são as mais corretas para caracterizar as crianças. As pessoas verdadeiramente crédulas acreditam em tudo o que acabam de lhes contar, mesmo que isso contradiga o que outros lhe contaram antes. A qualidade da infância que estou tentando definir não é uma simples credulidade, e sim uma combinação complexa de credulidade unida com o seu oposto — uma persistência teimosa numa crença já adquirida. A receita completa é, portanto, uma extrema credulidade seguida por uma inflexibilidade subsequente igualmente obstinada. Dá para perceber a combinação devastadora que isso pode acarretar. Aqueles antigos jesuítas sabiam o que faziam: “Dê-me a criança durante os sete primeiros anos, e eu lhe darei o homem”.

## 7. O desvendamento do mistério

[...] embora nenhuma razão atenciosa ordene Os mistérios escuros das almas humanas Em claros conceitos [...]

([...] though no great minisfring reason sorts/ Out the dark mysteries of human souls/ To clear conceiving [...])

John Keats, “Sleep and Poetry” (1817)

O eminente especialista em fertilidade Robert Winston imagina o seguinte anúncio, publicado no jornal por um curandeiro inescrupuloso, dirigido a pessoas que desejam saber se o seu bebê vai ser um menino (o sexismo subjacente a esse pressuposto não é meu, mas é possível encontrá-lo incontestado em todo o mundo antigo e ainda em muitos lugares do mundo atual): “Mande quinhentas libras para receber minha receita patenteada de como fazer com que seu bebê seja um menino. Devolução total do dinheiro, se eu falhar”. A garantia da restituição do dinheiro pretende estabelecer a confiança no método. Na verdade, como os meninos nascem de qualquer modo em aproximadamente cinquenta por cento dos casos, o esquema seria um belo modo de ganhar dinheiro. Aliás, o curandeiro poderia sem problemas oferecer uma compensação de, digamos, 250 libras para cada menina nascida, além da garantia de devolução do dinheiro. Ainda assim teria um bom lucro no longo prazo.

Empreguei uma ilustração semelhante numa das minhas Palestras de Natal na Royal Institution, em 1991. Disse que tinha razões para acreditar que entre a plateia havia um médium, um indivíduo vidente, capaz de influenciar os acontecimentos apenas com o poder do pensamento. Eu tentaria identificar esse indivíduo. “Vamos primeiro estabelecer”, disse eu, “se o médium está na metade esquerda ou na metade direita da sala de conferências.” Convidei todo mundo a se levantar, enquanto o meu assistente atirava uma moeda ao ar. Todos à esquerda da sala foram solicitados a “desejar” que a moeda desse cara. Todos à direita tiveram de “desejar” que desse coroa. É claro que um dos lados tinha de perder, e esses foram convidados a se sentar. Os que permaneceram de pé foram então divididos em dois, metade “desejando” cara e a outra metade, coroa. Mais uma vez os perdedores se sentaram. E assim por sucessivas divisões por dois até que, inevitavelmente, depois de sete ou oito lances da moeda, havia só um indivíduo de pé. “Um grande aplauso para o nosso vidente.” Ele devia ser médium; afinal, influenciou a moeda oito vezes seguidas com sucesso.

Se as palestras tivessem sido televisionadas ao vivo, em vez de gravadas e

apresentadas mais tarde, a demonstração teria sido muito mais impressionante. Eu teria pedido que todos os espectadores com sobrenome iniciado por uma letra antes de J no alfabeto “desajassem” cara, e o resto, coroa. A metade que viesse a conter o “médium” teria sido dividida de novo por dois, e assim por diante. Eu teria pedido que todos mantivessem um registro escrito da ordem dos seus “desejos”. Com 2 milhões de espectadores, teriam sido necessários uns 21 passos para chegar a um único indivíduo. Para me manter numa posição segura, eu teria parado um pouco antes dos 21 passos. No passo dezoito, digamos, eu teria solicitado que todos os que ainda estivessem no jogo telefonassem. Haveria alguns poucos nessas condições e, com sorte, alguém telefonaria. Esse indivíduo seria então solicitado a ler o seu registro escrito: Ca-Co-Co-Co-Ca-Ca-Co-Ca-Ca-Ca-Ca-Co-Co-Co-Ca-Ca-Co-Co, que se casaria perfeitamente com o registro oficial. Assim, esse indivíduo teria conseguido influenciar dezoito lances sucessivos da moeda. Olhos arregalados de admiração. Mas admiração pelo quê? Nada senão pura sorte. Não sei se esse experimento foi realizado. Na realidade, o truque é tão óbvio que provavelmente não enganaria muitas pessoas. Mas o que dizer do seguinte?

Um famoso “médium” aparece na televisão, um compromisso lucrativo marcado na hora do almoço pelo seu agente de publicidade. Fitando os espectadores através de 10 milhões de telas com olhos hipnoticamente ardentes (um bom trabalho das equipes de maquiagem e iluminação), o nosso imaginário vidente entoa que sente uma relação estranha e espiritual, uma ressonância vibrante de energia cósmica, com certos membros da audiência. Eles serão capazes de saber quem são, porque, exatamente no momento em que pronuncia o seu sortilégio místico, os seus relógios vão parar. Depois de uma pequena pausa, toca um telefone em cima da sua mesa, e uma voz amplificada em tons de admiração anuncia que seu relógio parou totalmente segundos após as palavras do vidente. A falante do outro lado da linha acrescenta que teve uma premonição de que isso ia acontecer mesmo antes de olhar para o relógio, pois algo nos olhos ardentes do herói parecia falar diretamente à sua alma. Ela sentia as “vibrações” da “energia”. Enquanto ainda está falando, toca um segundo telefone. Mais outro relógio parou.

O relógio de pêndulo de uma terceira pessoa parou — seguramente uma proeza mais influente do que parar um pequeno relógio de pulso, cujo delicado cabelo seria naturalmente mais suscetível às forças mediúnicas que o pêndulo pesado do outro relógio! O relógio de pulso de outro espectador parou na verdade um pouco antes que o celebrado místico fizesse o seu pronunciamento — não é uma façanha ainda mais impressionante de controle mediúnico? Outro relógio foi ainda mais impacientemente suscetível às forças ocultas. Havia parado um dia antes, no exato momento em que seu dono olhou para a fotografia do famoso místico no jornal. A plateia do estúdio arregala os olhos de admiração. Isso

certamente é poder mediúnico acima de todo ceticismo, pois aconteceu *um dia antes!* “Há mais coisas no céu e na terra, Horácio...”

O que precisamos é menos olhos arregalados e mais raciocínio. Este capítulo trata de como tirar o vigor da coincidência, sentando-se tranquilamente e calculando a probabilidade de que ela teria acontecido de qualquer modo. Ao longo do capítulo, vamos descobrir que desarmar coincidências aparentemente incomuns é mais interessante que admirá-las de olhos arregalados.

Às vezes o cálculo é fácil. Num livro anterior, revelei o número da combinação da tranca da minha bicicleta. Não achei arriscado revelar esse segredo, porque obviamente os meus livros nunca seriam lidos pelo tipo de pessoa que roubaria uma bicicleta. Infelizmente alguém a roubou, e eu agora tenho uma nova tranca com um novo número, 4167. Acho esse número fácil de lembrar. O 41 está gravado na minha memória como o código arbitrário usado para identificar as minhas roupas e sapatos no internato. E 67 é a idade em que devo me aposentar. Obviamente não há nenhuma coincidência interessante nisso: qualquer que fosse o número, eu teria revirado a minha vida para encontrar uma forma de decorá-lo, e a teria achado. Mas observem o que aconteceu depois. No dia em que escrevia estas linhas, recebi da minha faculdade de Oxford uma carta dizendo:

Toda pessoa autorizada a usar as fotocopiadoras recebe um número de código pessoal que lhe permite o acesso. O seu novo número é 4167.

O meu primeiro pensamento foi que eu, sem dúvida, perderia o pedaço de papel (logo perdi o seu equivalente no ano passado) e devia imediatamente pensar numa fórmula para fixá-lo na minha memória. Talvez algo semelhante à mnemónica pela qual consigo lembrar a combinação da minha bicicleta? Por isso, olhei de novo para o número na carta e, tomando emprestado uma bela frase do romance de ficção científica de Fred Hoyle, *The Black Cloud*, os números se agigantaram no pedaço de papel.

4167

Eu não precisava de uma nova mnemónica. O número era idêntico. Corri para contar a minha mulher a espantosa coincidência, mas, refletindo com mais sobriedade, não deveria ter me dado a esse trabalho.

As chances de essa coincidência acontecer por puro acaso são facilmente calculadas. O primeiro dígito poderia ter sido qualquer um de 0 a 9. Assim, há uma chance em dez de conseguir um 4 que case com a tranca da bicicleta. Para cada uma dessas dez possibilidades, o segundo dígito poderia ter sido qualquer um de 0 a 9, por isso mais uma vez há uma chance em dez de o número

corresponder ao segundo da tranca da bicicleta. A chance de casar os dois primeiros dígitos é, portanto, uma em cem e, seguindo a lógica para os outros dois dígitos, a chance de que todos os quatro números correspondam aos da tranca da bicicleta é de uma em 10 mil. Esse número enorme é que constitui a nossa proteção contra o roubo.

A coincidência é impressionante. Mas o que devemos concluir? Algo misterioso e providencial anda ocorrendo? Os anjos da guarda estiveram trabalhando nos bastidores? As estrelas da sorte entraram em Urano? Não. Não há razão para suspeitar nada mais do que o simples acaso. O número de pessoas no mundo é tão grande comparado a 10 mil que alguém, neste exato momento, deve estar experimentando uma coincidência pelo menos tão espantosa quanto a minha. Acontece que hoje era o meu dia de prestar atenção nessa coincidência. Nem é sequer uma coincidência adicional que me aconteceu neste dia particular, enquanto escrevia este capítulo. Na verdade eu já havia escrito o primeiro esboço do capítulo algumas semanas antes. Reabri o arquivo hoje, depois que a coincidência ocorreu, para inserir essa pequena história. Vou certamente reabri-lo muitas vezes para revisar e polir o texto, e não vou retirar as referências a “hoje”: elas eram exatas no momento em que foram escritas. Essa é outra maneira de inflar o caráter impressionante da coincidência para criar uma boa história.

Podemos fazer um cálculo semelhante para o guru da televisão cujo miasma mediúnico parecia parar os relógios das pessoas, mas teremos de usar antes estimativas que números exatos. Qualquer relógio tem uma baixa probabilidade de parar a qualquer momento. Não sei qual é essa probabilidade, mas eis como poderíamos chegar a uma estimativa. Se tomarmos apenas os relógios digitais, a sua bateria acaba tipicamente em um ano. Aproximadamente, portanto, um relógio digital para uma vez por ano. É presumível que os relógios comuns parem com mais frequência, porque as pessoas se esquecem de lhes dar corda, e também que os relógios digitais parem com menos frequência, porque as pessoas às vezes se lembram de trocar a bateria antes do tempo. Entretanto, os dois tipos de relógio provavelmente param com bastante frequência, porque sofrem falhas de um ou outro tipo. Assim, vamos estimar que qualquer relógio tem a probabilidade de parar mais ou menos uma vez por ano. Não importa muito o grau de exatidão de nossa estimativa. O princípio continuará válido.

Se o relógio de uma pessoa parasse três semanas depois que o sortilégio foi pronunciado na televisão, até o mais crédulo preferiria atribuir o fenômeno ao acaso. Precisamos decidir o tamanho do intervalo que a audiência teria julgado suficientemente simultâneo ao pronunciamento do médium para causar alguma impressão. Ups cinco minutos é sem dúvida seguro, especialmente porque ele pode responder a cada um dos telefonemas por alguns minutos, antes que a próxima chamada deixe de parecer mais ou menos simultânea. Há cerca de 100

mil períodos de cinco minutos num ano. A probabilidade de que cada relógio, digamos o meu, vá parar num designado período de cinco minutos é cerca de uma em 100 mil. Uma probabilidade baixa, mas há 10 milhões de pessoas assistindo ao programa. Se apenas metade dessas pessoas está usando relógio, poderíamos esperar que cerca de 25 desses relógios parassem a qualquer minuto dado. Se apenas um quarto dessas pessoas telefonasse para o estúdio, seriam seis telefonemas, mais do que suficiente para deixar atônita uma audiência ingênua. Especialmente quando fossem acrescentados os telefonemas das pessoas cujos relógios pararam no dia anterior, as pessoas cujos relógios de pulso não pararam, mas cujo relógio de pêndulo parou, as pessoas que morreram de ataque cardíaco e cujos parentes consternados telefonaram para dizer que o “tique-taque” delas parou, e assim por diante. Esse tipo de coincidência é celebrado na antiga canção deliciosamente sentimental “My Grandfather’s Flock”:

Noventa anos sem dormir  
Tique-taque, tique-taque,  
Contando os segundos da sua vida,  
Tique-taque, tique-taque,  
Parou [...] de repente [...] para nunca mais  
Quando o velho morreu.

(Ninety years without slumbering,/ Tick, tock, tick, tock,/ His life seconds  
numbering,/ Tick, tock, tick, tock,/ It stopped [...] short [...] never to go again/  
When the old man died).

Numa conferência de 1963, publicada postumamente em 1998, Richard Feynman conta a história de como a sua primeira esposa morreu às 9h22 da noite, e mais tarde se descobriu que o relógio no seu quarto parara exatamente às 9h22. Muitos se deliciariam com o aparente mistério dessa coincidência e achariam que Feynman lhes roubava algo precioso ao dar uma explicação simples e racional do mistério. O relógio era velho e errático e tinha o hábito de parar, se inclinado para fora da posição horizontal. O próprio Feynman frequentemente o consertava. Quando a sra. Feynman morreu, era dever da enfermeira registrar a hora exata da morte. Ela foi até o relógio, mas ele estava mergulhado em sombras. Para conseguir ver as horas, ela o pegou — e inclinou o mostrador para a luz.. O relógio parou. Feynman está realmente estragando algo belo quando nos conta o que é certamente a explicação — muito simples — verdadeira? Não, na minha opinião. Para mim, ele está afirmando a elegância e a beleza de um universo ordenado em que o relógio para por razões lógicas, não para estimular fantasias sentimentais humanas.

Neste ponto, quero inventar um termo técnico, e espero que me perdoem por usar um acrônimo. Vou usar PEQTEPACO para População de Eventos Que

Teriam Parecido Coincidentes. População talvez pareça uma palavra estranha, mas é o termo estatístico correto. Vou deixar de usar as letras maiúsculas, porque elas têm um efeito muito pouco atraente na página. O fato de o relógio de uma pessoa parar dentro de dez segundos depois do sortilégio do médium entra obviamente no PEQTEPACO, mas muitos outros acontecimentos também aí se inserem. Em termos rigorosos, o relógio de pêndulo que parou não deveria ser incluído. O místico não disse que poderia parar relógios de pêndulo. Entretanto, quando um relógio de pêndulo realmente parou, eles imediatamente telefonaram, porque estavam, se é que se pode fazer essa distinção, ainda mais impressionados do que seria o caso se o relógio de pulso tivesse parado. Estimula-se a estranha interpretação errônea de que o médium é ainda mais poderoso, pois ele nem sequer se deu ao trabalho de mencionar que também podia parar relógios de pêndulo! Da mesma forma, ele nada disse sobre relógios parando no dia anterior ou corações de avôs sofrendo paradas cardíacas.

As pessoas sentem que esses acontecimentos não antecipados pertencem ao PEQTEPACO. A impressão é que forças ocultas deviam estar em operação. Mas quando se começa a pensar desse modo, o PEQTEPACO se torna realmente muito grande, e nisso reside a armadilha. Se o seu relógio parasse exatamente 24 horas antes do sortilégio, você não precisaria ser indevidamente crédulo para incluir esse evento no PEQTEPACO. Se o relógio de outra pessoa parasse exatamente sete minutos antes do sortilégio, isso poderia impressionar algumas pessoas porque sete é um antigo número místico. E o mesmo vale para sete horas, sete dias... Quanto maior o PEQTEPACO, tanto menos devemos nos impressionar com a coincidência, quando ela ocorre. Um dos expedientes de um trapaceiro eficaz é fazer as pessoas pensarem exatamente o oposto.

Por sinal, escolhi deliberadamente um truque mais impressionante para o meu médium imaginário do que o efetivamente realizado com os relógios na televisão. A proeza mais familiar é fazer funcionar relógios que pararam. A audiência da televisão é convidada a se levantar e buscar, nas gavetas e sótãos, relógios estragados para segurá-los na mão, enquanto o médium realiza algum encantamento ou algum exercício hipnótico com o olhar. O que realmente acontece é que o calor da mão derrete o óleo que coagulou, e isso faz o relógio voltar a funcionar, ainda que por pouco tempo. Mesmo que isso aconteça apenas numa pequena proporção dos casos, essa proporção, multiplicada pela enorme audiência, vai gerar um número satisfatório de telefonemas estupefatos. Na realidade, como Nicholas Humphrey explica em sua admirável exposição sobre o sobrenaturalismo *Soul Searching* (1995), tem-se demonstrado que mais de cinquenta por cento dos relógios estragados voltam a funcionar, pelo menos momentaneamente, se alguém os segura na mão.

Eis outro exemplo de uma coincidência, em que é claro o modo de calcular a probabilidade. Vamos usá-lo para ir adiante e ver como a probabilidade é

suscetível de mudar o PEQTEPACO. Tive certa vez uma namorada que tinha o mesmo dia de aniversário (embora fosse de outro ano) de minha namorada anterior. Ela contou o fato a uma de suas amigas adeptas da astrologia, e a amiga triunfantemente perguntou como é que eu poderia justificar o meu ceticismo diante dessa evidência esmagadora de que havia sido atraído inconscientemente por duas mulheres sucessivas com base nas suas “estrelas”. Mais uma vez, vamos examinar o caso tranquilamente. É fácil calcular a probabilidade de que duas pessoas, escolhidas inteiramente ao acaso, terão o mesmo dia de aniversário. Há 365 dias no ano. Seja qual for o dia de aniversário da primeira pessoa, a chance de que a segunda tenha o mesmo dia de aniversário é uma em 365 (ignorando os anos bissextos). Se formarmos pares de qualquer maneira específica, como, por exemplo, considerando as sucessivas amigas de um determinado homem, a chance de que elas tenham o mesmo dia de aniversário é de uma em 365. Se consideramos 10 milhões de homens (menos que a população de Tóquio ou da Cidade do México), essa coincidência aparentemente incomum terá acontecido a mais de 27 mil deles!

Agora vamos pensar sobre o PEQTEPACO e verificar como a coincidência aparente se torna menos impressionante à medida que ele incha. Há muitas outras maneiras de formar pares e ainda acabar por observar uma coincidência aparente. Duas namoradas sucessivas com o mesmo sobrenome, embora não sejam parentes, por exemplo. Dois sócios com o mesmo dia de aniversário também entrariam no PEQTEPACO; ou duas pessoas com o mesmo dia de aniversário sentadas lado a lado num avião. Entretanto, num Boeing 747 bem ocupado, a chance de que pelo menos um par de vizinhos partilhe o mesmo dia de aniversário é, na verdade, maior que cinquenta por cento. Em geral não observamos esses detalhes, porque não espiamos sobre o ombro do outro quando preenchemos aqueles tediosos formulários de imigração. Mas se o fizéssemos, alguém na maioria dos vôos sairia resmungando sombriamente sobre as forças ocultas.

A coincidência de aniversário é admiravelmente expressa de uma forma mais dramática. Se temos uma sala com apenas 23 pessoas, os matemáticos podem provar que a chance de duas dessas pessoas terem o mesmo dia de aniversário é pouco maior que cinquenta por cento. Dois leitores de um primeiro manuscrito do livro me pediram que justificasse essa declaração espantosa. Eu me solidarizo com as pessoas que têm fobia de fórmulas matemáticas, por isso vou tentar explicar em palavras.

É mais fácil calcular a chance de que *não* existe um par de aniversários comuns na sala. Vamos fingir que não existam os anos bissextos, e supor que você e eu estamos entre as 23 pessoas na sala. O meu aniversário é em 26 de março. Não sei quando é o seu, mas, como há 364 dias que não são 26 de março, a probabilidade de que não partilhemos o mesmo dia de aniversário é de 364/365

(0,997). Contudo, o par formado por você e por mim é apenas um dos muitos pares que poderíamos imaginar em nossa sala de 23 pessoas. Temos de multiplicar 364/365 por si mesmo para cada par. Quantos pares? Uma primeira tentativa é  $23 \times 23 (= 529)$ , mas esse número é claramente excessivo. Permite que cada pessoa forme um par consigo mesma, o que é absurdo: é óbvio e trivial que partilhemos o dia de aniversário com nós mesmos! Assim devemos subtrair pelo menos 23 de nossa lista preliminar de possíveis pares, o que nos dá  $(23 \times 23) - 23 = 506$ . E nossa primeira tentativa também conta você/eu como algo distinto de eu/você, enquanto é óbvio que, se você partilha o dia de aniversário comigo, eu devo partilhar o seu dia de aniversário. Em outras palavras, estamos contando cada par duas vezes. Assim devemos dividir por dois os nossos 506, o que estabelece 253 como o número de pares que devemos considerar. Leva muito tempo fazer os cálculos à mão, mas um computador (ou uma tábua de logaritmos) vai conduzi-lo rapidamente à conclusão de que 364/365 multiplicado por si mesmo 253 vezes resulta num número muito próximo de 0,5. Essa é a chance de que não haverá aniversários compartilhados na sala.

Assim há uma chance aproximadamente igual de que pelo menos um par de indivíduos num comitê de 23 membros tenha o mesmo dia de aniversário. Se fizermos os cálculos equivalentes para trinta pessoas, encontraremos que o número de pares formados, isto é, metade de  $((30 \times 30) - 30)$ , chega a 435. E 364/365 multiplicado por si mesmo 435 vezes é aproximadamente 0,30. Assim, a chance de um par com aniversário compartilhado é de cerca de setenta por cento. Você pode arrumar uma boa renda se for a um campo de rúgbi todo sábado e apostar uma quantia sempre igual na possibilidade de que, entre os trinta jogadores em campo, dois tenham o mesmo dia de aniversário. A intuição da maioria das pessoas as estimularia a apostar contra essa coincidência. Mas estariam erradas. É esse tipo de erro intuitivo que em geral atormenta a nossa avaliação das coincidências “incomuns”.

Eis outra coincidência da vida real, a respeito da qual podemos tentar fazer uma estimativa aproximada das probabilidades, embora seja um pouco mais difícil. Certa vez minha esposa comprou para a sua mãe um belo relógio antigo com um mostrador cor-de-rosa. Quando chegou em casa e tirou a etiqueta do preço, ficou surpresa por descobrir, gravadas na parte de trás do relógio, as iniciais da sua mãe, M.A.B. Incomum? Estranho? Arrepiante? Arthur Koestler, o famoso romancista, teria interpretado o fato de muitas maneiras. O mesmo teria feito C. G. Jung, o muito admirado psicólogo e inventor do “inconsciente coletivo”, que também acreditava que forças psíquicas podiam levar uma estante de livros ou uma faca a explodir espontaneamente com um forte estampido. Minha esposa, mais sensata, apenas achou a coincidência das iniciais extraordinariamente conveniente e bastante divertida a ponto de justificar que me contasse a história — e aqui estou eu relatando o caso para uma audiência

mais ampla.

Assim, quais são realmente as chances contra uma coincidência dessa magnitude? Podemos começar calculando-as de forma ingênua. Há 26 letras no alfabeto. Se a sua mãe tem três iniciais e você acha um relógio gravado com três letras aleatórias, a probabilidade de que duas vão coincidir é  $1/26 \times 1/26 \times 1/26$ , ou uma em 17 576. Há cerca de 55 milhões de pessoas na Grã-Bretanha. Se todos comprassem um relógio antigo gravado, a expectativa é que mais de 3 mil arregalassem os olhos de espanto, ao descobrir que o relógio já ostentava as iniciais da sua mãe.

No entanto, a probabilidade é ainda melhor que isso. O nosso cálculo ingênuo assumiu incorretamente que cada letra tem  $1/26$  de probabilidade de ser a inicial de alguém. Essa é a probabilidade média para o alfabeto em geral, mas algumas letras, como X e Z, têm uma probabilidade menor. Outras, inclusive M, A e B, são mais comuns: imagine como não ficaríamos muito mais impressionados se as iniciais coincidentes tivessem sido X.Q.Z. Podemos melhorar a nossa estimativa de probabilidade tirando amostras de uma lista telefônica. A amostragem é um modo respeitável de estimar algo que não podemos contar diretamente. A lista telefônica de Londres é um bom lugar de onde tirar amostras, não só porque é grande, mas porque acontece que Londres é o lugar em que a minha esposa comprou o relógio e onde sua mãe morava. A lista telefônica de Londres contém cerca de 216 052,4 centímetros de colunas — ou cerca de 2,16 quilômetros de colunas — de nomes de cidadãos privados. Dentre esses nomes, cerca de 20 599,4 centímetros de colunas são dedicadas à letra B. Isso significa que cerca de 9,5% dos londrinos têm um sobrenome que começa com B — muito mais frequente que o número para uma letra média:  $1/26$ , ou 3,3%.

Assim, a probabilidade de que um londrino escolhido ao acaso tivesse um sobrenome que começa com B é de cerca de 0,095 (= 9,5%). E o que dizer das probabilidades correspondentes de que os primeiros nomes comecem com M ou A? Levaria muito tempo contar as iniciais dos prenomes em toda a lista telefônica, e nem faria sentido porque a lista telefônica é em si apenas uma amostra. O mais fácil de fazer é tirar uma subamostra em que as iniciais dos prenomes são convenientemente arranjadas em ordem alfabética. Isso vale para as listagens *dentro* de qualquer sobrenome. Vou tomar o sobrenome mais comum na Inglaterra — Smith — e verificar em que proporção os Smith são M. Smith e em que proporção eles são A. Smith. Há uma esperança razoável de que isso seja aproximadamente representativo das probabilidades das iniciais dos prenomes para os londrinos em geral. Descobre-se que há ao todo um pouco mais que 18,28 metros de colunas de Smith. Desses, 0,073 (136,14 centímetros de colunas) são M. Smith. Os A. Smith preenchem 191,51 centímetros de colunas, representando 0,102 de todos os Smith.

Se você é londrino e seu nome tem três iniciais, portanto, as chances de serem M.A.B., nessa ordem, são de aproximadamente  $0,102 \times 0,073 \times 0,095$ , ou cerca de 0,0007. Como a população da Grã-Bretanha é de 55 milhões, isso deveria significar que cerca de 38 mil têm as iniciais M.A.B., mas apenas se todos esses 55 milhões tiverem três iniciais. É óbvio que nem todo nome tem três iniciais, porém, examinando de novo a lista telefônica, parece que pelo menos a maioria apresenta essa característica. Se fizermos a pressuposição conservadora de que apenas metade dos britânicos tem nome com três iniciais, isso ainda significa que mais de 19 mil britânicos possuem iniciais idênticas às da mãe da minha mulher. Qualquer um deles poderia ter comprado aquele relógio e arregalado os olhos com a coincidência. O nosso cálculo mostrou que não há razão para arregalar os olhos.

Na verdade, quando pensamos mais a fundo sobre o peqte- paco, descobrimos que temos ainda menos direito de ficar impressionados. M.A.B. eram as letras iniciais do nome de solteira da mãe da minha mulher. As suas iniciais de casada, M.A.W., teriam parecido igualmente impressionantes se tivessem sido encontradas no relógio. Os sobrenomes que começam com W são quase tão comuns na lista telefônica quanto aqueles que começam com B. Essa consideração aproximadamente dobra o PEQTEPACO, ao dobrar o número de pessoas no país que um caçador de coincidências teria julgado capazes de ter “as mesmas iniciais” da mãe da minha mulher. Além disso, se alguém comprasse um relógio e descobrisse que não estava gravado com as iniciais da sua mãe, mas com as suas, poderia considerar esse fato uma coincidência ainda maior e mais digna de ser incluída dentro do (sempre crescente) PEQTEPACO.

O falecido Arthur Koestler, como já mencionei, era um grande entusiasta de coincidências. Entre as histórias que conta em *The Roots of Coincidence* (1972), há várias que foram originalmente coletadas por seu herói, o biólogo austríaco Paul Kammerer (famoso por publicar um experimento falso com a intenção de demonstrar a “herança de características adquiridas” no sapo parteiro [*Alytes obstetricans* e *A. cisternasi*]). Eis uma típica história de Kammerer citada por Koestler:

Em 18 de setembro de 1916, a minha esposa, esperando pela sua vez no consultório do prof. dr. J. V. H., lê a revista *Die Kunst*. Fica impressionada com algumas reproduções dos quadros de um pintor chamado Schwalbach, e mentalmente toma nota do nome, porque gostaria de ver os originais. Nesse momento, a porta se abre e a recepcionista grita para os pacientes: “Frau Schwalbach está aí? Está sendo chamada ao telefone”.

Provavelmente não vale a pena estimar a probabilidade contra essa coincidência, mas podemos pelo menos anotar alguns dos dados que

precisaríamos conhecer. “Nesse momento, a porta se abre” é um pouco vago. A porta se abriu um segundo ou vinte minutos após ela ter pensado em procurar as pinturas de Schwalbach? Quanto tempo poderia ter decorrido nesse intervalo, deixando-a ainda impressionada com a coincidência? A frequência do nome Schwalbach é obviamente relevante: ficaríamos menos impressionados se o nome tivesse sido Schmidt ou Strauss; ainda mais impressionados se tivesse sido Twistleton-Wykeham-Fiennes ou Knatchbull-Huguesson. A minha biblioteca local não tem a lista telefônica de Viena, mas uma rápida olhada numa outra grande lista telefônica alemã, a de Berlim, descobre meia dúzia de Schwalbach. O nome não é particularmente comum, sendo compreensível que a senhora tivesse ficado impressionada.

No entanto, precisamos pensar mais sobre o tamanho do PEQTEPACO. Coincidências semelhantes poderiam ter acontecido a outras pessoas nas salas de espera de outros médicos; e nas salas de espera dos dentistas, em repartições públicas, e assim por diante; e não apenas em Viena, mas em qualquer outro lugar. A quantidade que se deve ter em mente é o número de oportunidades para aquelas coincidências que, se tivessem ocorrido, teriam sido julgadas tão extraordinárias quanto a que realmente ocorreu.

Agora vamos tomar um outro tipo de coincidência, quando é ainda mais difícil saber como começar a calcular a probabilidade. Considere-se a experiência frequentemente citada de sonhar com um velho conhecido pela primeira vez em anos e depois receber uma carta dele, inesperadamente, no dia seguinte. Ou ficar sabendo que ele morreu naquela noite. Ou ficar sabendo que ele não morreu, mas que o pai dele morreu naquela noite. Ou que seu pai não morreu, mas ganhou na loteria esportiva. Viram como o PEQTEPACO cresce sem controle quando relaxamos a vigilância?

Muitas vezes essas histórias de coincidências são reunidas a partir de um campo bem amplo. As colunas de correspondência dos jornais populares contêm cartas enviadas por leitores que não teriam escrito se não fosse a coincidência surpreendente que lhes aconteceu. Para decidir se devemos ficar impressionados, precisamos conhecer o número da circulação do jornal. Se for de 4 milhões, seria surpreendente que não lêssemos diariamente sobre alguma espantosa coincidência, pois uma coincidência só tem de ocorrer a um dos 4 milhões para que tenhamos a chance de ler sua notícia no jornal. É difícil calcular a probabilidade de uma coincidência particular que aconteceu a uma só pessoa, digamos, um velho amigo há muito esquecido que morre durante a noite em que por acaso sonhamos com ele. Porém, qualquer que seja essa probabilidade, é certamente muito maior que uma em 4 milhões.

Assim, não há realmente razão para ficarmos impressionados quando lemos no jornal sobre uma coincidência que aconteceu a um dos leitores ou a alguém em algum lugar do mundo. Esse argumento contra a nossa atitude de espanto é

inteiramente válido. No entanto, talvez haja nesse ponto algo oculto que ainda nos incomoda. Você pode concordar alegremente que, sob o ponto de vista do leitor de um jornal de circulação de massa, não temos o direito de ficar impressionados com uma coincidência que acontece a outro dos milhões de leitores do mesmo jornal que se dá ao trabalho de escrever uma carta. Mas é muito mais difícil afastar o calafrio na espinha quando a coincidência acontece com *you* mesmo. Isso não é apenas um viés pessoal. Pode-se defender seriamente esse ponto de vista. O sentimento ocorre a quase todo mundo que conheço; se pedir a qualquer pessoa ao acaso, há uma boa chance de que ela tenha pelo menos uma história bem incomum de coincidência para relatar. Diante das circunstâncias, isso solapa o argumento cético de histórias de jornais sendo colhidas dentre um conjunto de milhões de leitores — uma imensa captação de oportunidades.

Na verdade, não o solapa pela seguinte razão. Cada um de nós, embora seja uma única pessoa, ainda assim equivale a uma população muito grande de oportunidades para coincidência. Cada dia comum que você ou eu vivemos é uma sequência ininterrupta de eventos ou incidentes, e cada um deles é potencialmente uma coincidência. Estou agora olhando para o quadro de um peixe abissal com uma face fascinantemente alienígena. É possível que, neste mesmo momento, o telefone toque e a pessoa do outro lado da linha se identifique como um certo sr. Peixoto. Estou esperando...

O telefone não tocou. A minha ideia é que, não importa o que se esteja fazendo em determinado minuto do dia, há provavelmente algum outro evento — digamos, um telefonema — que, se acontecesse, seria julgado retrospectivamente como uma estranha coincidência. Há tantos minutos no período de vida de cada indivíduo que seria muito surpreendente encontrar alguém que *never* tivesse experimentado uma coincidência espantosa. Durante este minuto em particular, os meus pensamentos se desviaram para um colega de escola chamado Haviland (não me lembro do seu primeiro nome, nem da sua aparência) a quem não encontrei e em quem não pensei durante 45 anos. Se, neste momento, um avião fabricado pela companhia De Haviland passasse voando perto da janela, eu teria uma coincidência nas mãos. Na verdade, tenho de relatar que não apareceu nenhum avião desse tipo, mas agora passei a pensar sobre outra coisa, o que me dá ainda outra oportunidade de coincidências. E assim as oportunidades de coincidências continuam a aparecer o dia inteiro em todos os dias. Mas as ocorrências negativas, as não-coincidências, não são percebidas, nem relatadas.

A nossa inclinação a descobrir significado e padrão na coincidência, quer haja um verdadeiro significado, quer não, faz parte de uma tendência mais geral de procurar padrões. Essa tendência é louvável e útil. Muitos eventos e características no mundo são realmente padronizados de uma forma não

aleatória, sendo proveitoso para nós, e para os animais em geral, detectar esses padrões. A dificuldade é navegar entre o Cila de detectar um padrão aparente onde não existe nenhum, e o Caríbdis de não detectar o padrão onde ele existe. Em grande parte, a ciência da estatística diz respeito a saber orientar-se nessa difícil rota. Todavia, muito antes que os métodos estatísticos fossem formalizados, os humanos e até outros animais eram estatísticos intuitivos bastante bons. Entretanto, é fácil cometer erros em ambas as direções.

Eis alguns padrões estatísticos verdadeiros na natureza que não são totalmente evidentes e que os humanos nem sempre reconheceram.

O intercurso sexual é estatisticamente seguido pelo nascimento uns 266 dias mais tarde.

A concepção é relativamente provável no meio do ciclo de uma mulher e relativamente improvável perto da menstruação.

Fumar causa câncer de pulmão.

Num período de peste bubônica, a proximidade com os ratos, e especialmente com suas pulgas, tende a causar infecção.

O intervalo exato varia em torno da média de 266 dias. É mais freqüente que o intercurso não resulte em concepção. O intercurso é de qualquer modo freqüente, por isso não é mais óbvio que a concepção resulte dele, do que, por exemplo, de ato de comer, que também é freqüente.

Ver acima. Além disso, as mulheres que não menstruam não concebem. Essa é uma correlação espúria que atrapalha e até sugere o oposto da verdade para uma mente ingênua.

Muitas pessoas que fumam não têm câncer de pulmão. Muitas pessoas que nunca fumaram têm câncer de pulmão.

Há muitos ratos e pulgas por aí, de qualquer modo. Os ratos e as pulgas são associados com tantas outras coisas, como a sujeira e o “ar ruim”, que é difícil saber qual dos muitos fatores correlatos é o importante, isto é, mais uma vez há correlações espúrias que atrapalham.

Agora eis alguns padrões falsos que os humanos pensaram erroneamente ter detectado.

### PADRÃO FALSO

Pode se dar um fim às secas com uma dança da chuva (ou sacrifício humano, ou borrifo de sangue de bode sobre os rins de uma doninha, ou qualquer costume arbitrário estabelecido pela teologia particular).

### RAZÃO FÁCIL DE SER MAL INTERPRETADA

De vez em quando, por acaso chuvas se seguem a uma dança da chuva (etc.), e esses raros lances da sorte ficam gravados na memória. Quando a dança da chuva não é seguida por chuva, assume-se que algum detalhe deu errado na cerimônia, ou que os deuses estão zangados por alguma outra razão: é sempre fácil encontrar uma desculpa bastante plausível.

Os cometas e outros eventos astronômicos pressagiam crises nos negócios humanos.

Ver acima. Além disso, os astrólogos têm interesse em promover o mito, assim como os sacerdotes e feiticeiros certamente têm interesse em promover os mitos sobre as danças da chuva e os rins das doninhas.

Depois de uma temporada de má sorte, a boa sorte se torna mais provável.

Se a má sorte persiste, assumimos que a temporada de má sorte ainda não acabou, e desejamos ainda mais o seu fim. Se a má sorte não persiste, a profecia é vista como cumprida. *Definimos* subconscientemente uma “temporada” de má sorte em termos do seu fim. Portanto, ela tem de ser seguida por boa sorte.

Não somos os únicos animais a procurar padrões estatísticos de não-aleatoriedade na natureza, e não somos os únicos animais a cometer erros do tipo que poderia ser chamado de supersticioso. Esses dois fatos são claramente demonstrados no aparelho chamado caixa de Skinner, em referência ao famoso psicólogo americano B. F. Skinner. Uma caixa de Skinner é um equipamento simples, mas versátil, para estudar geralmente a psicologia de um rato ou de uma pomba. É uma caixa com uma chave ou chaves introduzidas numa das paredes, as quais a pomba (por exemplo) pode operar dando bicadas. Há também um aparelho de alimentação (ou de recompensas) que é eletricamente operado. Os

dois estão conectados de tal modo que a bicada da pomba tem alguma influência sobre o aparelho de alimentação. No caso mais simples, toda vez que a pomba dá uma bicada na chave, ela ganha comida. As pombas aprendem rapidamente a tarefa. O mesmo acontece com os ratos e, em caixas de Skinner reforçadas e adequadamente aumentadas, com os porcos.

Sabemos que a ligação causal entre a bicada na chave e a alimentação é gerada por um aparelho elétrico, mas a pomba não sabe. No que diz respeito à pomba, dar uma bicada na chave bem que poderia ser uma dança da chuva. Além disso, a ligação pode ser um elo estatístico, bem fraco. O aparelho pode ser preparado para que, em vez de cada bicada ser recompensada, apenas uma em dez bicadas receba recompensas. Isso pode significar literalmente a cada dez bicadas. Ou, com um arranjo diferente do aparelho, pode significar que em média uma em dez bicadas recebe recompensas, mas em qualquer dada ocasião o número exato de bicadas exigido é determinado aleatoriamente. Ou talvez haja um relógio que determina o décimo de tempo, em média, em que uma bicada vai conseguir recompensas, contudo é impossível dizer qual será esse décimo de tempo. As pombas e os ratos aprendem a pressionar chaves mesmo que, em nossa opinião, fosse preciso ser um bom estatístico para detectar a relação entre causa e efeito. Podem ser treinados para um programa em que apenas uma proporção muito pequena de bicadas seja recompensada. É interessante observar que os hábitos aprendidos quando as bicadas são apenas ocasionalmente recompensadas apresentam maior duração que os hábitos aprendidos quando todas as bicadas são recompensadas: a pomba é desencorajada menos rapidamente quando o mecanismo de recompensas é totalmente desligado. Isso faz sentido intuitivamente, se pensarmos a respeito.

As pombas e os ratos são, portanto, estatísticos muito bons, capazes de captar tênues leis estatísticas de padrões no seu mundo. É presumível que essa capacidade lhes traga vantagens na natureza, assim como na caixa de Skinner. As ações de um animal selvagem não raro são seguidas por recompensas, punições ou outros acontecimentos importantes. A relação entre causa e efeito frequentemente não é absoluta, e sim estatística. Se um maçarico-de-bico-torto sonda a lama com seu bico longo e curvo, há uma certa probabilidade de que vá pegar uma minhoca. A relação entre os eventos de sondagem e os de encontrar minhocas é estatística, mas real. Toda uma escola de pesquisa sobre animais tem se desenvolvido em torno da assim chamada Teoria da Forragem Ótima (Optimal Foraging Theory). Os pássaros selvagens demonstram ter capacidades bastante sofisticadas de avaliar, estatisticamente, a relativa riqueza em alimentos de diferentes áreas e de dividir o seu tempo entre as áreas de acordo com essa avaliação.

De volta ao laboratório, Skinner fundou uma grande escola de pesquisa usando caixas de Skinner para todos os tipos de finalidades detalhadas. Depois,

em 1948, ele tentou uma genial variante da técnica padrão. Cortou completamente o elo causal entre o comportamento e a recompensa. Preparou o aparelho para “recompensar” a pomba de tempos em tempos, *não importava o que o pássaro fizesse*. Agora, o que os pássaros precisavam realmente fazer era só pousar e esperar a recompensa. Mas na realidade não foi isso o que fizeram. Pelo contrário, em seis dentre oito casos, eles desenvolveram — exatamente como se estivessem aprendendo um hábito recompensado — o que Skinner chamou de comportamento “*supersticioso*”. Em que isso precisamente consistia, variava de pomba para pomba. Um dos pássaros girava como um pião, dando duas ou três voltas no sentido anti-horário, no intervalo entre “as recompensas”. Outro pássaro repetidamente lançava a cabeça na direção de um determinado canto no alto da caixa. Um terceiro exibia um comportamento de “atirar-se para o alto”, como se estivesse levantando uma cortina invisível com a cabeça. Dois deles desenvolveram independentemente o hábito rítmico do “balanço do pêndulo”, oscilando a cabeça e o corpo de um lado para o outro. Eventualmente, este último hábito deve ter se assemelhado bastante à dança de namoro de algumas aves-do-paraíso. Skinner usou a palavra superstição porquê os pássaros se comportavam como se achassem que o seu movimento habitual tivesse uma influência causal sobre o mecanismo de recompensa, quando na verdade isso não ocorria. Era o equivalente da dança da chuva para as pombas.

Um hábito supersticioso, uma vez estabelecido, podia persistir por horas, muito tempo depois de o mecanismo de recompensa ter sido desligado. Entretanto, os hábitos não persistiam inalterados na forma. Variavam, como as improvisações progressivas de um organista. Num caso típico, o hábito supersticioso da pomba começou como um movimento brusco da cabeça da posição do meio para a esquerda. Com o passar do tempo, o movimento se tornou mais enérgico. Por fim todo o corpo se movia na mesma direção, e as patas davam um ou dois passos para o lado. Depois de muitas horas de “variação topográfica”, esses passos para a esquerda se tornaram a característica predominante do hábito. Os próprios hábitos supersticiosos podem ter se derivado do repertório natural da espécie, mas ainda é justo afirmar que executá-los nesse contexto, e executá-los repetidas vezes, não é natural para as pombas.

As pombas supersticiosas de Skinner estavam se comportando como estatísticos, mas estatísticos que tinham chegado a conclusões errôneas. Estavam alertas à possibilidade de ligações entre os acontecimentos no seu mundo, especialmente entre as recompensas que desejavam e as ações que tinham capacidade de empreender. Um hábito, como impelir a cabeça para o alto num canto da gaiola, começou por acaso. O pássaro realizava esse movimento minutos antes de o mecanismo de recompensa entrar em ação. É bastante compreensível que o pássaro tenha desenvolvido a hipótese especulativa de que havia uma ligação entre os dois acontecimentos. Por isso, impeliu a cabeça para

o canto mais uma vez. Sem dúvida, pela sorte do mecanismo de sincronização de Skinner, a recompensa apareceu de novo. Se o pássaro tivesse tentado o experimento de não impelir a cabeça para o canto, teria descoberto que receberia a recompensa de qualquer modo. Mas teria sido necessário um estatístico melhor e mais cético do que muito de nós, humanos, para tentar esse experimento.

Skinner compara as pombas com apostadores humanos que desenvolvem pequenos “tiques” da sorte ao jogar cartas. Esse tipo de comportamento é também um espetáculo familiar em uma pista de bocha. Depois que a bola grande de madeira deixou a mão do jogador, não há nada mais que ele possa fazer para estimulá-la a se mover em direção ao bolim, a bola-alvo. Ainda assim, jogadores experientes quase sempre correm atrás da bola de madeira, frequentemente ainda na posição inclinada, torcendo e virando o corpo como se para dar instruções desesperadas à bola agora indiferente, e muitas vezes repetindo palavras vãs de encorajamento. Uma máquina caça-niqueis em Las Vegas é nada mais, nada menos que uma caixa de Skinner. “Dar uma bicada na chave” não é representado apenas pelo ato de puxar a alavanca, mas também, é claro, pelo de colocar dinheiro na lenda. É realmente um jogo de tolos, pois sabe-se que as probabilidades estão arrumadas a favor do cassino — de que outro modo o cassino conseguiria pagar as suas imensas contas de eletricidade? É determinado aleatoriamente se um dado puxão na alavanca vai produzir a sorte grande ou não. Uma receita perfeita para hábitos supersticiosos. Sem dúvida, observando os jogadores aficionados de Las Vegas, veem-se movimentos que lembram muito as pombas supersticiosas de Skinner. Alguns falam com a máquina. Outros lhe fazem sinais engraçados com os dedos, acariciam-na ou lhe dão palmadinhas com as mãos. Certa vez lhe deram palmadinhas e ganharam a sorte grande, e disso jamais se esqueceram. Tenho observado aficionados de computador, impacientes à espera da resposta do servidor, comportando-se de modo semelhante, por exemplo, batendo no terminal com os nós dos dedos.

A minha informante sobre Las Vegas também fez um estudo informal das casas de apostas londrinas. Ela relata que um determinado apostador, depois de fazer a sua aposta, normalmente corre para um certo ladrilho no chão, sobre o qual se posiciona apoiado numa perna só, enquanto assiste à corrida na televisão do agenciador de apostas. É presumível que ele certa vez tenha ganhado quando estava de pé sobre esse ladrilho e concebeu a noção de que havia um elo causal. Ora, se outra pessoa está sobre o “seu” ladrilho da sorte (alguns outros desportistas fazem isso deliberadamente, talvez para tentar roubar parte da sua “sorte” ou apenas para incomodá-lo), ele dança ao redor, tentando desesperadamente pôr um pé sobre o ladrilho antes que a corrida termine. Outros jogadores se recusam a trocar de camisa ou a cortar o cabelo enquanto estão “numa maré de sorte”. Em oposição, um apostador irlandês, que tinha uma bela

caneleira, raspou-a totalmente numa tentativa desesperada de mudar a própria sorte. A sua hipótese era que estava tendo muito azar nas corridas de cavalo e que tinha muito cabelo. Talvez os dois fatos tivessem alguma conexão; talvez fizessem parte de um padrão significativo! Antes de nos sentirmos demasiado superiores, vamos lembrar que muitos de nós fomos levados a crer que a fortuna de Sansão mudou completamente depois que Dalila cortou seu cabelo.

Como podemos saber quais são os padrões aparentes genuínos, e quais os aleatórios e sem significado? Existem métodos, e eles pertencem à ciência da estatística e do projeto experimental. Quero gastar um pouco mais de tempo explicando alguns dos princípios da estatística, embora sem entrar em detalhes. A estatística pode ser vista em grande parte como a arte de distinguir o padrão da aleatoriedade. Aleatoriedade significa falta de padrão. Há várias maneiras de explicar as ideias de aleatoriedade e de padrão. Vamos supor que eu afirmo poder distinguir entre a caligrafia de meninas e a de meninos. Se tenho razão, isso teria de significar que há um padrão real relacionado com o sexo na maneira de escrever. Um cético poderia duvidar dessa afirmação, concordando que a letra varia de pessoa para pessoa, mas negando que haja um padrão relacionado com o sexo nessa variação. Como devemos decidir se a minha afirmação, ou a do cético, está correta? Não adianta apenas aceitar a minha palavra de honra. Como um jogador supersticioso de Las Vegas, posso facilmente ter tomado uma maré de sorte por um talento real e passível de repetição. Em todo caso, você tem todo o direito de pedir provas. Que provas o satisfariam? A resposta é: provas publicamente registradas e apropriadamente analisadas.

A afirmação é, em todo caso, apenas uma afirmação estatística. Não sustento (nesse exemplo hipotético — na realidade, não estou afirmando nada) que possa julgar infalivelmente o sexo do autor de um determinado manuscrito. Afirmando apenas que, entre a grande variação que existe entre as letras, alguns componentes dessa variação têm correlação com o sexo. Portanto, mesmo que eu cometa frequentemente erros, se me apresentarem, vamos dizer, cem amostras de letra, eu deverei ser capaz de classificá-las em letra de meninos e letra de meninas com uma exatidão maior do que a alcançada meramente por uma adivinhação ao acaso. Segue-se que, para avaliar a minha afirmação, você vai ter de calcular a probabilidade de um determinado resultado poder ser alcançado por uma adivinhação aleatória. Mais uma vez, temos um exercício de calcular a probabilidade da coincidência.

Antes de passarmos à estatística, há algumas precauções que devemos tomar ao projetar o experimento. O padrão — a não-aleatoriedade que procuramos — é um que relaciona o sexo à caligrafia. É importante não confundir a questão com variáveis exteriores. Por exemplo, as amostras de letra apresentadas não devem ser de cartas pessoais. Seria demasiado fácil adivinhar o sexo do autor pelo conteúdo da carta, e não pela letra. Não escolha todas as meninas de uma

escola e todos os meninos de outra. Os alunos de uma escola podem partilhar certos aspectos da maneira de escrever que aprenderam com os colegas ou com um determinado professor. Esses aspectos podem resultar em diferenças reais de letra, e podem até ser interessantes, mas seriam representativos de diferentes escolas, e apenas circunstancialmente de diferentes sexos. Tampouco peça que as crianças copiem um trecho de um livro favorito. Eu ficaria influenciado por uma escolha de Beleza Negra ou Biggles (os leitores cuja cultura infantil é diferente da minha devem substituir esses títulos por exemplos próprios).

Sem dúvida, é importante que as crianças me sejam completamente desconhecidas, pois do contrário eu reconheceria a sua letra individual e, assim, saberia o seu sexo. Quando me forem entregues os papéis, eles não devem conter os nomes das crianças, no entanto você deve ter meios de saber de quem é cada um dos manuscritos. Ponha códigos secretos neles para seu auxílio, mas tome cuidado na hora de escolher os códigos. Não use uma marca verde nos papéis dos meninos e uma marca amarela nos das meninas. É certo que não saberei a quem corresponde uma ou outra marca, mas vou adivinhar que o amarelo denota um sexo e o verde, outro, e isso já seria uma grande ajuda. Seria uma boa ideia dar a cada papel um número de código. Porém, não dê aos meninos os números de um a dez, e às meninas de onze a vinte; isso seria exatamente como as marcas de verde e amarelo. O mesmo vale para dar aos meninos os números ímpares e às meninas os pares. Em vez disso, dê aos papéis números aleatórios e guarde a lista trancada onde eu não possa encontrá-la. Essas precauções são aquelas chamadas de “duplo-cego” na literatura dos experimentos médicos.

Vamos supor que todas as apropriadas precauções de duplo-cego tenham sido tomadas, e que você reuniu vinte amostras anônimas de letras, embaralhadas em ordem aleatória. Examino os papéis, classificando-os em duas pilhas — suspeita de meninos e suspeita de meninas. Eu talvez tenha alguns “não sei”, mas vamos supor que você me obrigue a fazer a melhor tentativa possível nesses casos. No final do experimento, fiz duas pilhas e você as examina para verificar qual foi o meu grau de precisão.

Agora, a estatística. Você esperaria que eu acertasse com bastante frequência, mesmo que eu estivesse adivinhando puramente ao acaso. Mas com que frequência? Se a minha afirmação de ser capaz de distinguir o sexo pela letra é injustificada, a minha taxa de acertos não deveria ser melhor que a de alguém que decide a parada atirando uma moeda para o ar. A questão é saber se o meu desempenho real difere suficientemente dos resultados de um jogador de moeda para causar alguma impressão. Eis como começamos a responder à questão.

Pense em todos os resultados possíveis de minha adivinhação do sexo dos vinte escritores. Faça uma lista pela ordem dos que causam mais impacto, começando com todos os vinte corretos e chegando até o completamente

aleatório (todos os vinte exatamente errados é quase tão impressionante quanto todos os vinte exatamente corretos, porque isso mostra que set discriminar, mesmo que tenha obstinadamente invertido o sinal). Depois examine a minha classificação real e estabeleça a porcentagem de todas as classificações que teriam sido tão impressionantes quanto a real, ou ainda mais. Eis como pensar sobre todas as possíveis classificações. Primeiro, observe que há apenas um modo de estar cem por cento correto, e um de estar cem por cento errado, entretanto há muitos modos de estar cinquenta por cento correto. Alguém poderia ter acertado no primeiro papel, errado no segundo, errado no terceiro, acertado no quarto... Há menos maneiras de estar sessenta por cento certo. Ainda menos maneiras de estar setenta por cento certo, e assim por diante. O número de maneiras de fazer um único erro é tão pequeno que podemos listá-las. Havia vinte manuscritos. O erro poderia ter sido feito no primeiro, no segundo, no terceiro... ou no vigésimo. Isto é, há exatamente vinte maneiras de cometer um único erro. É mais tedioso listar todas as maneiras de cometer dois erros, porém podemos calcular quantas elas são com bastante facilidade, e o resultado é 190. É ainda mais difícil contar as maneiras de fazer três erros, mas dá para ver que isso poderia ser feito...

Vamos supor, nesse experimento hipotético, que eu tenha cometido realmente dois erros. Queremos saber como avaliar o meu escore, num espectro de todas as possíveis maneiras de estimativa. O que precisamos saber é quantas maneiras possíveis de escolha são tão boas quanto ou melhores do que o meu escore. O número tão bom quanto o meu escore é 190. O número melhor que o meu escore é vinte (um erro) mais um (nenhum erro). Assim, o número total tão bom quanto ou melhor do que o meu escore é 211. É importante adicionar as maneiras de classificação melhores que o meu escore real, porque elas apropriadamente pertencem ao PEQTEPACO, junto com as 190 maneiras de classificar exatamente tão bem quanto eu fiz.

Temos de opor 211 ao número total de maneiras em que os vinte manuscritos poderiam ter sido classificados por jogadores de moeda. Isso não é difícil de calcular. O primeiro manuscrito poderia ter sido de um menino ou de uma menina: são duas possibilidades. O segundo manuscrito também poderia ter sido de um menino ou de uma menina. Assim, para cada uma das duas possibilidades para o primeiro manuscrito, havia duas possibilidades para o segundo. Isto é,  $2 \times 2 = 4$  possibilidades para os dois primeiros manuscritos. As possibilidades para os três primeiros manuscritos são  $2 \times 2 \times 2 = 8$ . E as maneiras possíveis de classificar todos os vinte manuscritos são  $2 \times 2 \times 2 \dots$  vinte vezes, ou dois na potência vinte. Esse é um número bem grande, 1 048 576.

Assim, dentre todas as maneiras possíveis de classificação, a proporção das maneiras que são tão boas quanto ou melhores do que o meu escore real é 211 dividido por 1 048 576, o que dá aproximadamente 0,0002 ou 0,02 por cento. Em

outras palavras, se 10 mil pessoas classificassem os manuscritos só atirando moedas, seria de esperar que apenas duas obtivessem um escore tão bom quanto o meu. Isto significa que o meu escore é bastante impressionante e que, se o meu desempenho fosse assim tão bom, ele seria uma forte evidência de que os meninos e as meninas diferem sistematicamente quanto à caligrafia. Devo repetir que tudo isso é hipotético. Que eu saiba, não tenho essa capacidade de distinguir o sexo pela letra. E também deveria acrescentar que, mesmo que houvesse uma boa evidência de diferença sexual na maneira de escrever, isso não indicaria se a diferença é inata ou aprendida. A evidência, pelo menos se viesse do tipo de experimento acima descrito, seria igualmente compatível com a ideia de que as meninas são sistematicamente ensinadas a ter uma letra diferente da cultivada pelos meninos — talvez uma caligrafia mais “delicada” e menos “assertiva”.

Acabamos de realizar o que é tecnicamente chamado de teste de significância estatística. Raciocinamos a partir de elementos básicos, o que tornou o teste um pouco aborrecido. Na prática, os pesquisadores podem recorrer a tabelas de probabilidades e distribuições previamente calculadas. Portanto, não temos de escrever literalmente todas as maneiras possíveis em que os fatos poderiam ter acontecido. Mas a teoria subjacente, a base sobre a qual as tabelas foram calculadas, depende, em essência, do mesmo procedimento fundamental. É tomar os acontecimentos que poderiam ter ocorrido e lançá-los repetidamente ao acaso. Examinar o modo real em que os acontecimentos ocorreram e medir até que ponto ele é extremo, no espectro de todas as possíveis maneiras em que os fatos poderiam ter sido lançados.

Observe-se que um teste de significância estatística não prova nada conclusivamente. Não pode eliminar a sorte como geradora do resultado que observamos. O melhor que pode fazer é pôr o resultado observado no mesmo nível de uma quantidade especificada de sorte. Em nosso exemplo hipotético particular, ele estava no mesmo nível de dois dentre 10 mil que adivinharam ao acaso. Quando dizemos que um efeito é estatisticamente significativo, devemos sempre especificar um assim chamado valor-p. Este representa a probabilidade de que um processo puramente aleatório teria gerado um resultado pelo menos tão impressionante quanto o resultado real. Um valor-p de dois em 10 mil é bastante impressionante, mas ainda é possível que não haja aí nenhum padrão genuíno. A beleza de realizar um teste estatístico apropriado é que sabemos o grau de probabilidade de que ali não haja nenhum padrão genuíno.

Convencionalmente, os cientistas se deixam influenciar por valores-p de um em cem, ou até tão altos quanto um em vinte — muito menos impressionantes que dois em 10 mil. O valor-p aceitável depende da importância do resultado e das decisões que a partir dele podem vir a ser tomadas. Se o que estamos tentando decidir é apenas se vale a pena repetir o experimento com uma amostra

mais ampla, um valor-p de 0,05, ou um em vinte, é bem aceitável. Mesmo que haja uma chance em vinte de que o interessante resultado teria acontecido de qualquer modo por acaso, pouco está em jogo: o erro não tem custos altos. Se a decisão é uma questão de vida ou morte, como em alguma pesquisa médica, deve-se procurar um valor-p muito mais baixo que um em vinte. O mesmo vale para experimentos que pretendem mostrar resultados altamente controversos, como telepatia ou efeitos “paranormais”.

Como vimos rapidamente em conexão com a impressão digital do DNA, os estatísticos distinguem os erros falsos positivos dos erros falsos negativos, às vezes chamados erros tipo 1 e tipo 2, respectivamente. Um erro do tipo 2, ou falso negativo, consiste em deixar de detectar um efeito quando ele realmente existe. Um erro do tipo 1, ou falso positivo, é o oposto: concluir que algo está realmente acontecendo, quando na verdade não existe nada senão aleatoriedade. O valor-p é a medida da probabilidade de que se tenha cometido um erro do tipo 1. O julgamento estatístico significa guiar-se por um caminho entre os dois tipos de erro. Há um erro de tipo 3, quando ocorre um branco total na mente, que não consegue lembrar qual é o tipo 1 e qual é o 2. Eu ainda os confiro, depois de toda uma vida de uso. Sempre que for importante, portanto, vou usar os nomes mais facilmente lembrados, falso positivo e falso negativo. Por sinal, também cometo frequentemente erros de aritmética. Na prática, nunca sonharia em fazer um teste estatístico a partir de elementos básicos, como fiz para o caso hipotético da relação entre caligrafia e sexo. Sempre recorro a uma tabela que alguma outra pessoa — de preferência um computador — já calculou.

As pombas supersticiosas de Skinner cometiam erros falsos positivos. Não havia nenhum padrão em seu mundo que ligasse verdadeiramente as suas ações aos resultados do mecanismo de recompensa. Mas elas se comportavam como se tivessem detectado esse padrão. Uma pomba “achava” (ou se comportava como se achasse) que dar passos para a esquerda fazia funcionar o mecanismo de recompensa. Outra “achava” que atirar a cabeça para um canto tinha o mesmo efeito benéfico. As duas estavam cometendo erros falsos positivos. Um erro falso negativo é o cometido por uma pomba na caixa de Skinner que nunca percebe que dar uma bicada na chave produz alimentos se a luz vermelha estiver acesa, mas que dar uma bicada com a luz azul acesa causa uma punição, que é o mecanismo ser desligado por dez minutos. Há um padrão genuíno esperando ser detectado no pequeno mundo da caixa de Skinner, porém a nossa hipotética pomba não o detecta. Dá bicadas indiscriminadamente com as duas cores acesas e, portanto, ganha recompensas com menos frequência do que seria possível.

Um erro falso positivo é cometido por um agricultor que pensa provocar a chuva há tanto tempo desejada, oferecendo sacrifícios aos deuses. Na verdade, presumo (embora não tenha investigado a questão de modo experimental) que não haja nenhum padrão no seu mundo, mas ele não descobre esse dado da

realidade e persiste nos seus sacrifícios inúteis e devastadores. Um erro falso negativo é cometido por um agricultor que deixa de perceber que há no mundo um padrão relativo a adubar um campo para a subsequente colheita daquele campo. Os bons agricultores seguem o caminho entre os erros tipo 1 e tipo 2.

Defendo a tese de que todos os animais, em maior ou menor grau, comportam-se como estatísticos intuitivos, escolhendo um caminho no meio dos erros tipo 1 e tipo 2. A seleção natural penaliza tanto o erro tipo 1 como o tipo 2, mas as penalidades não são simétricas e sem dúvida variam com os diferentes modos de vida das espécies. Uma lagarta-mede-palmos se parece tanto com o graveto em que está pousada que não podemos duvidar de que a seleção a modelou para se assemelhar a um raminho. Muitas lagartas morreram para produzir esse belo resultado. Morreram porque não se pareciam o suficiente com um raminho. Os pássaros ou outros predadores as descobriam. Até algumas imitações muito boas de um raminho devem ter sido descobertas. De que outro modo a seleção natural impeliria a evolução até o ápice de perfeição que observamos? No entanto, da mesma forma, muitas vezes os pássaros devem ter deixado de perceber as lagartas, porque elas se assemelhavam a raminhos, em alguns casos apenas muito de leve. Qualquer presa, por mais bem camuflada, pode ser detectada pelos predadores em condições ideais de visão. Da mesma forma, qualquer presa, por mais mal camuflada, pode não ser detectada pelos predadores em condições ruins de visão. As condições de visão variam com o ângulo (um predador pode localizar um animal bem camuflado ao vê-lo bem à sua frente, mas deixará de perceber um animal mal camuflado ao avistá-lo pelo canto do olho). Variam com a intensidade da luz (uma presa talvez não seja percebida ao crepúsculo, ao passo que seria vista ao meio-dia). Variam com a distância (uma presa que seria vista a uma distância de quinze centímetros talvez passasse despercebida a uma distância de cem metros).

Imaginem um pássaro voejando por uma mata, à procura de uma presa. Está rodeado por raminhos, e alguns desses galinhos poderiam ser lagartas comestíveis. O problema é decidir. Podemos supor que o pássaro saberia com certeza se um aparente raminho é na verdade uma lagarta se chegasse bem perto e submetesse o raminho a um exame minucioso e concentrado em boas condições de luz. Mas não há tempo para fazer esse exame com todos os raminhos. Com uma elevada atividade metabólica, os passarinhos têm de encontrar alimento com uma frequência assustadoramente alta para se manterem vivos. Qualquer pássaro que esquadrinhasse todo raminho com o equivalente de uma lente de aumento morreria de fome antes de encontrar a sua primeira lagarta. A busca eficiente exige um exame mais rápido, mais superficial e apressado, mesmo que se corra o risco de perder algum alimento. O pássaro tem de atingir um equilíbrio. Um exame superficial demais, e ele nunca vai encontrar nada. Um exame detalhado demais, e ele vai detectar toda lagarta

que vislumbrar, mas vai avistar muito poucas e morrer de fome.

É fácil aplicar a linguagem dos erros tipo 1 e tipo 2. Um erro falso negativo é cometido por um pássaro que voa por uma lagarta sem lhe dar a devida atenção. Um erro falso positivo é cometido por um pássaro que se atira sobre uma suposta lagarta só para descobrir que se trata na verdade de um raminho. A penalidade para um erro falso positivo é o tempo e a energia gastos no vôo para realizar o exame de perto: não é grave em nenhuma ocasião particular, mas pode se acumular e ser fatal. A penalidade para um erro falso negativo é perder uma refeição. Nenhum pássaro fora do Céu dos Passarinhos pode esperar isenção de todos os erros tipo 1 e tipo 2. A seleção natural vai programar cada um para adotar uma política de compromisso que alcance um nível intermediário ótimo de falsos positivos e falsos negativos. Alguns pássaros podem ter um viés para os erros tipo 1, outros para o extremo oposto. Haverá um ajuste intermediário que é o melhor, e a seleção natural orientará a evolução nesse sentido.

Varia de espécie para espécie determinar qual é o melhor ajuste intermediário. Em nosso exemplo, vai também depender das condições na mata, por exemplo, o tamanho da população de lagartas em relação ao número de raminhos. Essas condições podem mudar de semana para semana. Ou podem variar de mata para mata. Os pássaros talvez sejam programados para aprender a ajustar sua política como resultado de sua experiência estatística. Aprendendo ou não, os animais que caçam com sucesso devem geralmente comportar-se como se fossem bons estatísticos. (Por sinal, espero não ser necessário o trabalho de refutar a objeção habitual: não, não, os pássaros não estão conscientemente elaborando a estatística com calculadora e tabelas de probabilidade. Estão se comportando como se estivessem calculando os valores-p. Não têm mais consciência do que seja um valor-p do que temos consciência da equação para uma trajetória parabólica quando pegamos uma bola de críquete ou beisebol arremessada no campo.)

O peixe-pescador aproveita a credulidade dos peixes pequenos como os gobiídeos. Mas esse é um modo de formular a questão inadequadamente carregando-a de valores. Seria melhor não falar de credulidade e dizer que eles exploram a inevitável dificuldade dos pequenos peixes em orientar-se entre os erros tipo 1 e tipo 2. Os peixes pequenos também precisam comer. O que eles comem varia, mas frequentemente inclui pequenos objetos coleantes como as minhocas ou os camarões. Seus olhos e sistemas nervosos estão ajustados para perceber objetos coleantes. Eles procuram o movimento coleante e, se o percebem, atacam. O peixe-pescador explora essa tendência. Ele tem uma longa vara de pescar, evoluída a partir de uma espinha modificada que a seleção natural confiscou da sua localização original na frente da barbatana dorsal. O próprio peixe-pescador é altamente camuflado e permanece imóvel no fundo do mar por horas a fio, misturando-se perfeitamente com as ervas e as pedras. A

única parte dele que fica visível é uma “isca”, que parece uma minhoca, um camarão ou um pequeno peixe, na ponta da sua vara de pescar. Em algumas espécies das profundezas do mar, a isca é até luminosa. Em todo caso, a isca parece colar como algo bom para ser comido quando o peixe-pescador balança a sua vara de pescar. Uma possível presa — digamos, um gobiídeo — é atraída. O peixe-pescador “brinca” com a sua presa por algum tempo para prender a sua atenção, depois baixa a isca para a região ainda insuspeitada na frente de sua própria boca invisível, e o pequeno peixe frequentemente segue a isca. De repente, aquela bocarra já não é invisível. A boca se abre, enorme, há um violento influxo de água, engolfando todo objeto flutuante nas redondezas, e o pequeno peixe persegue a sua última minhoca.

Do ponto de vista de um gobiídeo caçador, qualquer minhoca pode ser percebida ou não. Uma vez que a “minhoca” foi detectada, pode vir a ser uma minhoca verdadeira ou o engodo de um peixe-pescador, e o infeliz peixe se vê diante de um dilema. Um erro falso negativo seria deixar de atacar uma minhoca perfeita por medo de que talvez seja a isca de um peixe-pescador. Mais uma vez, é impraticável no mundo real acertar todas as vezes. Um peixe que tem muita aversão ao risco vai morrer de fome, porque nunca vai atacar as minhocas. Um peixe que é demasiado temerário não vai morrer de fome, mas pode ser devorado. O ótimo nesse caso talvez não seja o meio-termo entre as duas opções. De forma surpreendente, o ótimo pode estar num dos extremos. É possível que os peixes-pescadores sejam raros a ponto de a seleção natural favorecer a política extrema de atacar todas as aparentes minhocas. Gosto de um comentário do filósofo e psicólogo William James sobre a pesca humana:

Há mais minhocas fora de anzóis do que espetadas neles; portanto, em geral, diz a Natureza para os seus filhos peixes, morda toda e qualquer minhoca, e arrisque-se. (1910)

Como todos os outros animais e até as plantas, os humanos podem e devem comportar-se como estatísticos intuitivos. A diferença conosco é que podemos fazer os cálculos duas vezes. A primeira vez intuitivamente, como se fôssemos pássaros ou peixes. E depois explicitamente, com lápis e papel ou computador. É tentador dizer que o modo de lápis e papel acha a resposta correta, desde que não se cometa algum engano claramente detectável, como errar na soma dos fatores, ao passo que o modo intuitivo pode encontrar a resposta errada. Contudo, não há estritamente uma resposta “correta”, mesmo no caso da estatística de lápis e papel. Pode haver um modo correto de fazer as somas, calcular o valor-p, mas o critério, ou valor-p limiar, de que necessitamos antes de optar por uma determinada ação é ainda nossa decisão e depende de nossa aversão ao risco. Se a penalidade por cometer um erro falso positivo é muito maior que a penalidade

por cometer um erro falso negativo, devemos adotar um limiar cauteloso, conservador: quase nunca tentar pegar uma “minhoca” por medo das consequências. Inversamente, se a assimetria de risco é oposta, devemos correr e tentar pegar toda “minhoca” que passar pela frente: é improvável que tenha importância se saboreamos muitas vezes minhocas falsas, por isso é melhor tentar.

Deixando de lado agora a necessidade de se orientar entre os erros falsos positivos e os falsos negativos, vou retornar à coincidência misteriosa e ao cálculo da probabilidade de que ela teria acontecido de qualquer modo. Se sonho com um amigo esquecido há muito tempo que morre naquela mesma noite, sou tentado, como todo mundo, a ver significado e padrão na coincidência. Tenho realmente de fazer um esforço para lembrar que muitas pessoas morrem toda noite, que massas de pessoas sonham toda noite, que elas muitas vezes sonham que as pessoas morrem, e que coincidências como essa estão provavelmente acontecendo a várias centenas de pessoas no mundo todas as noites. Mesmo quando medito a respeito, a minha intuição berra que deve haver significado na coincidência, porque aconteceu comigo. Se é verdade que a intuição está cometendo um erro falso positivo nesse caso, precisamos encontrar uma explicação satisfatória para o motivo de a intuição humana errar nessa direção. Como darwinianos, devemos estar atentos para as possíveis pressões no sentido de errar no lado tipo 1 ou tipo 2 da linha divisória.

Como darwiniano, quero sugerir que a nossa disposição para ficar impressionados com uma coincidência aparentemente misteriosa (o que é um caso de nossa disposição para ver padrão onde ele não existe) está relacionada com o tamanho de população característico de nossos ancestrais e com a relativa pobreza de sua experiência cotidiana. A antropologia, a evidência fóssil e o estudo de outros macacos, tudo sugere que nossos ancestrais, durante a maior parte dos últimos milhões de anos, provavelmente viveram em pequenos bandos nômades ou em pequenos povoados. Qualquer um desses modos de vida significaria que o número de amigos e conhecidos que os nossos ancestrais comumente encontravam e com quem falavam com alguma frequência não era mais do que algumas dezenas. Um aldeão pré-histórico poderia esperar ouvir histórias de coincidências espantosas proporcionalmente a esse pequeno número de conhecidos. Se a coincidência acontecesse a alguém que não vivia na sua comunidade, ele não ouviria a história. Assim, os nossos cérebros foram calibrados para detectar o padrão e arregalar os olhos de espanto num nível de coincidência que seria na verdade bem modesto se nossa área de captação de amigos e conhecidos tivesse sido ampla.

Hoje em dia, nossa área de captação é grande, especialmente por causa dos jornais, rádio e outros veículos de comunicação de massa. Já apresentei o argumento. As melhores coincidências, as que dão mais calafrio, têm a

oportunidade de circular, na forma de histórias de prender a respiração, entre uma audiência muito mais ampla do que jamais foi possível nos tempos ancestrais. Mas, agora estou conjecturando, os nossos cérebros estão calibrados pela seleção natural ancestral para esperar um nível muito mais modesto de coincidência, calibrados nas condições dos pequenos povoados. Por isso, ficamos impressionados com algumas coincidências por causa de um limiar de espanto mal calibrado. Os nossos PEQTEPACOS subjetivos foram calibrados pela seleção natural em pequenos povoados e, como acontece com tantos elementos da vida moderna, a calibragem está desatualizada. (Poder-se-ia usar um argumento semelhante para explicar por que somos tão histericamente adversos ao risco dos acasos muito divulgados pelos jornais — talvez a ansiedade dos pais que imaginam haver pedófilos vorazes ocultos atrás de cada poste de luz no caminho de seus filhos na volta da escola seja “mal calibrada”).

Acho que talvez haja outro efeito específico pressionando na mesma direção. Suspeito que nossas vidas individuais nas condições modernas são mais ricas em experiências por hora do que eram as dos nossos ancestrais. Não levantamos simplesmente pela manhã, ganhamos a vida da mesma maneira que ontem, comemos uma ou duas refeições e voltamos a dormir. Lemos livros e revistas, vemos televisão, viajamos a alta velocidade para novos lugares, passamos por milhares de pessoas na rua a caminho do trabalho. O número de rostos que vemos, o número de situações diferentes a que estamos expostos, o número de fatos isolados que nos acontecem é muito maior do que para os nossos ancestrais de pequenas comunidades. Isso significa que o número de oportunidades para coincidências é maior para cada um de nós do que teria sido para nossos ancestrais e, conseqüentemente, maior do que o número de coincidências que nossos cérebros estão calibrados para avaliar.

Com respeito a esses dois efeitos, é teoricamente possível que nos calibremos de novo, que aprendamos a ajustar o nosso limiar de espanto a um nível mais apropriado às populações modernas e às riquezas modernas da experiência. Mas isso parece ser manifestamente difícil até para cientistas e matemáticos sofisticados. O fato de que ainda arregalamos os olhos de vez em quando, de que os videntes, médiuns e astrólogos conseguem ganhar um bom dinheiro à nossa custa, tudo sugere que em geral não aprendemos a nos calibrar de novo. Sugere que as partes de nosso cérebro responsáveis pela estatística intuitiva ainda estão na idade da pedra.

O mesmo vale para a intuição em geral. Em *The Unnatural Nature of Science* (1992), o ilustre embriologista Lewis Wolpert argumentou que a ciência é difícil porque é mais ou menos sistematicamente contra a intuição. Isso é contrário à visão de T. H. Huxley (o Bulldog de Darwin), que via a ciência como “nada mais do que um bom senso treinado e organizado, diferindo do último apenas como um veterano difere de um recruta novato”. Para Huxley, os métodos da

ciência “só diferem dos métodos do bom senso na medida em que o golpe e a estocada do guarda do rei diferem da maneira como um selvagem maneja a sua clava”. Wolpert insiste em que a ciência é profundamente paradoxal e surpreendente, antes uma afronta ao bom senso que uma extensão do seu modo de pensar, e ele defende bem a sua tese. Por exemplo, toda vez que bebemos um copo de água, estamos bebendo pelo menos uma molécula que passou pela bexiga de Oliver Cromwell. Isso é uma extrapolação da observação de Wolpert de que “há muito mais moléculas num copo de água do que há copos de água no mar”. A lei de Newton de que os objetos permanecem em movimento a menos que sejam positivamente detidos vai contra a intuição. Assim também a descoberta de Galileu de que, quando não há resistência do ar, os objetos leves caem à mesma velocidade dos objetos pesados. Igualmente o fato de que a matéria sólida, mesmo um diamante duro, consiste quase inteiramente em espaço vazio. Steven Pinker apresenta uma discussão iluminadora sobre as origens evolucionárias de nossas intuições físicas em *Como a mente funciona* (1998).

Mais profundamente difíceis são as conclusões da teoria quântica, esmagadoramente confirmadas pela evidência experimental com uma precisão assombrosamente convincente de casas decimais, mas ainda assim tão estranhas à mente humana evoluída que até físicos profissionais não as compreendem nos seus pensamentos intuitivos. Ao que parece, não só a nossa estatística intuitiva, mas as nossas próprias mentes ainda estão na idade da pedra.

## 8. Vastos símbolos nebulosos da alta fantasia

*Dourar o ouro polido, pintar o lírio,  
Aspergir perfume sobre uma violeta,  
Alisar o gelo, ou somar outro matiz  
Ao arco-íris, ou com luz de lamparina  
Buscar enfeitar a bela visão do céu,  
É um excesso ridículo e perdulário.*

(To gild refined gold, to paint the lily,/ To throw a perfume on the violet,/ To smooth the ice, or add another hue/ Unto the rainbow, or with taper-light/ To seek the beauteous eye of heaven to garnish,/ Is wasteful and ridiculous excess).

William Shakespeare, Rei João, ato 4, cena 2

É um princípio central deste livro que a ciência, na sua melhor expressão, deve abrir espaço para a poesia. Deve perceber analogias e metáforas úteis que estimulem a imaginação, que evoquem na mente imagens e alusões que ultrapassem as necessidades da simples compreensão. Mas há má poesia assim como boa poesia, e a ciência poética ruim pode conduzir a imaginação por trilhas falsas. Esse perigo é o tema deste capítulo. Por ciência poética ruim entendo algo bem diferente de uma escrita incompetente e deselegante. Estou falando quase sobre o seu oposto: sobre o poder de as imagens e metáforas poéticas inspirarem a má ciência, mesmo se a poesia é boa, talvez especialmente se a poesia for boa, pois isso lhe dá maior poder de desorientar os leitores.

A má poesia, sob a forma de uma atenção demasiado indulgente para com a alegoria poética, ou de uma inflação de semelhanças casuais e sem sentido em vastos símbolos nebulosos da alta fantasia - uma expressão de Keats ([...] huge cloudy symbols of a high romance), existe oculta por trás de muitos costumes religiosos e mágicos. Sir James Frazer, em *The Golden Bough* (1922), reconhece uma importante categoria de magia a que ele dá o nome de magia homeopática ou imitativa. A imitação varia do literal para o simbólico. Os dyaks de Sarawak comiam as mãos e os joelhos das vítimas para firmar as próprias mãos e reforçar os próprios joelhos. A má ideia poética aí é a noção de que há uma essência da mão ou uma essência do joelho que pode ser transmitida de pessoa a pessoa. Frazer observa que, antes da conquista espanhola, os astecas do México

acreditavam que, consagrando o pão, os sacerdotes podiam transformá-lo no corpo do seu deus, de modo que todos os que depois comessem do pão

consagrado entravam numa comunhão mística com a divindade, por receberem em si mesmos uma porção da sua divina substância. A doutrina da transubstanciação, ou a conversão mágica do pão em carne, também era familiar aos arianos da antiga Índia muito antes da difusão e até do nascimento do cristianismo.

Frazer mais tarde generaliza o tema:

É agora fácil compreender por que um selvagem deseja comer a carne de um animal ou homem que ele considera divino. Ao comer o corpo do deus, ele participa dos atributos do deus e, quando se trata de um deus do vinho, o sumo do fruto é o seu sangue; e assim, comendo o pão e bebendo o vinho, o devoto toma o verdadeiro corpo e sangue de seu deus. Portanto, beber vinho nos ritos de um deus do vinho como Dioniso não é um ato de folia, é um sacramento solene.

Em todo o mundo, as cerimônias se baseiam numa obsessão por coisas que *representam* outras coisas com as quais têm pouca semelhança, ou às quais se assemelham apenas num aspecto. Considera-se, com trágicas consequências, que o chifre pulverizado do rinoceronte é afrodisíaco, aparentemente por nenhuma outra razão além da semelhança superficial do chifre com um pênis ereto. Para tomar outra prática comum, os fazedores de chuva profissionais frequentemente imitam o trovão e o raio, ou evocam uma “dose homeopática” de chuva em miniatura borrifando água com um feixe de ramos. Esses rituais podem se tornar elaborados e dispendiosos em tempo e esforço.

Entre os dieri da Austrália central, os mágicos fazedores de chuva, *representantes* simbólicos dos deuses ancestrais, eram sangrados (o sangue pingando *representa* a chuva desejada) num enorme buraco dentro de uma cabana especialmente construída para esse fim. Duas pedras, destinadas a *significar* as nuvens e pressagiar a chuva, eram então carregadas pelos dois mágicos até uns quinze ou vinte quilômetros de distância, onde eram colocadas no topo de uma árvore alta, para *simbolizar* a altura das nuvens. Enquanto isso, na cabana, os homens da tribo abaixavam-se e, sem usar as mãos, arremetiam contra as paredes tentando abrir caminho com as cabeças. Continuavam a dar marradas de um lado para o outro até que a cabana ficasse destruída. Essa perfuração das paredes com as cabeças *simbolizava* o perfurar das nuvens e, acreditavam, liberava a chuva das nuvens reais. Como uma precaução adicional, o Grande Conselho dos dieri também mantinha uma pilha de prepúcios de meninos em constante prontidão, por causa de seu poder homeopático de produzir chuva (os pênis não “chovem” urina — evidência certamente eloquente de seu poder?).

Outro tema homeopático é o “bode expiatório” (assim chamado porque uma determinada versão judaica do rito envolvia um bode), em que se escolhe uma vítima para encarnar, significar ou receber a carga de todos os pecados e desgraças do povoado. O bode expiatório é então expulso, ou em alguns casos morto, carregando com ele todos os males do povo. Entre os garos de Assam, perto do contraforte dos Himalaias orientais, um macaco langur (ou às vezes um rato-do-bambu [g. *Rhizomis*]) costumava ser capturado, levado a cada casa da aldeia para absorver os maus espíritos e ser então crucificado sobre um cadafalso de bambu. Nas palavras de Frazer,

o macaco é o bode expiatório público que, por seus sofrimentos e morte vicários, livra o povo de todas as doenças e desgraças no ano seguinte.

Em muitas culturas o bode expiatório é uma vítima humana, sendo frequentemente identificado com um deus.

A noção simbólica de a água “lavar” os pecados é outro tema comum, às vezes combinado com a ideia do bode expiatório. Numa tribo da Nova Zelândia,

realizava-se um culto em torno de um indivíduo, pelo qual se supunha que todos os pecados da tribo lhe eram transferidos, uma haste de samambaia era previamente atada à sua pessoa, e com essa haste ele pulava dentro do rio, e ali, desamarrando-a, deixava que a samambaia flutuasse para o mar, carregando junto todos os pecados.

Frazer também informa que a água era usada pelo rajá de Manipur como um veículo para transferir os seus pecados a um bode expiatório humano, que se agachava embaixo de uma plataforma em que o rajá tomava o seu banho, deixando cair a água (e os pecados eliminados) sobre o bode expiatório.

A condescendência para com as culturas “primitivas” não é admirável, por isso escolhi cuidadosamente exemplos que nos lembrassem que certas teologias mais próximas de nós não estão imunes à magia homeopática ou imitativa. A água do batismo “lava” os pecados. O próprio Jesus é um duplo da humanidade (em algumas versões por meio de uma representação simbólica de Adão) na sua crucificação, que homeopaticamente expia os nossos pecados. Escolas inteiras de mariologia discernem uma virtude simbólica no “princípio feminino”.

Muitos teólogos sofisticados que não acreditam literalmente na concepção da Virgem, na criação do mundo em seis dias, nos milagres, na transubstanciação ou na ressurreição da Páscoa ainda assim gostam de sonhar com o que esses eventos poderiam *significar* simbolicamente. É como se o modelo da hélice dupla do DNA fosse um dia refutado, e os cientistas, em vez de aceitar que erraram, procurassem desesperadamente um significado simbólico profundo a ponto de

transcender a mera refutação fatual. “Claro”, podem-se ouvi-los dizer, “já não acreditamos literalmente nos *factos* da hélice dupla. Isso seria na verdade grosseiramente simplista. Era uma história que estava ceita para o seu tempo, mas fomos adiante. Hoje, a hélice dupla tem um novo significado para nós. A compatibilidade da guanina com a citosina, o ajuste perfeito como uma luva da adenina com a timina, e especialmente o trançado mútuo íntimo da espiral esquerda ao redor da direita, tudo nos fala de relações amorosas, carinhosas, protetoras...” Bem, eu ficaria surpreso se a história chegasse a esse ponto, e não somente porque é agora muito improvável que o modelo da hélice dupla seja refutado. Mas na ciência, como em qualquer outro campo, há realmente o perigo de se deixar embriagar pelo simbolismo, pelas semelhanças sem sentido, e ser conduzido cada vez mais para longe da verdade, em vez de na sua direção. Steven Pinker informa que ele é importunado por correspondentes que descobriam que tudo no universo vem em número de três:

[...] o Pai, o Filho e o Espírito Santo; prótons, nêutrons e elétrons; masculino, feminino e neutro; Huey, Dewey e Louie; e assim por diante, página após página. (Como a Mente Funciona)

Com um pouco mais de seriedade, Sir Peter Medawar, o ilustre zoólogo e polímata britânico a quem já citei, inventa um

grande novo princípio universal de complementaridade (não o de Bohr), segundo o qual há uma similaridade interna essencial nas relações que existem entre o antígeno e o anticorpo, o macho e a fêmea, o eletropositivo e o eletronegativo, a tese e a antítese, e assim por diante. Esses pares têm realmente um certo “caráter de oposição complementar” em comum, mas isso é tudo o que têm em comum. A similaridade entre eles não é a chave taxonômica para uma outra afinidade mais profunda, e o nosso reconhecimento da sua existência marca o fim, e não a inauguração, de uma cadeia de pensamento. (*Pluto's Republic*, 1982)

Enquanto cito Medawar no contexto de se deixar embriagar pelo simbolismo, não resisto a mencionar a sua resenha devastadora de *The Phenomenon of Man* (1959), em que Teilhard de Chardin “recorre a essa prosa poética embriagada e eufórica que é uma das manifestações mais cansativas do espírito francês”. Esse livro é, para Medawar (e agora também para mim, embora eu confesse que me seduziu quando o li nos meus tempos de estudante ultra-romântico da graduação), a quintessência da má ciência poética. Um dos tópicos comentados por Teilhard é a evolução da consciência, e Medawar o cita da seguinte maneira, mais uma vez em *Pluto's Republic*.

No final da era terciária, a temperatura psíquica no mundo celular havia se elevado ao longo de mais de 500 milhões de anos [...]. Quando o antropeide, por assim dizer, foi conduzido “mentalmente” ao ponto de fervura, acrescentaram-se alguma; outras calorias [...]. Nada mais era preciso para que todo o equilíbrio interno fosse perturbado [...]. Por um diminuto aumento “tangencial”, o “radial” se voltou sobre si mesmo e, por assim dizer, deu um salto infinito para diante. Externamente, quase nada nos órgãos mudara. Mas, em profundidade, ocorrera uma grande revolução; a consciência estava agora saltando e fervendo num espaço de relações e representações supra-sensoriais [...].

Medawar comenta secamente:

A analogia, deve-se explicar, é com a vaporização da água levada ao ponto de fervura, e a imagem do vapor quente permanece quando tudo o mais é esquecido.

Medawar também chama a atenção para o notório gosto dos místicos pela “energia” e pelas “vibrações”, termos técnicos mal empregados para criar a ilusão de conteúdo científico onde não existe nenhum conteúdo desse tipo. Os astrólogos também acham que cada planeta verte a sua “energia” qualitativamente distinta, que afeta a vida humana e tem afinidades com alguma emoção humana: amor no caso de Vénus, agressão para Marte, inteligência para Mercúrio. Essas qualidades planetárias são baseadas nos atributos — no que mais? — dos deuses romanos que emprestam os nomes aos planetas. Num estilo que lembra os fazedores de chuva aborígenes, os signos do zodíaco ainda são identificados com os quatro “elementos” alquímicos: terra, ar, fogo e água. As pessoas nascidas em signos de terra como Touro são, para citar uma página astrológica escolhida ao acaso na web,

dignas de confiança, realistas, com os pés na terra [...]. As pessoas com água no seu mapa são compreensivas, compassivas, protetoras, sensíveis, mediúnicas, misteriosas e possuem uma percepção intuitiva [...]. Aqueles que não têm água no mapa talvez sejam indiferentes e frios.

Peixes é um signo de água (por que será?), e o elemento da água “representa a energia e o poder da força inconsciente que nos motiva [...]”.

Embora o livro de Teilhard pretenda ser uma obra de ciência, a sua “temperatura” e “calorias” psíquicas parecem aproximadamente tão sem sentido quanto as energias planetárias astrológicas. Os usos metafóricos não são

proveitosamente conectados a seus equivalentes no mundo real. Ou não há nenhuma semelhança, ou a semelhança existente antes impede a compreensão do que a ajuda.

Com toda essa negatividade, não devemos esquecer que é precisamente o uso da intuição simbólica para descobrir padrões genuínos de semelhança que leva os cientistas às suas maiores contribuições. Thomas Hobbes foi longe demais quando concluiu, no capítulo 5 de *Leviathan* (1651), que

*A Razão é o ritmo; o Aumento de Ciência, o caminho; e o Benefício da humanidade, o fim.* E, ao contrário, as Metáforas, e as palavras ambíguas e sem sentido, são como *ignes fatui*; e raciocinar sobre elas é errar entre inúmeros absurdos; e o seu fim é disputa, sedição ou desprezo.

O talento em manejar as metáforas e os símbolos é uma das marcas do gênio científico.

O erudito literário, teólogo e autor para crianças C. S. Lewis, num ensaio de 1939, estabeleceu uma distinção entre a poesia magisterial (em que os cientistas, digamos, usam a linguagem poética e metafórica para explicar ao restante de nós algo que já compreendemos) e a poesia pupilar (em que os cientistas usam as imagens poéticas como forma de auxílio no seu próprio pensamento). Por mais importantes que sejam as duas formas, é o segundo uso que estou enfatizando aqui. A invenção de Michael Faraday das “linhas de força” magnéticas, que podemos imaginar como feitas de materiais elásticos sob tensão, ansiosos para liberar sua energia (no sentido cuidadosamente definido pelos físicos), foi vital para a sua própria compreensão de eletromagnetismo. Já tomei emprestada dos físicos a imagem poética das entidades inanimadas — elétrons, digamos, ou ondas de luz — esforçando-se para minimizar o seu tempo de percurso. Esse é um modo fácil de conseguir a resposta correta, e é surpreendente até que ponto se pode ir com ele. Certa vez ouvi Jacques Monod, o grande biólogo molecular francês, afirmar que ganhava percepção química imaginando como se sentiria um elétron numa determinada ligação molecular. O químico orgânico alemão Kekulé divulgou que sonhava com o anel do benzeno na forma de uma cobra devorando o próprio rabo. Einstein estava sempre imaginando a sua mente extraordinária sendo conduzida por experimentos-pensamentos através de mares de pensamento até mais estranhos do que os navegados por Newton.

Mas este capítulo é sobre má ciência poética, e caímos com uma pancada no seguinte exemplo, que recebi de um correspondente:

Considero que o nosso ambiente cósmico tem uma tremenda influência sobre o curso da evolução. De que outra forma explicar a estrutura helicoidal do

DNA, que talvez seja devida à trajetória helicoidal da radiação solar que chega até nós, ou ao caminho da Terra em órbita ao redor do Sol, que, por causa do eixo magnético, inclinado a 23,5° da perpendicular, é helicoidal, daí os solstícios e os equinócios?

Realisticamente, não há a menor conexão entre a estrutura helicoidal do DNA e a trajetória helicoidal da radiação ou da órbita do planeta. A associação é superficial e sem sentido. Nenhum dos três ajuda a nossa compreensão dos outros. O autor está embriagado de metáfora, cativado pela ideia da hélice, que o leva erroneamente a ver conexões que não iluminam a verdade de modo algum. Chamar essa observação de ciência poética é bondade demais: parece mais ciência teológica.

Nos últimos tempos, a correspondência que recebo tem registrado um grande aumento na carga normal de “teoria do caos”, “teoria da complexidade”, “criticalidade não-linear” e expressões semelhantes. Não estou dizendo que esses correspondentes não tenham a mais leve e enevoada ideia do que estão falando. Mas direi que é difícil descobrir se sabem ou não do que estão falando. Todos os tipos de cultos da Nova Era nadam em falsa linguagem científica, um jargão regurgitado e meio compreendido (não, menos que meio compreendido): campos de energia, vibração, teoria do caos, teoria da catástrofe, consciência quântica. Michael Shermer, em *Why People Believe Weird Things* (1997), cita um exemplo típico:

Este planeta tem dormitado por eras e, com o início de frequências mais altas de energia, está prestes a acordar em termos de consciência e espiritualidade. Os mestres da limitação e os mestres da adivinhação usam a mesma força criativa para manifestar as suas realidades; no entanto, uns se movem numa espiral descendente e os outros, numa espiral ascendente, cada um aumentando a ressonante vibração a eles inerente.

A incerteza quântica e a teoria do caos têm causado efeitos deploráveis sobre a cultura popular, muito a contragosto dos aficionados genuínos. As duas são regularmente exploradas por aqueles com tendência a abusar da ciência e a sequestrar sua capacidade de admiração. Eles abrangem de charlatães profissionais a adeptos imbecis da Nova Era. Nos Estados Unidos, a indústria “curadora” de autoajuda fatura milhões — e não demorou a explorar o formidável talento de confundir peculiar à teoria quântica. Isso foi documentado pelo físico americano Victor Stenger, autor do excelente *Physics and Psychics* (1990). Um curandeiro bem provido de dinheiro escreveu uma série de best-sellers sobre o que ele chama de “cura quântica”. Outro livro que tenho em mãos apresenta seções sobre psicologia quântica, responsabilidade quântica,

moralidade quântica, estética quântica, imortalidade quântica e teologia quântica. Fica-se vagamente desapontado por não haver “amor quântico”, mas talvez eu não o tenha percebido.

Meu próximo exemplo acumula uma grande quantidade de má ciência poética num pequeno espaço. É tirado da publicidade da sobrecapa de um livro:

Uma descrição magistral do universo evolutivo, musical, protetor e essencialmente amoroso.

Mesmo que “amoroso” não fosse um clichê flácido, os universos não são o tipo de entidade a que uma palavra como amoroso possa ser sensatamente aplicada. (Compreendo que sou vulnerável à crítica de que um gene não é o tipo de entidade a que uma palavra como “egoísta” deva ser aplicada. Mas desafio vigorosamente qualquer um a manter essa crítica depois de ler *O gene egoísta*, e não apenas o seu título). Aplicar “evolutivo” ao universo é defensável, contudo, como veremos, é provavelmente melhor não usar o termo. “Musical” é presumivelmente uma alusão à “música das esferas” pitagórica, um exemplo de ciência poética que talvez não tenha sido ruim originalmente, mas que já deveríamos ter superado a essa altura. “Protetor” tem o aroma de uma das mais deploráveis escolas de má ciência poética, inspirada por uma variante extraviada do feminismo.

Eis outro exemplo. Em 1997, um antologista convidou vários cientistas a enviar a questão que eles mais queriam ver respondida. A maioria das questões era interessante e estimulante, mas a seguinte pergunta enviada por um indivíduo (do sexo masculino) é tão absurda que só posso atribuí-la à subserviência a feministas dominadoras:

O que vai acontecer quando a cultura ocidental masculina, científica, hierárquica, orientada para o controle, que tem dominado o pensamento ocidental, se integrar com o nascente modo de ver oriental, feminino, espiritual, holográfico, orientado para as relações?

Será que ele quis dizer “holográfico” ou “holístico”? Talvez as duas coisas. Quem se importa, desde que soe bem? Não é de significado que se trata.

A historiadora e filósofa da ciência Noretta Koertge, no seu ensaio de 1995 em *Skeptical Inquirer*, aponta acuradamente os perigos de um tipo de feminismo pervertido que poderia ter uma influência maligna sobre a educação das mulheres:

Em vez de exortar as jovens a se preparar para uma variedade de assuntos técnicos estudando ciência, lógica e matemática, ensina-se agora às alunas

de Estudos sobre as Mulheres que a lógica é uma ferramenta de dominação [...], que as normas e os métodos padrão da investigação científica são sexistas porque são incompatíveis com “os modos femininos de conhecer”. As autoras do premiado livro com esse título afirmam que a maioria das mulheres que entrevistaram pertencia à categoria de “conhecedoras subjetivas”, caracterizada por uma “rejeição apaixonada da ciência e dos cientistas”. Essas mulheres “subjetivistas” veem os métodos da lógica, análise e abstração como “um território alheio pertencente aos homens” e “valorizam a intuição como uma abordagem mais segura e mais frutuosa da verdade”.

Poder-se-ia pensar que, por mais tolo que possa ser, esse tipo de pensamento seria pelo menos gentil e, bem, “protetor”. Mas o oposto é frequentemente verdadeiro. Às vezes ele desenvolve um tom feio e valentão, masculino no pior sentido. Barbara Ehrenreich e Janet McIntosh, no seu artigo de 1997 sobre “O Novo Criacionismo” no *Nation*, contam como uma psicóloga social chamada Phoebe Ellsworth foi intimidada num seminário interdisciplinar sobre emoções. Embora já fazendo concessões para prevenir a crítica, num dado momento ela inadvertidamente mencionou a palavra “experimento”. Imediatamente “as mãos se lançaram para o alto. Os membros da plateia apontaram que o método experimental é o produto dos machos brancos vitorianos”. Procurando a conciliação a um ponto que para mim teria parecido quase sobre-humano, Ellsworth concordou que os machos brancos haviam realizado a sua cota de estrago; no mundo, mas observou que, ainda assim, os seus esforços conduziram à descoberta do DNA. Isso ganhou a incrédula (e incrível) réplica: “Você acredita em DNA?”. Felizmente, há ainda muitas jovens inteligentes preparadas para entrar numa carreira científica, e gostaria de prestar minha homenagem à sua coragem, diante de fanfarronadas grosseiras desse tipo.

É claro que uma forma de influência feminista na ciência é admirável e há muito necessária. Nenhuma pessoa bem-intencionada poderia se opor a campanhas para melhorar o status das mulheres nas carreiras científicas. É verdadeiramente estupeficante (bem como desesperadamente triste) que Rosalind Franklin, cujas chapas de difração por raios X dos cristais de DNA foram cruciais para o sucesso de Watson e Crick, não tivesse permissão de entrar na sala comum de sua própria instituição, sendo portanto impedida de contribuir, e de aprender, com o que talvez fossem bate-papos científicos cruciais. Talvez também seja verdade que as mulheres podem acrescentar um ponto de vista típico às discussões científicas que os homens tipicamente não possuem. Mas “típico” não é a mesma coisa que “universal”, e as verdades científicas que os homens e as mulheres finalmente descobrem (ainda que talvez haja diferenças estatísticas nos tipos de pesquisas pelas quais são atraídos) serão aceitas de modo

igual por pessoas sensatas de ambos os sexos, uma vez estabelecidas com clareza por membros de qualquer um dos sexos. E não, a razão e a lógica não são instrumentos masculinos de opressão. Sugerir tal coisa é um insulto às mulheres, como disse Steven Pinker:

Entre as afirmações das “feministas da diferença” está a de que as mulheres não se envolvem com o raciocínio linear abstrato, que elas não tratam as ideias com ceticismo nem as avaliam por meio de rigoroso debate, que elas não argumentam com base em princípios morais gerais, além de outros insultos. (*Como a Mente Funciona*)

O exemplo mais ridículo de má ciência feminista talvez seja a descrição de Sandra Harding dos *Principia* de Newton como “um manual de estupro”. O que me impressiona sobre esse julgamento é menos a sua presunção que o seu chauvinismo paroquial americano. Como ela ousa elevar a sua política norte-americana limitadamente contemporânea acima das leis imutáveis do universo e acima de um dos maiores pensadores de todos os tempos (que, circunstancialmente, aconteceu de ser do sexo masculino e um tanto desagradável)? Paul Gross e Norman Levitt discutem esse exemplo e outros semelhantes no seu admirável livro *Higher Superstition* (1994), deixando a última palavra com a filósofa Margarita Levin:

[...] grande parte dos escritos acadêmicos feministas consiste em elogios loucamente extravagantes de outras feministas. A “brilhante análise” de A suplementa o “pioneirismo revolucionário” de B e o “empreendimento corajoso” de C. Mais desconcertante é a tendência de muitas feministas a se elogiar de forma muito fastidiosa. Harding termina o seu livro com a seguinte nota de autocongratulação: “Quando começamos a teorizar nossa experiência [...], sabíamos que a tarefa seria difícil, mas emocionante. No entanto, duvido que em nossos sonhos mais extravagantes pudéssemos ao menos imaginar que teríamos de reinventar tanto a ciência como o ato de teorizar para compreender a experiência social das mulheres”. Essa megalomania seria perturbadora num Newton ou num Darwin: no presente contexto é apenas embaraçosa.

No resto deste capítulo, vou tratar de vários exemplos de má ciência poética tirados de meu próprio campo de teoria evolucionária. O primeiro, que nem todos considerariam má ciência e que pode ser defendido, é a visão de Herbert Spencer, Julian Huxley e outros (inclusive Teilhard de Chardin) de uma lei geral de evolução progressiva operando em todos os níveis da natureza, e não apenas no nível biológico. Os biólogos modernos usam a palavra evolução para um

processo, definido com bastante cuidado, de desvios sistemáticos nas frequências de genes nas populações, junto com as mudanças resultantes na aparência real dos animais e das plantas ao longo das gerações. Herbert Spencer, que, justiça seja feita, foi o primeiro a usar a palavra evolução em sentido técnico, queria considerar a evolução biológica apenas um caso especial. Para ele, a evolução era um processo muito mais geral, que partilhava leis em todos os níveis. Outras manifestações da mesma lei geral da evolução eram o desenvolvimento do indivíduo (o progresso do óvulo fertilizado passando pelo feto até o adulto); o desenvolvimento do cosmo, das estrelas e dos planetas desde seus começos mais simples; e as mudanças progressivas, ao longo do tempo histórico, em fenômenos sociais como as artes, a tecnologia e a linguagem.

Há pontos bons e maus sobre a poesia do evolucionismo geral. Tudo considerado, acho que promove mais confusão que iluminação, mas há certamente um pouco das duas coisas. A analogia entre o desenvolvimento embrionário e a evolução das espécies foi explorada astutamente pelo gênio irascível de J. B. S. Haldane na argumentação de um debate. Quando um cético da evolução duvidou que algo tão complicado quanto um ser humano pudesse ter surgido de origens unicelulares, Haldane prontamente observou que era exatamente o que o próprio cético fizera e que todo o processo só havia levado nove meses. O argumento retórico de Haldane não fica diminuído pelo fato, que ele certamente conhecia muito bem, de que desenvolvimento não é a mesma coisa que evolução. O desenvolvimento é a mudança na forma de um único objeto, assim como o barro se deforma sob as mãos de um oleiro. A evolução, percebida nos fósseis tirados de estratos sucessivos, é mais como uma sequência de quadros numa película cinematográfica. Um quadro não se transforma literalmente no seguinte, mas experimentaremos uma ilusão de mudança se projetarmos os quadros em sucessão. Com essa distinção na mente, podemos ver rapidamente que o cosmo não evolui (ele se desenvolve), mas que a tecnologia evolui (os primeiros aeroplanos não se transformaram nos mais recentes, no entanto a história dos aeroplanos, e de muitos outros itens da tecnologia, se encaixa bem na analogia dos quadros do cinema). A moda também mais evolui que se desenvolve. É controverso se a analogia entre a evolução genética, por um lado, e a evolução cultural ou técnica, por outro, ilumina ou obscurece, e não vou entrar nessa discussão por enquanto.

Os meus exemplos restantes de má poesia na ciência evolucionária vêm em grande parte de um único autor, o paleontólogo e ensaísta americano Stephen Jay Gould. Espero que essa concentração crítica num só indivíduo não seja tomada como rancor pessoal. Ao contrário, é a excelência de Gould como escritor que torna os seus erros, quando eles ocorrem, tão dignos de refutação.

Em 1977, Gould escreveu um capítulo sobre “as eternas metáforas da paleontologia” para apresentar um livro de vários autores sobre o estudo

evolucionário dos fósseis. Começando com a afirmação absurda, embora muito citada, de Whitehead, de que toda a filosofia é uma nota de pé de página à obra de Platão, a tese de Gould, nas palavras do pregador do Eclesiastes (a quem ele também cita), é que não há nada de novo sob o sol: “O que foi, será, o que se fez, se tornará a fazer”. As controvérsias atuais na paleontologia são apenas velhas controvérsias que estão sendo recicladas. Elas

precederam o pensamento evolucionário e não encontraram resolução no paradigma darwiniano [...]. As ideias básicas, como figuras geométricas idealizadas, são poucas. Estão eternamente à mão para serem usadas [...].

Segundo Gould, são três as questões eternamente sem resolução na paleontologia: o tempo tem uma flecha direcional? O motor propulsor da evolução é interno ou externo? A evolução se processa gradualmente ou em saltos repentinos? Historicamente, encontra exemplos de paleontólogos que abraçaram todas as oito possibilidades de respostas a essas três questões, e se convence de que eles evitam falar da revolução darwiniana, como se ela nunca tivesse existido. Mas ele só consegue essa façanha forçando analogias entre escolas de pensamento que, examinadas com cuidado, não têm mais aspectos em comum que a água e o vinho, ou que as órbitas helicoidais e o DNA helicoidal. Todas as três eternas metáforas de Gould são má poesia, analogias forçadas que mais obscurecem que iluminam. E a má poesia nas suas mãos é ainda mais danosa, porque Gould é um escritor refinado.

Saber se a evolução tem uma flecha direcional é certamente uma pergunta que pode ser sensatamente formulada de várias formas. Mas os parceiros de cama que as diferentes formas reúnem são tão mal casados que a sua união não é proveitosa. A estrutura corporal se torna cada vez mais complexa ao longo da evolução? Essa é uma pergunta sensata. Assim como perguntar se a diversidade total das espécies no planeta segue aumentando ao longo das eras. Porém, são perguntas muito diferentes, sendo visivelmente pouco proveitoso inventar uma escola secular de pensamento “progressivista” para uni-las. E muito menos apresenta alguma delas, na sua forma moderna, algo em comum com as escolas pré-darwinianas do “vitalismo” e “finalismo”, segundo as quais as coisas vivas eram progressivamente “impulsionadas” do interior, por alguma força vital mística, rumo a um objetivo também místico. Gould força conexões não naturais entre todas essas formas de progressivismo, um expediente para sustentar a sua tese histórica poética.

Grande parte dessa argumentação também vale para a segunda metáfora eterna, e para saber se o motor da mudança está no ambiente exterior, ou se a mudança surge de “uma dinâmica independente e interior dentro dos próprios organismos”. Uma discordância moderna proeminente é a que existe entre os

que acreditam ser a seleção natural darwiniana a principal força propulsora da evolução e os que enfatizam outras forças, como o desvio genético aleatório. Essa distinção importante não é transmitida, nem mesmo minimamente, pela dicotomia interna/ex-terna que Gould gostaria de nos impor para sustentar a sua tese de que a argumentação pós-darwiniana é apenas uma reciclagem de equivalentes pré-darwinianas. A seleção natural é externa ou interna? Depende de saber se estamos falando sobre a adaptação ao ambiente externo ou sobre a co-adaptação das partes entre si. Vou retornar a essa distinção mais tarde em outro contexto.

A má poesia é ainda mais evidente na exposição de Gould da terceira de suas eternas metáforas, a que diz respeito à evolução gradativa *versus* a episódica. Gould usa a palavra episódica para unir três tipos de descontinuidade nítida na evolução: primeiro, catástrofes como a extinção em massa dos dinossauros; segundo, as macromutações ou saltos; e terceiro, a pontuação no sentido da teoria do equilíbrio pontuado, proposta por Gould e seu colega Niles Eldredge em 1972. Essa última teoria precisa de mais explicação, e vou examiná-la daqui a pouco.

As extinções catastróficas são simples de definir. É controverso saber exatamente o que as causa, e as respostas são provavelmente diferentes em casos diferentes. Por enquanto, vamos apenas notar que uma catástrofe mundial em que a maioria das espécies morre não é, empregando termos brandos, a mesma coisa que uma macromutação. As mutações são erros aleatórios na cópia dos genes e as macromutações são mutações de grande efeito. Uma mutação de pequeno efeito, ou micromutação, é um pequeno erro na cópia dos genes, cujo efeito nos seus detentores é talvez tão tênue que nem seja de fácil percepção, digamos, um alongamento sutil do osso da perna ou um toque avermelhado numa pena. Uma macromutação é um erro dramático, uma mudança tão grande que, em casos extremos, o seu detentor seria classificado numa espécie diferente daquela a que pertencem os seus pais. No meu livro anterior, *A escalada do monte improvável*, reproduzi a fotografia, tirada de um jornal, de um sapo com olhos no céu da boca. Se essa fotografia é genuína (um grande se, nesses dias de Photoshop e outros softwares de manipulação de imagens acessíveis a qualquer um), e se o erro é genético, o sapo é um macromutante. Se esse macromutante gerou uma nova espécie de sapos com olhos no céu da boca, devemos descrever a abrupta origem evolucionária da nova espécie como um salto ou um pulo evolucionário. Há biólogos, como o geneticista teuto-americano Richard Goldschmidt, que acreditam que tais pulos foram importantes na evolução natural. Sou um dos muitos que lançaram dúvidas sobre a ideia geral, mas esse não é o meu objetivo no momento. Aqui apresento a ideia muito mais básica de que tais saltos genéticos, mesmo quando ocorrem, nada têm em comum com catástrofes destruidoras da Terra como a extinção repentina dos dinossauros, exceto que ambos são repentinos. A analogia é

puramente poética, sendo má poesia que não leva a nenhuma outra iluminação. Lembrando as palavras de Medawar, a analogia marca o fim, e não a inauguração, de um curso de pensamento. Os modos de ser um não-gradualista são tão variados a ponto de esvaziar a categoria de toda e qualquer utilidade.

O mesmo se aplica à terceira categoria de não-gradualistas: os pontuacionistas no sentido da teoria de Eldredge e Gould. A ideia é que uma espécie passa a existir num tempo que é curto em comparação com o período muito mais longo de “estase” durante o qual ela sobrevive inalterada depois de sua formação inicial. Na versão extrema da teoria, a espécie, uma vez originada, continua inalterada até ser extinta ou dividir-se para formar uma nova espécie-filha. É quando perguntamos o que acontece durante as repentinas explosões de formação de espécies que surge a confusão, nascida da má poesia. Duas coisas poderiam acontecer. Elas são completamente diferentes uma da outra, porém Gould despreza a diferença, porque está seduzido pela má poesia. Uma delas é a macromutação. A nova espécie é fundada por um indivíduo aberrante, como o alegado sapo com olhos no céu da boca. A outra coisa que poderia acontecer — mais plausivelmente, na minha opinião, mas não vou falar disso agora — é o que se pode chamar de rápido gradualismo. A nova espécie passa a existir num breve episódio de rápida mudança evolucionária que, embora gradual no sentido de que os pais não geram uma nova espécie instantânea numa única geração, é bastante rápido para dar a impressão de um instante no registro fóssil. A mudança é espalhada por muitas gerações com pequenos incrementos etapa por etapa, mas parece um salto repentino. Isso se dá porque os intermediários viveram num lugar diferente (digamos, numa ilha distante) e/ou porque as etapas intermediárias passaram rápido demais para se fossilizar — 10 mil anos é um período demasiado curto para ser medido em muitos estratos geológicos, todavia constitui um amplo período para que mudanças evolucionárias importantes se acumulem gradativamente em pequenas etapas.

Há toda a diferença do mundo entre o gradualismo rápido e os saltos da macromutação. Eles dependem de mecanismos totalmente distintos e têm implicações radicalmente diferentes para as controvérsias darwinianas. Reuni-os simplesmente porque, como as extinções catastróficas, todos conduzem a desconfinidades no registro fóssil é má ciência. Gould tem consciência da diferença entre o rápido gradualismo e a macromutação, mas ele trata a questão como se fosse um detalhe secundário, a ser esclarecido depois de examinarmos a questão predominante de saber se a evolução é mais episódica que gradual. Só se pode considerá-la predominante quando se está embriagado de má poesia. Faz tão pouco sentido quanto a questão do meu correspondente sobre a hélice dupla do DNA, se ela não “vem” da órbita da Terra. Mais uma vez, existem tantas semelhanças entre o gradualismo rápido e a macromutação quanto entre um feiticeiro sangrando e uma pancada de chuva.

Pior ainda é colocar o catastrofismo sob o mesmo guarda-chuva pontuacionista. Nos tempos pré-darwinianos, a existência de fósseis se tornava cada vez mais embaraçosa para os defensores da criação bíblica. Alguns esperavam afogar o problema no dilúvio de Noé, mas por que os estratos pareciam mostrar substituições dramáticas de faunas inteiras, cada uma diferente da sua predecessora, e todas em grande parte independentes de nossas criaturas familiares? Entre outros, o anatomista francês do século XIX, barão Cuvier, apresentou como resposta o catastrofismo. O dilúvio de Noé era apenas o último numa série de desastres purificadores provocados na Terra por um poder sobrenatural. Cada catástrofe era seguida por uma nova criação.

Fora a intervenção sobrenatural, isso tem algo — um pouco — em comum com a nossa crença moderna de que as extinções em massa, como as que terminaram as eras permiana e cretácea, foram seguidas por novos florescimentos de diversidade evolucionária correspondentes às radiações anteriores. Mas juntar os adeptos do catastrofismo com os da macromutação e com os pontuacionistas modernos, só porque todos os três podem ser representados como não-gradualistas, é má poesia em excesso.

Depois de dar conferências nos Estados Unidos, fiquei muitas vezes intrigado com um certo padrão de perguntas vindas da plateia. O interrogante chama a minha atenção para o fenômeno da extinção em massa, por exemplo, o fim catastrófico dos dinossauros e a sua substituição pelos mamíferos. Isso me interessa enormemente, assim fico entusiasmado com o que promete ser uma pergunta estimulante. Depois eu me dou conta de que o tom da pergunta é inequivocamente desafiador. É quase como se o interrogante esperasse que eu ficasse surpreso ou confundido pelo fato de a evolução ser periodicamente interrompida pelas catastróficas extinções em massa. Isso sempre me desconcertou, até que de repente dei com a verdade. Claro! O interrogante, como muitas pessoas na América do Norte, aprendeu a evolução por meio de Gould, e eu tenho sido rotulado como um daqueles gradualistas “ultradarwinianos”! O cometa que matou os dinossauros não explode a minha visão gradualista da evolução a partir da água? Não, claro que não explode. Não há a menor conexão. Sou um gradualista no sentido de que não acho que as macromutações desempenharam um papel importante na evolução. Mais determinadamente, sou um gradualista quando chega o momento de explicar a evolução de adaptações complexas como os olhos (como qualquer pessoa de juízo sadio, inclusive Gould). Mas o que essas questões têm a ver com as extinções em massa? Absolutamente nada. A menos que a mente esteja cheia de má poesia. Só para registrar, acredito e tenho acreditado durante toda a minha carreira que as extinções em massa exercem uma influência profunda e dramática sobre o curso subsequente da história evolucionária. Como não poderia ser assim? Porém, as extinções em massa não fazem parte do processo

darwiniano, exceto na medida em que limpam a área para novos inícios darwinianos.

Há ironia oculta nesse ponto. Entre os fatos sobre a extinção que Gould gosta de enfatizar está o seu caráter caprichoso. Ele lhe dá o nome de contingência. Quando a extinção em massa ataca, importantes grupos de animais morrem em grande número. Na extinção cretácea, o grupo outrora poderoso dos dinossauros (com a notável exceção dos pássaros) foi completamente eliminado. A escolha de um grupo importante para vítima é aleatória ou, se não for aleatória, não participa da mesma não-aleatoriedade que vemos na seleção natural convencional. As adaptações normais para sobreviver não têm eficácia contra os cometas. Grotescamente, esse fato é às vezes apresentado como se fosse um ponto de debate contra o neodarwinismo. Entretanto, a seleção natural neodarwinista é seleção dentro das espécies, e não entre as espécies. Sem dúvida, a seleção natural envolve morte, e a extinção em massa envolve morte, mas qualquer outra semelhança entre as duas é puramente poética. Ironicamente, Gould é um dos poucos darwinianos que ainda pensam na seleção natural operando em níveis mais elevados que o organismo individual. Jamais ocorreria ao restante de nós nem sequer perguntar se as extinções em massa são eventos seletivos. Poderíamos ver a extinção como a abertura de novas oportunidades para adaptação, com a seleção natural em níveis mais baixos escolhendo entre indivíduos dentro de cada espécie que sobreviveu à catástrofe. Mais uma ironia, foi o poeta Auden que chegou mais perto da resposta correta:

Mas as catástrofes só encorajaram o experimento.

Em geral, foram os mais aptos que morreram, os desajustados,  
forçados pelo fracasso a emigrar para nichos incertos,  
alteraram a sua estrutura e prosperaram.

(But catastrophes only encouraged experiment./ As a rule, it was the fittest who perished, the mis-fits,/ forced by failure to emigrate to unsettled niches, who/ altered their structure and prospered).

“Unpredictable but Providential (for Loren Eiseley)”

Tomo outro extenso exemplo de má ciência poética da paleontologia, e mais uma vez Stephen Jay Gould é responsável pela sua popularidade, mesmo que ele próprio não o tenha claramente expresso na sua forma extrema. Muitos leitores do seu livro elegantemente escrito *Vida maravilhosa* (1989) ficaram cativados pela ideia de que houve algo especial e único sobre toda a atividade da evolução na era cambriana, quando os fósseis da maioria dos grandes grupos de animais apareceram pela primeira vez, há pouco mais de 500 milhões de anos. Não se trata apenas de que os animais da era cambriana fossem peculiares. É claro que eram. Os animais de cada era têm as suas peculiaridades, e os cambrianos eram

defensavelmente mais peculiares que a maioria. Não, a sugestão é que todo o processo da evolução na era cambriana foi estranho.

A visão neodarwiniana padrão da evolução da diversidade é que uma espécie se divide em duas quando duas populações se tornam dispareas a ponto de não poderem mais cruzar entre si. Em geral, as populações começam a divergir quando se veem por acaso geograficamente separadas. A separação significa que elas já não misturam sexualmente os seus genes, e isso lhes permite evoluir em direções diferentes. A evolução divergente poderia ser impulsionada pela seleção natural (que provavelmente impeliria as populações em distintas direções, por causa das diferentes condições nas duas áreas geográficas). Ou poderia consistir em desvios evolucionários aleatórios (como as duas populações não se conservam geneticamente unidas pela mistura sexual, não há nada que as impeça de se desviarem). Em qualquer um dos casos, quando já evoluíram e divergiram a ponto de não mais poderem cruzar entre si, mesmo que fossem de novo geograficamente reunidas, elas são definidas como pertencentes a espécies separadas.

Subsequentemente, a falta de entrecruzamento permite outra divergência evolucionária. O que foram espécies distintas dentro de um gênero tornam-se, ao longo do tempo, gêneros distintos dentro de uma família. Mais tarde, será descoberto que as famílias divergiram a ponto de os taxonomistas (especialistas em classificação) preferirem chamá-las ordens, depois classes, depois filos. O filo é o nome classificatório pelo qual distinguimos animais reais e fundamentalmente diferentes como os moluscos, os nematódeos, os equinodermos e os cordados (os cordados são principalmente os vertebrados mais alguns outros). Os ancestrais de dois filos diferentes, digamos os vertebrados e os moluscos, que consideramos construídos segundo “planos corporais fundamentais” completamente diferentes, foram outrora apenas duas espécies dentro de um gênero. Antes disso, eram duas populações geograficamente separadas dentro de uma espécie ancestral. A implicação dessa visão amplamente aceita é que, à medida que se retrocede no tempo geológico, a lacuna entre qualquer par de grupos de animais se torna cada vez menor. Quanto mais retrocedemos no tempo, mais perto chegamos de unir esses tipos diferentes de animais na sua única espécie ancestral comum. Os nossos ancestrais e os ancestrais dos moluscos foram em algum momento muito parecidos. Mais tarde já não eram tão parecidos. Muito mais tarde divergiram ainda mais, e assim por diante até que finalmente se tornaram tão diferentes a ponto de serem chamados de dois filos. Essa história geral dificilmente pode ser posta em dúvida por qualquer pessoa sensata que examine a questão, embora não seja obrigatório adotar a visão de que o processo ocorre num ritmo uniforme ao longo do tempo. Pode ter acontecido em explosões rápidas.

A expressão dramática “explosão cambriana” é usada em dois sentidos. Pode

referir-se à observação fatural de que antes da era cambriana, há pouco mais de meio bilhão de anos, havia poucos fósseis. A maioria dos filões de grandes animais surgem como fósseis pela primeira vez nas rochas cambrianas, e isso parece uma grande explosão de novos animais. O segundo significado é a teoria de que os filões realmente se ramificaram durante a era cambriana, mesmo durante um período tão curto quanto 10 milhões de anos dentro da era cambriana. Essa segunda ideia, a que chamarei de hipótese da explosão do ponto de ramificação, é controversa. É compatível — apenas — com o que chamo modelo neodarwiniano padrão da divergência das espécies. Já concordamos que, ao acompanharmos qualquer par de filões modernos pelo passado, acabamos convergindo para um ancestral comum. O meu palpite é que, para diferentes pares de filões, vamos chegar ao ancestral comum em eras geológicas diferentes: por exemplo, ao ancestral comum dos vertebrados e moluscos há 800 milhões de anos, ao ancestral comum dos vertebrados e equinodermos há 600 milhões de anos, e assim por diante. Mas eu poderia estar errado, e podemos facilmente acomodar a hipótese da explosão do ponto de ramificação dizendo que, por alguma razão (que é interessante a ponto de merecer investigação), a maioria de nossas investigações pelo passado chega por acaso a seus respectivos ancestrais comuns durante o mesmo período geológico relativamente curto, digamos, entre 540 milhões e 530 milhões de anos atrás. Isso significaria que, pelo menos perto do início desse período de 10 milhões de anos, os ancestrais dos filões modernos não eram nem de longe tão diferentes entre si quanto são hoje em dia. Afinal, estavam divergindo dos ancestrais comuns na época e eram originalmente membros da mesma espécie.

A visão gouldiana extrema — com certeza a visão inspirada pela sua retórica, embora seja difícil saber pelas suas palavras se ele literalmente a defende — é radicalmente diferente do modelo padrão neodarwiniano e totalmente incompatível com ele. Como vou mostrar, também apresenta implicações que, uma vez explicadas, qualquer um pode ver que são absurdas. Isso se exprime de modo muito claro — ou, melhor dizendo, se trai — em apartes no livro *At Home in the Universe* (1995), de Stuart Kaufman:

Poder-se-ia imaginar que as primeiras criaturas multicelulares seriam todas muito semelhantes, diversificando-se apenas mais tarde, de baixo para cima, em diferentes gêneros, famílias, ordens, classes, e assim por diante. Na verdade, essa seria a expectativa do darwiniano mais rigorosamente convencional. Darwin, profundamente influenciado pela visão nascente do gradualismo geológico, propôs que toda a evolução ocorreu pela acumulação muito gradual de variações úteis. Assim, as próprias criaturas multicelulares mais primitivas devem ter divergido gradualmente umas das outras.

Até esse ponto, é um belo resumo da visão ortodoxa neo-darwiniana. Mas então, numa passagem bizarra, Kauffman continua:

Mas isso parece ser falso. Uma das características maravilhosas e intrigantes da explosão cambriana é que o quadro foi preenchido de cima para baixo. A natureza de repente brotou com muitos planos corporais extravagantemente diferentes — os filos —, elaborando sobre esses projetos básicos para formar as classes, as ordens, as famílias e os gêneros. [...] Em seu livro sobre a explosão cambriana, *Vida maravilhosa: o acaso na evolução e a natureza da história*, Stephen Jay Gould comenta com admiração essa qualidade de cima para baixo do cambriano.

Não é para menos! Basta pensar por um momento no que esse preenchimento “de cima para baixo” teria de significar para os animais sobre a Terra para se perceber imediatamente a falsidade da ideia. Os “planos corporais”, como o plano corporal do molusco ou o do equinodermo, não são essências ideais pendentes do céu, esperando, como os vestidos do estilista, para serem adotadas pelos animais reais. Animais reais é tudo o que sempre existiu: animais reais a viver, respirar, caminhar, comer, excretar, lutar, copular, que tinham de sobreviver e que não podem ter sido dramaticamente diferentes de seus pais e avós reais. Para que um novo plano corporal — um novo filo — passe a existir, o que realmente tem de acontecer na Terra é que nasça um filho que de repente, inesperadamente, seja tão diferente de seus pais quanto um caracol difere de uma minhoca. Nenhum zoólogo que medita sobre as implicações desse fato, nem mesmo o mais ardente adepto dos saltos evolutivos, jamais sustentou essa noção. Os ardentes adeptos dos saltos evolutivos têm se contentado em postular o aparecimento repentino de novas espécies, e até essa ideia relativamente modesta tem sido altamente controversa. Quando se formula a retórica de Gould com os aspectos práticos da vida real, ela se revela o exemplo mais puro de má ciência poética.

Kauffman é ainda mais explícito num capítulo posterior. Ao discutir alguns de seus engenhosos modelos matemáticos da evolução em “cenários de aptidão irregular”, Kauffman observa um padrão que ele acha

ser bastante parecido com a explosão cambriana. No início do processo de ramificação, descobrimos várias mutações de longo salto que diferem da origem e entre si de forma bastante dramática. Essas espécies têm suficientes diferenças morfológicas para serem categorizadas como fundadoras de filos distintos. Essas fundadoras também se ramificam, mas o fazem por meio de variantes de longo salto ligeiramente mais próximas, produzindo ramos que partem de cada fundadora de um filo para espécies-filhas dessemelhantes, as

fundadoras das classes. À medida que o processo continua, são descobertas variantes mais aptas em vizinhanças progressivamente mais próximas, e assim emergem em sucessão as fundadoras das ordens, famílias e gêneros.

O livro anterior e mais técnico de Kauffman, *The Origins of Order* (1993), afirma algo semelhante sobre a vida no cambriano:

Não foi só um número muito grande de novas formas corporais que se originou rapidamente; a explosão cambriana exibiu ainda outra novidade: as espécies que fundaram os taxa parecem ter construído os taxa mais elevados de cima para baixo. Isto é, os exemplares dos filós mais importantes estavam presentes em primeiro lugar, seguidos por um preenchimento progressivo das classes, ordens e outros níveis taxonômicos inferiores [...].

Ora, um modo de ler o parágrafo acima é inofensivo sob o ponto da obviedade. No nosso modelo de “convergência ao retroceder no passado”, seria necessariamente verdade que as separações das espécies que *vão acabar se tornando divisões* de filós gerais precederiam aquelas destinadas a se tornarem divisões entre ordens e outros níveis taxonômicos inferiores. Mas Kauffman claramente não acha que está afirmando algo ordinário e óbvio. Isso fica aparente pela sua declaração de que “a explosão cambriana exibiu ainda outra novidade” e pela sua expressão “mutações de longo salto”. Ele acha que está atribuindo ao cambriano uma característica revolucionária. Na verdade, ele parece sinceramente pretender a leitura alternativa, em que as “mutações de longo salto” dão origem, instantaneamente, a filós novos em folha.

Apresso-me a enfatizar que essas passagens de Kauffman se encontram em dois livros que são na sua maior parte interessantes, criativos e sem influência de Gould. O mesmo vale para *The Sixth Extinction* (1996), de Richard Leakey e Roger Lewin, outro livro recente, admirável na maioria de seus capítulos, mas tristemente desfigurado por um deles, “A mola mestra da evolução”, que é explícita e reconhecidamente influenciado por Gould. Eis duas passagens relevantes:

Foi como se a facilidade para dar saltos evolucionários que produziram importantes novidades funcionais — a base dos novos filós — de algum modo tivesse sido perdida quando o período cambriano chegou ao fim. Foi como se a mola mestra da evolução tivesse perdido parte de seu poder.

Por isso, a evolução nos organismos cambrianos podia dar saltos maiores, inclusive saltos em nível de filós, enquanto mais tarde seria mais restrita, dando apenas saltos modestos, até o nível de classes.

Como já escrevi, é como se um jardineiro olhasse para um velho carvalho e observasse com espanto: “Não é estranho que nenhum ramo maior apareça nesta árvore há muitos anos? Hoje em dia todos os novos crescimentos parecem se dar no nível dos raminhos!”. Basta pensar mais uma vez no que um “salto em nível de filo” ou até um “modesto” (*modesto?*) salto em nível de classe teria de significar. Os animais de filos diferentes, é bom lembrar, possuem diferentes planos corporais básicos, como os moluscos e os vertebrados. Ou como as estrelas-do-mar e os insetos. Uma mutação de longo salto, em nível de filo, teria de significar que um casal pertencente a um filo cruzasse e desse origem a um filho pertencente a um filo diferente. A diferença entre os pais e a prole teria de ter a mesma escala da diferença entre um caracol e uma lagosta, ou uma estrela-do-mar e um bacalhau. Um pulo em nível de classe seria equivalente a um par de pássaros dar origem a um mamífero. Imagine os pais fitando admirados no ninho o que produziram, e toda a comédia da noção se torna aparente.

A minha segurança em ridicularizar essas ideias não se baseia simplesmente no conhecimento dos animais modernos. É óbvio que, se fosse apenas assim, alguém poderia replicar que as coisas eram diferentes no cambriano. Não, o argumento contra os longos saltos de Kauffman, ou os saltos em nível de filo de Leakey e Lewin, é teórico e extremamente forte. Ei-lo. Mesmo que ocorressem mutações nessa escala gigantesca, os produtos não teriam sobrevivido. Fundamentalmente porque, como disse antes, por mais que haja muitas maneiras de estar vivo, há quase infinitamente mais maneiras de estar morto. Uma pequena mutação, representando um desvio secundário de um progenitor que provou a sua capacidade de sobreviver pelo fato de ser progenitor, tem uma boa chance de sobrevivência pela mesma razão, e talvez seja até um aperfeiçoamento. Uma mutação gigantesca em nível de filo é um salto no desconhecido. Eu disse que a mutação de longos saltos de que estamos falando teria a mesma magnitude de uma mutação de um molusco num inseto. Mas, é claro, nunca teria sido um salto de um molusco para um inseto. Um inseto é um exemplar altamente ajustado de um mecanismo de sobrevivência. Se um progenitor molusco dá origem a um novo filo, o salto teria sido aleatório, como qualquer outra mutação. E as chances de que um salto aleatório dessa magnitude produzisse um inseto, ou qualquer coisa com a mais leve chance de sobrevivência, são tão pequenas que podem ser desconsideradas. As chances de sua viabilidade são impossivelmente pequenas, por mais vazio que esteja o ecossistema, por mais abertos que estejam os nichos. Um salto em nível de filo seria uma mixórdia.

Não acredito que os autores por mim citados realmente acreditem no que suas palavras impressas parecem sem dúvida estar dizendo. Acho que estavam

simplesmente embriagados pela retórica de Gould e não meditaram sobre a questão. O motivo de citá-los neste capítulo é ilustrar o poder de desorientação que um poeta talentoso pode inadvertidamente exercer, em especial se primeiro desorientou a si mesmo. E a poesia do cambria no como uma aurora feliz de inovação é sem dúvida enganadora. Kauffman se deixa arrebatar completamente por essa poesia:

Pouco depois que foram inventadas as formas multicelulares, uma grandiosa explosão de novidade evolucionária se manifestou. É quase possível sentir a vida multicelular tentando brotar alegremente de todas as suas possíveis ramificações, numa espécie de louca dança de exploração distraída. (*At Home in the Universe*)

Sim. Tem-se exatamente essa sensação. Contudo, adquire-se essa sensação pela retórica de Gould, e não pelas características dos fósseis cambrianos, nem por um raciocínio sóbrio sobre os princípios evolucionários.

Se cientistas do calibre de Kauffman, Leakey e Lewin podem ficar seduzidos pela má ciência poética, que chance tem o não-especialista? Daniel Dennett me contou uma conversa com um colega filósofo que lera *Vida maravilhosa*. Ele argumentava que os filos cambrianos não tiveram um ancestral comum — que passaram a existir como origens independentes da vida! Quando Dennett lhe assegurou que essa não era a intenção de Gould, a resposta de seu colega foi: “Mas, então, para que todo o barulho a respeito?”.

A excelência de escrita é uma espada de dois gumes, como o ilustre cientista evolucionário John Maynard Smith observou no *New York Review of Books*, de novembro de 1995:

Gould ocupa uma posição um tanto curiosa, particularmente no seu lado do Atlântico. Devido à excelência de seus ensaios, ele passou a ser visto pelos não-biólogos como o teórico evolucionário preeminente. Em oposição, os biólogos evolucionários com quem tenho discutido a sua obra tendem a vê-lo como um homem cujas ideias são tão confusas a ponto de não valer a pena lhes dar atenção, mas também como alguém que não deve ser criticado publicamente porque ele está pelo menos do nosso lado contra os criacionistas. Tudo isso não importaria, não fosse o fato de que ele está dando aos não-biólogos um quadro em grande parte falso do estado da teoria evolucionária.

Maynard Smith estava resenhando o livro de Dennett, *A perigosa ideia de Darwin* (1995), que contém uma crítica devastadora e, espera-se, definitiva da influência de Gould sobre o pensamento evolucionário.

O que realmente aconteceu no cambriano? Simon Conway Morris da Universidade de Cambridge é, como Gould plenamente reconhece, um dos três principais investigadores modernos do xisto de Burgess, o leito de fósseis cambrianos que é o tema de *Vida maravilhosa*. Conway Morris publicou recentemente o seu próprio e fascinante livro sobre o assunto, *The Crucible of Creation* (1998), criticando quase todos os aspectos da visão de Gould. Como Conway Morris, não acho que haja uma boa razão para pensar que o processo da evolução no cambriano foi diferente do existente hoje em dia. Mas não há dúvida de que um grande número de importantes grupos animais é visto no registro fóssil pela primeira vez no cambriano. A hipótese óbvia ocorreu a muitas pessoas. Talvez vários grupos de animais tenham desenvolvido esqueletos duros e fossilizáveis mais ou menos ao mesmo tempo, e talvez pela mesma razão. Uma possibilidade é uma corrida armamentista evolucionária entre os predadores e as presas, mas há outras ideias, como uma mudança dramática na química da atmosfera. Conway Morris não encontra nenhuma base para a ideia poética de um exuberante e extravagante florescimento da vida numa louca dança de diversidade e disparidade cambrianas, mais tarde restrito ao repertório atual mais limitado de tipos animais. Se houve alguma coisa, o reverso parece ser a verdade, como esperaria a maioria dos evolucionistas.

Em que posição isso deixa a questão do momento dos pontos de ramificação dos principais filões? É preciso lembrar que essa é uma questão separada da indubitável explosão cambriana da existência de fósseis. O assunto controverso é se os pontos de ramificação na divergência de todos os principais filões estão concentrados no cambriano — a hipótese da explosão do ponto de ramificação. Eu disse que o neodarwinismo padrão era compatível com essa hipótese. Mas ainda acho que ela não é nem um pouco provável.

Uma maneira possível de atacar a questão é examinando os relógios moleculares. O “relógio molecular” se refere à observação de que certas moléculas biológicas mudam num ritmo bastante fixo ao longo de milhões de anos. Se aceitamos esse ponto, podemos tirar sangue de dois animais modernos e calcular há quanto tempo viveu o seu ancestral comum. Alguns estudos recentes do relógio molecular empurraram os pontos de ramificação de vários pares de filões bem para dentro da era pré-cambriana. Se esses estudos estão corretos, toda a retórica de uma explosão evolucionária se torna supérflua. Entretanto, há controvérsia sobre a interpretação dos resultados do relógio molecular em períodos tão remotos, e devemos aguardar mais evidências.

Enquanto isso, há um argumento lógico que posso declarar com mais confiança. A única evidência a favor da hipótese da explosão dos pontos de ramificação é negativa: não há fósseis de muitos dos filões antes do cambriano. Mas esses animais fósseis que não têm ancestrais fósseis devem ter tido algum tipo de ancestral. Eles não apareceram do nada. *Portanto, devem ter existido*

*ancestrais que não se fossilizaram* — e a ausência dos fósseis não significa a ausência dos animais. A única questão que ainda resta é se os ancestrais perdidos até os pontos de ramificação, *que devem ter existido*, estavam todos comprimidos no cambriano, ou se estavam enfileirados pelas centenas de milhões de anos anteriores. Como a única razão para supor que estivessem comprimidos no cambriano é a ausência de fósseis, e como acabamos de provar logicamente a irrelevância dessa ausência, concluo que não há nenhuma boa razão a favor da hipótese da explosão dos pontos de ramificação. Mas, sem dúvida, ela tem um grande apelo poético.

## 9. O cooperador egoísta

A admiração [...], e não qualquer expectativa de vantagem obtida por meio de suas descobertas, é o primeiro princípio que impele a humanidade ao estudo da Filosofia, dessa ciência que tem a pretensão de desvendar as conexões ocultas que unem os vários aspectos da natureza.

Adam Smith, “The History of Astronomy” (1795)

Os bestiários medievais continuavam uma tradição anterior de usar a natureza como fonte de contos morais. Na sua forma moderna, no desenvolvimento das ideias evolucionárias, a mesma tradição está subjacente a uma das formas mais insígnies de má ciência poética. Refiro-me à ilusão de que há uma oposição simples entre o desagradável e o agradável, o social e o antissocial, o egoísta e o altruísta, o rude e o gentil; de que todos esses pares de opostos binários correspondem aos outros pares, e de que a história da controvérsia evolucionária sobre a sociedade é descrita por um pêndulo que balança de um lado para o outro ao longo de um *continuum* entre esses opostos. Não nego que haja questões interessantes a serem discutidas nas imediações. O que estou criticando é a ideia “poética” de que há um único *continuum*, e de que deve haver discussões proveitosas entre pontos de observação ao longo de sua extensão. Para invocar os fazedores de chuva mais uma vez, não há mais conexão entre um gene egoísta e um humano egoísta do que entre uma pedra e uma nuvem de chuva.

Para explicar o *continuum* poético que estou criticando, talvez seja melhor tomar emprestado o verso de um verdadeiro poeta: “A natureza, vermelha em dentes e garras” (Nature, red in tooth and claw), de Tennyson, tirado de *In Memoriam* (1850), que muitos supõem inspirado por *Sobre a origem das espécies*, mas que foi na verdade publicado nove anos antes. Numa ponta do *continuum* poético estão supostamente Thomas Hobbes, Adam Smith, Charles Darwin, T. H. Huxley e todos aqueles, como o ilustre evolucionista americano George C. Williams e os defensores atuais do “gene egoísta”, que enfatizam que a natureza é realmente vermelha em dentes e garras. Na outra ponta do *continuum* estão o príncipe Peter Kropotkin, o anarquista russo e autor de *Mutual Aid* (1992), a crédula mas extremamente influente antropóloga americana Margaret Mead (Devo explicar que Margaret Mead é “crédula mas influente” porque uma grande parte da cultura acadêmica americana adotou entusiasticamente sua teoria ambientalista rósea da natureza humana, que, como mais tarde se soube,

ela construiu sobre fundamentos um tanto inseguros: informações sistemáticas e errôneas que duas jovens maliciosas de Samoa lhe passaram em tom de brincadeira, durante o seu breve período de pesquisa de campo na ilha. Ela não permaneceu em Samoa tempo suficiente para aprender bem a língua, ao contrário de seu rival profissional, o antropólogo australiano Derek Freeman, que desvendou toda a história anos mais tarde durante um estudo mais detalhado da vida nessa ilha), e hoje em dia muitos autores que reagem indignados à ideia de que a natureza é geneticamente egoísta, dentre os quais Frans de Waal, autor de *Good Natured* (1996), é representativo.

De Waal, um especialista em chimpanzés que compreensivelmente ama os seus animais, angustia-se com o que erroneamente considera uma tendência neodarwiniana de enfatizar o “caráter desagradável de nosso passado de macacos”. Alguns dos que partilham a sua fantasia romântica se enamoraram recentemente do chimpanzé pigmeu, o bonobo, por ser um modelo ainda mais benigno. Nos casos em que os chimpanzés frequentemente recorrem à violência e até ao canibalismo, os bonobos reagem com sexo. Parecem copular em todas as possíveis combinações em toda oportunidade imaginável. Nas ocasiões em que talvez apertássemos as mãos, eles copulavam. Faça amor, não faça guerra é o seu lema. Margaret Mead teria se entusiasmado com eles. Mas a própria ideia de tomar os animais para modelos, como nos bestiários, é um exemplo de má ciência poética. Os animais não existem para ser modelos, e sim para sobreviver e reproduzir.

Os adeptos moralistas do bonobo tendem a combinar esse erro com uma rematada falsidade evolucionária. Provavelmente devido ao poderoso “fator bons sentimentos”, afirma-se com frequência que os bonobos têm uma relação mais próxima dos humanos que os chimpanzés comuns. Mas tal coisa não pode ser verdade, desde que aceitemos, como todo mundo, que os bonobos e os chimpanzés comuns têm relações mais próximas uns com os outros do que qualquer um deles com os humanos. Basta essa premissa simples e incontroversa para concluir que os bonobos e os chimpanzés comuns têm uma relação igualmente próxima de nós. Estão ligados a nós por meio do ancestral comum que eles partilham, mas que não partilhamos. Sem dúvida, talvez tenhamos mais semelhanças com uma das duas espécies do que com a outra em alguns aspectos (e muito provavelmente com a outra em outros aspectos), mas esses julgamentos comparativos absolutamente não podem ser reflexões de proximidade evolucionária diferencial.

O livro de De Waal está cheio de demonstrações anedóticas (que não devem surpreender ninguém) de que os animais são às vezes bondosos uns com os outros, cooperam para o bem mútuo, cuidam do bem-estar uns dos outros, consolam-se mutuamente na desgraça, partilham os alimentos e fazem outras boas e calorosas ações. A posição que sempre tenho adotado é que grande parte

da natureza animal é na verdade altruísta, cooperativa e até visitada por emoções subjetivas benévolas, mas isso antes resulta do egoísmo no nível genético do que o contradiz. Os animais são ora agradáveis, ora desagradáveis, pois cada uma dessas possibilidades pode satisfazer o interesse egoísta dos genes em momentos diferentes. Essa é precisamente a razão para se falar do “gene egoísta”, e não do “chimpanzé egoísta”. A oposição que De Waal e outros construíram, entre biólogos que acreditam no egoísmo fundamental da natureza humana e animal, e aqueles que acreditam na sua “bondade” fundamental, é uma falsa oposição — má poesia.

Hoje se compreende amplamente que o altruísmo no nível do organismo individual pode ser um meio pelo qual os genes subjacentes maximizam o seu interesse egoísta. Entretanto, não quero me estender sobre o que expus em livros anteriores como *O gene egoísta*. O que gostaria de voltar a enfatizar desse livro — um ponto negligenciado por críticos que parecem ter lido apenas o título — é o sentido importante em que os genes, embora de maneira puramente egoísta, participam ao mesmo tempo de cartéis cooperativos entre si. Isso é ciência poética, se quiserem, mas espero mostrar que é boa ciência poética, mais auxiliando que impedindo a compreensão. Farei o mesmo com outros exemplos nos capítulos restantes.

A percepção-chave do darwinismo pode ser expressa em termos genéticos. Os genes que existem em muitas cópias na população são os que são bons em fazer cópias, o que também significa bons em sobreviver. Sobreviver onde? Sobreviver em corpos individuais em ambientes ancestrais. Isso significa sobreviver no ambiente típico da espécie: num deserto para os camelos, em cima das árvores para os macacos, nas profundezas do mar para as lulas gigantes, e assim por diante. A razão pela qual os corpos individuais são tão bons em sobreviver nos seus ambientes é principalmente porque eles foram construídos por genes que têm sobrevivido no mesmo ambiente por muitas gerações, sob a forma de cópias.

Mas vamos deixar de lado os desertos e os blocos de gelo, os mares e as florestas; eles são apenas parte da história. Um aspecto muito mais proeminente do ambiente ancestral em que os genes têm sobrevivido são os outros genes com os quais eles têm de partilhar uma sucessão de corpos individuais. Os genes que sobrevivem em camelos incluem certamente alguns que são particularmente bons em sobreviver nos desertos, e eles até podem ser partilhados com os ratos e as raposas do deserto. Mas o mais importante é que os genes bem-sucedidos serão aqueles bons em sobreviver num ambiente que consiste nos outros genes tipicamente encontrados na espécie. Assim, os genes de uma espécie passam a ser selecionados por serem bons em cooperar uns com os outros. A cooperação genética, que é boa poesia científica, enquanto a cooperação universal não é, será o assunto deste capítulo.

O fato descrito a seguir é frequentemente mal compreendido. Não são os genes de qualquer indivíduo determinado que cooperam particularmente bem juntos. Eles nunca estiveram juntos antes nessa combinação, pois todo genoma numa espécie que se reproduz sexualmente é único (com a exceção habitual dos gêmeos idênticos). São os genes de uma espécie em geral que cooperam, porque eles já se encontraram antes, muitas vezes, e no ambiente intimamente partilhado da célula, embora sempre em diferentes combinações. Eles cooperam é na atividade de produzir indivíduos do mesmo tipo geral que o presente. Não há nenhuma razão específica para esperar que os genes de qualquer indivíduo particular sejam especialmente bons em cooperar uns com os outros, quando comparados com quaisquer outros genes da mesma espécie. É em grande parte uma questão casual saber que companheiros particulares a loteria da reprodução sexual lhes selecionou do pool genético da espécie. Os indivíduos com certas combinações desfavoráveis de genes tendem a morrer. Os indivíduos com certas combinações favoráveis tendem a passar esses genes adiante para o futuro. Mas não são as próprias combinações favoráveis que são passadas adiante a longo prazo. Quem cuida disso é o novo embaralhamento sexual. Na verdade, o que é passado adiante são os genes que tendem a ser bons em formar combinações favoráveis com os outros genes que o pool genético tem a oferecer. Ao longo das gerações, não importa em que outras atividades os genes sobreviventes possam ser bons, eles serão bons em funcionar junto com outros genes da espécie.

Pelo que sabemos, determinados genes de um camelo poderiam ser bons em cooperar com determinados genes de um guepardo. Mas deles nunca se exige essa cooperação. Presumivelmente, os genes de mamíferos são melhores em cooperar com outros genes de mamíferos do que com os de pássaros. Mas a especulação deve permanecer hipotética, porque uma das características da vida em nosso planeta é que, engenharia genética à parte, os genes são misturados apenas dentro da espécie. Podemos testar versões diluídas dessas especulações, examinando híbridos. Os híbridos entre diferentes espécies, quando chegam a existir, frequentemente sobrevivem com mais dificuldade ou são menos férteis do que os indivíduos de puro sangue. Ao menos parte da razão para esse fato são as incompatibilidades entre os seus genes. Os genes da espécie A, que funcionam bem contra um pano de fundo ou “clima” genético de outra espécie A, não funcionam quando transplantados para a espécie B, e vice-versa. Observam-se às vezes efeitos semelhantes, quando variedades ou raças dentro de uma espécie se cruzam.

Compreendi tudo isso pela primeira vez ao escutar as palestras proferidas pelo falecido E. B. Ford, esteta lendário de Oxford e fundador excêntrico da agora negligenciada Escola de Genetistas Ecológicos. A maior parte da pesquisa de Ford era sobre populações silvestres de borboletas e mariposas. Entre estas estava a mariposa da Pequena Asa Posterior Amarela, *Triphaena comes*.

Essa mariposa é normalmente marrom-amarelada, mas há uma variante chamada *curtisii* que é escura. A *curtisii* não é encontrada na Inglaterra; na Escócia e nas ilhas, entretanto, ela coexiste com a *comes* normal. O padrão de cor escura da *curtisii* é quase completamente dominante sobre o padrão normal da *comes*. “Dominante sobre” é um termo técnico, sendo essa a razão de eu não poder dizer simplesmente “domina”. Significa que os híbridos entre as duas mariposas se parecem com as *curtisii*, mesmo que tenham os genes de ambas. Ford pegou espécimes de Barra, uma das Hébridas, a oeste da Escócia, e de uma das ilhas Orkney, ao norte da Escócia, bem como do próprio território escocês. Cada uma das duas formas insulares se parece exatamente com o seu número oposto no outro sítio insular, e o gene da *curtisii* escura é dominante nas duas ilhas, bem como no território escocês. Outra evidência mostra que o gene da *curtisii* é o mesmo em todas as localidades. Em vista disso, seria de esperar que, ao cruzar espécimes de ilhas diferentes, o padrão de dominância normal se manteria. Mas não é o que acontece, e esse é o ponto central da história. Ford pegou indivíduos de Barra e cruzou-os com indivíduos de Orkney. E a dominância da *curtisii* desapareceu completamente. Uma série completa de intermediários apareceu nas famílias híbridas, exatamente como se não houvesse dominância.

O que parece estar acontecendo é o seguinte. O gene *curtisii* em si não codifica a fórmula para o pigmento colorido pelo qual distinguimos as mariposas, nem a dominância é jamais uma propriedade que um gene tem por sua própria conta. Ao contrário, como qualquer outro gene, o *curtisii* deve ser considerado capaz de causar seus efeitos apenas no contexto de um conjunto de outros genes, alguns dos quais ele “ativa”. Esse conjunto de outros genes é parte do que quero dizer com “pano de fundo genético” (*genetic background*) ou “clima genético” (*genetic climate*). Em teoria, portanto, qualquer gene poderia exercer efeitos radicalmente diversos em ilhas diferentes, na presença de conjuntos variados de outros genes. No caso das Asas Posteriores Amarelas de Ford, as coisas são um pouco mais complicadas, e muito iluminadoras. O *curtisii* é um “gene de ativação”, que tem ao que parece o mesmo efeito em Barra e em Orkney, mas ele causa esse efeito ativando diferentes conjuntos de genes nas diferentes ilhas. Só percebemos esse fato quando as duas populações são cruzadas. O gene de ativação *curtisii* se vê num clima genético que não é nem uma coisa, nem outra. É uma mistura de genes de Barra e genes de Orkney, e assim é rompido o padrão da cor que cada conjunto poderia produzir por sua própria conta.

O que é interessante nisso tudo é que a mistura de Barra ou a mistura de Orkney é capaz de montar o padrão de cor. Há mais de um modo de conseguir o mesmo resultado. Os dois envolvem conjuntos cooperativos de genes, mas são dois conjuntos diferentes, e os membros de um conjunto não cooperam bem com os do outro. Tomo isso como um modelo do que acontece entre genes operantes dentro de qualquer pool de genes. Em o gene egoísta, usei a analogia

do remo. Um grupo de oito remadores precisa ser bem coordenado. É de esperar que oito homens que treinaram juntos funcionem bem juntos. No entanto, se misturarmos quatro homens de um grupo com quatro de outro grupo igualmente bom, eles não formarão uma equipe: o seu remar se desintegrará. Isso é análogo a misturar dois conjuntos de genes que funcionavam bem quando cada um estava com seus companheiros anteriores, mas cuja coordenação se rompe quando cada um é forçado a entrar no clima genético estranho fornecido pelo outro.

Ora, nesse ponto, muitos biólogos se deixam arrebatar pelo assunto e afirmam que a seleção natural deve operar no nível de todo o grupo como uma unidade, o conjunto inteiro de genes ou todo o organismo individual. Eles estão certos ao afirmar que o organismo individual é uma unidade muito importante na hierarquia da vida. E ele realmente exhibe qualidades unitárias. (Isso vale menos para as plantas do que para os animais, que tendem a ter um conjunto fixo de partes, todas ordenadamente divididas dentro de uma pele com uma forma distinta e unitária. Frequentemente é mais difícil delimitar as plantas individuais, pois elas se desgarram e se propagam vegetativamente pelos prados e pela vegetação rasteira.) Porém, por mais unitário e distinto que seja um lobo ou búfalo individual, o pacote é temporário e único. Os búfalos bem-sucedidos não se duplicam pelo mundo na forma de múltiplas cópias — eles duplicam os seus genes. A verdadeira unidade da seleção natural tem de ser uma unidade a respeito da qual se possa dizer que tem uma frequência. Ela tem uma frequência que aumenta quando o seu tipo é bem-sucedido e diminui quando ele fracassa. Isso é exatamente o que se pode dizer dos genes em pools genéticos. Mas não de búfalos individuais. Os búfalos bem-sucedidos não se tornam mais frequentes. Cada búfalo é único. A sua frequência é um. Pode-se definir um búfalo como bem-sucedido se os seus genes aumentarem de frequência em futuras populações.

Diz-se que o marechal-de-campo Montgomery, longe de ser o mais humilde dos homens, certa vez observou: “Ora, Deus disse (e eu concordo com Ele)... É um pouco assim que me sinto quando leio sobre a aliança de Deus com Abraão. Ele não prometeu vida eterna a Abraão como indivíduo (embora Abraão tivesse apenas 99 anos na época, um frangote pelos padrões do Gênesis). Mas ele lhe prometeu outra coisa.

Eu instituo minha aliança entre mim e ti, e te multiplicarei extremamente. [...] serás pai de uma multidão de nações. [...] Eu te tornarei extremamente fecundo, de ti farei nações, e reis sairão de ti. (Gênesis, 17)

A Abraão não restou nenhuma dúvida de que o futuro pertencia à sua semente, e não à sua individualidade. Deus conhecia o seu darwinismo.

O que estou dizendo é que os genes, por mais que as unidades separadas sejam selecionadas naturalmente no processo darwiniano, são altamente cooperativos. A seleção favorece ou desfavorece genes isolados pela sua capacidade de sobreviver no seu ambiente, mas a parte mais importante desse ambiente é o clima genético fornecido por outros genes. A consequência é que conjuntos cooperativos de genes se reúnem em *pools* de genes. Corpos individuais são unitários e coerentes, como na realidade são, não porque a seleção natural os escolhe como unidades, mas porque são construídos por genes que foram selecionados para cooperar com outros membros do *pool* genético. Eles cooperam especificamente no empreendimento de construir corpos individuais. Contudo, é um tipo anarquista de cooperação, “cada gene por si mesmo”.

Na verdade, a cooperação se rompe sempre que surge uma chance, como nos assim chamados genes “deformadores da segregação”. Há um gene em camundongos conhecido como o *t*. Em dose dupla, o *t* causa esterilidade ou morte, e deve haver uma forte seleção natural contra ele. Mas em dose única nos machos ele tem um efeito muito estranho. Normalmente, cada cópia de um gene deveria se encontrar em cinquenta por cento dos espermatozoides produzidos por um macho. Eu tenho olhos castanhos como minha mãe, mas meu pai tem olhos azuis, por isso sei que tenho uma cópia do gene para olhos azuis e cinquenta por cento dos meus espermatozoides possuem o gene dos olhos azuis. Em camundongos machos, o *t* não se comporta desse modo ordeiro. Mais de noventa por cento dos espermatozoides de um macho afetado contêm o *t*. A produção deformada de espermatozoides é o que o gene *t* produz. É o seu equivalente de produzir olhos castanhos ou cabelo crespo. E pode-se ver que, apesar da letalidade em dose dupla, uma vez tendo surgido numa população de camundongos, o *t* tenderá a se espalhar por causa de seu enorme sucesso em se introduzir nos espermatozoides. Tem-se sugerido que erupções de *t* surgem em populações selvagens de camundongos, espalhando-se como uma espécie de câncer e acabando por levar a população local à extinção. O gene *t* é uma ilustração do que pode acontecer quando a cooperação entre os genes se rompe. “A exceção que prova a regra” é frequentemente uma expressão um tanto tola, mas essa é uma das raras ocasiões em que se mostra apropriada.

Repetindo, os principais conjuntos de genes cooperativos são os *pools* genéticos inteiros da espécie. Os genes do guepardo cooperam com os genes do guepardo, mas não com os do camelo, e vice-versa. Mas não porque os do guepardo, mesmo no sentido mais poético, vejam alguma virtude na preservação da sua própria espécie. Eles não operam para salvarem-se a si mesmos da extinção como se fossem um World Wildlife Fund molecular. Estão simplesmente sobrevivendo no seu ambiente, e este consiste em grande parte em outros genes do *pool* genético do guepardo. Portanto, as aptidões para cooperar

com outros genes do guepardo (mas não com os do camelo ou do bacalhau) estão entre as principais qualidades favorecidas na luta entre genes rivais do guepardo. Assim como nos climas árticos os genes para resistir ao frio passam a predominar, nos *pools* genéticos do guepardo predominam os genes equipados para prosperar no clima de outros genes desse animal. No que diz respeito a cada gene, os outros genes no seu *pool* genético são apenas outro aspecto do clima.

O nível em que os genes constituem “clima” uns para os outros está principalmente enterrado na química celular. Os genes codificam a produção de enzimas, moléculas de proteína que funcionam como ferramentas mecânicas, gerando um determinado componente numa linha de produção química. Há caminhos químicos alternativos para o mesmo fim, o que significa linhas de produção alternativas. Talvez não importe muito qual das duas linhas de produção é adotada, desde que a célula não tente ambas ao mesmo tempo. Qualquer uma delas poderia ser igualmente boa, mas produtos intermediários gerados pela linha de produção A não podem ser usados na linha de produção B, e vice-versa. Mais uma vez, é tentador dizer que toda a linha de produção é naturalmente selecionada, como uma unidade. Está errado. O que é naturalmente selecionado é cada gene individual contra o pano de fundo ou clima fornecido por todos os outros genes. Se a população é por acaso dominada por genes que servem para todas as etapas menos uma na linha de produção A, isso constitui um clima químico em que o gene para a etapa que falta em A é favorecido. Inversamente, um clima preexistente de genes B favorece os genes B sobre os A. Não estamos falando do que é “melhor”, como se houvesse uma espécie de competição entre a linha de produção A e a linha de produção B. O que estamos afirmando é que qualquer uma das duas é boa, e que uma mistura é instável. A população tem dois climas estáveis alternativos de genes mutuamente cooperativos, e a seleção natural vai tender a guiar a população para qualquer um dos dois estados estáveis de que já estiver mais próxima.

Mas não precisamos falar de bioquímica. Podemos usar a metáfora do clima genético no nível dos órgãos e do comportamento. Um guepardo é uma máquina de matar maravilhosamente integrada, equipada com patas longas e musculosas e uma coluna vertebral sinuosamente elástica para ultrapassar a presa, maxilares poderosos e dentes de adaga para apunhalá-la, olhos focados para diante com o objetivo de mirá-la, intestino curto com enzimas apropriadas para digerir-la, um cérebro pré-carregado com software de comportamento carnívoro e muitas outras características que fazem dele um típico caçador. No outro lado da corrida armamentista, os antílopes são equivalentemente bem equipados para comer plantas e evitar a captura pelos predadores. Intestinos longos, complicados por becos sem saída recheados de bactérias que digerem celulose, combinam com dentes achatados próprios para moer, com cérebros pré-programados para o alarme e a fuga rápida, com a intrincada camuflagem mosqueada do pêlo. Essas

são duas formas alternativas de ganhar a vida. Nenhuma é obviamente melhor que a outra, mas qualquer uma é melhor que um compromisso embaraçoso: intestinos de carnívoros combinados com dentes de herbívoros, ou instintos de perseguição carnívoros combinados com enzimas digestivas herbívoras.

Todavia, mais uma vez, é tentador falar do “guepardo inteiro” ou do “antílope inteiro” sendo selecionado “como uma unidade”. Tentador, mas superficial. E também revela preguiça. Ver o que está realmente acontecendo requer um pouco de pensamento extra. Os genes que programam o desenvolvimento dos intestinos de carnívoros prosperam num clima genético que já é dominado por genes que programam cérebros de carnívoros. E vice-versa. Os genes que programam a camuflagem defensiva prosperam num clima genético que já é dominado por genes que programam dentes de herbívoros. E vice-versa. Há muitas e muitas maneiras de ganhar a vida. Para mencionar apenas alguns exemplos de mamíferos, há o modo do guepardo, o do impala, o da toupeira, o do babuíno, o do coala. É desnecessário dizer que nenhum modo é melhor que o outro. Todos funcionam. O ruim é ser pego com metade das suas adaptações dirigida a um modo de vida, e metade dirigida a outro.

Esse tipo de argumento é mais bem expresso no nível dos genes isolados. Em cada locus genético, o gene que tem mais probabilidade de ser favorecido é o compatível com o clima genético gerado pelos outros, aquele que sobrevive nesse clima por repetidas gerações. Como isso se aplica a cada um dos genes que constituem o clima — como cada gene faz potencialmente parte do clima de todos os outros —, o resultado é que o pool de genes da espécie tende a se aglutinar num bando de parceiros mutuamente compatíveis. Lamento falar tanto disso, mas é que alguns de meus respeitados colegas se recusam a compreender o argumento, insistindo obstinadamente em que o “indivíduo” é a “verdadeira” unidade da seleção natural!

De forma mais ampla, o ambiente em que um gene tem de sobreviver inclui as outras espécies com as quais ele entra em contato. O DNA de qualquer espécie não entra literalmente em contato direto com as moléculas de DNA de seus predadores, competidores ou parceiros mútuos. O “clima” tem de ser compreendido de forma menos íntima do que no caso em que a arena da cooperação dos genes é o interior das células, como acontece com os genes dentro de uma espécie. Na arena mais ampla, são as consequências dos genes em outras espécies — os seus “efeitos fenotípicos” — que constituem uma parte importante do ambiente em que a seleção natural dos genes dentro da espécie vizinha se processa. Uma floresta tropical é um tipo especial de ambiente, modelado e definido pelas plantas e animais que nela vivem. Cada uma das espécies numa floresta tropical consiste num pool genético, isolado de todos os outros pools genéticos no que diz respeito à mistura sexual, mas em contato com seus efeitos corporais.

Dentro de cada um desses pools genéticos, a seleção natural favorece aqueles genes que cooperam dentro do seu próprio *pool* genético, como já vimos. Mas também favorece aqueles que são bons em sobreviver junto com as consequências dos outros pools genéticos na floresta tropical — árvores, trepadeiras, macacos, escaravelhos, pulgões e bactérias do solo. No longo prazo, isso talvez faça toda a floresta parecer um único conjunto harmonioso, cada unidade contribuindo para o benefício de todos, cada árvore e cada ácaro do solo, até cada predador e cada parasita, desempenhando o seu papel numa grande e feliz família. Mais uma vez, esse é um modo tentador de considerar os fatos. Mas uma vez, revela preguiça — má ciência poética. Uma visão muito mais verdadeira, ainda ciência poética, mas (é o objetivo deste capítulo persuadi-lo disso) boa ciência poética, compreende a floresta como uma federação anarquista de genes egoístas, cada um selecionado por ser bom em sobreviver dentro de seu próprio pool genético contra o pano de fundo do ambiente gerado por todos os outros.

Sim, num certo sentido insípido, os organismos numa floresta tropical desempenham um valioso serviço para outras espécies, e até para a manutenção de toda a comunidade da floresta. Certamente, se todas as bactérias do solo fossem removidas, as consequências para as árvores e, em última análise, para a maioria da vida da floresta seriam funestas. Sim, claro que elas destroem as folhas mortas, os animais mortos e o esterco, formando um adubo composto que é útil para a prosperidade continuada de toda a floresta. Porém, elas não agem assim para gerar o adubo composto. Usam as folhas mortas e os animais mortos como alimento para si mesmas, para o bem dos genes que programam as suas atividades de gerar o adubo composto. É uma consequência incidental dessa atividade em causa própria que o solo melhora do ponto de vista das plantas, dos herbívoros que as comem e dos carnívoros que comem os herbívoros. As espécies na comunidade de uma floresta tropical prosperam na presença das outras espécies nessa comunidade porque a comunidade é o ambiente em que seus ancestrais sobreviveram. Talvez haja plantas que florescem na ausência de uma cultura rica em bactérias do solo, mas essas não são as que encontramos numa floresta tropical. É mais provável encontrá-las num deserto.

Esse é o modo correto de lidar com a tentação de “Gaia”: a fantasia romântica superestimada de que o mundo inteiro é um organismo; de que cada espécie faz a sua parte para o bem-estar do conjunto; de que as bactérias, por exemplo, trabalham para melhorar o conteúdo de gás da atmosfera da terra para o bem de toda a vida. O exemplo mais extremo que conheço desse tipo de má ciência poética provém de um famoso “ecologista” sênior (as aspas denotam um ativista político verde, e não um genuíno estudioso do tópico acadêmico da ecologia). A história me foi contada pelo professor John Maynard Smith, que assistia a uma conferência patrocinada pela Universidade Aberta da Grã-

Bretanha. A conversa se voltou para a extinção em massa dos dinossauros e para saber se essa catástrofe fora causada pela colisão de um cometa. O ecologista barbudo não teve dúvidas. “Claro que não”, disse decididamente, “*Gaia não teria permitido!*”

Gaia era a deusa grega da Terra, cujo nome foi adotado por James Lovelock, um químico atmosférico e inventor inglês, para personificar a sua noção poética de que todo o planeta deve ser considerado um único ser vivo. Todas as criaturas vivas são partes do corpo de Gaia e operam juntas como um termostato bem regulado, reagindo a perturbações com o intuito de preservar toda a vida. Lovelock se confessa incomodado por aqueles, como o ecologista que acabei de citar, que levam a sua ideia além do esperado. Gaia tornou-se um culto, quase uma religião, e Lovelock agora compreensivelmente quer distância da sua ideia. Mas algumas de suas primeiras sugestões, quando examinadas, são apenas ligeiramente mais realistas. Ele propôs, por exemplo, que as bactérias produzem gás metano por causa do valioso papel que ele desempenha regulando a química da atmosfera da Terra.

O problema dessa proposição é que se exige das bactérias individuais um comportamento mais generoso do que a seleção natural pode explicar. Supõe-se que as bactérias produzem metano além de suas próprias necessidades. Espera-se que produzam metano suficiente para beneficiar o planeta em geral. Não tem sentido argumentar que agem assim por seus próprios interesses de longo prazo, porque, se o planeta for extinto, elas também serão. A seleção natural jamais esteve consciente do futuro de longo prazo. Ela não tem consciência de nada. Os melhoramentos não surgem por previsão, e sim porque determinados genes se tornaram mais numerosos que seus rivais nos pools de genes. Infelizmente, os genes que fazem as bactérias rebeldes não trabalham e desfrutarem os benefícios da produção altruísta de metano de suas rivais estão fadados a prosperar à custa dos altruístas. Assim, o mundo vai se tornar relativamente mais repleto de bactérias egoístas. Isso vai continuar mesmo que, devido a seu egoísmo, o número total de bactérias (e de tudo o mais) comece a diminuir. Vai continuar até o ponto da extinção. E por que não deveria? Não há antevisão.

Se Lovelock argumentasse que as bactérias produzem metano como um produto secundário de alguma outra coisa que fazem para seu próprio bem, e que essa produção é apenas circunstancialmente útil para o mundo, eu concordaria com ele de todo o coração. Mas, nesse caso, toda a retórica de Gaia é supérflua e desorientadora. Ninguém precisa falar das bactérias operando para o bem de qualquer outra coisa que não seja o seu próprio bem genético de curto prazo. Resta-nos a conclusão de que os indivíduos trabalham para Gaia apenas quando isso lhes traz vantagens — então por que se dar ao trabalho de trazer Gaia para a discussão? É melhor pensarmos sobre os genes, que são as unidades autorreplicadoras reais da seleção natural, medrando num ambiente que inclui o

clima genético fornecido pelos outros genes. Fico plenamente satisfeito em generalizar a noção do clima genético para incluir todos os genes em todo o mundo. Mas isso não é Gaia. Gaia falsamente focaliza a atenção na vida planetária como uma unidade única. A vida planetária é um padrão mutante de clima genético.

A principal companheira de Lovelock na defesa de Gaia é a bacteriologista americana Lynn Margulis. Apesar de seu temperamento combativo, ela se posiciona firmemente no lado suave do *continuum* que estou atacando como má ciência poética. Eis um trecho que ela escreveu com seu filho Dorion Sagan:

A seguir, a visão da evolução como uma crônica competição sangrenta entre os indivíduos e as espécies, um desvirtuamento popular da noção de Darwin da “sobrevivência dos mais aptos”, dissolve-se diante de uma nova visão de cooperação contínua, forte interação e dependência mútua entre as formas de vida. A vida não conquistou o globo pelo combate, mas por um entrelaçamento. As formas de vida multiplicaram-se e tornaram-se complexas cooptando outras, e não apenas matando-as. (*Microcosmos: Four Billion Years of Microbial Evolution*, 1987).

Num sentido superficial, Margulis e Sagan não estão muito longe da verdade nesse trecho. No entanto, a má ciência poética os leva a expressá-la erroneamente. Como enfatizei no começo deste capítulo, a oposição “combate *versus* cooperação” é a dicotomia errada a ser acentuada. Há um conflito fundamental no nível dos genes. Entretanto, como os ambientes dos genes são dominados uns pelos outros, a cooperação e o “entrelaçamento” surgem automaticamente como uma manifestação favorecida desse conflito.

Enquanto Lovelock é um estudioso da atmosfera do mundo, a abordagem de Margulis parte de outra direção, como uma especialista em bactérias. Ela corretamente concede às bactérias o centro do palco entre as formas de vida em nosso planeta. No nível da bioquímica, há uma série de modos fundamentais de se ganhar a vida. Estes são praticados por um ou outro tipo de bactéria. Uma dessas receitas de vida básicas foi adotada pelos eucariotos (isto é, todos, exceto as bactérias), e nós a obtivemos das bactérias. Ao longo dos anos, Margulis tem argumentado com sucesso que a maior parte da nossa bioquímica é realizada para nós pelo que foram outrora bactérias livres, que agora vivem dentro de nossas células. Eis outra citação extraída do mesmo livro de Margulis e Sagan.

As bactérias, ao contrário, exibem uma série muito mais ampla de variações metabólicas que os eucariotos. Elas se entregam a fermentações bizarras, produzem o gás metano, “comem” nitrogênio do ar, extraem energia de glóbulos de enxofre, precipitam ferro e manganês ao respirar, queimam

hidrogênio usando oxigênio para transformar a água em água fervente e em salmoura, armazenam energia por meio do pigmento púrpura rodopsina, e assim por diante. [...] No entanto, nós usamos apenas um dos seus muitos projetos metabólicos para a produção de energia, isto é o da respiração aeróbia, a especialidade das mitocôndrias.

Uma elaborada série de ciclos e cadeias bioquímicos pelos quais a energia captada do Sol é liberada a partir de moléculas orgânicas, a respiração aeróbia ocorre nas mitocôndrias, as organelas diminutas que pululam dentro de nossas células. Margulis convenceu o mundo científico, e acho que com razão, de que as mitocôndrias descendem das bactérias. Os ancestrais das mitocôndrias, quando viviam por sua própria conta, desenvolveram os truques bioquímicos a que damos o nome de respiração aeróbia. Nós, eucariotos, agora nos beneficiamos dessa avançada mágica química, porque nossas células contêm os descendentes das bactérias que a descobriram. Desse ponto de vista, há uma linha ininterrupta de descendência das modernas mitocôndrias até as bactérias ancestrais que viviam livres no mar. Quando digo “linha de descendência”, quero dizer literalmente que uma célula bacteriana de vida independente se dividiu em duas, e pelo menos uma dessas se dividiu em duas, e pelo menos uma dessas se dividiu em duas, e assim por diante, até chegarmos a cada uma de nossas mitocôndrias, que continuam a se dividir em nossas células.

Margulis acredita que as mitocôndrias eram originalmente parasitas (ou predadores — a distinção não é importante nesse nível) que atacavam as bactérias maiores destinadas a prover a camada externa da célula eucariótica. Há ainda alguns parasitas bacterianos que fazem um truque semelhante, escavando a parede da célula da presa e, depois, quando já em segurança no seu interior, fechando a parede e comendo a célula por dentro. Os ancestrais das mitocôndrias, segundo a teoria, evoluíram de parasitas mortíferos para parasitas menos virulentos, que mantêm o hospedeiro vivo a fim de explorá-lo por mais tempo. Mais tarde ainda, as células hospedeiras começaram a se beneficiar com as atividades metabólicas das protomitocôndrias. O relacionamento passou de predador ou parasita (bom para um lado, mau para o outro) a mutualista (bom para ambos). Quando o mutualismo se aprofundou, cada um começou a depender mais completamente do outro, e cada um começou a perder aqueles pedaços de si mesmos cuja finalidade era mais bem realizada pelo outro.

Num mundo darwiniano, essa cooperação devotadamente íntima só evoluiu quando o DNA do parasita passa “longitudinalmente” para outras gerações de hospedeiros nos mesmos veículos do DNA do hospedeiro. Até os dias de hoje, as nossas mitocôndrias ainda têm o seu próprio DNA, que se relaciona de modo distante com o nosso “próprio” DNA e de modo mais próximo com o de certas bactérias. Mas ele passa pelas gerações humanas nos óvulos humanos. Parasitas

cujo DNA passa longitudinalmente desse modo (isto é, de pai hospedeiro para filho hospedeiro) tornam-se menos virulentos e mais cooperativos, porque qualquer coisa que é boa para a sobrevivência do DNA hospedeiro tem a tendência automática de ser boa para a sobrevivência do seu próprio DNA. Parasitas cujo DNA passa “horizontalmente” (de um hospedeiro para outro que não é seu próprio filho), por exemplo, os vírus da raiva ou da gripe, podem se tornar ainda mais virulentos. Se o DNA é transmitido horizontalmente, a morte do hospedeiro talvez não seja ruim. Um caso extremo poderia ser um parasita que se alimenta dentro de um hospedeiro individual, transformando a sua carne em esporos até finalmente explodir, espalhando o DNA parasita aos ventos, que o sopram para bem longe ao encontro de novos hospedeiros.

As mitocôndrias são especialistas longitudinais extremas. Tomaram-se tão íntimas das células hospedeiras que temos dificuldade em reconhecer que já existiram separadas. O meu colega de Oxford, Sir David Smith, encontrou uma símile perfeita:

No hábitat da célula, um organismo invasor pode progressivamente perder pedaços de si mesmo, misturando-se lentamente com o pano de fundo geral, sendo a sua antiga existência traída apenas por alguma relíquia. Na verdade, o que nos vem à mente é o encontro de Alice com o Gato de Cheshire no País das Maravilhas. Enquanto ela o observava, “ele sumiu muito lentamente, começando com o rabo, e terminando com o sorriso, que permaneceu ainda por algum tempo depois que o resto já havia desaparecido”. Há muitos objetos numa célula que são como o sorriso do Gato de Cheshire. Para aqueles que tentam rastrear a sua origem, o sorriso é desafiador e verdadeiramente enigmático. (*The Cell as a Habitat*, 1979).

Não encontro nenhuma forte distinção entre o relacionamento do DNA mitocondrial com o DNA hospedeiro e o existente entre um gene e outro dentro do pool genético ortodoxo normal dos “próprios” genes de uma espécie. Tenho argumentado que todos os nossos genes “próprios” devem ser vistos como mutuamente parasitas.

A outra relíquia sorridente que no momento é bastante incontroversa é o cloroplasto. Os cloroplastos são corpúsculos nas células das plantas que realizam a fotossíntese — armazenando energia solar ao usá-la para sintetizar as moléculas orgânicas. Essas moléculas orgânicas podem então ser rompidas mais tarde, sendo a energia liberada de forma controlada, quando necessário. Os cloroplastos são responsáveis pela cor verde das plantas. Hoje é amplamente aceito que eles descendem de bactérias fotossintéticas, primas das bactérias “azuis-verdes” que ainda existem livres e que são responsáveis por “florescências” na água poluída. O processo da fotossíntese é o mesmo nessas

bactérias e nos (cloroplastos dos) eucariotos. Segundo Margulis, os cloroplastos não foram capturados como as mitocôndrias. Enquanto os ancestrais das mitocôndrias invadiram agressivamente hospedeiros maiores, os ancestrais dos cloroplastos foram presas, originalmente engolfados como alimentos, e só mais tarde desenvolvendo uma relação mútua com os seus captadores, sem dúvida porque o seu DNA começou a ser transmitido longitudinalmente pelas gerações de hospedeiros.

De forma mais controversa, Margulis acredita que ainda outra espécie de bactéria, o rodopiante espiroqueta, invadiu a célula eucariótica primitiva e contribuiu com as estruturas móveis como os cílios, os flagelos e os “fusos” que separam os cromossomos na divisão da célula. Os cílios e os flagelos são apenas versões de tamanho diferente um do outro, e Margulis prefere chamar a ambos de “ondulipódios”. Ela reserva o nome flagelo para a estrutura de chicote superficialmente semelhante, mas na verdade muito diferente, que algumas bactérias usam para patinhar (“mover-se em parafuso” seria um modo de dizer mais apropriado) no meio aquoso. O flagelo bacteriano, particularmente, é notável por ter o único verdadeiro comportamento rotativo nos reinos vivos. É o único exemplo importante da “roda” na natureza, ou pelo menos do eixo, antes que os humanos o reinventassem. Os cílios e outros ondulipódios eucarióticos são mais complicados. Margulis identifica cada ondulipódio com uma bactéria espiroqueta inteira, assim como identifica cada mitocôndria e cada cloroplasto com uma bactéria inteira.

A ideia de cooptar as bactérias para desempenhar algum truque bioquímico difícil tem frequentemente reaparecido na evolução mais recente. Os peixes das profundezas do mar têm órgãos luminosos para fazer sinais uns para os outros e até para se orientarem. Em vez de empreender a difícil tarefa química de gerar luz, eles cooptaram bactérias especialistas nessa habilidade. O órgão luminoso de um peixe é um saco de bactérias cuidadosamente cultivadas, que emitem luz como um produto secundário de seus próprios fins bioquímicos.

Assim temos todo um novo modo de considerar um organismo individual. Não se trata apenas de que os animais e as plantas participem em complicadas teias de interação mútua e com indivíduos de outras espécies, em populações e comunidades como uma floresta tropical ou um banco de coral. Cada animal ou planta individual é uma comunidade. É uma comunidade de bilhões de células, e cada uma dessas bilhões de células é uma comunidade de milhares de bactérias. Eu ainda iria além e diria que até os “próprios” genes de uma espécie são uma comunidade de cooperadores egoístas. Agora somos tentados por mais outro exemplo de ciência poética, a poesia da hierarquia. Há unidades dentro de unidades maiores, não só até o nível do organismo individual, mas mesmo em níveis mais elevados, pois os organismos vivem em comunidades. Não há, em todo nível na hierarquia, uma cooperação simbiótica entre as unidades do nível

imediatamente inferior, unidades que costumavam ser independentes?

Talvez haja alguma vantagem nisso. Os cupins conseguem viver bem comendo madeira e produtos da madeira como os livros. Porém, mais uma vez, os necessários truques químicos não aparecem naturalmente nas células dos cupins. Assim como a célula eucariótica desamparada tem de tomar emprestados os talentos bioquímicos da mitocôndria, o intestino dos cupins, por si só, não consegue digerir a madeira. Eles contam com microrganismos simbióticos para realizar essa digestão. O próprio cupim subsiste por meio dos microrganismos e suas excreções. Esses microrganismos são criaturas estranhas e especializadas, em geral não encontradas em nenhum outro lugar do mundo a não ser no intestino de sua própria espécie de cupim. Dependem dos cupins (para encontrar a madeira e mastigá-la fisicamente em pequenos pedaços), assim como os cupins dependem deles (para quebrá-la em pedaços moleculares ainda menores, usando enzimas que os próprios cupins não conseguem fabricar). Alguns dos microrganismos são bactérias, alguns são protozoários (eucariotos unicelulares) e alguns são uma fascinante mistura das duas coisas. Fascinante por causa de um tipo de *déjà vu* evolucionário que poderosamente confere plausibilidade à especulação de Margulis.

*Mixotricha paradoxa* é um protozoário flagelado que vive no intestino do cupim australiano *Mastotermes darwiniensis*. Tem quatro grandes cílios na extremidade frontal. Margulis, claro, acredita que esses protozoários derivam originalmente de espiroquetas simbióticas. Mas, embora isso possa ser controverso, há um segundo tipo de projeção pequena, ondulada, semelhante a um cabelo, sobre a qual não paira dúvida. Cobrindo o resto do corpo, essas projeções se parecem com cílios, como aqueles que batem ritmicamente para impelir os óvulos dos humanos através dos ovidutos. Contudo, elas não são cílios. Cada uma delas — e há cerca de meio milhão — é uma minúscula bactéria espiroqueta. Na verdade, há dois tipos bem diferentes de espiroquetas envolvidos. São essas bactérias ondulantes que deslocam o *Mixotricha* no intestino do cupim, e registrou-se que elas ondulam em uníssono. Isso parece difícil de acreditar até compreendermos que cada uma poderia ser simplesmente provocada pelas suas vizinhas imediatas.

Os quatro grandes cílios na frente parecem servir apenas como lemes. Eles poderiam ser descritos como “próprios” do *Mixotricha*, para distingui-los dos espiroquetas que cobrem o resto do corpo. Mas, claro, se Margulis está certa, não são realmente mais próprios do *Mixotricha* do que os espiroquetas: apenas representam uma invasão mais antiga. O *déjà vu* reside em outra encenação, por novos espiroquetas, de um drama que foi encenado pela primeira vez há um bilhão de anos. O que acontece é que o *Mixotricha* não pode usar oxigênio, porque não há oxigênio bastante no intestino do cupim. Caso contrário, poderíamos ter certeza, eles teriam mitocôndrias dentro deles — relíquias de mais outra onda

antiga de invasão bacteriana. Em todo caso, porém, eles têm *mesmo* outras bactérias simbióticas dentro deles, que provavelmente desempenham uma atividade bioquímica semelhante à das mitocôndrias, talvez ajudando na difícil tarefa de digerir a madeira.

Um único *Mixotricha* individual, portanto, é uma colônia que contém pelo menos meio milhão de bactérias simbióticas de vários tipos. De um ponto de vista funcional, como uma máquina de digerir madeira, um único cupim é uma colônia que tenha talvez igual número de microrganismos simbióticos alojados no seu intestino. Não se deve esquecer que, à parte os “recentes” invasores de sua flora intestinal, as células “próprias” de um cupim, como as células de qualquer outro eucarioto, são elas próprias colônias de bactérias muito mais antigas. Por fim, os cupins são um tanto especiais, porque eles próprios vivem em enormes colônias de insetos operários, na sua maioria estéreis, que saqueiam a região com mais eficácia do que qualquer outro tipo de animal, exceto as formigas — e o seu sucesso se deve ao mesmo tipo de razão. As colônias de *Mastotermes* podem conter até um milhão de cupins operários individuais. A espécie é uma praga voraz na Austrália, devorando postes telegráficos, o revestimento plástico dos cabos elétricos, construções e pontes de madeira, até bolas de bilhar. Ser uma colônia de colônias de colônias parece ser uma receita bem-sucedida de vida.

Quero retornar à visão panorâmica dos genes e levar a ideia da simbiose universal — “viver em conjunto” — à sua última consequência. Margulis é vista corretamente como uma alta sacerdotisa da simbiose. Como já disse, eu iria até mais longe e consideraria simbióticos todos os genes nucleares “normais”, assim como os genes das mitocôndrias. Mas, enquanto Margulis e Lovelock invocam a poesia da cooperação e amizade como primária na união, quero fazer o oposto e considerá-la uma consequência secundária. No nível genético, tudo é egoísta, mas os fins egoístas dos genes recebem cooperação em muitos níveis. No que diz respeito aos próprios genes, as relações entre os nossos “próprios” genes não são, em princípio, diferentes da relação entre os nossos genes e os das mitocôndrias, ou entre os nossos genes e os de outra espécie. Todos estão sendo selecionados pela sua capacidade de prosperar na presença dos outros genes — de qualquer espécie — cujas consequências os rodeiam.

A colaboração dentro dos *pools* genéticos para formar corpos complexos é frequentemente chamada coadaptação, distinta de coevolução. A coadaptação se refere normalmente ao ajuste mútuo de diferentes partes de um mesmo tipo de organismo com outras partes. Por exemplo, muitas flores têm uma cor brilhante para atrair os insetos e linhas escuras que servem como guias sulcados para levá-los na direção do néctar. A cor, as linhas e o néctar se ajudam mutuamente. Estão coadaptados uns aos outros, sendo os genes que os formam selecionados na presença uns dos outros. A coevolução é um termo normalmente usado para indicar uma evolução mútua em diferentes espécies. As flores e os insetos que as

polinizam evoluem juntos — coevoluem. Nesse caso, a relação coevolucionária é mutuamente benéfica. A palavra coevolução é também empregada para o tipo hostil de evolução conjunta — “a corrida armamentista” coevolucionária. A corrida de alta velocidade nos predadores coevolui com a corrida de alta velocidade nas suas presas. A couraça espessa coevolui com armas e técnicas de penetrá-la.

Embora eu tenha acabado de estabelecer uma distinção clara entre a coadaptação “dentro da espécie” e a coevolução “entre as espécies”, podemos ver que uma certa dose de confusão é perdoável. Se adotarmos a visão, como fiz neste capítulo, de que as interações dos genes são apenas interações dos genes, em qualquer nível, a co-adaptação se revelará apenas um caso especial de coevolução. No que diz respeito aos próprios genes, “dentro da espécie” não é fundamentalmente diferente de “entre as espécies”. As diferenças são práticas. Dentro de uma espécie, os genes encontram seus companheiros dentro das células. Entre as espécies, as suas consequências no mundo exterior podem encontrar as consequências dos outros genes no mundo exterior. Os casos intermediários, como os parasitas e as mitocôndrias íntimos, são reveladores porque todam a distinção.

As preocupações dos céticos da seleção natural frequentemente vão na direção de que a seleção natural, dizem, é um processo puramente negativo. Elimina os que não se adaptam. Como pode essa eliminação negativa desempenhar o papel positivo de construir uma adaptação complexa? Grande parte da resposta reside numa combinação de coevolução e coadaptação, dois processos que, como acabamos de ver, não estão muito afastados.

A coevolução, como uma corrida armamentista humana, é uma receita de construção progressiva de melhoramentos (quero dizer melhoramentos na eficiência do que realizam, claro; é óbvio que, de um ponto de vista humanista, os “melhoramentos” numa corrida armamentista são exatamente o contrário). Se os predadores melhoram o seu desempenho, as presas têm de seguir o seu exemplo, apenas para se manterem no mesmo lugar. E vice-versa. O mesmo vale para os parasitas e os hospedeiros. A escalada gera mais escalada. Isso leva a um melhoramento progressivo real no equipamento para a sobrevivência, mesmo que não leve a um melhoramento na própria sobrevivência (porque, afinal, o outro lado na corrida armamentista também está se aperfeiçoando). Assim, a coevolução — a corrida armamentista, a evolução mútua dos genes em diferentes pools genéticos — é uma resposta ao cético que considera a seleção natural um processo puramente negativo.

A outra resposta é a coadaptação, a evolução mútua dos genes no mesmo pool genético. No pool genético dos guepardos, os dentes carnívoros funcionam melhor com intestinos e hábitos carnívoros. Os dentes, intestinos e hábitos herbívoros formam um complexo alternativo no pool genético dos antílopes. No

nível dos genes, como vimos, a seleção monta complexos harmoniosos não pela escolha dos complexos inteiros, mas pelo favorecimento de cada parte do complexo dentro dos pools genéticos que são dominados pelas outras partes do complexo. No equilíbrio mutante dos pools genéticos, talvez exista mais de uma solução estável para o mesmo problema. Quando um pool genético começa a ser dominado por uma solução estável, as outras seleções dos genes egoístas favorecem os ingredientes da mesma solução. A outra solução poderia ter sido favorecida com igual sucesso se as condições de partida tivessem sido diferentes. Em todo caso, desarma-se a preocupação do cético quanto a saber se a seleção natural é um processo puramente negativo e subtrativo. A seleção natural é positiva e construtiva. Não é mais negativa do que um escultor que escava o mármore de um bloco. A partir dos pools genéticos, ela esculpe complexos de genes coadaptados e mutuamente interativos: fundamentalmente egoístas, mas pragmaticamente cooperativos. A unidade que o escultor darwiniano retalha é o pool genético de uma espécie.

Nos últimos dois capítulos, reservei espaço para o alerta contra a má poesia na ciência. Mas o saldo do meu livro é o oposto. A ciência é poética, deve ser poética, tem muito a aprender dos poetas e devia pôr as imagens e as metáforas poéticas a serviço da sua inspiração. “O gene egoísta” é uma imagem metafórica, potencialmente boa, mas capaz de ser lamentavelmente desorientadora se a metáfora da personificação for impropriamente compreendida. Se interpretada corretamente, pode nos orientar por alguns caminhos de compreensão profunda e pesquisa fértil.

Este capítulo usou a metáfora do gene personificado para explicar como os genes “egoístas” também são “cooperativos”. A imagem-chave a ser impelida para o próximo capítulo é a dos genes de uma espécie como uma descrição detalhada do conjunto de ambientes em que seus ancestrais viveram — um livro genético dos mortos.

## 10. O livro genético dos mortos

*Recorda a sabedoria dos antigos dias [...].*

W. B. Yeats, *The Wind Among the Reeds* (1899)

O primeiro ensaio que me lembro de ter escrito na escola foi “O diário de um centavo”. Tínhamos de nos imaginar uma moeda e contar a nossa história, de como ficou num banco por algum tempo até ser distribuída a um cliente, a sensação até fazer barulho no bolso junto com as outras moedas, como foi entregue para comprar alguma coisa, depois como foi passada adiante como troco para outro cliente, e então... bem, o leitor provavelmente já escreveu um ensaio semelhante. É proveitoso pensar da mesma maneira com relação a um gene, que não viaja de bolso em bolso, mas de corpo em corpo pelas gerações. E o primeiro ponto da analogia da moeda é que obviamente a personificação do gene não deve ser tomada ao pé da letra, assim como nós, alunos de sete anos, tampouco achávamos que as nossas moedas pudessem falar. A personificação é às vezes um expediente útil, e os críticos nos acusarem de que a tomamos ao pé da letra é quase tão estúpido quanto tomá-la ao pé da letra em primeiro lugar. Os físicos não ficam literalmente encantados pelas suas partículas, e um crítico que os acuse disso é um pedante muito chato.

O evento de “cunhagem” para um gene é a mutação que o trouxe à vida alterando um gene anterior. Só uma das muitas cópias do gene na população é mudada (por um único evento de mutação, mas uma mutação idêntica pode mudar outra cópia do gene no pool genético em outro momento). Os outros genes continuam a fazer cópias do gene original, que então pode ser considerado em competição com a forma mutante. Fazer cópias é certamente o que os genes, ao contrário das moedas, sabem fazer com excelência, e o nosso diário de um gene tem de incluir as experiências não dos átomos particulares que entram na composição do DNA, mas da experiência do DNA na forma de múltiplas cópias em sucessivas gerações. Como mostramos no último capítulo, grande parte da “experiência” de um gene em gerações passadas consiste em entrar em contato com os outros genes da espécie, e essa é a razão pela qual eles cooperam tão amistosamente no empreendimento coletivo de construir corpos.

Agora vamos perguntar se todos os genes de uma espécie têm as mesmas “experiências” ancestrais. Na sua maior parte, eles partilham as mesmas experiências. A maioria dos genes do búfalo pode olhar para trás e ver uma longa linhagem de corpos de búfalos que desfrutaram ou sofreram experiências comuns de búfalo. Os corpos em que esses genes sobreviveram incluíam búfalos

machos e fêmeas, pequenos e grandes, e assim por diante. Mas há subconjuntos de genes com experiências diferentes, por exemplo, os genes que determinam o sexo. Nos mamíferos, os cromossomos Y são encontrados apenas nos machos e não trocam genes com outros cromossomos. Assim, um gene existente num cromossomo Y teve uma experiência limitada dos corpos de búfalos: apenas corpos de machos. As suas experiências são em grande parte típicas dos búfalos, em geral, mas não na totalidade. Ao contrário da maioria dos genes dos búfalos, ele não sabe como é existir num búfalo fêmea. Um gene que sempre existiu num cromossomo Y desde a origem dos mamíferos durante a era dos dinossauros terá experimentado corpos machos de muitas espécies diferentes, mas nunca um corpo fêmeo de qualquer tipo. O caso dos cromossomos X é mais complicado de elaborar. Os mamíferos machos têm um único cromossomo X (herdado da mãe, mais um cromossomo Y herdado do pai), enquanto as fêmeas têm dois cromossomos X (um de cada progenitor). Assim cada gene do cromossomo X experimentou tanto corpos fêmeos como machos, porém dois terços de sua experiência foi em corpos fêmeos. Nos pássaros, a situação é inversa. O pássaro fêmeo tem cromossomos de sexo desiguais (que podemos chamar de X e Y por analogia com os mamíferos, embora a terminologia oficial seja diferente), e o macho, dois cromossomos do mesmo tipo (XX).

Os genes nos outros cromossomos tiveram todos uma experiência igual em corpos machos e fêmeos, mas as suas experiências podem ser desiguais em outros aspectos. Um gene terá passado mais do que boa parte de seu tempo em corpos ancestrais que possuem todas as qualidades que o gene codifica — longas patas, chifres grossos, ou seja lá o que for, especialmente se é um gene dominante. Quase tão óbvio, é provável que todos os genes tenham passado um período maior de seu tempo ancestral em corpos bem-sucedidos que em corpos malsucedidos. Há muitos corpos malsucedidos, e eles contêm o seu complemento completo de genes. Mas tendem a não ter descendentes (isso é o que significa ser malsucedido), por isso, quando um gene examina sua biografia de corpos passados, vai observar que todos foram na verdade bem-sucedidos (por definição), e talvez a maioria (mas nem todos) eram equipados com o que é normalmente necessário para ser bem-sucedido. A diferença é que alguns indivíduos que não estão equipados para ser bem-sucedidos às vezes se reproduzem, apesar de suas deficiências. E outros indivíduos que são magnificamente equipados para sobreviver e reproduzir em condições normais são às vezes atingidos pela desgraça.

Se, como acontece com alguns veados, focas e macacos, a espécie pertence àquelas em que os machos formam hierarquias de dominância e os machos dominantes se encarregam da maior parte da reprodução, segue-se que os genes da espécie terão mais experiência de corpos machos dominantes do que de corpos subordinados. (Note-se que já não estamos empregando dominante no seu

sentido genético técnico, cujo antônimo é recessivo, e sim no sentido da linguagem comum, em que o seu antônimo é subordinado.) Em cada geração, a maioria dos machos é subordinada, mas os seus genes ainda possuem atrás de si uma forte linhagem de ancestrais machos dominantes. Em cada geração, a maioria é procriada por uma minoria dominante da geração anterior. Da mesma maneira, se, como acontece com os faisões, a espécie pertence àquelas em que, assim supomos, a maior parte da inseminação é feita por machos belos (para as fêmeas), a maioria dos genes, estejam em fêmeas, em machos feios ou em machos belos, pode ter no passado uma longa linhagem de ancestrais machos belos. Os genes têm mais experiência em corpos bem-sucedidos do que em corpos malsucedidos.

Na medida em que os genes de uma espécie têm uma experiência regular e recorrente de corpos subordinados, é de esperar ver estratégias condicionais para “tirar o máximo proveito de um trabalho malfeito”. Naquelas espécies em que os machos bem-sucedidos defendem belicosamente grandes haréns, às vezes notamos os machos subordinados empregando estratégias alternativas, “furtivas”, para ganhar um acesso efêmero às fêmeas. As focas têm algumas das sociedades mais dominadas pelo harém em todo o reino animal. Em algumas populações, mais de noventa por cento das cópulas são realizadas por menos de dez por cento dos machos. A maioria solteira dos machos, enquanto aguarda uma ocasião de derrubar um dos chefões do harém, mantém-se atenta às oportunidades de arrumar cópulas furtivas com fêmeas temporariamente indefesas. Mas, para que essa estratégia alternativa dos machos tenha sido favorecida pela seleção natural, deve haver pelo menos um fio significativo de genes que se introduziram furtivamente pelas gerações por meio de cópulas roubadas. Em nossa linguagem do “diário de um gene”, pelo menos alguns genes registram machos subordinados na sua experiência ancestral.

Não nos deixemos desorientar pela palavra “experiência”. Não se trata apenas de tomar a palavra antes metafórica que literalmente. Isso, espero, é óbvio. Menos óbvio é que obtemos uma metáfora muito mais eficaz se pensarmos no pool genético de toda uma espécie, em vez de num único gene, como a entidade que ganha experiência de seu passado ancestral. Esse é outro aspecto de nossa doutrina do “cooperador egoísta” Vamos tentar explicar o que significa dizer de uma espécie, ou de seu pool genético, que ela aprende com suas experiências. A espécie muda ao longo do tempo evolucionário. Em qualquer geração, a espécie consiste no conjunto de seus membros individuais vivos naquela época. É óbvio que esse conjunto muda quando novos membros nascem e velhos membros morrem. Essa mudança em si não merece ser considerada beneficiária da experiência, mas a distribuição estatística dos genes na população pode sistematicamente se mover numa direção especificada, e isso é a “experiência da espécie”. Se uma era glacial estiver se anunciando, mais e

mais indivíduos serão vistos com pêlos espessos. Aqueles indivíduos que são por acaso os mais peludos em qualquer geração tendem a contribuir mais do que a sua cota de prole, e com isso fornecem genes para pêlos espessos para a próxima geração. O conjunto de genes em toda a população — e, portanto, os genes que provavelmente estão contidos num indivíduo médio típico — torna-se deslocado na direção de um número cada vez maior de genes para pêlos espessos. O mesmo acontece com outros tipos de genes. Com o passar das gerações, todo o conjunto de genes de uma espécie — o pool genético — é esculpido e entalhado, misturado e modelado, para se tornar bom em gerar indivíduos bem-sucedidos. É nesse sentido que afirmo que a espécie aprende com a sua experiência na arte de construir bons corpos individuais, e ela armazena as suas experiências em forma codificada no conjunto de genes no pool genético. O tempo geológico é a escala de tempo ao longo do qual as espécies se tornam experientes. As informações que a experiência armazena são a respeito dos ambientes ancestrais e de como sobreviver neles.

Uma espécie é um computador que calcula médias aritméticas. Constrói, ao longo das gerações, uma descrição estatística dos mundos em que os ancestrais dos membros atuais da espécie viveram e reproduziram. Essa descrição é escrita na linguagem do DNA. Não reside no DNA de nenhum indivíduo determinado, mas coletivamente no DNA — os cooperadores egoístas — de toda a população reprodutora. Talvez a palavra “leitura” capte melhor o sentido do que “descrição”. Se encontrássemos o corpo de um animal, uma nova espécie ainda desconhecida da ciência, um zoólogo instruído que tivesse a permissão de examinar e dissecar cada um de seus detalhes deveria ser capaz de “ler” o seu corpo e dizer em que tipo de ambiente os seus ancestrais habitaram: deserto, floresta tropical, tundra ártica, mata temperada ou banco de coral. O zoólogo também deveria ser capaz de informar, pela leitura dos dentes e intestinos, de que ele se alimentava. Dentes chatos como mós e intestinos longos com becos sem saída bem complicados indicam que era um herbívoro; dentes agudos e cortantes e intestinos curtos e pouco complicados indicam um carnívoro. As patas do animal, os olhos e outros órgãos dos sentidos apontam o modo como se movia e como encontrava o seu alimento. Suas listras ou sinais, seus chifres, galhadas ou cristas permitem ao conhecedor uma leitura de sua vida sexual e social.

Mas a ciência zoológica ainda tem um longo caminho pela frente. A zoologia dos dias atuais pode “ler” o corpo de uma espécie recém-descoberta e dar apenas um veredicto qualitativo e aproximado sobre o seu provável habitat e modo de vida. A zoologia do futuro introduzirá num computador muitas outras medições da anatomia e da química do animal a ser “lido”. Ainda mais importante, não consideraremos as medições em separado. Vamos aperfeiçoar técnicas matemáticas de combinar informações de dentes, intestinos, química do estômago, coloração e armas sociais, sangue, ossos, músculos e ligamentos.

Vimos incorporar métodos de analisar as interações dessas medições entre si. Combinando tudo o que é conhecido sobre o corpo do animal estranho, o computador construirá um modelo detalhado e quantitativo do mundo, ou mundos, em que os ancestrais do animal sobreviveram. Isso — assim me parece — é equivalente a dizer que o animal, qualquer animal, é um modelo ou descrição de seu próprio mundo ou, mais precisamente, dos mundos em que os genes de seus ancestrais foram naturalmente selecionados.

Em alguns casos, o corpo de um animal é uma descrição do mundo no sentido literal de uma representação pictórica. Um bicho-pau vive num mundo de raminhos, e seu corpo é uma escultura figurativa de um graveto, marcas de folhas, brotos e tudo o mais. A pelagem de um cervo é uma pintura do padrão malhado da luz solar filtrada pelas árvores sobre o chão do bosque. Uma mariposa salpicada [*Biston betularia*] é um modelo de líquen sobre a casca de uma árvore. Todavia, assim como a arte não tem de ser literal e figurativa, pode-se dizer que os animais descrevem o seu mundo de outras maneiras: impressionista, digamos, ou simbólica. Um artista à procura de uma impressão dramática de velocidade aérea não poderia encontrar nada melhor que a forma de um andorinhão [*Apus apus*]. Talvez porque temos uma compreensão intuitiva da forma aerodinâmica; talvez porque nos acostumamos com a beleza da envergadura em flecha dos modernos aviões a jato; talvez porque aprendemos alguma coisa da física de turbulência e dos números de Reynolds, e nesse caso podemos dizer que a forma do andorinhão encarna fatos codificados sobre a viscosidade do ar em que seus ancestrais voaram. Seja qual for o caso, vemos um andorinhão como um ser que se coaduna ao fluxo aéreo de alta velocidade assim como uma luva se ajusta à mão, uma impressão reforçada quando a contrastamos com o debater-se desajeitado de um andorinhão encalhado no chão e incapaz de decolar.

Uma toupeira não tem literalmente a forma de um túnel subterrâneo. Talvez seja um tipo de imagem negativa de um túnel, modelada para se espremer pelo seu percurso. Suas patas dianteiras não são literalmente como o solo, mas elas se assemelham a pás, que, por experiência ou intuição, podemos ver como o complemento funcional do solo: pás movidas por músculos poderosos para trabalhar contra o solo. Há casos até mais impressionantes em que um animal, ou parte dele, não se assemelha literalmente a seu mundo, mas adapta-se a uma parte dele como uma luva. O abdômen enroscado de um bernardo-eremita é uma representação codificada das conchas dos moluscos em que os genes de seus ancestrais viveram. Ou poderíamos dizer que os genes do bernardo-eremita contêm uma predição codificada sobre um aspecto do mundo que o animal vai habitar. Como os caracóis e os búzios modernos são em média iguais aos antigos caracóis e búzios, os bernardos-eremitas ainda se adaptam dentro deles e sobrevivem — a predição se cumpre.

Algumas espécies de ácaros minúsculos são especializadas em andar numa localização precisa no interior das mandíbulas em forma de alicate de uma casta particular de operárias das formigas-correioes. Outra espécie de ácaro é especializada em andar na primeira junta de uma antena de uma formiga-correioe. Cada um desses ácaros tem a forma para se adaptar a seu hábitat preciso, assim como uma chave se adapta a uma fechadura (o professor C. W. Rettenmeyer me informa — para o meu pesar — que não há ácaros modelados para as antenas esquerdas e outros modelados para as antenas direitas). Assim como uma chave contém informações (complementares ou negativas) sobre a sua fechadura (informações sem as quais a porta não pode ser aberta), o ácaro contém informações sobre o seu mundo, nesse caso a forma da junta do inseto na qual se aloja. (Os parasitas são frequentemente chaves muito especializadas que se adaptam às fechaduras dos hospedeiros de forma muito mais detalhada que os predadores, presumivelmente porque não é comum que um predador ataque apenas uma única espécie de hospedeiro. A ilustre bióloga Miriam Rothschild tem vários exemplos encantadores, inclusive o de um “verme que vive exclusivamente sob as pálpebras do hipopótamo e alimenta-se das suas lágrimas”.)

Às vezes a adaptação do animal ao mundo é intuitivamente clara, quer ao senso comum, quer ao olhar treinado do engenheiro. Qualquer pessoa pode saber por que as patas palmadas são tão comuns entre os animais que entram na água com frequência — patos, ornitorrincos, sapos, lontras e outros. Se você ainda tem dúvidas, calce um par de pés-de-pato e experimente a sensação imediata de liberdade ao nadar. Você até pode chegar a desejar ter nascido com pés de pato, até que sai da água e tenta caminhar com eles. O meu amigo Richard Leakey, paleoantropólogo, conservacionista e herói africano, perdeu as duas pernas num acidente de avião. Agora ele tem dois pares de pernas artificiais: um par com sapatos, bem grandes para dar estabilidade e permanentemente amarrados para caminhar, e outro par com nadadeiras para nadar. Os pés que são bons para um modo de vida são ruins para o outro. É difícil projetar um animal que pode fazer bem duas coisas assim tão diferentes.

Qualquer pessoa pode ver por que as lontras, as focas e outros animais que respiram ar e vivem dentro da água frequentemente têm narinas que podem ser fechadas voluntariamente. Mais uma vez, os nadadores humanos muitas vezes recorrem a artificios, nesse caso um grampo elástico no nariz como um prendedor de roupa. Qualquer pessoa que observe um tamanduá se alimentando por um buraco num formigueiro ou cupinzeiro compreende rapidamente por que eles são equipados com um focinho longo e fino e uma língua pegajosa. Isso não vale apenas para os tamanduás especializados da América do Sul, mas também para os não aparentados pangolins e *aardvark* (ou *orictropes*) da África, e até para o ainda menos aparentado *numbat* (ou *mirmecóbio*) e os *équidnas* de

parentesco muito distante da Australásia. É menos óbvio por que todos os mamíferos que comem formigas ou cupins têm uma taxa metabólica baixa — uma temperatura corporal baixa em comparação com a maioria dos mamíferos, e uma taxa correspondentemente baixa de renovação bioquímica.

Para reconstruir os mundos ancestrais e suas descrições genéticas, os nossos zoólogos do futuro vão precisar substituir o senso comum intuitivo pela pesquisa sistemática. Eis como poderiam proceder. Começariam listando um conjunto de animais que não têm um parentesco particularmente íntimo entre si, mas que partilham todos um aspecto importante da vida. Os mamíferos que habitam a água seriam um bom precedente. Em mais de uma dezena de ocasiões separadas, os mamíferos que habitam a terra regressaram para viver, total ou parcialmente, na água. Sabemos que tomaram esse rumo independentemente uns dos outros, porque seus primos mais próximos ainda vivem na terra. A desmana dos Pireneus [ *Galemys pyrenaicus* ] é um tipo de toupeira aquática, intimamente aparentada com nossas familiares toupeiras escavadoras. As desmanas e as toupeiras são membros da ordem Insectívora. Outros membros da Insectívora que evoluíram independentemente para viver em água doce incluem os musaranhos aquáticos (water shrews), uma espécie da família Tenrecidae exclusiva de Madagascar, e três espécies de musaranhos lontras (otter shrews) aparentadas. São quatro retornos à água só entre os Insectívora. Todas as quatro espécies são primas mais próximas de parentes que vivem na terra seca do que de outras espécies de água doce na lista. Temos de contar os três musaranhos lontras apenas como um único retorno à água, porque eles têm parentesco entre si e presumivelmente descendem todos de um ancestral aquático recente.

As baleias sobreviventes provavelmente representam, quando muito, dois retornos separados à água: as baleias dentadas (incluindo os golfinhos) e as baleias de barbatanas. Os dugongs e manatis sobreviventes são primos próximos uns dos outros, e certamente o seu ancestral comum também vivia no mar; assim eles também representam um único retorno para o mar. Dentro da família dos porcos, a maioria vive na terra, mas os hipopótamos voltaram a viver parcialmente na água. Os castores e as lontras são outros animais cujos ancestrais retornaram à água. Podem ser diretamente comparados com os primos que ficaram em terra, por exemplo, as marmotas dos prados [g. *Cynomys*], no caso dos castores, e os texugos, no caso das lontras. Os visons são membros do mesmo gênero das doninhas e arminhos (o que os torna tão próximos entre si quanto os cavalos, as zebras e os jumentos são próximos uns dos outros), porém eles são semi-aquáticos e têm patas parcialmente palmadas. Há um marsupial aquático sul-americano, a cuíca-d'água, que pode ser diretamente comparado com seus primos gambás que vivem na terra. Entre os mamíferos da Australásia que põem ovos, os ornitorrincos de bico de pato vivem em grande parte na água; os eqúidnas, na terra. Podemos fazer uma lista

respeitável de pares combinados, com cada grupo aquático que evoluiu independentemente em oposição ao primo mais próximo encontrável que permaneceu em terra.

Dada a lista dos pares combinados, podemos de imediato notar alguns fatos óbvios. A maioria dos que habitam a água têm patas pelo menos parcialmente palmadas; alguns têm um rabo que se modificou para assumir a forma de um remo. São fatos óbvios, assim como a língua longa e pegajosa partilhada pelos comedores de formigas. Contudo, assim como a baixa taxa metabólica partilhada pelos que comem formigas, há provavelmente características menos óbvias partilhadas pelos mamíferos aquáticos que os distinguem de seus primos terrestres. Como vamos descobri-las? Por meio de uma análise estatística sistemática, talvez parecida com a descrita a seguir.

Examinando a nossa tabela de pares combinados, realizamos uma grande série de medições, as mesmas para todos os animais. Medimos tudo o que nos vem à mente, sem expectativas prévias: a largura da pélvis, o raio do olho, o comprimento do intestino, dezenas de outras medições, todas talvez calculadas em proporção ao tamanho total do corpo. Depois inserimos todas as medições num computador e pedimos que ele elabore a que medições devemos dar um peso alto para discriminar os animais aquáticos de seus primos terrestres. Poderíamos calcular um número, o “número de discriminação”, somando as contribuições de todas as medições, cada uma tendo sido multiplicada por um fator de peso. Na soma final, o computador ajusta o peso dado a cada medição, para maximizar a diferença entre os mamíferos aquáticos e os seus números terrestres opostos. A análise presumivelmente dará um peso elevado ao índice da pata palmada. O computador vai descobrir que vale a pena — se a intenção é maximizar a diferença entre os animais aquáticos e terrestres — multiplicar o índice da pata palmada por um número elevado antes de somá-lo ao número de discriminação. Outras medições — coisas que os mamíferos partilham sem levar em conta o caráter molhado de seu mundo — vão precisar ser multiplicadas por zero para eliminar a sua contribuição irrelevante e confusa à soma ponderada.

No final da análise, examinamos os pesos de todas as nossas medições. Aquelas que aparecem com pesos elevados, como o índice da pata palmada, são as que têm algo a ver com a aquosidade do modo de vida. As patas palmadas são um dado óbvio. O que esperamos é que a análise revele outros discriminadores importantes que não são tão óbvios. As medições bioquímicas, por exemplo. Quando as conseguirmos, poderemos coçar a cabeça e perguntar que conexão elas têm com a vida na água ou na terra. Isso pode sugerir hipóteses para outras pesquisas. Mesmo que não o faça, qualquer medição que nos dê uma diferença estatisticamente significativa entre os animais que adotaram um certo modo de vida e seus primos que não o escolheram provavelmente vai nos dizer algo importante sobre esse modo de vida.

Podemos fazer a mesma coisa com os genes. Sem nenhuma hipótese prévia sobre o que os genes estão realizando, fazemos uma pesquisa sistemática de semelhanças genéticas entre animais aquáticos não aparentados que não são partilhadas pelos seus primos próximos terrestres. Se encontrarmos quaisquer efeitos fortes e estatisticamente significativos, mesmo sem compreender o que os genes estão realizando, eu diria que esses resultados poderiam ser considerados uma descrição genética de mundos aquáticos. Repetindo, a seleção natural funciona como um computador que calcula médias, realizando o equivalente a um cálculo que não é distinto dos cálculos que acabamos de programar em nosso computador fabricado pelo homem.

Muitas vezes uma espécie adota modos variados de vida, que podem ser radicalmente diferentes uns dos outros. Uma lagarta, e a borboleta em que se transforma, são membros da mesma espécie, mas a reconstrução de nosso zoólogo de seus dois modos de vida seria completamente diferente. A lagarta e a borboleta contêm o mesmíssimo conjunto de genes, e os genes devem descrever os dois ambientes, porém separadamente. É presumível que muitos deles sejam ativados na fase de mascar plantas e de crescimento da lagarta, e outros genes, em grande parte diferentes, sejam ativados na fase adulta de comer néctar e de reprodução.

O macho e a fêmea da maioria das espécies vivem de modos no mínimo bastante diferentes. As diferenças são levadas a extremos no peixe-pescador, espécie em que o macho se liga como uma pequena protuberância parasita ao corpo grande da fêmea. Na maioria das espécies, inclusive a nossa, tanto o macho como a fêmea contêm a maioria dos genes para ser macho ou fêmea. As diferenças residem nos genes que são ativados. Todos temos genes para formar o pênis e genes para formar o útero, independentemente de nosso sexo. (“Sexo” é o termo correto, por sinal, e não “gênero”. Gênero é um termo técnico gramatical, aplicado a palavras, e não a criaturas. Em alemão, o gênero de uma menina é neutro, mas o seu sexo é feminino. As línguas ameríndias têm tipicamente dois gêneros, o animado e o inanimado. A associação de gênero com sexo em alguns grupos linguísticos é casual. É uma boa piada que o eufemismo inspirado por razões políticas — dizer gênero, quando se quer dizer sexo — é assim um exemplo do imperialismo ocidental.) Lendo o corpo de um macho ou o de uma fêmea, nosso futuro zoólogo teria uma imagem incompleta dos mundos ancestrais da espécie. Por outro lado, os *genes* de qualquer membro da espécie mais do que bastariam para reconstruir uma imagem completa da série de modos de vida que a espécie experimentou.

Os cucos parasitas são uma curiosidade, e fascinante do ponto de vista do Livro Genético dos Mortos. Como é bem conhecido, eles são criados por pais adotivos de uma espécie que não é a sua. Eles nunca criam os seus filhotes. Nem todos são criados pela mesma espécie adotiva. Na Grã-Bretanha, alguns são

criados por um tipo de caminheiro [*Anthus pratensis*], outros, pela toutinegra dos caniços [*Acrocephalus scirpaceus*], um menor número por tordos, alguns por uma variedade de outras espécies, mas o maior número é criado por acentores (ou *dunnock*, em um dialeto inglês). Acontece que nosso principal especialista em acentores, autor de *Dunnock Behaviour and Social Evolution* (1992), é hoje também o pesquisador mais importante da biologia do cuco, Nicholas Davies, da Universidade de Cambridge. Vou basear o meu relato na obra de Davies e seu colega Michael Brooke, porque ela se presta especialmente bem a ser vertida para a linguagem da “experiência” dos mundos ancestrais da espécie. A menos que haja uma declaração em contrário, vou me referir ao cuco comum, *Cuculus canorus*, na Grã-Bretanha.

Embora cometam erros em dez por cento das ocasiões, uma fêmea do cuco normalmente põe seus ovos no mesmo tipo de ninho em que puseram ovos sua mãe, sua avó materna, sua bisavó pela linhagem materna, e assim por diante. Presumivelmente as jovens fêmeas aprendem as características de seu ninho adotivo e o procuram quando chega a sua vez de pôr ovos. Assim, no que diz respeito às fêmeas, há cucos acentores, cucos toutinegras dos caniços, cucos caminheiros, e assim por diante, e eles partilham esse atributo com seus parentes pela linhagem materna. Entretanto, essas não são espécies separadas, nem mesmo raças separadas no sentido normal da palavra. São chamadas “*gentes*” (singular “*gens*”). A razão de uma *gens* não ser uma raça ou espécie verdadeira é que os cucos machos não pertencem a uma *gens*. Como os machos não põem ovos, eles nunca têm de escolher um ninho adotivo. E, quando um cuco macho vem a se acasalar, ele apenas se acasala com uma fêmea cuco sem considerar a *gens* dela e sem levar em conta a espécie adotiva que criou cada um dos dois. Disso se seguiria que há um fluxo de *genes* entre as *gentes*. Os machos levam genes de uma *gens* fêmea para outra. A mãe, a avó materna e a bisavó pela linhagem materna da fêmea, todas pertencem à mesma *gens*. Mas a avó paterna, as duas bisavós pela linhagem paterna e todas as ancestrais fêmeas a que ela está ligada por qualquer ancestral macho poderiam pertencer a qualquer *gens*. Do ponto de vista da “experiência” do gene, a consequência é muito interessante. É bom lembrar que, nos pássaros, é a fêmea que tem os cromossomos sexuais desiguais, X e Y, enquanto os pássaros machos têm dois cromossomos X. Vamos pensar no que isso significa para a experiência ancestral dos genes num cromossomo Y. Como ele passa invariavelmente pela linhagem feminina, jamais se desviando para os caminhos da experiência do macho, um cromossomo Y permanece estritamente dentro de uma *gens*. É um cromossomo Y de um cuco acentor ou um cromossomo Y de um cuco caminheiro. A “experiência” de seu progenitor adotivo é a mesma de geração para geração. A esse respeito, ele difere de todos os outros genes no cuco, pois todos passaram algum tempo em corpos de machos e por isso se introduziram livremente pelas

gentes femininas, experimentando-as todas em proporção à sua frequência.

Em nossa linguagem dos genes como “descrições” de ambientes ancestrais, a maioria dos genes do cuco será capaz de descrever aquelas características que são partilhadas pela série completa de ninhos adotivos que a espécie tem parasitado. Os genes do cromossomo Y, de modo único, vão descrever apenas um tipo de ninho adotivo, uma espécie de progenitor adotivo. Isso significa que os genes do cromossomo Y, de uma maneira que não é possível para outros genes do cuco, serão capazes de desenvolver truques especializados para sobreviver no ninho de sua espécie adotiva particular. Que tipo de truque? Bem, os ovos do cuco mostram pelo menos alguma tendência a imitar os ovos da espécie adotiva. Quando postos em ninhos de caminheiros, são semelhantes a ovos grandes dos caminheiros. Postos em ninhos de toutinegras dos caniços, são similares a ovos grandes de rouxinóis dos paus. Os ovos de cuco postos em ninhos de alvéolos malhadas [*Motacilla alba yarrellii*] se assemelham a ovos de alvéolos malhadas. Presumivelmente isso beneficia os ovos dos cucos, que do contrário poderiam ser rejeitados pelos pais adotivos. Mas vamos pensar no que isso deve significar do ponto de vista dos genes.

Se os genes para a cor do ovo estivessem em qualquer outro cromossomo que não o Y, eles seriam levados pelos machos para os corpos das fêmeas pertencentes à variedade completa de gentes. Isso significa que eles seriam levados para a série completa de ninhos hospedeiros, e não haveria nenhuma pressão consistente da seleção natural para imitar mais um tipo de ovo do que outro. Seria difícil que os ovos, nessas circunstâncias, imitassem alguma característica além dos traços mais generalizados de todos os ovos hospedeiros. Embora não haja evidência direta, é portanto razoável supor que os genes específicos da imitação dos ovos residem no cromossomo Y do cuco. As fêmeas vão levá-los, geração após geração, para os ninhos do mesmo hospedeiro. A sua “experiência” ancestral será toda com os olhos discriminadores do mesmo hospedeiro, e esses olhos vão exercer a pressão da seleção que guia a cor e o padrão de manchas para imitar os ovos dos hospedeiros.

Há uma notável exceção. Os ovos do cuco postos em ninhos de acentores não se assemelham a ovos de acentores. Não são mais variáveis entre si do que os ovos postos em ninhos das toutinegras dos caniços ou dos caminheiros; a sua cor é característica da gens acentor dos cucos, e eles não se parecem muito com os ovos de nenhuma outra gens, tampouco se assemelham a ovos de acentores. Por quê? Seria possível pensar que os ovos de acentores, de um azul-pálido uniforme, são mais difíceis de imitar que os ovos dos caminheiros ou das toutinegras dos caniços. Ou que talvez os cucos apenas não tenham o equipamento fisiológico para criar ovos azuis uniformes. Sempre desconfio dessas teorias de última instância, e nesse caso há evidências contra elas. Na Finlândia, há uma gens de cuco que parasita rabos ruivos [g. *Phoenicurus*], que também têm ovos azuis

uniformes. Esses cucos, que pertencem à mesma espécie de nossos cucos britânicos, conseguem imitar maravilhosamente os ovos dos rabos ruivos. Isso certamente mostra que o fracasso dos cucos britânicos em imitar os ovos dos acentores não pode ser atribuído a uma incapacidade inerente de produzir a cor azul sem manchas.

Davies e Brooke acreditam que a verdadeira explicação reside no caráter recente da relação entre os acentores e os cucos. Ao longo do tempo evolucionário, os cucos participam de uma corrida armamentista com cada uma das espécies hospedeiras, e a gens que estamos examinando só recentemente “invadiu” os acentores. Por isso, os acentores ainda não tiveram tempo suficiente para desenvolver armas opostas. E os cucos acentores tampouco tiveram tempo para desenvolver ovos que imitam os dos acentores, ou eles ainda não precisaram imitá-los porque os acentores ainda não desenvolveram o hábito de discriminar os ovos estranhos dos seus. Na linguagem deste capítulo, nem o *pool* genético dos acentores, nem o *pool* genético dos cucos (ou melhor, o cromossomo Y da gens cuco acentor) teve bastante experiência com o outro para desenvolver armas opostas. Talvez os cucos acentores ainda estejam adaptados para ludibriar uma espécie adotiva diferente, aquela que a sua ancestral feminina abandonou quando pôs o primeiro ovo num ninho de acentor.

Segundo essa visão, os caminheiros, as toutinegras dos caniços e as alvéolas são antigos inimigos de suas respectivas gentes de cucos. Houve tempo suficiente para a construção de armas de parte a parte. Os hospedeiros formaram olhos aguçados para descobrir um ovo impostor, e os cucos possuem correspondentemente disfarces astuciosos para os seus ovos. Os tordos são um caso intermediário. Os seus cucos põem ovos que são ligeiramente parecidos com os do tordo, mas a semelhança não é grande. Talvez a corrida armamentista entre os tordos e a gens tordo dos cucos tenha uma antiguidade intermediária. Nessa, perspectiva, os cromossomos Y dos cucos tordos têm alguma experiência, mas a sua descrição de ambientes ancestrais recentes (do tordo) é ainda vaga e contaminada por descrições anteriores de outras espécies, previamente “experimentadas”.

Davies e Brooke realizaram experimentos colocando deliberadamente ovos extras, de vários tipos, em ninhos pertencentes a diferentes espécies de pássaros. Queriam ver que espécies aceitariam ou rejeitariam os ovos estranhos. A sua hipótese era que as espécies que passaram por uma corrida armamentista com os cucos, em consequência de sua “experiência” genética, muito provavelmente rejeitariam os ovos estranhos. Um modo de fazer esse teste era observar as espécies que nem são adequadas para servir de hospedeiras dos cucos. Os filhotes de cuco precisam comer insetos e vermes. As espécies que alimentam os filhotes com sementes, ou as espécies que fazem ninhos em buracos que as fêmeas dos cucos não conseguem alcançar, nunca correram o risco de receber

ovos dos cucos. Davies e Brooke previram que esses pássaros não se preocupariam se eles experimentalmente introduzissem ovos estranhos em seus ninhos. E foi o que aconteceu. As espécies que são adequadas para os cucos, entretanto, como os tentilhões, os tordos canoros [*Turdus ericetorum*] e os melros, mostraram uma tendência mais forte a rejeitar os ovos experimentais que Davies e Brooke, brincando de cuco, colocaram nos seus ninhos. Papa-moscas são potencialmente vulneráveis, porque alimentam os filhotes com uma dieta favorável aos cucos. Mas enquanto os papa-moscas pintados [*Muscicapa striata*] têm ninhos abertos e acessíveis, os papa-moscas malhados [*M. hypoleuca*] fazem ninhos em buracos que as fêmeas dos cucos são grandes demais para penetrar. Sem dúvida, quando os experimentadores depositaram os ovos estranhos nos seus ninhos, os papa-moscas malhados, com seus pools genéticos “inexperientes”, aceitaram os ovos estranhos sem protesto; os papa-moscas pintados, ao contrário, os rejeitaram, sugerindo que seus pools genéticos conheciam a ameaça dos cucos desde muito tempo.

Davies e Brooke fizeram experimentos semelhantes com as espécies que os cucos realmente parasitam. Os caminheiros, as toutinegras dos caniços e as alvéolas malhadas em geral rejeitavam os ovos artificialmente acrescentados. Confirmando a hipótese da “falta de experiência ancestral”, os acentores não os rejeitaram, tampouco as garriças. Os tordos e as toutinegras dos carriços [*Acrocephalus schoenobaenus*] eram intermediários. No outro extremo, as emberizas [*Emberiza schoeniclus*], que são adequadas para os cucos, mas pouco parasitadas por eles, mostraram total rejeição dos ovos estranhos. Não é de admirar que os cucos não as parasitem. A interpretação de Davies e Brooke seria presumivelmente que as emberizas emergiram de uma longa corrida armamentista ancestral com os cucos, que elas finalmente venceram. Os acentores estão perto do início de sua corrida armamentista. Os tordos estão um pouco mais avançados na sua. Os caminheiros, as toutinegras dos caniços e as alvéolas malhadas estão no meio da sua.

Quando dizemos que os acentores mal começaram a sua corrida armamentista com os cucos, esse “mal” tem de ser interpretado segundo escalas de tempo evolucionárias. Pelos padrões humanos, a associação ainda poderia ser muito antiga. O *Oxford English Dictionary* reproduz uma referência de 1616 ao *Heisugge* (palavra arcaica para *hedge sparrow*; “acentor”, ou *dunnoch*) como “um pássaro que choca os ovos dos cucos”. Davies nota os seguintes versos em Rei Lear (ato 1, cena 4), escritos uma década antes:

Pois, acredite, tio,

O acentor alimentou o cuco por tanto tempo

Que sua cabeça foi comida pelos filhotes.

(For, you trow, nuncle,/ The hedge-sparrow fed the cuckoo so long,/ That it's

had it head bit off by it young).

E, no século XIV, Chaucer escreveu sobre o tratamento dado ao acentor pelo cuco em *The Parliament of Fowls*:

“Ô tu, assassino do acentor [heysoge] no ramo,  
Daquele que te criou, ó tu cruel glutão!”  
 (“Thou mortherere of the heysoge on the braunche/ That broughte the forth,  
thow rewthelees glotoun!”).

Embora *dunnock*, *hedge sparrow* e *heysoge* sejam palavras dadas como sinônimos no dicionário, não posso deixar de me perguntar até que ponto podemos confiar na ornitologia medieval. Chaucer em geral empregava a língua com precisão, mas ainda assim o nome pardal foi às vezes atribuído ao que hoje é tecnicamente chamado de LBB (little brown bird, ou pequeno pássaro marrom). Esse pode ter sido o significado utilizado por Shakespeare na seguinte passagem de Henrique IV (parte f, ato 5, cena f):

E, alimentado por nós, tu nos usaste  
Como aquela ave indelicada, o cuco,  
Usa o pardal — oprimindo nosso ninho;  
Atingiste com nosso alimento um tal volume  
Que até nosso amor não ousa se acercar da tua vista  
Por medo de ser engolido;  
(And, being fed by us, you used us so/ As that ungentle gull, the cuckoo's bird,  
Useth the sparrow — did oppress our nest;/ Grew by our feeding to so great a  
bulk/ That even our love durst not come near your sight/ For fear of  
swallowing;)

O pardal, em si, significaria hoje em dia o pardal doméstico, *Passer domesticus*, que nunca é parasitado pelos cucos. Apesar de seu nome alternativo *hedge sparrow* (pardal da sebe), o *dunnock*, *Prunella modularis* [ou sin. *Accentor modularis*], não é aparentado; é um “pardal” apenas no sentido vago de ser um passarinho marrom. Mas de qualquer forma, mesmo tomando a evidência de Chaucer como um sinal de que a corrida armamentista entre os cucos e os acentores remonta pelo menos ao século XIV, Davies e Brooke citam cálculos teóricos que levam em consideração a raridade relativa dos cucos, sugerindo que a corrida armamentista é ainda suficientemente recente em termos evolucionários para explicar a aparente ingenuidade dos acentores quando confrontados com os cucos.

Antes de abandonarmos os cucos, eis um pensamento interessante. Poderia

haver, simultaneamente, mais de uma *gens* de, por exemplo, tordos cucos, que construíram independentemente a sua imitação dos ovos. Como não há fluxo de genes entre eles no que concerne aos cromossomos Y, poderia haver imitadoras precisas de ovos coexistindo com imitadoras menos precisas. Todas são capazes de se acasalar com os mesmos machos, mas não partilham os mesmos cromossomos Y. As imitadoras precisas descenderiam de uma fêmea que passou a parasitar os tordos há muito tempo. As imitadoras menos precisas descenderiam de uma fêmea diferente que passou mais recentemente a pôr ovos nos ninhos de tordos, possivelmente depois de abandonar uma diferente espécie hospedeira anterior.

As formigas, os cupins e outras espécies de insetos sociais são estranhos de outra maneira. Eles têm operárias estéreis, frequentemente divididas em várias “castas” — soldados, operárias médias (de tamanho médio), operárias inferiores (pequenas), e assim por diante. Cada operária, seja qual for a sua casta, contém os genes que poderiam ter significado a sua passagem para outra casta. Conjuntos diferentes de genes são ativados em diferentes condições de criação. É regulando essas condições de criação que a colônia projeta um equilíbrio útil das diferentes castas. Muitas vezes as diferenças entre as castas são dramáticas. Na espécie de formigas asiáticas *Pheidologeton diversus*, a casta das operárias grandes (especializada em abrir caminhos planos para os outros membros da colônia) é quinhentas vezes mais pesada que a casta pequena, que realiza todas as tarefas normais de uma formiga operária. O mesmo conjunto de genes capacita uma larva a crescer no tamanho brobdingnagiano ou liliputiano, dependendo dos genes que são ativados. As formigas de mel são cubas de armazenamento imóveis, os abdomens inchados de néctar até as esferas amarelas transparentes, penduradas do teto do formigueiro. As tarefas normais de um formigueiro — defesa, procura de alimentos e, nesse caso, o preenchimento das cubas vivas — são realizadas por operárias normais cujos abdomens não são inchados. As operárias normais têm genes que as tornam capazes de ser formigas de mel, e as formigas de mel, no que concerne a seus genes, poderiam ser igualmente operárias normais. No caso do macho e da fêmea, as diferenças visíveis na forma corporal dependem dos genes que são ativados. Nesse caso, isso é determinado por fatores ambientais, talvez a dieta. Mais uma vez, o zoólogo do futuro poderia revelar — a partir dos genes, mas não a partir do corpo, de qualquer membro da espécie — um quadro completo das vidas diversas das diferentes castas.

O caracol europeu *Cepaea nemoralis* tem uma série de cores e padrões. A cor do fundo da concha pode ser qualquer um de seis tons distintos (por ordem de dominância, no sentido genético técnico): marrom, rosa-escuro, rosa-claro, rosa muito pálido, amarelo-escuro, amarelo-claro. Por cima desse fundo, pode haver qualquer número de listras de zero a cinco. Ao contrário do caso dos insetos

sociais, não é verdade que cada caracol individual seja geneticamente equipado para assumir qualquer uma das diferentes formas. Tampouco são essas diferenças entre os caracóis determinadas por diferentes ambientes de criação. Os caracóis listrados têm genes que determinam o seu número de listras, os indivíduos de cor rosa-escuro têm genes que os tornam rosa-escuro. Mas todos os tipos podem se acasalar uns com os outros.

As razões para a persistência de muitos tipos diferentes de caracol (polimorfismo), bem como a genética detalhada do próprio polimorfismo, foram exaustivamente estudadas pelos zoólogos ingleses A. J. Cain e o falecido P. M. Sheppard com a sua escola. Uma parte importante da explicação evolucionária é que a espécie abrange diferentes habitats — matas, prados, solo sem vegetação —, sendo preciso um padrão de cor diferente para a camuflagem contra os pássaros em cada lugar. Os caracóis dos bosques de faias contêm uma mistura de genes dos caracóis do prado, porque eles se entrecruzam nas margens. Um caracol dos terrenos baixos gredosos tem alguns genes que anteriormente sobreviveram nos corpos de ancestrais das matas; e o seu legado, dependendo dos outros genes no caracol, podem ser listras. O nosso zoólogo do futuro precisaria examinar o *pool* genético da espécie em geral para reconstruir a série completa de seus mundos ancestrais.

Assim como os caracóis *Cepaea* abrangem diferentes habitats no espaço, os ancestrais de qualquer espécie mudaram o seu modo de vida de tempos em tempos. Os camundongos domésticos, *Mus musculus*, vivem hoje quase exclusivamente dentro ou ao redor de habitações humanas, como beneficiários indesejáveis da agricultura humana. Mas, pelos padrões evolucionários, o seu modo de vida é recente. Eles deviam se alimentar de alguma outra coisa antes de haver agricultura humana. Sem dúvida, essa outra coisa era suficientemente similar para que suas aptidões genéticas fossem postas a serviço quando surgiu a bonança agrícola. Os camundongos e os ratos têm sido descritos como ervas daninhas do reino animal (por sinal, uma boa imagem poética, genuinamente iluminadora). São generalistas, oportunistas, contendo genes que ajudaram seus ancestrais a sobreviver por uma série provavelmente considerável de modos de vida; e os genes pré-agrícolas ainda estão em seus corpos. Quem tentar “ler” os seus genes talvez encontre uma palimpsesto confuso de descrições de mundos ancestrais.

De tempos ainda mais remotos, o DNA de todos os mamíferos deve descrever aspectos de ambientes muito antigos, além dos mais recentes. O DNA de um camelo esteve outrora no mar, mas não vai estar aí por uns bons 300 milhões de anos. Passou a maior parte da recente história geológica em desertos, programando corpos para resistir à sede e conservar água. Como escarpas de areia talhadas em formas fantásticas pelos ventos do deserto, como as rochas formadas pelas ondas do oceano, o DNA do camelo foi esculpido pela

sobrevivência em antigos desertos e mares ainda mais antigos para produzir os camelos modernos. O DNA do camelo fala — se pudéssemos compreender a língua — dos mundos cambiantes dos seus ancestrais. Se pudéssemos compreender a língua, o DNA do atum e da estrela-do-mar teriam “mar” escrito no texto. O DNA das toupeiras e das minhocas diria “subterrâneo”. É claro que todos os DNAs também falariam de muitas outras coisas. O DNA dos tubarões e dos guepardos diria “caçada”, bem como mensagens diferentes sobre o mar e a terra. O DNA dos macacos e dos guepardos diria “leite”. O DNA dos mesmos macacos e dos preguiçasalaria “árvores”. O DNA das baleias e dos dugongs descreve presumivelmente mares muito antigos, terras bastante antigas e mares mais recentes — palimpsestos complicados mais uma vez.

As características do ambiente que ocorrem com frequência ou de forma importante são muito enfatizadas ou “ponderadas” na descrição genética, em comparação com as características raras ou triviais. Os ambientes que estão no passado remoto têm um peso diferente dos recentes, presumivelmente mais baixo, mas de nenhuma maneira óbvia. Os ambientes que duraram muito tempo na história da espécie terão um peso mais proeminente na descrição genética do que eventos ambientais que, por mais drásticos que possam ter parecido na época, foram lampejos geológicos no panorama.

Tem-se sugerido poeticamente que o aprendizado marinho remoto de toda a vida terrestre está refletido na bioquímica do sangue, que dizem se assemelhar a um mar salgado primevo. Ou o líquido no ovo de um réptil é descrito como um lago privado, reminiscência dos lagos verdadeiros em que as larvas de ancestrais anfíbios distantes teriam crescido. Na medida em que os animais e seus genes possuem esse carimbo da história antiga, será por boas razões funcionais. Não será apenas história pela história. Eis o que quero dizer. Quando nossos ancestrais remotos viviam no mar, muitos de nossos processos bioquímicos e metabólicos se tornaram equipados para a química do mar — e nossos genes se tornaram uma descrição da química marinha — por razões funcionais. No entanto (este é um aspecto de nosso argumento do “cooperador egoísta”), os processos bioquímicos não se tornam equipados apenas para o mundo exterior, mas também uns para os outros. O mundo ao qual se adaptaram incluía as outras moléculas no corpo e os processos bioquímicos de que participavam. Mais tarde, quando os descendentes remotos desses animais marinhos saíram da água para a terra e tornaram-se gradativamente mais adaptados a um mundo seco e cheio de ar, a antiga adaptação mútua dos processos bioquímicos de um com o outro — e eventualmente com a “memória” química do mar — persistiu. Por que não persistiria, quando os diferentes tipos de moléculas nas células e no sangue são tão mais numerosos que os diferentes tipos de moléculas encontrados no mundo exterior? É apenas num sentido muito indireto que os genes fornecem nossas descrições de ambientes ancestrais. O que eles descrevem diretamente, depois

de serem traduzidos para a linguagem paralela das moléculas de proteínas, são as instruções para o desenvolvimento embrionário individual. O *pool* genético da espécie na sua totalidade é que se torna esculpido para se adaptar aos ambientes que seus ancestrais encontraram — e é por essa razão que digo que a espécie é um dispositivo de calcular médias estatísticas. É nesse sentido indireto que o nosso DNA é uma descrição codificada dos mundos em que nossos ancestrais sobreviveram. E esse pensamento não é emocionante? Somos arquivos digitais do plioceno africano, até dos mares devonianos; repositórios ambulantes da sabedoria dos antigos dias. Pode-se passar uma vida inteira lendo nessa antiga biblioteca e morrer sem ainda estar saciado pelas maravilhas que contém.

## 11. O mundo reconstruído

Desde o início da minha educação, sempre tive quem me descrevesse as coisas com suas cores e sons, alguém com sentidos aguçados e uma fina percepção do significativo. Portanto, eu habitualmente penso nas coisas como coloridas e sonoras. O hábito explica parte disso. O senso da alma explica outra parte. O cérebro com sua construção dos cinco sentidos afirma os seus direitos e explica o resto. A tudo incluindo, a unidade do mundo exige que a cor seja preservada, quer eu tenha conhecimento dela, quer não. Em vez de ser excluída da cor, eu participo da sua existência discutindo-a, feliz na felicidade daqueles a meu lado que contemplam os matizes encantadores do pôr-do-sol ou do arco-íris.

Helen Keller, *The Story of My Life* (1902)

Se o *pool* genético de uma espécie é esculpido para formar um conjunto de modelos de mundos ancestrais, o cérebro de um indivíduo abriga um conjunto paralelo de modelos do próprio mundo do animal. Ambos são equivalentes a descrições do passado, e ambos são usados para ajudar a sobrevivência no futuro. A diferença está na escala de tempo e numa relativa privacidade. A descrição genética é uma memória coletiva que pertence à espécie em geral, remontando ao passado indefinido. A memória do cérebro é privada e contém as experiências do indivíduo desde o momento de seu nascimento.

O nosso conhecimento subjetivo de um lugar familiar nos parece realmente um modelo do lugar. Não é um acurado modelo em escala, sendo certamente menos acurado do que imaginamos, mas um modelo prestativo para os fins requeridos. Um modo de abordar essa ideia foi proposto há alguns anos pelo fisiologista de Cambridge Horace Barlow, aliás um descendente direto de Charles Darwin. Barlow é especialmente interessado pela visão, e sua argumentação parte da percepção de que reconhecer um objeto é um problema muito mais difícil do que nós, que parecemos ver sem grandes esforços, em geral julgamos.

Pois somos felizes em não ter consciência da operação formidavelmente inteligente que realizamos a todo segundo de nossa vida desperta, quando vemos e reconhecemos objetos. A tarefa dos órgãos dos sentidos — decompor os estímulos que os bombardeiam — é fácil se comparada com a tarefa do cérebro — recompor um modelo interno do mundo, do qual então pode fazer uso. O argumento serve para todos os nossos sistemas sensoriais, mas vou me ater principalmente à visão, porque é ela que tem mais significado para nós.

Vamos pensar no problema que o nosso cérebro resolve quando reconhece algo, por exemplo, a letra A. Ou pensar no problema de reconhecer o rosto de uma determinada pessoa. Por uma antiga convenção de minha área, dizemos que a face hipotética de que estamos falando pertence à avó do ilustre neurobiólogo J. Lettvin, mas ela pode ser substituída por qualquer face conhecida, ou, na verdade, por qualquer objeto que se possa reconhecer. Não estamos preocupados no momento com a consciência subjetiva, com o problema filosoficamente difícil do que significa ter consciência do rosto da avó. Apenas saber que uma célula no cérebro dispara se e somente se a face da avó aparece na retina já vai ser um bom começo, e não é nada fácil de equacionar. Seria fácil se pudéssemos supor que a face sempre cairia exatamente numa determinada parte da retina. Poderia haver um arranjo de buraco de fechadura: uma região de células na retina que contém a forma da avó ligada a uma célula no cérebro que assinala a avó. Outras células — membros da “antifechadura” — teriam de estar ligadas de forma inibitiva, do contrário a célula nervosa central reagiria tão fortemente a uma folha de papel em branco quanto ao rosto da avó que — junto com todas as outras imagens concebíveis — a folha necessariamente “conteria”. A essência de reagir a uma imagem-chave é deixar de reagir a tudo o mais.

A estratégia do buraco da fechadura é eliminada pela pura força dos números. Mesmo que Lettvin não precisasse reconhecer mais nada a não ser sua avó, como ele poderia enfrentar o problema quando a imagem dela cai sobre uma diferente parte da retina? Como enfrentar o tamanho e as formas cambiáveis de sua imagem quando ela se aproxima ou recua, quando se vira de lado ou se inclina para trás, quando sorri ou franze as sobrancelhas? Se somarmos todas as possíveis combinações de fechaduras e antifechaduras, o número entra no âmbito astronômico. Quando compreendemos que Lettvin pode reconhecer não só a face de sua avó, como também centenas de outras faces, as outras partes de sua avó e das outras pessoas, todas as letras do alfabeto, todos os milhares de objetos que uma pessoa normal pode instantaneamente nomear, em todas as possíveis orientações e tamanhos aparentes, a explosão de células que disparam sai rapidamente de nosso controle. O psicólogo americano Fred Attneave, que propusera a mesma ideia geral de Barlow, dramatizou essa ideia com o seguinte cálculo: se houvesse uma célula cerebral para tratar, à guisa de fechadura, cada imagem que podemos distinguir em todas as suas representações, o volume do cérebro teria de ser medido em anos-luz cúbicos.

Com uma capacidade de cérebro medida apenas em centenas de centímetros cúbicos, como é então que fazemos? A resposta foi proposta na década de 1950 por Barlow e Attneave, separadamente. Ambos sugeriram que os sistemas nervosos exploram a grande redundância em todas as informações sensoriais. Redundância é jargão do mundo da teoria da informação, desenvolvida originalmente pelos engenheiros preocupados com a economia da capacidade da

linha telefônica. A informação, no sentido técnico, é o valor-surpresa, medido como o inverso da probabilidade esperada. A redundância é o oposto da informação, uma medida da não-surpresa, dos velhos hábitos. As mensagens redundantes ou partes das mensagens não são informativas, porque o receptor, em algum sentido, já sabe o que vai vir. Os jornais não lançam manchetes que dizem: “O sol nasceu hoje de manhã”. Isso transmitiria quase nenhuma informação. Mas, se numa determinada manhã o sol não nascesse, os redatores de manchetes, se algum sobrevivesse, dariam grande importância ao tema. O conteúdo de informação seria elevado, medido como o valor-surpresa da mensagem. A maior parte da língua falada e escrita é redundante — por isso, é possível condensar o estilo telegráfico: a redundância perdida, a informação preservada.

Tudo o que conhecemos sobre o mundo fora de nossos crânios nos chega por meio de células nervosas cujos impulsos vibram como metralhadoras. O que passa ao longo de uma célula nervosa é uma rajada de “picos”, impulsos cuja voltagem é fixa (ou, pelo menos, irrelevante), mas cujo ritmo de chegada varia significativamente. Agora vamos pensar sobre os princípios de codificação. Como se traduziria a informação do mundo exterior, por exemplo, o som de um oboé ou a temperatura de um banho, num código de pulso? Uma primeira ideia é apenas um código de variação: quanto mais quente o banho, mais rápido dispararia a metralhadora. Em outras palavras, o cérebro teria um termômetro calibrado em variações de pulsos. Na realidade, esse não é um bom código, porque não é econômico com os pulsos. Explorando a redundância, é possível projetar códigos que transmitem a mesma informação a um custo menor de pulsos. As temperaturas no mundo geralmente permanecem as mesmas por longos períodos durante determinado tempo. Assinalar “está quente, está quente, ainda está quente...” a um ritmo continuamente elevado de pulsos de metralhadora é dispendioso; o melhor é dizer “de repente esquentou” (e então considerar que a temperatura vai continuar a mesma até nova informação).

Satisfatoriamente, é isso o que as células nervosas em geral fazem, não apenas para assinalar a temperatura, mas para assinalar quase tudo no mundo. A maioria das células nervosas tende a assinalar *mudanças* no mundo. Se um trompete sustenta uma nota prolongada, uma célula nervosa típica que informasse o cérebro sobre essa nota mostraria o seguinte padrão de impulsos: antes de o trompete começar, baixo ritmo de disparos; imediatamente depois de o trompete começar, ritmo elevado de disparos; enquanto o trompete continua a prolongar a sua nota, o ritmo dos disparos diminui para um murmúrio infrequente; no momento em que o trompete para de tocar, ritmo elevado de disparos, voltando a morrer num murmúrio de repouso. Ou poderia haver uma classe de células nervosas que dispara apenas no início dos sons, e uma diferente classe de células que dispara apenas quando o som se extingue. Uma exploração

similar da redundância — filtrando a mesmice no mundo — acontece nas células que informam o cérebro sobre mudanças na luz, na temperatura, na pressão. Tudo no mundo é assinalado como mudança, e essa é uma economia importante.

Porém, você e eu não temos a impressão de escutar o som do trompete morrendo aos poucos. Para nós, o trompete parece tocar a nota prolongada sempre no mesmo volume e depois emudecer abruptamente. Sim, claro. É o que seria de esperar, porque o sistema de codificação é engenhoso. Ele não joga fora a informação — joga fora só a redundância. O cérebro somente é informado das mudanças, sendo então capaz de reconstruir o resto. Barlow não se expressa nesses termos, mas poderíamos dizer que o cérebro constrói um som virtual, usando as mensagens supridas pelos nervos que vêm dos ouvidos. O som virtual reconstruído é completo e sem abreviações, mesmo que as próprias mensagens sejam economicamente reduzidas a informações sobre as mudanças. O sistema funciona porque o estado do mundo num determinado momento não é em geral muito diferente do segundo precedente. Apenas se o mundo mudasse de forma caprichosa, aleatória e frequente, é que seria econômico que os órgãos dos sentidos transmitissem continuamente seu estado. Dadas as circunstâncias, os órgãos dos sentidos são preparados para transmitir, economicamente, as discontinuidades no mundo; e o cérebro, supondo corretamente que o mundo não muda de modo caprichoso e aleatório, usa a informação para construir uma realidade virtual interna em que a continuidade é restaurada.

O mundo apresenta um tipo de redundância equivalente no espaço, e o sistema nervoso usa um truque correspondente. Os órgãos dos sentidos informam o cérebro sobre as linhas divisórias, e o cérebro preenche os intervalos monótonos. Vamos supor que você esteja olhando para um retângulo negro sobre um fundo branco. Toda a cena é projetada na sua retina — pode-se pensar na retina como uma tela coberta com um tapete denso de minúsculas fotocélulas, os bastonetes e os cones. Em teoria, cada fotocélula poderia informar ao cérebro o estado exato da luz que incide sobre ela. Mas a cena que estamos vendo é muito redundante. É altamente provável que as células que registram preto estejam rodeadas por outras que registram preto. As células que registram branco estão quase todas rodeadas por outras que assinalam branco. As exceções importantes são as células nas linhas divisórias. Aquelas no lado branco de uma linha divisória transmitem branco, como as suas vizinhas que se acham mais além dentro da área branca. Contudo, as suas vizinhas do outro lado estão na área preta. O cérebro pode teoricamente reconstruir toda a cena apenas com o disparo das células da retina nas linhas divisórias. Se isso pudesse ser realizado, haveria uma grande economia de impulsos nervosos. Mais uma vez, a redundância é eliminada e apenas a informação segue adiante.

Com elegância a economia é alcançada na prática por meio do mecanismo conhecido como “inibição lateral”. Eis uma versão simplificada do princípio,

usando a nossa analogia da tela de fotocélulas. Cada fotocélula envia uma longa mensagem para o computador central (o cérebro) e também mensagens curtas para as suas vizinhas imediatas na tela de fotocélulas. As conexões curtas para as vizinhas as inibem, isto é, diminuem o ritmo de seus disparos. É fácil ver que o máximo de disparos virá apenas das células que estão ao longo das linhas divisórias, pois elas são inibidas apenas por um lado. Inibição lateral desse tipo é comum entre as unidades de nível inferior dos olhos dos vertebrados e dos invertebrados.

Mais uma vez, poderíamos dizer que o cérebro constrói um mundo virtual que é mais completo do que o quadro transmitido pelos sentidos. A informação que os sentidos passam ao cérebro é principalmente sobre as linhas divisórias. Todavia, o modelo no cérebro é capaz de reconstruir os intervalos entre as linhas divisórias. Como no caso das descontinuidades no tempo, uma economia é alcançada pela eliminação — e posterior reconstrução no cérebro — da redundância. Essa economia só é possível porque existem trechos uniformes no mundo. Se os tons e as cores no mundo fossem aleatoriamente distribuídos, não seria possível nenhuma remodelagem econômica.

Outro tipo de redundância deriva do fato de que muitas linhas no mundo real são retas ou curvadas de forma suave e, portanto, previsíveis (ou passíveis de reconstrução matemática). Se as extremidades de uma linha são especificadas, o meio pode ser preenchido pelo emprego de uma regra simples que o cérebro já “conhece”. Entre as células nervosas que foram descobertas nos cérebros dos mamíferos estão os assim chamados “detectores de linhas”, neurônios que disparam sempre que uma linha reta, alinhada numa determinada direção, incide num certo lugar na retina, o chamado “campo da retina” da célula cerebral. Cada uma dessas células detectoras de linha tem a sua própria direção preferida. No cérebro do gato, há apenas duas direções preferidas, a horizontal e a vertical, com um número aproximadamente igual favorecendo cada direção; entretanto, nos macacos outros ângulos são ajustados. Do ponto de vista do argumento da redundância, o que se passa é que, na retina, todas as células ao longo de uma linha reta disparam, e a maioria desses impulsos é redundante. O sistema nervoso faz economia usando uma única célula para registrar a linha, rotulada com seu ângulo. As linhas retas são economicamente especificadas apenas pela sua posição e direção, ou pelas suas extremidades, e não pelo valor luminoso de cada ponto ao longo de seu comprimento. O cérebro reconstrói uma linha virtual em que os pontos ao longo da linha são reordenados.

Entretanto, se uma parte da cena de repente se salienta do resto e começa a se arrastar pelo pano de fundo, isso é novidade e deve ser assinalado. Os biólogos descobriram que há células nervosas que se mantêm em silêncio até que alguma coisa começa a se mover contra um pano de fundo imóvel. Essas células não reagem quando toda a cena se move — isso corresponderia ao tipo de

movimento aparente que o animal veria quando ele próprio se move. Mas o movimento de um pequeno objeto contra um pano de fundo imóvel é rico em informação, e há células nervosas afinadas para detectá-lo. As mais famosas dessas células são as chamadas “detectoras de insetos” descobertas em rãs por Lettvin (aquele da avó) e seus colegas. Uma detectora de insetos é uma célula aparentemente cega a tudo o mais, exceto o movimento de pequenos objetos contra o seu pano de fundo. Assim que um inseto se move no campo coberto por uma detectora de insetos, a célula inicia a emissão de sinais, e a língua da rã provavelmente vai ser arremessada para pegar o inseto. Para um sistema nervoso sofisticado o suficiente, no entanto, até o movimento de um inseto é redundante, se for um movimento em linha reta. Uma vez informados de que um inseto está se movendo de maneira uniforme numa direção norte, podemos supor que continuará a se mover nessa direção até nova informação. Seguindo a lógica ainda mais além, devemos esperar encontrar no cérebro células detectoras de movimento de ordem mais elevada, especialmente sensíveis à *mudança* no movimento, digamos, mudança na direção ou na velocidade. Lettvin e seus colegas encontraram uma célula que parece realizar essa operação, mais uma vez na rã. No seu trabalho sobre *Sensory Communication* (1961), eles descrevem um experimento particular da seguinte maneira:

Vamos começar com um hemisfério cinza vazio como campo visual. Geralmente não há nenhuma resposta da célula ao ligar e desligar da iluminação. Mantém-se silenciosa. Introduzimos um pequeno objeto preto, digamos de um a dois graus de diâmetro, e num determinado ponto na sua trajetória, quase em qualquer lugar no campo, a célula de repente o “percebe”. A partir desse momento, para onde quer que o objeto seja movido, ele é rastreado pela célula. Toda vez que ele se move, até com a mais leve sacudidela, há uma explosão de impulsos, depois reduzidos a um murmúrio que se mantém contínuo, enquanto o objeto ainda for visível. Se o objeto continua a se mover, as explosões assinalam as descontinuidades no movimento, como viradas de quinas, inversões de direção, e assim por diante, e essas explosões ocorrem contra um contínuo murmúrio de fundo que nos informa que o objeto é visível para a célula [...].

Para resumir, é como se o sistema nervoso fosse ajustado em sucessivos níveis hierárquicos para reagir fortemente ao inesperado, fracamente ou de modo algum ao esperado. C) que acontece em níveis cada vez mais altos é que a definição do que é esperado se torna mais e mais sofisticada. No nível mais baixo, todo ponto de luz é novidade. No próximo nível mais acima, apenas as linhas divisórias são “novidades”. Num nível ainda mais elevado, como muitas linhas divisórias são retas, apenas as extremidades das linhas divisórias são

novidades. Ainda mais acima, apenas o movimento é novidade. Depois, apenas as mudanças no ritmo ou na direção do movimento. Nos termos de Barlow derivados da teoria dos códigos, poderíamos dizer que o sistema nervoso usa palavras curtas e econômicas para as mensagens que frequentemente aparecem e são esperadas; e palavras longas e dispendiosas para as mensagens que raramente ocorrem e não são esperadas. É um pouco como a língua, na qual (a generalização é chamada lei de Zipf) as palavras mais curtas no dicionário são as usadas com mais frequência na fala. Levando a ideia ao extremo, na maior parte do tempo o cérebro não precisa ser informado de nada, porque o que está acontecendo é a norma. A mensagem seria redundante. O cérebro é protegido da redundância por uma hierarquia de filtros, cada filtro ajustado para remover características esperadas de certo tipo.

Segue-se que o conjunto de filtros nervosos constitui uma espécie de descrição sumária da norma, das propriedades estatísticas do mundo em que o animal vive. É o equivalente nervoso de nossa ideia central do capítulo anterior: a de que os genes de uma espécie vêm a constituir uma descrição estatística dos mundos em que seus ancestrais foram naturalmente selecionados. Agora vemos que as unidades codificadoras sensoriais com que o cérebro confronta o ambiente também constituem uma descrição estatística desse ambiente. Elas são ajustadas para desprezar o comum e enfatizar o raro. Portanto, investigando o sistema nervoso de um animal desconhecido e medindo as propensões estatísticas no seu ajustamento, o nosso hipotético zoólogo do futuro deveria ser capaz de reconstruir as propriedades estatísticas do mundo em que o animal vivia, bem como interpretar o que é comum e o que é raro nesse mundo.

A inferência seria indireta, assim como para o caso dos genes. Não estaríamos lendo o mundo do animal como uma descrição direta. Em lugar disso, inferiríamos os dados sobre seu mundo, inspecionando o glossário de abreviações que o seu cérebro usava para descrevê-lo. Os funcionários públicos adoram siglas como CAP (Política Agrícola Comum) e HEFCE (Conselho de Fundos para a Educação Superior na Inglaterra); os burocratas novatos certamente precisam de um glossário dessas siglas, um livro de códigos. Se encontrássemos esse livro de códigos atirado na rua, poderíamos descobrir a que departamento da administração pública pertence examinando as expressões que receberam abreviações, presumivelmente porque elas são muito usadas naquele departamento. Um livro de códigos interceptado não é uma mensagem particular sobre o mundo, e sim um resumo estatístico do tipo de mundo que esse código foi projetado para descrever com economia.

Podemos pensar em cada cérebro como estando equipado com uma despensa de imagens básicas, úteis para modelar características importantes ou comuns do mundo do animal. Embora, seguindo Barlow, eu tenha enfatizado o aprendizado como o meio pelo qual a despensa é guarnecida, não há nenhuma

razão para que a própria seleção natural, operando sobre os genes, não faça parte do trabalho de preencher a despensa. Nesse caso, seguindo a lógica do capítulo anterior, devemos dizer que a despensa no cérebro contém imagens do passado ancestral da espécie. Poderíamos lhe dar o nome de inconsciente coletivo, se a expressão não tivesse se tornado gasta pela associação.

Mas as tendências do conjunto de imagens na despensa não refletirão apenas o que é estatisticamente inesperado no mundo. A seleção natural vai assegurar que o repertório de representações virtuais também seja bem-dotado de imagens que: são de especial saliência ou importância na vida do tipo particular de animal e no mundo de seus ancestrais, mesmo se elas não forem especialmente comuns. Um animal talvez precise reconhecer um padrão complicado apenas uma vez na sua vida, digamos, a forma de uma fêmea de sua espécie, mas nessa ocasião é vitalmente importante acertar e realizar a operação sem demora. Para os humanos, as faces são de especial importância, além de serem comuns em nosso mundo. O mesmo vale para os macacos sociais. Descobriu-se que os cérebros dos macacos possuem uma classe especial de células que só disparam com toda a força diante de uma face completa. Já vimos que os humanos com determinados tipos de lesão cerebral localizada experimentam uma espécie de cegueira seletiva muito peculiar e reveladora. Eles não conseguem reconhecer um rosto. Podem ver tudo o mais, aparentemente sem problemas, e podem ver que uma face tem uma forma, com características. Podem descrever o nariz, os olhos e a boca. Porém, não conseguem reconhecer a face nem mesmo da pessoa a quem mais amam em todo o mundo.

As pessoas não só reconhecem faces. Parecemos ter uma ânsia quase indecente de ver faces, quer elas realmente existam, quer não. Vemos faces em manchas de umidade no teto, nos contornos de uma encosta, nas nuvens ou em rochas marcianas. Gerações de contempladores da Lua têm sido levadas, pela menos promissora das matérias-primas, a inventar uma face no padrão das crateras da Lua. O *Daily Express* (Londres), de 15 de janeiro de 1998, dedicou a maior parte de uma página, além de dar uma grande manchete, à história de uma faxineira irlandesa que viu a face de Jesus no seu pano de prato: “Agora uma fileira de peregrinos é esperada na sua casa meio afastada. [...] O padre da paróquia da mulher disse: ‘Nunca vi nada parecido em meus 34 anos de sacerdócio’”. A fotografia anexa mostra um padrão de graxa suja sobre um pano que lembra ligeiramente uma face: há uma leve sugestão de olho num dos lados do que poderia ser um nariz; há também uma sobrancelha inclinada no outro lado, o que lhe dá um ar de Harold Macmillan (Maurice Harold Macmillan, primeiro-ministro da Grã-Bretanha de 1957 a 1963.- N. T.), embora eu ache que nem mesmo Harold Macmillan se pareceria com Jesus para uma mente adequadamente preparada. O *Express* nos lembra histórias semelhantes, inclusive o “pãozinho da freira” servido num café de Nashville, que “se parecia

com o rosto de Madre Teresa, 86” e causou grande emoção, até que “a freira idosa escreveu para o café pedindo que o pãozinho não fosse mais produzido”.

A ânsia do cérebro em construir uma face ao mais leve estímulo fomenta uma ilusão extraordinária. Arrume uma máscara comum de uma face humana — a face do presidente Clinton ou qualquer outra em liquidação. Coloque-a de pé num ponto bem iluminado e mire-a da outra extremidade do quarto. Se olhar em volta da máscara de maneira normal, provavelmente ela parecerá sólida. Agora vire-a para que fique de costas para você, e olhe para o lado oco a partir do fundo do quarto. A maioria das pessoas percebe imediatamente a ilusão. Se você não perceber, tente ajustar a luz. Talvez ajude fechar um dos olhos, mas isso não é absolutamente necessário. A ilusão é que o lado oco da máscara parece sólido. O nariz, o sobrolho e a boca se projetam na sua direção e parecem mais perto do que as orelhas. É ainda mais impressionante se você se mover de um lado para o outro, ou de cima para baixo. A face aparentemente sólida parece virar com você de uma forma estranha e quase mágica.

Não estou falando da experiência comum que sentimos quando os olhos de um bom retrato parecem nos seguir pelo quarto. A ilusão da máscara oca é muito mais espectral. Ela parece pairar, luminosamente, no espaço. A face realmente parece girar. Tenho uma máscara de Einstein montada na minha sala, com o lado oco para fora, e os visitantes arregalam os olhos quando a vislumbram. A ilusão impressiona ainda mais se a máscara for colocada sobre um suporte que gira lentamente. Quando o lado sólido vira para o seu lado, você a verá mover-se de modo sensato, de acordo com a “realidade normal”. Mas depois surge o lado oco, e algo extraordinário acontece. Vê-se outra face sólida, só que girando na direção oposta. Como uma face (digamos, a face sólida real) está virando no sentido horário, enquanto a outra face pseudo-sólida parece estar virando no sentido oposto, a face que surge girando parece engolir a que está desaparecendo da sua vista. À medida que o movimento giratório continua, então percebe-se a face aparentemente sólida, mas na verdade oca, girar com firmeza na direção errada por algum tempo, até que a face verdadeiramente sólida reapareça e engula a virtual. Toda a experiência de observar a ilusão é bem perturbadora, e assim continua a ser, não importa quanto tempo passemos contemplando a máscara. Você não se acostuma com a imagem e não perde a ilusão.

O que está acontecendo? Podemos dar a resposta em dois estágios. Primeiro, por que vemos a máscara oca como sólida? E segundo, por que ela parece girar na direção errada? Já concordamos que o cérebro é muito bom em — e muito propenso a — construir faces na sua sala de simulação interna. A informação que os olhos estão passando para o cérebro é certamente compatível com o fato de a máscara ser oca, mas é também compatível — legítima — com uma hipótese alternativa, a de que é sólida. E o cérebro, na sua simulação, escolhe a segunda alternativa, presumivelmente por causa de sua ânsia de ver faces. Assim ele

afasta as mensagens dos olhos que dizem: “Isto é oco”. Em seu lugar, escuta aquelas que dizem: “Isto é uma face, isto é uma face, face, face, face”. As faces são sempre sólidas. Assim o cérebro tira um modelo de face da despenca que é, por sua natureza, sólido.

Mas, tendo construído o seu modelo de face aparentemente sólido, o cérebro é pego em contradição quando a máscara começa a girar. Para simplificar a explicação, vamos supor que a máscara seja a de Oliver Cromwell e que suas famosas verrugas sejam visíveis de ambos os lados da máscara. Ao fitar o interior oco da máscara, que está realmente apontando na direção oposta à do observador, o olhar passa direto pelo lado direito do nariz, onde há uma verruga proeminente. Porém, o nariz virtual construído está aparentemente apontando para o observador, e não para o outro lado, e a verruga está no que seria, do ponto de vista do Cromwell virtual, o seu lado esquerdo, como se estivéssemos vendo a imagem de Cromwell no espelho. À medida que a máscara gira, se a face fosse realmente sólida, o nosso olho veria uma parte maior do lado que supostamente se veria mais, e uma parte menor do lado que supostamente se veria menos. Mas como a máscara é na verdade oca, acontece o inverso. As proporções relativas da imagem da retina mudam do modo como o cérebro esperaria que mudassem se a face fosse sólida mas estivesse girando na direção oposta. E essa é a ilusão que vemos. O cérebro resolve a contradição inevitável quando um dos lados cede terreno ao outro, da única forma possível, dada a sua insistência teimosa de que a máscara é uma face sólida: ele simula um modelo virtual de uma face engolindo a outra.

O raro distúrbio cerebral que destrói a capacidade de reconhecer faces é chamado prosopagnosia. É causado por danos a regiões específicas do cérebro. O fato em si já endossa a importância de uma “despenca de faces” no cérebro. Não sei, mas aposto que os pacientes com prosopagnosia não veriam a ilusão da máscara oca. Francis Crick discute a prosopagnosia em seu livro *The Astonishing Hypothesis* (1994), junto com outras condições clínicas reveladoras. Por exemplo, uma paciente achava muito assustadora a seguinte condição, o que, como observa Crick, não é surpreendente:

[...] objetos ou pessoas que ela via num determinado lugar de repente apareciam em outro, sem que ela percebesse que estavam se movendo. Isso era particularmente aflitivo se ela queria atravessar uma rua, pois um carro que a princípio parecia muito longe estaria de repente muito perto [...]. Ela experimentava o mundo como algum de nós poderia ver a pista de dança à luz estroboscópica de uma discoteca.

Essa mulher tinha uma despenca mental cheia de imagens para montar o seu mundo virtual, assim como todos temos. As próprias imagens eram

provavelmente muito boas. Mas algo havia sido danificado no seu software destinado a exibi-las num mundo virtual com mudanças suaves. Outros pacientes perderam a sua capacidade de construir a profundidade virtual. Veem o mundo como se fosse feito de figuras achatadas de papelão. Outros, ainda, só conseguem reconhecer objetos se eles são apresentados de um ângulo familiar. O restante de nós, depois de ver uma panela de lado, pode sem esforço reconhecê-la vista de cima. Esses pacientes presumivelmente perderam parte da capacidade de manipular as imagens virtuais e girá-las ao redor. A tecnologia da realidade virtual nos fornece uma linguagem para pensar sobre essas habilidades, e esse será meu próximo tópico.

Não vou me prolongar sobre os detalhes da realidade virtual de nossos dias que está fadada, em todo caso, a se tornar obsoleta. A tecnologia muda tão rapidamente como tudo o mais no mundo dos computadores. Essencialmente, eis o que acontece. Você coloca um capacete que apresenta a cada um de seus olhos uma tela de computador em miniatura. As imagens nas duas telas são quase iguais, mas deslocadas para dar a ilusão estéreo de três dimensões. A cena é o que tiver sido programado no computador: o Partenon, talvez, intacto e com as suas cores vivas originais; uma paisagem imaginárias em Marte; o interior de uma célula, enormemente ampliada. Até agora, eu poderia estar descrevendo um filme comum de 3-D. Mas a máquina da realidade virtual propicia uma rua de mão dupla. O computador não lhe apresenta apenas cenas, ele reage a você. O capacete está ligado para registrar todos os meneios da sua cabeça e outros movimentos do corpo que afetariam, no curso normal dos acontecimentos, o seu ponto de observação. O computador é continuamente informado sobre todos esses movimentos e — eis a parte engenhosa — está programado para mudar a cena apresentada aos seus olhos exatamente como ela mudaria em relação aos seus movimentos de cabeça. Quando viramos a cabeça, os pilares do Partenon giram ao nosso redor, e nos vemos fitando uma estátua que antes estava “atrás” de nós.

Um sistema mais avançado exigiria que você vestisse uma malha cheia de medidores de tensão para monitorar as posições de todos os seus membros. O computador agora fica sabendo de seus movimentos sempre que você der um passo, sentar-se, levantar-se ou balançar os braços. Você agora pode caminhar de uma ponta à outra do Partenon, observando os pilares passarem, enquanto o computador muda as imagens em harmonia com os seus passos. Pise com cuidado, porque, é bom lembrar, você não está realmente no Partenon, e sim numa sala atravancada de computadores. Os sistemas atuais de realidade virtual provavelmente vão amarrá-lo ao computador por meio de um complicado cordão umbilical de cabos, mas vamos imaginar uma futura ligação desimpedida que envie os dados por meio de ondas de rádio ou de raios infravermelhos. Nesse caso, você pode caminhar livremente num mundo real vazio e explorar o mundo

virtual de fantasia que foi programado para você. Como o computador sabe onde está a sua malha corporal, não há razão para que ele não o represente para você mesmo como uma forma humana completa, um avatar, permitindo que você abaixe os olhos para as suas “pernas”, talvez muito diferentes das suas pernas reais. Você pode observar as mãos do seu avatar enquanto elas se movem imitando as suas mãos reais. Se usar essas mãos para pegar um objeto virtual, digamos, uma urna grega, a urna vai dar a impressão de se elevar no ar enquanto você a “levanta”.

Se outra pessoa, que poderia estar num outro país, veste outro conjunto de fios ligados ao mesmo computador, em princípio você deveria ser capaz de ver o avatar dela e até lhe apertar a mão — embora com a tecnologia atual vocês talvez se vissem atravessando um ao outro como fantasmas. Os técnicos e os programadores ainda estão trabalhando no problema de como criar a ilusão de textura e a “sensação” de resistência sólida. Quando visitei a principal companhia de realidade virtual da Inglaterra, informaram-me que recebem muitas cartas de pessoas que desejam um parceiro sexual virtual. Talvez no futuro amantes separados pelo Atlântico possam se acariciar pela Internet, ainda que incomodados pela necessidade de usar luvas e uma malha corporal cheia de medidores de tensão e almofadas de pressão.

Agora vamos nos afastar um pouco do reino dos sonhos e chegar mais perto do reino da utilidade prática. Os médicos da atualidade recorrem ao engenhoso endoscópio, um tubo sofisticado que pode, por exemplo, ser inserido no corpo do paciente pela boca ou pelo reto, e que é usado para fazer diagnósticos ou até para intervenção cirúrgica. Com o equivalente de fios manipuláveis, o cirurgião guia o longo tubo pelas curvas do intestino. Na ponta, o tubo tem uma minúscula lente de câmara de televisão e uma fonte de luz para iluminar o caminho. A ponta do tubo também pode ser guarnecida com vários instrumentos de controle remoto que o cirurgião pode controlar, como escalpelos e fórceps diminutos.

Na endoscopia convencional, o cirurgião vê o que está fazendo usando uma tela de televisão comum e opera os controles remotos usando os dedos. Mas, como várias pessoas perceberam (e sobretudo Jaron Lanier, que cunhou a expressão “realidade virtual”), em princípio é possível dar ao cirurgião a ilusão de estar encolhido e realmente dentro do corpo do paciente. Essa ideia está no estágio de pesquisa, por isso vou recorrer a uma fantasia de como a técnica poderia funcionar no próximo século. O cirurgião do futuro não tem de se esterilizar, porque não precisa chegar perto do paciente. Ele fica de pé numa área bem aberta, conectada por rádio ao endoscópio dentro do intestino do paciente. As telas em miniatura diante de seus dois olhos apresentam uma imagem estéreo ampliada do interior do paciente imediatamente à frente da ponta do endoscópio. Quando ele move a cabeça para a esquerda, o computador automaticamente faz girar a ponta do endoscópio para a esquerda. O ângulo de

visão da câmara dentro do intestino move-se acuradamente para seguir os movimentos da cabeça do cirurgião em todos os três planos. O cirurgião avança o endoscópio ao longo do intestino por meio de seus passos. Devagar, devagar, por receio de causar danos ao paciente, o computador empurra o endoscópio para diante, sendo a sua direção sempre controlada pela direção em que, numa sala completamente diferente, o cirurgião está caminhando. Ele tem a sensação de estar realmente caminhando pelo intestino. Nem sente claustrofobia. Seguindo a prática endoscópica de nossos dias, o intestino foi cuidadosamente inflado com ar, pois do contrário as paredes pressionariam o cirurgião e o forçariam a rastejar, em vez de caminhar.

Quando encontra o que procura, digamos um tumor maligno, o cirurgião seleciona um instrumento no seu saco de ferramentas virtuais. Talvez seja mais conveniente esquematizá-lo como uma motosserra, cuja imagem é gerada no computador. Olhando pelas telas estéreo no seu capacete para o tumor ampliado em 3-D, o cirurgião vê a motosserra virtual nas suas mãos virtuais e põe-se a trabalhar, extirpando o tumor, como se ele fosse um toco de árvore que precisasse ser removido do jardim. Dentro do paciente real, o equivalente espelhado da motosserra é um raio laser ultrafino. Como se um pantógrafo estivesse sendo utilizado, os movimentos grosseiros do braço do cirurgião para erguer a motosserra são reduzidos, pelo computador, a movimentos minúsculos equivalentes do canhão de laser na ponta do endoscópio.

Para os meus objetivos, só preciso dizer que é teoricamente possível criar a ilusão de caminhar pelo intestino de alguém usando as técnicas da realidade virtual. Não sei se isso vai realmente ajudar os cirurgiões. Suspeito que sim, embora um médico a quem consultei tenha se mostrado um pouco cético. Esse mesmo cirurgião se refere a si mesmo e a seus colegas gastroenterologistas como encanadores glorificados. Os próprios encanadores às vezes usam versões de endoscópios em escala maior para explorar canos e, nos Estados Unidos, até introduzem “porcos” mecânicos para comer as obstruções e abrir caminho pelos bloqueios nos drenos. É óbvio que os métodos que imaginei para um cirurgião funcionariam para um encanador. O encanador poderia “caminhar” (ou “nadar”?) pelo cano de água virtual com uma lâmpada de mineiro virtual no capacete e uma picareta virtual na mão para desobstruir os bloqueios.

O Partenon do meu primeiro exemplo só existia no computador, que também poderia ter produzido anjos, harpias ou unicórnios alados. O meu endoscopista e o meu encanador virtual, por outro lado, caminhavam por um mundo virtual que estava obrigado a se assemelhar a uma porção mapeada da realidade, o interior real de um dreno ou do intestino de um paciente. O mundo virtual apresentado ao cirurgião nas telas estéreo foi reconhecidamente construído num computador, mas de maneira disciplinada. Havia um canhão de laser real sendo controlado, ainda que representado como uma motosserra, porque essa parecia ser a

ferramenta natural para extirpar um tumor cujo tamanho aparente era comparável ao corpo do cirurgião. A forma da construção virtual refletia, da forma mais conveniente para a operação do cirurgião, um detalhe do mundo real dentro do paciente. Essa realidade virtual delimitada é fundamental neste capítulo. Acredito que toda espécie com um sistema nervoso a empregue para construir um modelo de seu mundo particular, delimitado por uma atualização contínua realizada pelos órgãos dos sentidos. A natureza do modelo pode depender de como a espécie em questão vai usá-lo, pelo menos tanto quanto depende do que poderíamos pensar como a natureza do próprio mundo.

Vamos imaginar uma gaivota planando habilmente pelos ventos perto de um penhasco no mar. Pode não estar batendo as asas, mas isso não significa que os músculos das asas estejam ociosos. Estes, junto com os músculos da cauda, estão fazendo constantes ajustes diminutos, adaptando sensivelmente as superfícies de vôo do pássaro a todo torvelinho, a toda nuance no ar ao seu redor. Se introduzíssemos num computador informações sobre o estado de todos os nervos que controlam esses músculos, a cada momento, o computador poderia em princípio reconstruir todos os detalhes das correntes de ar pelas quais o pássaro planava. Eu alimentaria o computador, supondo que o pássaro foi bem projetado para permanecer nas alturas e, a partir dessa suposição, construiria um modelo continuamente atualizado do ar ao seu redor. Seria um modelo dinâmico, similar aos de previsão do tempo do sistema meteorológico mundial, que é continuamente revisado por novos dados supridos por navios, satélites e estações de meteorologia, podendo ser extrapolado para predizer o futuro. O modelo meteorológico nos avisa sobre o tempo de amanhã; o modelo da gaivota é teoricamente capaz de “avisar” o pássaro sobre os ajustes antecipados que deve fazer nos músculos de suas asas e cauda para continuar a planar no próximo segundo.

O ponto a que estou querendo chegar é que, embora nenhum programador humano tenha construído um modelo de computador para avisar as gaivotas sobre como ajustar os músculos de suas asas e cauda, não há dúvida de que tal modelo funciona permanentemente no cérebro de nossa gaivota e de qualquer outro pássaro em pleno vôo. Modelos semelhantes, pré-programados em linhas gerais pelos genes e pela experiência passada, e continuamente atualizados pelos novos dados dos sentidos, de milissegundo a milissegundo, funcionam dentro do crânio de todo peixe que nada, todo cavalo que galopa, todo morcego que se orienta pelo eco.

O engenhoso inventor Paul MacCready é mais conhecido por suas máquinas voadoras maravilhosamente econômicas, o *Gossamer Condor* e o *Gossamer Albatross*, movidos a energia humana, e o *Solar Challenger*, movido a energia solar. Em 1985, ele também construiu uma réplica voadora do gigantesco pterossauro do período cretáceo, o *Quetzalcoatlus*, com metade do tamanho real.

Esse imenso réptil voador, com uma envergadura comparável ao de um avião leve, quase não tinha cauda, sendo assim altamente instável no ar. John Maynard Smith, que estudou engenharia aérea antes de passar à zoologia, notou que isso teria criado vantagens de manobrabilidade, mas exigiria um controle acurado das superfícies de voo a todo e qualquer momento. Sem um computador veloz para ajustar continuamente o seu equilíbrio longitudinal, a réplica de McCreehy teria se espatifado. O verdadeiro *Quetzalcoatlus* devia ter um computador equivalente na sua cabeça, e pela mesma razão. Os *pterossauros* primitivos tinham longos rabos, em alguns casos terminados no que parece uma raquete de pingue-pongue, o que lhes teria dado grande estabilidade à custa da manobrabilidade. Ao que parece, na evolução dos *pterossauros* mais tardios, quase sem rabo, como o *Quetzalcoatlus*, houve uma mudança do estável e não manobrável para o manobrável mas instável. A mesma tendência pode ser observada na evolução dos aeroplanos construídos pelo homem. Em ambos os casos, a tendência só se torna possível pelo poder crescente do computador. Como no caso da gaivota, o computador dentro do crânio do *pterossauro* devia operar um modelo de simulação do animal e do ar pelo qual ele voava.

Você e eu, nós humanos, nós animais, habitamos um mundo virtual, construído a partir de elementos que são, em níveis cada vez mais elevados, úteis para representar o mundo real. Sem dúvida, nos sentimos como se estivéssemos firmemente plantados no mundo real — exatamente como deve ser, se nosso software de realidade virtual delimitada funciona a contento. Ele é muito bom, e somente o percebemos nas raras ocasiões em que ele capta algo errado. Quando isso acontece, experimentamos uma ilusão ou uma alucinação, como a ilusão da máscara oca de que falamos anteriormente.

O psicólogo britânico Richard Gregory deu especial atenção às ilusões visuais como um meio de estudar o funcionamento do cérebro. Em seu livro *Eye and Brain* (quinta edição em 1998), ele considera o ato de ver um processo ativo em que o cérebro estabelece hipóteses sobre o que está acontecendo no exterior e depois testa essas hipóteses em relação aos dados vindos dos órgãos dos sentidos. Uma das mais familiares de todas as ilusões de óptica é o cubo de Necker. Trata-se do desenho simples das linhas de um cubo oco, como que feito de varas de aço. O desenho é um padrão bidimensional sobre o papel. No entanto, um ser humano normal o vê como um cubo. O cérebro construiu um modelo tridimensional baseado no padrão bidimensional no papel. É, na verdade, o que o cérebro faz quase todas as vezes em que olhamos para um quadro. O padrão achatado da tinta sobre o papel é igualmente compatível com dois modelos tridimensionais alternativos do cérebro. É só fixar o desenho por alguns segundos que o veremos mover-se. A faceta que antes parecia ser a mais próxima do espectador agora parece ser a mais longínqua. Se continuamos a olhar, o desenho vai voltar a ser o cubo original. O cérebro poderia ter sido projetado para adotar

arbitrariamente um dos dois modelos de cubo, por exemplo, o primeiro que vislumbrou, mesmo que o outro modelo tivesse sido igualmente compatível com a informação vinda das retinas. Na verdade, contudo, o cérebro toma a outra decisão de fazer funcionar cada modelo, ou hipótese, alternadamente por alguns segundos de cada vez. Assim, o cubo aparente se alterna, o que revela o jogo. O nosso cérebro constrói um modelo tridimensional. É a realidade virtual na cabeça.

Quando olhamos para uma caixa de madeira real, o nosso software de simulação está provido de informações adicionais, o que o capacita a chegar a uma clara preferência por um dos dois modelos internos. Vemos, portanto, a caixa apenas de um modo, e não há alternância. Mas isso não diminui a verdade da lição geral que aprendemos com o cubo de Necker. Sempre que olhamos para alguma coisa, em certo sentido, o que o nosso cérebro realmente utiliza é um modelo dessa coisa no cérebro. O modelo no cérebro, como o Partenon virtual do meu exemplo anterior, é construído. Entretanto, ao contrário do Partenon (e talvez das visões que vemos nos sonhos), não é inteiramente inventado, assemelhando-se nesse ponto ao modelo do interior do paciente criado pelo computador do cirurgião: é delimitado pelas informações fornecidas pelo mundo exterior.

Uma ilusão mais poderosa de solidez é transmitida pela estereoscopia, a leve discrepância entre as duas imagens percebidas pelos olhos direito e esquerdo. É isso o que as duas telas num capacete de realidade virtual exploram. Erga a sua mão, com o polegar voltado para você, a uns trinta centímetros na frente de seu rosto, e olhe para algum objeto distante, digamos uma árvore, com os dois olhos abertos. Você verá duas mãos. Elas correspondem às imagens vistas pelos dois olhos. Você pode descobrir rapidamente a que olho cada uma corresponde fechando primeiro um dos olhos e depois o outro. As duas mãos parecem estar em lugares ligeiramente diferentes, porque os seus olhos convergem de ângulos diferentes, e as imagens nas duas retinas são correspondentemente, e nitidamente, diferentes. Os dois olhos também captam uma visão ligeiramente diferente da mão. O olho esquerdo vê um pouco mais da palma, o direito, um pouco mais das costas da mão.

Agora, em vez de olhar para a árvore distante, olhe para a sua mão, novamente com os dois olhos abertos. Em vez de duas mãos no primeiro plano e uma árvore no segundo, você verá uma única mão de aparência sólida e duas árvores. Mas a imagem da mão ainda está incidindo em lugares diferentes nas suas duas retinas. Isso significa que o seu software de simulação construiu um único modelo da mão, um modelo em 3-D. E mais, o modelo tridimensional único utilizou as informações de ambos os olhos. O cérebro sutilmente amalgama os dois conjuntos de informação e monta um modelo útil de uma única mão tridimensional sólida. Circunstancialmente, todas as imagens da retina estão, é

claro, de cabeça para baixo, mas isso não importa, porque o cérebro constrói o seu modelo de simulação na maneira que melhor se adapta aos seus fins e define esse modelo como uma imagem de cabeça para cima.

Os truques computacionais usados pelo cérebro para construir um modelo tridimensional a partir de duas imagens bidimensionais são espantosamente sofisticados, constituindo a base daquelas que sejam talvez as mais impressionantes de todas as ilusões. Estas remontam a uma descoberta do psicólogo húngaro Bela Julesz, em 1959. Um estereoscópio normal apresenta a mesma fotografia para o olho esquerdo e para o direito, mas tiradas de ângulos diferentes, para o propósito da experiência. O cérebro monta as duas fotos e vê uma cena impressionantemente tridimensional. Julesz fez a mesma coisa, só que suas fotos eram salpicos de pimenta e sal aleatórios. Ao olho esquerdo e ao olho direito apresenta-se o mesmo padrão aleatório, embora com uma diferença crucial. Num experimento Julesz típico, uma área do padrão, digamos, um quadrado, tem os seus pontos aleatórios deslocados para um lado, a uma distância apropriada para criar uma ilusão estereoscópica. E o cérebro vê a ilusão — um trecho quadrado se destaca — mesmo que não haja o menor vestígio de um quadrado em nenhuma das duas imagens. O quadrado só está presente na discrepância entre as duas imagens. Parece muito real para o espectador, mas não existe realmente em nenhum lugar a não ser no cérebro. O Efeito Julesz é a base das ilusões do “olho mágico” (estereogramas), tão populares hoje em dia. Num *tour de force* da arte de explicar, Steven Pinker dedica uma pequena parte de *Como a Mente Funciona* ao princípio subjacente a essas imagens. Não vou nem tentar melhorar a sua explicação.

Há um modo fácil de demonstrar que o cérebro opera como um sofisticado computador de realidade virtual. Primeiro, olhe ao seu redor movendo os olhos. Quando gira os olhos, as imagens nas suas retinas se movem como se você estivesse num terremoto. Mas você não vê um terremoto. A cena lhe parece tão firme como uma rocha. Estou procurando dizer, é claro, que o modelo virtual no seu cérebro é construído para permanecer firme. No entanto, há mais que isso na demonstração, porque existe outra maneira de fazer a imagem na retina mover-se. Cutuque gentilmente o globo ocular através da pele da pálpebra. A imagem na retina vai se mover da mesma forma que antes. Na verdade, você poderia, se tivesse suficiente habilidade com o dedo, imitar o efeito de deslocar o seu olhar. Então você realmente pensaria ver a Terra se mover. Toda a cena se desloca, como se você estivesse assistindo a um terremoto.

Qual é a diferença entre esses dois casos? É que o computador do cérebro foi programado para perceber os movimentos normais do olho e levá-los em conta ao construir o seu modelo computado do mundo. Aparentemente o modelo do cérebro não utiliza apenas as informações dos olhos, mas também as das instruções para movê-los. Sempre que o cérebro emite uma ordem para os

músculos oculares moverem os olhos, uma cópia dessa ordem é enviada à região do cérebro que está construindo o modelo interno do mundo. Assim, quando os olhos se movem, o software de realidade virtual do cérebro é alertado para esperar que as imagens nas retinas se movam apenas em determinada medida, e ele faz o modelo compensar. Por isso, o modelo construído do mundo é visto como imóvel, embora possa ser fitado de outro ângulo. Se a Terra se move em qualquer outro momento além daqueles em que o modelo recebeu instruções para esperar movimento, o modelo virtual se move correspondentemente. O que é ótimo, pois poderia realmente se tratar de um terremoto. A não ser que você engane o sistema cutucando o globo ocular.

Como última demonstração usando você como cobaia, fique tonto rodopiando algum tempo. Depois pare e olhe fixamente para o mundo. Ele vai parecer girar, mesmo que a sua razão lhe diga que não vai chegar a lugar nenhum nessa rotação. As imagens nas suas retinas não estão se movendo, mas os acelerômetros nos seus ouvidos (que funcionam detectando os movimentos dos fluidos nos chamados canais semicirculares) dizem ao seu cérebro que você está girando. O cérebro avisa o software de realidade virtual que ele deve esperar ver o mundo rodar. Quando as imagens na retina não giram, o modelo registra a discrepância e gira ele próprio na direção contrária. Usando linguagem subjetiva, o software de realidade virtual diz para si mesmo: “Sei que estou girando em face do que os ouvidos estão me informando; portanto, para manter o modelo estável, será necessário girar para o lado oposto, de acordo com os dados que os olhos estão me enviando”. Mas as retinas, na realidade, não informam nenhum giro, por isso o giro compensatório do modelo na cabeça é o que você parece ver. Nos termos de Barlow, é o inesperado, é a “novidade”, e por essa razão é que o percebemos.

Os pássaros têm um problema adicional de que os humanos em geral são poupados. Um pássaro empoleirado num ramo de árvore está constantemente sendo soprado para cima e para baixo, de um lado para o outro, e as imagens nas suas retinas oscilam de acordo com essa condição. É como viver em um terremoto permanente. Os pássaros mantêm estáveis as suas cabeças, e consequentemente a sua visão do mundo, pelo uso diligente dos músculos do pescoço. Ao filmarmos um pássaro num ramo soprado pelo vento, podemos quase imaginar que a cabeça está pregada no segundo plano, enquanto os músculos do pescoço usam a cabeça como um fulcro para mover o resto do corpo. Quando um pássaro caminha, ele emprega o mesmo truque para manter estável o seu mundo percebido. É por isso que os pintinhos atiram as cabeças para a frente e para trás no que nos parece uma maneira bem cômica de caminhar. É na verdade bastante inteligente. Quando o corpo se move para a frente, o pescoço puxa a cabeça para trás de um modo controlado, para que as imagens nas retinas permaneçam estáveis. Depois, a cabeça se atira para a

frente a fim de permitir que o ciclo se repita. Não posso deixar de me perguntar se, como uma consequência infeliz desse modo de o pássaro se comportar, ele não seria incapaz de ver um terremoto real, porque os músculos de seu pescoço automaticamente compensariam. Mais seriamente, poderíamos dizer que o pássaro usa os músculos do pescoço num exercício à la Barlow: mantendo constante a parte sem novidades do mundo para que o movimento genuíno seja realçado.

Os insetos e muitos outros animais parecem ter um hábito semelhante de se esforçar para manter a constância de seu mundo visual. É o que os experimentadores têm demonstrado no chamado “aparelho optomotor”, em que o inseto é colocado sobre uma mesa e rodeado por um cilindro oco pintado no interior com listras verticais. Se então rodamos o cilindro, o inseto vai usar as patas para girar de volta, mantendo o ritmo do cilindro. Ele está se esforçando para manter a constância de seu mundo visual.

Em geral, um inseto tem de informar ao seu software de simulação que espere movimento durante o seu caminhar, pois do contrário o software começaria a compensar os próprios movimentos — e então o que seria do inseto? Esse pensamento levou dois engenhosos alemães, Erich von Holst e Horst Mittelstaedt, a um experimento diabolicamente astucioso. Quem já observou uma mosca limpando a face com as patas sabe que elas são capazes de virar a cabeça completamente para baixo. Von Holst e Mittelstaedt conseguiram fixar a cabeça de uma mosca na posição invertida usando cola. Você pode adivinhar a consequência. Normalmente, sempre que uma mosca vira o corpo, o modelo no seu cérebro recebe informações para esperar um movimento correspondente do mundo visual. Mas, assim que deu um passo, a desgraçada mosca com a cabeça virada para baixo recebeu dados sugerindo que o mundo havia se movido na direção oposta à esperada. Em razão disso, ela moveu as patas para mais longe na mesma direção, a fim de compensar o movimento. Isso fez com que a posição aparente do mundo se movesse ainda para mais longe. A mosca acabou rodopiando como um pião em velocidade cada vez maior — bem, dentro de óbvios limites práticos.

O mesmo Erich von Holst observou que devemos esperar uma confusão semelhante se nossas próprias instruções voluntárias para mover os olhos forem neutralizadas, por exemplo, narcotizando os músculos que movem os olhos. Normalmente, se enviamos aos olhos o comando de se moverem para a direita, as imagens nas retinas vão assinalar um movimento para a esquerda. Para compensar e criar a aparência de estabilidade, o modelo na cabeça tem de ser movido para a direita. Entretanto, se os músculos que movem os olhos estão narcotizados, o modelo se moveria para a direita antecipando o que se revelaria um movimento inexistente nas retinas. Que o próprio Von Holst continue a história, em seu ensaio “A Fisiologia Comportamental dos Animais e do Homem”

(1973):

É realmente o que acontece! Sabe-se há muitos anos pelas pessoas com músculos oculares paralisados, e foi estabelecido com precisão pelos experimentos de Kornmuller em si mesmo que todo movimento ocular intencionado, mas não cumprido, resulta na percepção de um movimento quantitativo dos arredores na mesma direção.

Estamos tão acostumados a viver em nosso mundo simulado, e ele é mantido em sincronismo tão maravilhoso com o real, que não percebemos que se trata de um mundo simulado. Somente experimentos inteligentes como os de Von Holst e seus colegas nos revelam o que acontece.

É esse fenômeno tem o seu lado escuro. Um cérebro que é bom em simular modelos na imaginação também corre o risco, quase inevitavelmente, de enganar a si próprio. Quantos de nós em criança não ficamos deitados na cama, aterrorizados porque pensamos ter visto um fantasma ou uma face monstruosa nos fitando da janela do quarto, só para descobrir mais tarde que era um truque da luz? Já discuti como o software de simulação de nosso cérebro vai ansiosamente construir uma face sólida onde a realidade é uma face oca. Com a mesma ansiedade, ele vai criar uma face fantasmagórica onde a realidade é um conjunto de dobras iluminadas pelo luar numa cortina de tule branco.

Em todas as noites de nossa vida, sonhamos. O nosso software de simulação monta mundos que não existem; pessoas, animais e lugares que jamais existiram, que talvez nunca poderiam existir. Durante o sonho, experimentamos essas simulações como se fossem realidade. Por que não, uma vez que habitualmente experimentamos a realidade da mesma maneira — como modelos de simulação? O software de simulação também pode nos enganar quando estamos acordados. As ilusões como a face oca são em si inofensivas, e compreendemos como funcionam. Mas o nosso software de simulação também pode produzir alucinações se estamos drogados, febris ou em jejum. Ao longo de toda a história, as pessoas têm enxergado visões de anjos, santos e deuses; e eles têm lhes parecido muito reais. Bem, é claro que pareceriam reais. São modelos, montados pelo software de simulação normal que está usando as mesmas técnicas de modelagem que em geral usa quando apresenta a sua edição continuamente atualizada da realidade. Não é de admirar que essas visões tenham sido tão influentes. Não é de admirar que tenham mudado a vida das pessoas. Assim, se alguma vez escutarmos uma história de alguém que teve uma visão, foi visitado por um arcanjo ou ouviu vozes interiores, devemos imediatamente suspeitar, e não tomar a história ao pé da letra. É preciso lembrar que a cabeça de todos nós contém softwares de simulação poderosos e ultra-realistas. O nosso software de simulação poderia arrumar um fantasma, um

dragão ou uma virgem santa em segundos. Seria brinquedo de criança para um software de tamanha sofisticação.

Uma palavra de alerta. A metáfora da realidade virtual é sedutora e, em muitos aspectos, apropriada. Mas há o perigo de nos induzir a pensar que existe um “homenzinho” ou “homúnculo” no cérebro, observando o espetáculo da realidade virtual. Conforme filósofos como Daniel Dennett apontaram, não se explica precisamente nada quando se sugere que o olho está ligado ao cérebro de tal modo que uma pequena tela de cinema, em algum lugar no cérebro, transmite continuamente o que é projetado na retina. Quem olha para a tela? A questão agora proposta não é menor do que a original que julgamos ter respondido. Poderíamos deixar o homenzinho olhar diretamente para a retina, o que claramente não é solução para nada. O mesmo problema surge quando tomamos a metáfora da realidade virtual literalmente e imaginamos que algum agente trancado dentro da cabeça está “experimentando” o desempenho da virtualidade.

Os problemas propostos pela consciência subjetiva são talvez os mais desconcertantes em toda a filosofia, e solucioná-los está muito além da minha ambição. A minha sugestão é mais modesta: que toda espécie, em cada situação, precisa apresentar as suas informações sobre o mundo da maneira que for mais útil para empreender a ação. “Construir um modelo na cabeça” é um modo útil de expressar como isso se faz, e compará-lo à realidade virtual é especialmente útil no caso dos humanos. Como já argumentei, é provável que o modelo do mundo usado por um morcego seja semelhante àquele utilizado por uma andorinha, mesmo que um esteja conectado com o mundo real pelos ouvidos e o outro, pelos olhos. O cérebro constrói o seu mundo-modelo da maneira mais adequada para a ação. Como as ações das andorinhas, que voam de dia, e dos morcegos, que voam à noite, são semelhantes — navegar em alta velocidade em três dimensões, evitar os obstáculos sólidos e pegar os insetos em pleno vôo —, é provável que usem os mesmos modelos. Não postulo um “mor- ceguinho na cabeça” ou uma “andorinha pequena na cabeça” para observar o modelo. De algum modo ele é usado para controlar os músculos das asas, e só vou até esse ponto.

Ainda assim, cada um de nós, humanos, sabe que a ilusão de um agente localizado em algum lugar no meio do cérebro é poderosa. Suspeito que pode ser um caso paralelo ao modelo “cooperador egoísta” dos genes que se reúnem, embora sejam agentes fundamentalmente independentes, para criar a ilusão de um corpo unitário. Vou retornar brevemente à ideia perto do fim do próximo capítulo.

Este capítulo desenvolveu a tese de que os cérebros tomaram do DNA parte da tarefa de registrar o ambiente — ou melhor, ambientes, pois eles são muitos e espalham-se por todo o passado próximo e remoto. Ter um registro do passado é

útil apenas na medida em que ajuda a prever o futuro. O corpo do animal representa uma espécie de predição: a de que o futuro vai se assemelhar ao passado ancestral em linhas gerais. É provável que o animal sobreviva à medida que isso se revele verdadeiro. E os modelos de simulação do mundo permitem que o animal aja como se antecipasse o que o mundo provavelmente vai lançar em seu caminho nos próximos segundos, horas ou dias. Para integrar tudo isso, devemos notar que o próprio cérebro e seu software de realidade virtual são, em última análise, os produtos da seleção natural de genes ancestrais. Poderíamos dizer que os genes são capazes de prever uma parte limitada, porque o futuro será semelhante ao passado apenas em termos gerais. Para os detalhes e as sutilezas, eles equipam o animal com um hardware nervoso e com um software de realidade virtual que vão constantemente atualizar e revisar as suas previsões, a fim de que o animal possa se adaptar às mudanças de alta velocidade em cada circunstância. É como se os genes dissessem: “Podemos modelar a forma básica do ambiente, tudo o que não muda com o passar das gerações. Mas as mudanças rápidas cabem a você, cérebro”.

Movemos-nos por um mundo virtual criado pelos nossos próprios cérebros. Nossos modelos construídos de rochas e árvores fazem parte do ambiente em que nós, animais, vivemos, tanto quanto as rochas e árvores reais que eles representam. E, o que é intrigante, nossos mundos virtuais também devem ser vistos como parte do ambiente em que nossos genes são naturalmente selecionados. Temos imaginado genes de camelos como habitantes de mundos ancestrais, selecionados para sobreviver em desertos antigos e mares ainda mais antigos, para sobreviver em companhia de cartéis compatíveis de outros genes de camelos. Tudo isso é verdade, e histórias equivalentes de árvores do mioceno e savanas do plioceno podem ser contadas sobre os nossos genes. O que devemos acrescentar é que, entre os mundos em que os genes sobreviveram, estão mundos virtuais construídos dentro de cérebros ancestrais.

No caso de animais altamente sociais como nós mesmos e nossos ancestrais, os mundos virtuais são, pelo menos em parte, construções de grupo. Especialmente a partir da invenção da língua e do desenvolvimento dos artefatos e da tecnologia, os nossos genes tiveram de sobreviver em mundos complexos e mutantes, para os quais a descrição mais econômica que se pode encontrar é a de realidade virtual partilhada. É um pensamento surpreendente que, assim como se pode dizer que os genes sobrevivem em desertos e florestas e na companhia de outros genes no pool genético, seja também possível dizer que os genes sobrevivem nos mundos virtuais, até poéticos, criados pelos cérebros. É para o enigma do cérebro humano que nos voltamos no capítulo final.

## 12. O balão da mente

O cérebro é uma massa de um quilo e 359 gramas que se pode segurar na mão, mas que pode conceber um universo de 100 bilhões de anos-luz de extensão.

Marian C. Diamond

É lugar-comum entre os historiadores da ciência que os biólogos de qualquer época, lutando para compreender o funcionamento dos corpos vivos, estabeleçam comparações com a tecnologia avançada de seu tempo. Dos relógios no século XVII às estátuas dançantes no século XVIII, das máquinas térmicas vitorianas aos misseis da atualidade que buscam o calor eletronicamente guiados, as novidades da engenharia de cada época têm renovado a imaginação biológica. Se, dentre todas essas inovações, o computador digital promete fazer sombra a seus predecessores, a razão é simples. O computador não é apenas uma máquina. Pode ser rapidamente reprogramado para se tornar qualquer máquina ao gosto do freguês: calculadora, processador de textos, fichário, mestre de xadrez, instrumento musical, máquina de adivinheiro-seu-peso, e até, lamento dizer, profeta astrológico. Pode simular o tempo, os ciclos de população dos lemingues, um formigueiro, o acoplamento de um satélite ou a cidade de Vancouver.

O cérebro de qualquer animal tem sido descrito como o seu computador de bordo. Não funciona, contudo, como um computador eletrônico. É feito de componentes muito diferentes. Estes são individualmente muito mais lentos, mas funcionam em enormes redes paralelas, de modo que, por algum meio ainda só parcialmente compreendido, os seus números compensam a velocidade mais lenta, e os cérebros podem, em certos aspectos, superar o desempenho dos computadores digitais. Em todo caso, as diferenças do funcionamento detalhado não anulam o poder da metáfora. O cérebro é o computador de bordo no corpo, não pela forma como funciona, e sim pelo que realiza na vida do animal. A semelhança de papel se estende a muitas partes da economia do animal, porém o aspecto mais espetacular talvez seja o fato de o cérebro simular o mundo com o equivalente do software da realidade virtual.

Talvez pareça uma boa ideia, de modo geral, que qualquer animal desenvolva um cérebro grande. Não é sempre provável que um poder maior de computação seja uma vantagem? Talvez, mas ele também tem custos. Peso por peso, o tecido do cérebro consome mais energia do que os outros tecidos. E nossos grandes

cérebros quando bebês dificultam bastante o nosso nascimento. A nossa conjectura de que ter um cérebro deve ser algo bom deriva em parte da vaidade pela hipertrofia do cérebro na nossa espécie. Continua, no entanto, a ser uma questão interessante saber por que os cérebros humanos se tornaram tão especialmente grandes.

Uma autoridade afirma que a evolução do cérebro humano ao longo dos últimos milhões de anos seja “talvez o avanço mais rápido registrado para qualquer órgão complexo em toda a história da vida”. Pode ser um exagero, mas a evolução do cérebro humano é inegavelmente rápida. Comparado com os crânios de outros macacos, o crânio humano moderno, pelo menos a parte bulbosa que abriga o cérebro, inflou como um balão. Quando perguntamos por que isso aconteceu, não é satisfatório apresentar razões gerais para a possível utilidade de ter cérebro grande. Presumivelmente, esses benefícios gerais se aplicariam a muitos tipos de animais, em especial àqueles que navegam rápido pelo complicado mundo tridimensional da cobertura da floresta, como fazem a maioria dos primatas. Uma explicação satisfatória será aquela que nos disser por que uma determinada linhagem de macacos — na realidade, aquela que abandonou as árvores — de repente disparou, deixando o resto dos primatas para trás.

Já esteve na moda lamentar — ou, segundo o gosto, exultar com — a escassez de fósseis que ligam o *Homo sapiens* aos nossos ancestrais macacos. Isso mudou. Temos agora uma série de fósseis bastante boa e, ao retrocedermos no tempo, podemos detectar um encolhimento gradual da caixa craniana em várias espécies de *Homo* até o nosso gênero predecessor, *Australopithecus*, cuja caixa craniana tinha mais ou menos o mesmo tamanho da que possui um chimpanzé moderno. A principal diferença entre Lucy ou a Sra. Ples (*australopithecinas famosas*) e um chimpanzé não estava no tamanho do cérebro, e sim no hábito *australopitecino* de caminhar ereto sobre as duas pernas. Os chimpanzés só caminham assim de vez em quando. O inflar de balão do cérebro estendeu-se por 3 milhões de anos: dos *Australopithecus*, passando pelo *Homo habilis*, depois o *Homo erectus* e pelo *Homo sapiens arcaico* até o moderno *Homo sapiens*.

Algo um pouco semelhante parece ter acontecido no desenvolvimento do computador. Todavia, se o cérebro humano inflou como um balão, o progresso do computador tem sido mais como uma bomba atômica. A lei de Moore estabelece que a capacidade dos computadores de um determinado tamanho físico duplica a cada ano e meio. (Essa é uma versão moderna da lei. Quando Moore a formulou originalmente há mais de três décadas, ele se referia aos números de transistores que, segundo suas medições, duplicavam a cada dois anos. O desempenho dos computadores melhorou com uma velocidade ainda maior, porque os transistores se tornaram mais rápidos, bem como menores e mais baratos.) O falecido

Christopher Evans, um psicólogo entendido em computadores, expressa a ideia dramaticamente:

O carro de hoje difere daqueles dos anos pós-guerra numa série de aspectos. É mais barato, descontando-se os estragos da inflação, e é mais econômico e eficiente [...]. Mas vamos supor por um momento que a indústria automobilística tivesse se desenvolvido com a mesma velocidade dos computadores e durante o mesmo período: até que ponto os modelos presentes seriam mais baratos e mais eficientes? Se você ainda não ouviu a analogia, a resposta é assombrosa. Hoje você seria capaz de comprar um Rolls-Royce por 1,35 libra, ele percorreria 5 milhões de quilômetros por galão e produziria energia suficiente para impelir o Queen Elizabeth II. E se você tem interesse pela miniaturização, poderia colocar meia dúzia deles na cabeça de um alfinete. (The Mighty Micro, 1979).

É claro, tudo na escala de tempo da evolução biológica acontece inevitavelmente de modo mais lento. Uma das razões é que cada aperfeiçoamento tem de surgir pela morte de alguns indivíduos e pela reprodução de indivíduos rivais. Assim, não é possível fazer comparações de velocidade absoluta. Se compararmos os cérebros de *Australopithecus*, *Homo habilis*, *Homo erectus* e *Homo sapiens*, obteremos um equivalente grosseiro da lei de Moore, retardado por seis ordens de grandeza. De Lucy ao *Homo sapiens*, o tamanho do cérebro aproximadamente dobrou a cada 1,5 milhão de anos. Ao contrário da lei de Moore para os computadores, não há nenhuma razão particular para pensar que o cérebro humano vá continuar a inchar. Para que isso aconteça, os indivíduos de cérebros grandes têm de fazer mais filhos do que os de cérebros pequenos. Não é óbvio que isso esteja acontecendo. Porém, é o que deve ter acontecido durante nosso passado ancestral, visto que, do contrário, nossos cérebros não teriam crescido como cresceram. Também deve ser verdade, circunstancialmente, que a condição de ter cérebro estava sob controle genético em nossos ancestrais. De outro modo, a seleção natural não teria em que operar, e o crescimento evolucionário do cérebro não teria ocorrido. Por alguma razão, diversas pessoas sentem-se politicamente muito ofendidas com a sugestão de que alguns indivíduos são geneticamente mais inteligentes que outros. Mas esse devia ser o caso quando nossos cérebros estavam evoluindo, e não há razão para esperar que os fatos mudem de repente a fim de conciliar as sensibilidades políticas.

Muitas das influências que têm contribuído para o desenvolvimento dos computadores não vão nos ajudar a compreender os cérebros. Uma etapa importante foi a mudança da válvula (tubo de vácuo) para o transistor muito menor, e depois a miniaturização espetacular e continuada do transistor em

circuitos integrados. Esses avanços são todos irrelevantes para os cérebros, porque — o ponto merece ser repetido — afinal de contas não funcionam eletronicamente. Entretanto, há outra fonte de progresso nos computadores, e talvez ela seja relevante para os cérebros. Vou chamá-la de coevolução autoalimentadora.

Já falamos de coevolução. Significa o desenvolvimento conjunto de diferentes organismos (como nas corridas armamentistas entre os predadores e as presas) ou entre diferentes partes do mesmo organismo (o caso especial chamado coadaptação). Para dar outro exemplo, há algumas moscas pequenas cuja aparência imita a de uma aranha saltadora, inclusive com grandes olhos falsos voltados para a frente como um par de holofotes — muito diferentes dos olhos compostos com que as moscas veem. As aranhas verdadeiras são predadoras potenciais das moscas desse tamanho, mas são enganadas pela semelhança que apresentam com outra aranha. As moscas realçam a imitação movendo as patas de um jeito que lembra os histrionicos sinais semafóricos que as aranhas saltadoras usam para cortejar o sexo oposto. Na mosca, os genes que controlam a semelhança anatômica com as aranhas evoluíram junto com outros genes separados que controlam o comportamento semafórico. Essa evolução conjunta é a coadaptação.

Autoalimentação é o nome que estou dando a qualquer processo em que “quanto mais se tem, mais se obtém”. Uma bomba é um bom exemplo. Diz-se que a bomba atômica depende de uma reação em cadeia, mas a metáfora de uma cadeia é demasiado grandiosa para transmitir o que acontece. Quando o núcleo instável do urânio 235 se rompe, energia é liberada. Os nêutrons que disparam a partir do rompimento de um núcleo podem atingir outro núcleo e induzi-lo a também se romper, mas esse é geralmente o fim da história. A maioria dos nêutrons não atinge outros núcleos e dispara inofensivamente no espaço vazio, pois o urânio, embora seja um dos metais mais densos, é “realmente”, como toda a matéria, espaço vazio na sua maior parte. (O modelo virtual do metal em nossos cérebros é construído com a ilusão persuasiva de solidez densa, porque essa é a representação interna mais útil para nossos fins de sobrevivência.) Na sua própria escala, os núcleos atômicos num metal estão muito mais espaçados que mosquitos num enxame, sendo muito provável que uma partícula expelida por um átomo em desintegração saia do enxame sem problemas. Entretanto, se juntamos uma certa quantidade (a famosa “massa crítica”) de urânio 235, suficiente para propiciar em média a probabilidade de que um nêutron típico expelido de qualquer nêutron atinja outro núcleo antes de deixar completamente a massa de metal, inicia-se a chamada reação em cadeia. Em média, cada núcleo que se rompe faz com que outro também se rompa; há uma epidemia de rompimento de átomos, com uma liberação extremamente rápida de calor e outras energias destrutivas, e os resultados são muito bem

conhecidos. Todas as explosões têm essa mesma qualidade epidêmica e, numa escala de tempo mais lenta, as epidemias de doenças às vezes se assemelham às explosões. Elas requerem uma massa crítica de possíveis vítimas para terem início e, uma vez desencadeadas, quanto mais se tem, mais se obtém. É por essa razão que é tão importante vacinar uma porção crítica da população. Se um número de pessoas abaixo da “massa crítica” continua sem ser vacinado, a epidemia não consegue se instalar. (Por essa razão, é possível que os negligentes egoístas ignorem a vacinação e ainda assim se beneficiem do fato de que a maioria das outras pessoas foi vacinada).

Em *O relojoeiro cego*, observei uma regra de “massa crítica para explosão” em operação na cultura popular humana. Muitas pessoas decidem comprar discos, livros ou roupas por nenhuma outra razão a não ser o fato de que muitas outras pessoas os estão comprando. Quando uma lista de best-sellers é publicada, isso poderia ser visto como um relatório objetivo do comportamento de consumo. Contudo, é mais que isso, porque a lista publicada torna a alimentar o comportamento consumista das pessoas e influencia os futuros números das vendas. Portanto, as listas de best-sellers são, pelo menos potencialmente, vítimas de espirais autoalimentadoras. É por isso que os editores gastam muito dinheiro no início da carreira de um livro, numa tentativa vigorosa de fazê-lo passar o limiar crítico da lista de best-sellers. A esperança é que então o livro vai “decolar”. Quanto mais se tem, mais se obtém, com a característica adicional da repentina decolagem, o que precisamos para os fins de nossa analogia. Um exemplo dramático de uma espiral autoalimentadora que vai na direção oposta é a quebra de Wall Street e outros casos em que as vendas movidas pelo pânico no mercado de ações alimentam a si mesmas num parafuso descendente.

A coadaptação evolucionária não tem necessariamente a propriedade explosiva adicional de ser autoalimentadora. Não há razão para supor que, na evolução da nossa mosca que imita aranhas, a coadaptação da forma aracnídea e do comportamento aracnídeo tenha sido explosiva. Para que assim fosse, seria necessário que a semelhança inicial, digamos uma ligeira semelhança anatômica com uma aranha, estabelecesse uma pressão aumentada no sentido de imitar o comportamento da aranha. Isso, por sua vez, alimentaria uma pressão ainda mais forte para imitar a forma da aranha, e assim por diante. Mas, como digo, não há razão para pensar que tudo tenha acontecido dessa forma, nenhuma razão para supor que a pressão tenha sido autoalimentadora e, portanto, crescente à medida que passava de um lado para o outro. Como expliquei em *O relojoeiro cego*, é possível que a evolução da cauda da ave-do-paraíso, do leque do pavão e outros ornamentos extravagantes por meio da seleção sexual seja genuinamente autoalimentadora e explosiva. Nesses casos, o princípio do “quanto mais se tem, mais se obtém” pode realmente se aplicar.

No caso da evolução do cérebro humano, suspeito que estamos procurando

algo explosivo, autoalimentador, como a reação em cadeia da bomba atômica ou a evolução da cauda de uma ave-do-paraíso, em vez de algo como a mosca que imita a aranha. O apelo dessa ideia é o seu poder de explicar por que, dentre um conjunto de espécies de macacos africanos com cérebros de mesmo tamanho que os dos chimpanzés, uma de repente saiu correndo à frente das outras sem nenhuma razão muito óbvia. É como se um evento aleatório empurrasse o cérebro homínido além de um limiar, algo equivalente a uma “massa crítica”, e depois o processo decolasse explosivamente, por ser autoalimentador.

No que teria consistido esse processo autoalimentador? A conjectura que apresentei em minhas Palestras de Natal na Royal Institution foi a “coevolução software/hardware”. Como o seu nome sugere, ela pode ser explicada por uma analogia com os computadores. Infelizmente para a analogia, a lei de Moore não parece ser explicada por um único processo autoalimentador. O melhoramento dos circuitos integrados ao longo dos anos parece ter sido provocado por um conjunto desordenado de mudanças, o que torna enigmático saber por que há aparentemente um melhoramento exponencial constante. Ainda assim, há certamente uma coevolução software/hardware conduzindo a história dos avanços dos computadores. Em particular, há algo correspondente a um explosivo cruzar de limiar, depois que uma “necessidade” represada se faz sentir.

Nos primeiros tempos dos computadores pessoais, eles ofereciam apenas um software primitivo de processamento de texto; o meu nem sequer “quebrava a linha” quando o cursor chegava à margem. Eu estava então viciado em programar em linguagem de máquina e (tenho um pouco de vergonha de admitir) cheguei a ponto de desenvolver o meu próprio software processador de textos, chamado “Scrivener”, que usei para escrever *O relojoeiro cego* — que, se não fosse por esse detalhe, teria sido terminado mais cedo! Durante o desenvolvimento do Scrivener, eu vivia cada vez mais frustrado pela ideia de usar o teclado para mover o cursor pela tela. Eu queria apenas apontar. Brinquei com a ideia de usar um joystick, como os existentes para os jogos de computadores, mas não consegui achar um meio de fazer a coisa funcionar. Sentia com muita força que o software que eu desejava desenvolver estava bloqueado pela falta de uma inovação crítica de hardware. Mais tarde, descobri que o dispositivo de que eu desesperadamente precisava, mas que não fui inteligente bastante para imaginar, já havia sido inventado muito tempo antes. Esse dispositivo era, é claro, o mouse.

O mouse foi um avanço de hardware, concebido na década de 1960 por Douglas Engelbart, que previu que ele tornaria possível um novo tipo de software. Essa inovação de software é agora conhecida, na sua forma desenvolvida, como a Interface Gráfica do Usuário, ou GUI, tendo sido desenvolvida na década de 1970 pela equipe brilhantemente criativa de Xerox PARC, essa Atenas do mundo moderno. Foi cultivado para se tornar um sucesso comercial pela Apple em

1983, depois copiado por outras companhias sob nomes como VisiOn, GEM e — o que tem maior sucesso comercial hoje em dia — Windows. O mais importante da história é que uma explosão de software engenhoso estava, num certo sentido, represada, esperando para se espalhar pelo mundo, mas teve de aguardar um dispositivo crucial de hardware, o *mouse*. Mais tarde, a disseminação do software GUI gerou novas exigências de hardware, que tiveram de ser satisfeitas de forma mais rápida e mais ampla para lidar com as necessidades da arte gráfica. Isso por sua vez permitiu um afluxo de novos softwares mais sofisticados, especialmente aqueles capazes de explorar gráficos de alta velocidade. A espiral software/hardware continuou, e sua produção mais recente é a Worldwide Web. Quem sabe o que nos reservam as futuras voltas da espiral?

Se você olha para o futuro, revela-se que o poder [do computador] vai ser usado para uma variedade de coisas. Surgem aperfeiçoamentos incrementais e facilidades de uso, então ocasionalmente se ultrapassa algum limiar, e algo novo é possível. Foi o que aconteceu com a interface gráfica do usuário. Todo programa se tornou gráfico e toda saída se tornou gráfica, isso nos custou enormes quantidades de poder da CPU, mas valeu a pena [...]. Na verdade, tenho a minha própria lei do software, a lei de Nathan, segundo a qual o software cresce mais rápido do que a lei de Moore. E é por isso que existe uma lei de Moore. (Nathan Myhrvold, diretor de Tecnologia da Microsoft Corporation, 1998).

Retornando à evolução do cérebro humano, o que estamos procurando para completar a analogia? Um aperfeiçoamento secundário no hardware, talvez um leve aumento no tamanho do cérebro que teria passado despercebido, se não tivesse capacitado uma nova técnica de software que, por sua vez, desencadeou uma próspera espiral de coevolução? O novo software mudou o ambiente em que o hardware do cérebro estava sujeito à seleção natural. Isso deu origem a uma forte pressão darwiniana para aperfeiçoar e aumentar o hardware, a fim de tirar proveito do novo software, e uma espiral auto-alimentadora passou a funcionar com resultados evolutivos.

No caso do cérebro humano, qual poderia ter sido o avanço propício? Qual foi o equivalente do GUI? VOU dar o exemplo mais claro que posso imaginar do *tipo* de coisa que pode ter acontecido, sem nem por um momento me comprometer com a visão de que tenha sido o avanço real que inaugurou a espiral. O meu exemplo claro é a linguagem. Ninguém sabe como foi que começou. Não parece haver nada semelhante à sintaxe em animais não humanos, sendo difícil imaginar seus precursores evolucionários. Igualmente obscura é a origem da semântica, das palavras e seus significados. Sons que significam ordens como “Alimente-me” ou “Vá embora” são lugar-comum no

reino animal, mas nós humanos fazemos algo bem diferente. Como outras espécies, temos um repertório limitado de sons básicos, os fonemas, mas somos os únicos a recombinar esses sons, reunindo-os em cadeia num número indefinidamente grande de combinações para significar coisas que são fixadas apenas pela convenção arbitrária. A linguagem humana é aberta na sua semântica: os fonemas podem ser recombinados para engendrar um dicionário de palavras indefinidamente em expansão. E também é aberta na sua sintaxe: as palavras podem ser recombinadas num número indefinidamente grande de frases por meio de um encaixe recursivo: “O homem está vindo. O homem que pegou o leopardo está vindo. O homem que pegou o leopardo que matou as cabras está vindo. O homem que pegou o leopardo que matou as cabras que nos dão leite está vindo”. Vale notar como a frase cresce no meio enquanto as pontas — os seus elementos essenciais — continuam as mesmas. Cada uma das orações subordinadas encaixadas é capaz de crescer da mesma maneira, e não há limites para o crescimento permitido. Esse tipo de desenvolvimento potencialmente infinito, que se torna de repente possível por uma única inovação sintática, parece ser peculiar à linguagem humana.

Ninguém sabe se a linguagem de nossos ancestrais passou por um estágio de protótipo com um pequeno vocabulário e uma gramática simples, antes de evoluir gradativamente até o presente ponto em que todas as milhares de línguas no mundo são muito complexas (alguns dizem que todas têm exatamente o mesmo grau de complexidade, mas isso parece perfeito demais em termos ideológicos para ser inteiramente plausível). Eu me inclino a pensar que o desenvolvimento foi gradual, mas não é completamente evidente que tivesse de ser assim. Algumas pessoas acham que a linguagem começou de repente, mais ou menos literalmente inventada por um único gênio num determinado lugar num determinado tempo. Quer o desenvolvimento tenha sido gradual, quer repentino, poder-se-ia contar uma história semelhante à da coevolução software/hardware. Um mundo social em que há linguagem é um tipo de mundo social completamente diferente daquele em que ela não existe. As pressões da seleção sobre os genes nunca mais serão as mesmas. Os genes se veem num mundo mais dramaticamente diferente do que se uma era glacial tivesse se instalado da noite para o dia ou se algum novo predador terrível tivesse de repente aparecido na Terra. No novo mundo social em que a linguagem surgiu pela primeira vez em cena, deve ter ocorrido uma seleção natural dramática em favor dos indivíduos geneticamente equipados para explorar os novos meios. Isso lembra a conclusão do capítulo anterior, em que falei de os genes serem selecionados para sobreviver nos mundos virtuais construídos socialmente pelos cérebros. É quase impossível superestimar as vantagens que podiam ser desfrutadas pelos indivíduos exímios em tirar proveito do novo mundo da linguagem. Não é apenas que os cérebros se tornaram maiores para lidar com a

própria linguagem. É também que o mundo inteiro em que nossos ancestrais viviam foi transformado em consequência da invenção da fala.

Mas usei o exemplo da linguagem apenas para tornar plausível a ideia da coevolução software/hardware. Talvez não tenha sido a linguagem o que levou o cérebro humano a cruzar o seu limiar crítico de inflação, embora eu tenha um palpite de que ela desempenhou um importante papel. É controverso se o hardware modulador de sons na garganta era capaz de formar a linguagem na época em que o cérebro começou a inchar. Alguma evidência fóssil sugere que nossos prováveis ancestrais *Homo habilis* e *Homo erectus*, por causa da sua laringe relativamente pouco inclinada, não deviam ser capazes de articular toda a série de sons vogais que as gargantas modernas colocam à nossa disposição. Alguns acham que esse fato indica que a própria linguagem aconteceu tarde em nossa evolução. Acho que essa é uma conclusão bem pouco imaginativa. Se houve uma coevolução software/hardware, o cérebro não é o único hardware do qual deveríamos esperar aperfeiçoamentos na espiral. O aparelho vocal também teria evoluído em paralelo, e a inclinação evolucionária da laringe é uma das mudanças de hardware que a própria linguagem provocaria. Vogais mal pronunciadas não são a mesma coisa que nenhum som de vogal. Mesmo que a fala do *Homo erectus* soasse monótona pelos nossos padrões exigentes, ainda poderia ter servido como a arena para a evolução da sintaxe, da semântica e da inclinação auto-alimentadora da própria laringe. É concebível que o *Homo erectus* circunstancialmente fizesse barcos e fogo; não devemos subestimá-lo.

Pondo a linguagem de lado por um momento, que outras inovações de software poderiam ter levado nossos ancestrais a cruzar o limiar crítico para dar início à escalada coevolucionária? Vou sugerir duas inovações que poderiam ter surgido naturalmente do gosto que nossos ancestrais desenvolveram pela carne e pela caça. A agricultura é uma invenção recente. A maioria de nossos ancestrais hominídeos foi caçador-coletor. Aqueles que ainda subsistem por esse antigo modo de vida são frequentemente rastreadores formidáveis. Eles conseguem ler padrões de pegadas, vegetação danificada, depósitos de estrume e vestígios de pêlos para construir um quadro detalhado de eventos sobre uma ampla área. Um padrão de pegadas é um gráfico, um mapa, uma representação simbólica de uma série de incidentes no comportamento animal. Lembram-se do nosso zoólogo hipotético, cuja capacidade de reconstruir os ambientes passados pela leitura do corpo de um animal e de seu DNA justificava a declaração de que um animal é um modelo do seu ambiente? Não poderíamos dizer algo semelhante de um perito rastreador !kung san, que precisa apenas ler as pegadas na poeira de Kalahari para reconstruir um padrão detalhado, uma descrição ou um modelo de comportamento animal no passado recente? Apropriadamente lidos, esses rastros equivalem a mapas e desenhos, e parece-me plausível que a capacidade de lê-los tivesse surgido em nossos ancestrais antes da origem da fala com palavras.

Vamos supor que um bando de caçadores *Homo habilis* precisasse planejar uma caçada cooperativa. Num extraordinário e arrepiante filme para televisão de 1992, *Too Gloose for Comfort*, David Attenborough mostra chimpanzés modernos executando o que parece ser uma investida e emboscada cuidadosamente planejada e bem-sucedida contra um macaco colobo, que eles então despedaçam e comem. Não há razão para pensar que os chimpanzés se comunicaram entre si e bolaram algum plano detalhado antes de começar a caçada, mas todas as razões para pensar que o *habilis* poderia ter se beneficiado com esse tipo de comunicação se estivesse ao seu alcance. Como poderia essa comunicação ter se desenvolvido?

Suponhamos que um dos caçadores, que vamos imaginar como um líder, tem um plano para emboscar um eland e deseja transmiti-lo a seus colegas. Sem dúvida ele poderia imitar o comportamento do eland, talvez vestindo uma pele do animal para esse fim, como os caçadores fazem hoje em dia para fins de ritual ou entretenimento. Poderia imitar as ações que deseja ver os caçadores executarem: exagero estudado de movimentos furtivos ao aproximar-se da caça; visibilidade barulhenta na investida; sobressalto repentino na emboscada final. Mas há muito mais que ele também poderia fazer, e nisso ele se assemelharia a qualquer militar moderno. Ele poderia indicar os objetivos e planejar as manobras sobre um mapa da área.

Os nossos caçadores, podemos supor, são todos rastreadores exímios, com um sentido apurado em traçar, no espaço bidimensional, pegadas e outros vestígios: uma perícia espacial que talvez vá além de qualquer coisa que nós (a menos que por acaso sejamos caçadores !kung san) possamos facilmente imaginar.

Estão todos plenamente acostumados à ideia de seguir um rastro e imaginá-lo traçado no chão como um mapa em tamanho natural e um gráfico temporal dos movimentos do animal. O que poderia ser mais natural para o líder do que pegar uma vara e desenhar na poeira um modelo em escala desse quadro temporal: um mapa do movimento sobre uma superfície? O líder e seus caçadores estão plenamente acostumados à ideia de que uma série de marcas de cascos indica o fluxo de gnus ao longo da margem lamacenta do rio. Por que ele não poderia traçar uma linha indicando o fluxo do próprio rio num mapa em escala sobre a poeira? Acostumados como todos estão a seguir as pegadas humanas de sua caverna-lar até o rio, por que o líder não poderia apontar no seu mapa a posição da caverna em relação ao rio? Movendo-se ao redor do mapa com a sua vara, o caçador poderia indicar a direção de onde viria o eland, o ângulo de sua proposta de investida, a localização da emboscada: indicá-los literalmente desenhando na areia.

Teria sido mais ou menos assim que nasceu a noção de uma representação em escala menor em duas dimensões — como uma generalização da habilidade

importante de ler as pegadas dos animais? Talvez a ideia de desenhar a figura dos próprios animais tenha surgido da mesma origem. A marca na lama de um casco de gnu é obviamente uma imagem negativa do casco real. A marca fresca da pata de um leão provavelmente suscitava medo. Teria ela também engendrado, num lampejo ofuscante, a percepção de que se poderia desenhar a representação de uma parte de um animal — e assim, por extrapolação, do animal inteiro? Talvez o lampejo ofuscante que deu origem ao primeiro desenho de um animal inteiro tenha vindo da marca de um animal morto, arrastado para fora da lama endurecida ao seu redor. Ou uma imagem menos distinta na grama poderia ter facilmente adquirido substância pelo próprio software de realidade virtual da mente.

Porque a grama da montanha Não pode deixar de manter a forma Onde a lebre montesa se reclinou.

(Because the mountain grass/ Cannot but keep the form/ Where the mountain hare has lain).

W. B. Yeats, “Memory” (1919)

Todos os tipos de arte representativa (e provavelmente também de arte não representativa) dependem da percepção de que se pode fazer com que alguma coisa signifique outra, e que isso pode ajudar o pensamento ou a comunicação. As analogias e as metáforas que estão subjacentes ao que tenho chamado de ciência poética — boa e má — são outras manifestações da mesma faculdade humana de criar símbolos. Vamos reconhecer um continuum, que poderia representar uma série evolucionária. Numa ponta do continuum, permitimos que algumas coisas representem outras coisas a que se assemelham — como nas pinturas de búfalos nas cavernas. Na outra ponta, estão símbolos que não se assemelham obviamente às coisas que representam — como na palavra “búfalo”, que só tem esse significado por causa de uma convenção arbitrária que todos os falantes da língua em questão respeitam. Os estágios intermediários ao longo do continuum podem, como disse, representar uma progressão evolucionária. Talvez nunca saibamos como foi que tudo começou. Mas talvez a minha história das pegadas signifique o tipo de percepção que pode ter ocorrido quando as pessoas começaram a pensar pela primeira vez por analogias, e assim tomaram consciência da possibilidade da representação semântica. Dando origem ou não à semântica, o mapa do meu rastreador se junta à língua como a minha segunda sugestão para uma inovação de software que pode ter desencadeado a espiral coevolucionária propiciadora da expansão do cérebro. Teria sido o desenho dos mapas que ajudou os nossos ancestrais a ultrapassar o limiar crítico que os outros macacos não conseguiram cruzar?

A minha terceira inovação possível de software é inspirada numa sugestão

feita por William Calvin. Ele propôs que os movimentos balísticos, como atirar projéteis contra um alvo distante, exigem operações computacionais especiais do tecido nervoso. A sua ideia era que a conquista desse problema específico, talvez originalmente para fins de caçada, capacitou o cérebro a realizar muitas outras coisas importantes como um produto secundário desse desenvolvimento.

Numa praia de seixos, Calvin divertia-se atirando pedras contra uma tora de madeira, e a ação inadvertidamente executou o iniciar (a metáfora é intencional) de uma produtiva cadeia de pensamentos. Que tipo de computação deve o cérebro realizar quando atiramos alguma coisa em um alvo, coisa que nossos ancestrais devem ter feito cada vez mais quando desenvolveram o hábito da caça? Um componente essencial de um arremesso preciso é a escolha do momento. Seja qual for a ação do braço preferida — arremessar com o braço por baixo, atirar ou lançar com o braço por cima, mover rapidamente o pulso —, o momento exato em que se libera o projétil é que faz toda a diferença. Vale pensar na ação com o braço por cima de um lançador de críquete (o lançamento difere do arremesso no beisebol, porque o braço deve se manter reto, e isso facilita pensar na questão). Se a bola é lançada cedo demais, voa sobre a cabeça do batedor. Se é lançada tarde demais, afunda no terreno. Como é que o sistema nervoso realiza a façanha de lançar o projétil exatamente no momento certo, ajustado à velocidade do movimento do braço? Ao contrário de uma estocada com a espada, em que se pode guiar a arma por toda a trajetória até o alvo, o lançamento ou arremesso é balístico. O projétil deixa a mão do lançador e sai do seu controle. Há outros movimentos especializados, como pregar um prego, que são efetivamente balísticos, mesmo que a ferramenta ou a arma não saia da mão. Toda a computação tem de ser feita previamente: “estabelecer a rota” às cegas.

Um modo de resolver o problema do momento de lançar o projétil, quando se arremessa uma pedra ou uma lança, seria computar as contrações necessárias dos músculos individuais no arremesso, quando o braço estava em movimento. Os computadores digitais modernos seriam capazes dessa façanha, mas os cérebros são lentos demais. Em vez disso, Calvin raciocinou que os sistemas nervosos, sendo lentos, funcionariam melhor com um armazenamento temporário de comandos automáticos para os músculos. Toda a sequência de lançar uma bola de críquete ou arremessar uma lança é programada no cérebro como uma lista pré-registrada de comandos de contração de músculos individuais, arrumada na ordem em que devem ser liberados.

Sem dúvida, os alvos mais distantes são os mais difíceis de atingir. Calvin espanou os seus compêndios de física e pesquisou como calcular a “janela de lançamento” decrescente, quando se tenta manter a precisão em arremessos cada vez mais longos. Janela de lançamento é jargão espacial. Os cientistas aeroespaciais (essa profissão proverbialmente talentosa) calculam a janela de

oportunidade durante a qual devem lançar uma nave espacial, se quiserem atingir, digamos, a Lua. Se a nave é lançada cedo demais ou tarde demais, não atinge o alvo. Calvin calculou que, para um alvo do tamanho de um coelho a quatro metros de distância, a sua janela de lançamento tinha cerca de onze milissegundos de largura. Se ele lançasse a pedra demasiado cedo, ela passava por cima do coelho. Se a retivesse por tempo demais, a pedra caía antes de chegar ao alvo. A diferença entre demasiado cedo e demasiado tarde eram meros onze milissegundos, cerca de um centésimo de um segundo. Como é um especialista nas regulações de tempo das células nervosas, isso incomodou Calvin, porque ele sabia que a margem normal de erro de uma célula nervosa é maior que a janela de lançamento. Mas ele também sabia que bons lançadores humanos são capazes de atingir um alvo como um coelho a essa distância, mesmo correndo. Eu próprio nunca esqueci o espetáculo de meu contemporâneo de Oxford, o Nawab de Pataudi (um dos maiores jogadores de críquete da Índia, mesmo depois de perder um olho), competindo pela universidade e lançando a bola mais de uma vez com velocidade e precisão devastadoras, mesmo enquanto organizava o jogo da sua equipe, correndo a uma velocidade que visivelmente intimidava os batedores.

Calvin tinha um mistério para resolver. Como é que fazemos lançamentos tão bons? A resposta, ele decidiu, devia estar na lei dos números grandes. Nenhum circuito de regulação do tempo pode alcançar a precisão de um caçador !lunge que arremessa uma lança, ou a de um jogador de críquete que lança uma bola. Deve haver muitos circuitos de regulação do tempo funcionando em paralelo, os seus efeitos sendo calculados para que se alcance a decisão final de quando lançar o projétil. E agora eis a questão. Tendo desenvolvido uma população de circuitos de regulação do tempo e de sequência para um determinado fim, por que não empregá-los para outros objetivos? A própria língua depende de sequências precisas. O mesmo vale para a música, a dança, até para traçar os planos do futuro. O arremesso poderia ter sido o precursor da própria previsão? Quando lançamos a mente para a frente na imaginação, estamos realizando uma ação quase literal, além de metafórica? Quando a primeira palavra foi pronunciada, em algum lugar na África, o falante se imaginou lançando um projétil desde a sua boca até o ouvinte desejado?

O meu quarto candidato ao software que participa na coevolução software/hardware é o “meme”, a unidade da herança cultural. Já o sugerimos, quando discutimos a “decolagem” em estilo epidêmico dos best-sellers. Nesse ponto, eu me apoio nos livros de meus colegas Daniel Dennett e Susan Blackmore, que têm marcado presença entre vários teóricos construtivos do meme, desde que a palavra foi cunhada pela primeira vez em 1976. Os genes são replicados, copiados de pais para filhos ao longo das gerações. Um meme é, por analogia, algo que se replica de cérebro para cérebro, via qualquer meio

disponível de cópia. É uma questão em aberto se a semelhança entre o gene e o meme é boa ou má ciência poética. No cômputo geral, ainda acho que seja boa ciência poética, embora, se alguém procurar a palavra na Worldwide Web, irá encontrar muitos exemplos de entusiastas que se deixam arrebatar e vão longe demais. Até parece estar surgindo uma espécie de religião do meme — acho difícil decidir se é piada ou não.

Minha esposa e eu ocasionalmente sofremos de insônia, quando nossas mentes são possuídas por uma melodia que fica se repetindo na cabeça, implacavelmente e sem piedade, a noite inteira. Certas melodias são especialmente culpadas, por exemplo, “Masochismo Tango”, de Tom Lehrer. Não é uma melodia que tenha algum mérito (ao contrário da letra, com rimas brilhantes), mas é quase impossível livrar-se dela depois que se apodera da mente. Agora fizemos um pacto: se temos uma das melodias perigosas no cérebro durante o dia (Lennon e McCartney são outros grandes culpados), não as cantamos nem as assobiamos de modo algum perto da hora de dormir, por medo de infectar o outro. Essa noção de que uma melodia num cérebro pode “infectar” outro cérebro é pura conversa de memes.

O mesmo pode acontecer com alguém acordado. Dennett conta a seguinte anedota em *A perigosa ideia de Darwin* (1995):

Outro dia, fiquei incomodado — aterrado — ao me pegar cantarolando uma melodia no meio de uma caminhada. Não era um tema de Haydn, Brahms, Charlie Parker, nem mesmo Bob Dylan: eu estava cantarolando com toda a força “It takes two to tango” — um horroroso e irremediável pedaço de chiclete para os ouvidos que foi inexplicavelmente popular em algum período na década de 1950. Tenho certeza de que jamais na minha vida escolhi essa melodia, apreciei essa melodia ou de qualquer maneira a julguei melhor que o silêncio, mas ali estava ela, um horrível vírus musical, pelo menos tão robusto no pool de memes quanto qualquer melodia que realmente aprecio. E agora, para piorar a situação, ressuscitei o vírus em muitos dos leitores, que vão sem dúvida me amaldiçoar nos próximos dias, quando se pegarem cantarolando, pela primeira vez em mais de trinta anos, essa melodia chata.

Para mim, o refrão enlouquecedor nem sempre é uma melodia, mas uma frase repetida interminavelmente, não uma frase com qualquer significado evidente, apenas um fragmento de linguagem que eu ou alguma outra pessoa talvez tenha dito em algum momento durante o dia. Não está claro por que uma determinada frase ou melodia é escolhida, porém, uma vez instalada na cabeça, é extremamente difícil mudá-la. Continua a se repetir ao infinito. Em 1876, Mark Twain escreveu o conto “Um pesadelo literário”, sobre a sua mente ter sido possuída por um fragmento ridículo de uma ordem em forma de versos dada a

um motorista de ônibus e sua máquina de coletar passageiros, cujo refrão era “Perfure na presença do passageiro”.

Perfure na presença do passageiro  
Perfure na presença do passageiro  
(Punch in the presence of the passenjare).

A frase tem o ritmo de um mantra, e quase não ousei citá-la por receio de infectar o leitor. Eu a tive circulando na minha cabeça um dia inteiro depois de ler a história de Mark Twain. O narrador de Twain finalmente se livrou da frase passando-a para o vigário, que por sua vez foi levado à demência. Esse aspecto de “porcos gadarenos” da história — a ideia de que se perde o meme ao passá-lo para outra pessoa — é a única parte que não soa verdadeira. Só porque se infectou outra pessoa com um meme não quer dizer que a mente se livrou dele.

Os memes podem ser boas ideias, boas melodias, bons poemas, bem como mantras tolos. Qualquer coisa que se espalha pela imitação, como os genes se espalham pela reprodução corporal ou por infecção virótica, é um meme. O seu principal interesse é que existe pelo menos a possibilidade teórica de uma verdadeira seleção darwiniana de memes, semelhante à seleção familiar dos genes. Esses memes que se espalham conseguem essa façanha porque são bons em se espalhar. A melodia implacável de Dennett, bem como a minha e a da minha esposa, era um tango. Há algo insidioso no ritmo do tango? Bem, precisamos de mais evidências. Mas é bastante razoável a ideia geral de que alguns memes talvez sejam mais infecciosos que outros por causa de suas propriedades inerentes.

Assim como no caso dos genes, podemos esperar que o mundo se encha de memes que são bons na arte de se fazerem copiar de cérebro para cérebro. Podemos notar que alguns memes, como o refrão de Mark Twain, têm realmente essa propriedade, sem que sejamos capazes de analisar o que lhes confere essa qualidade. Basta que os memes variem na sua capacidade de infectar para que a seleção darwiniana passe a funcionar. Às vezes podemos estimar o que confere ao meme essa capacidade de se espalhar. Dennett nota que o meme da teoria da conspiração tem uma reação embutida à objeção de que não há boas evidências de conspiração: “É claro que não — o que mostra como é poderosa a conspiração!”.

Os genes vão se espalhar por pura eficácia parasita, como num vírus. Talvez consideremos um tanto vã essa propagação pela propagação, mas a natureza não está interessada em nossos julgamentos de futilidade ou de qualquer outra coisa. Se um código tem o necessário, ele se espalha e pronto. Os genes também podem se espalhar pelo que julgamos ser uma razão mais “legítima”, digamos, porque aperfeiçoam a acuidade visual de um gavião. Esses são os que primeiro

nos ocorrem quando pensamos no darwinismo. Em *A escalada do monte improvável*, expliquei que o DNA de um elefante e o de um vírus são ambos programas de “Copie-me”. A diferença é que um deles tem uma digressão quase fantasticamente grande: “Copie-me construindo primeiro um elefante”. Contudo, os dois tipos de programa se espalham porque, a seus modos diferentes, são bons em se espalhar. O mesmo vale para os memes. Tangos monótonos sobrevivem nos cérebros e infectam outros cérebros por razões de pura eficácia parasita. Eles estão perto da extremidade “vírus” do espectro. Grandes ideias na filosofia, percepções brilhantes na matemática, técnicas inteligentes para dar nós ou modelar potes sobrevivem no pool de memes por razões que estão mais perto da extremidade “legítima” ou “elefante” do nosso espectro darwiniano.

Os memes não poderiam se espalhar, se não fosse o fato de os indivíduos terem a tendência biologicamente valiosa de imitar. Há muitas boas razões para que a imitação tivesse sido favorecida pela seleção natural convencional que opera sobre os genes. Os indivíduos geneticamente predispostos a imitar têm uma facilidade para aprender habilidades que outros levam um longo tempo para elaborar. Um dos melhores exemplos é a disseminação do hábito de abrir garrafas de leite entre os chapins (o equivalente europeu das mejengras americanas). O leite é entregue em garrafas bem cedo nos degraus das portas britânicas, e ele geralmente ali permanece por um certo tempo antes de ser levado para dentro da casa. Um passarinho é capaz de furar a tampa, mas essa não é uma ação óbvia para um pássaro. O que aconteceu foi que uma série epidêmica de ataques a tampas de garrafas entre os chapins azuis [*Parus caeruleus*] se espalhou a partir de distintos focos geográficos na Grã-Bretanha. Epidêmica é a palavra exata. Os zoólogos James Fisher e Robert Hinde conseguiram documentar a disseminação do hábito na década de 1940, quando se irradiou por imitação a partir dos pontos focais em que começou, descoberto presumivelmente por alguns pássaros isolados: ilhas de inventividade e fundadores de epidemias de memes.

É possível contar histórias semelhantes de chimpanzês. Pescar cupins enfiando gravetos no cupinzeiro é um hábito aprendido por imitação. Assim como a habilidade de quebrar castanhas com pedras sobre uma bigorna de madeira ou de pedra, ação que ocorre em certas áreas específicas do Oeste da África, mas não em outras. Os nossos ancestrais hominídeos certamente aprenderam habilidades vitais imitando-se uns aos outros. Entre os grupos tribais sobreviventes, a fabricação de ferramentas de pedra, a tecelagem, as técnicas da pesca, a arte de colmar, a cerâmica, a geração do fogo, a culinária, o trabalho em metal, todas essas habilidades são aprendidas pela imitação. As linhagens de mestres e aprendizes são o equivalente memético das linhagens genéticas ancestrais/descendentes. O zoólogo Jonathan Kingdon sugeriu que algumas das habilidades de nossos ancestrais começaram quando os humanos imitaram outras

espécies. Por exemplo, as teias de aranha podem ter inspirado a invenção das redes para pesca e do cordão ou trançado; os ninhos do tecelão, a invenção dos nós ou da cobertura de colmo.

Ao contrário dos genes, os memes não parecem ter se associado com o objetivo de construir grandes “veículos” — corpos — para seu abrigo e sobrevivência conjuntos. Os memes dependem dos veículos construídos pelos genes (a menos que, como tem sido sugerido, a internet seja vista como um veículo de memes). Mas nem por isso os memes deixam de manipular com igual eficácia o comportamento dos corpos vivos. A analogia entre a evolução genética e memética começa a ficar interessante quando aplicamos a nossa lição do “cooperador egoísta”. Como os genes, os memes sobrevivem na presença de certos outros memes. Uma mente pode se tornar preparada, pela presença de certos memes, a ser receptiva a determinados outros. Assim como o pool genético da espécie se torna um cartel cooperativo de genes, um grupo de mentes — uma “cultura”, uma “tradição” — tornase um cartel cooperativo de memes, um memplexo, como tem sido chamado. Como no caso dos genes, é um erro considerar o cartel inteiro uma unidade que é selecionada como uma única entidade. O modo correto de considerar a questão é em termos de memes que se ajudam mutuamente, cada um providenciando um ambiente que favorece os outros. Sejam quais forem as limitações da teoria dos memes, acho provável que esse ponto específico, o de que uma cultura ou uma tradição, uma religião ou uma cor política cresce de acordo com o modelo do “cooperador egoísta”, seja pelo menos uma parte importante da verdade.

Dennett evoca vividamente a imagem da mente como uma estufa fervilhante de memes. E chega a defender a hipótese de que “*A própria consciência humana é um imenso complexo de memes [...]*”. Ele apresenta esse ponto, junto com muitas outras ideias, de forma persuasiva e detalhada no seu livro *Consciousness Explained* (1991). Não tenho como resumir a série intrincada de argumentos nesse livro, e vou me contentar com uma citação mais característica:

O porto que todos os memes precisam atingir é a mente humana, mas a própria mente humana é um artefato criado quando os memes reestruturam um cérebro humano para torná-lo um melhor hábitat para os memes. As avenidas de entrada e saída são modificadas para se adaptarem às condições locais, e reforçadas por vários dispositivos artificiais que intensificam a fidelidade e a proximidade da replicação: as mentes chinesas nativas diferem dramaticamente das mentes francesas nativas, e as mentes alfabetizadas diferem das mentes analfabetas. O que os memes dão em troca aos organismos em que residem é um estoque incalculável de vantagens — com alguns cavalos de Tróia no meio para contrabalançar [...]. Mas se é verdade que as mentes humanas são elas próprias, em grande medida, as criações de

memes, então não podemos sustentar a polaridade de visão que consideramos antes; não pode ser “os memes *versus* nós”, porque infestações anteriores de memes já desempenharam um papel principal determinando quem ou o que somos nós.

Há uma ecologia de memes, uma floresta tropical de memes, um cupinzeiro de memes. Os memes não só saltam de mente para mente por imitação na cultura. Esta é apenas a ponta facilmente visível do iceberg. Eles também prosperam, multiplicam-se e competem dentro de nossas mentes. Quando anunciamos ao mundo uma boa ideia, quem sabe que seleção subconsciente, quase darwiniana, não se passou nos bastidores dentro das nossas cabeças? As nossas mentes são invadidas por memes, assim como as antigas bactérias invadiram as células de nossos ancestrais e tornaram-se às mitocôndrias. À maneira do Gato de Cheshire, os memes misturam-se às nossas mentes, até mesmo se tornam nossas mentes, assim como as células eucarióticas são colônias de mitocôndrias, cloroplastos e outras bactérias. Isso parece uma receita perfeita para espirais coevolucionárias e para o aumento do cérebro humano, mas, especificamente, o que impulsiona a espiral? Onde está a auto-alimentação, o elemento do “quanto mais se tem, mais se obtém”?

Susan Blackmore ataca essa questão formulando outra: “A quem devemos imitar?”. Os indivíduos que são os melhores na habilidade em questão, sem dúvida, mas há uma resposta mais geral à pergunta. Blackmore sugere que devemos imitar os melhores imitadores — é provável que eles tenham adquirido as melhores habilidades. E a sua próxima questão, “Com quem devemos nos acasalar?”, é respondida de modo semelhante. Nós nos acasalamos com os melhores imitadores dos memes mais em voga. Assim, não apenas os memes são selecionados pela capacidade de se espalhar, como também os genes são selecionados na seleção darwiniana comum pela sua capacidade de gerar indivíduos que são bons em espalhar memes. Não quero roubar o impacto da obra da dra. Blackmore, pois tive o privilégio de ver de antemão o manuscrito de seu livro, *The Meme Machine* (1999). Vou simplesmente notar que aqui temos a coevolução software/hardware. Os genes constroem o hardware. Os memes são o software. A coevolução é o que pode ter impulsionado a inflação do cérebro humano.

Disse que voltaria à ilusão do “homenzinho no cérebro”. Não para resolver o problema da consciência, que está muito além da minha capacidade, mas para fazer outra comparação entre os memes e os genes. Em *The Extended Phenotype*, argumentei contra admitir o organismo individual. Não usei a palavra indivíduo no sentido consciente, e sim no sentido de um único corpo coerente, envolto por uma pele e dedicado ao objetivo mais ou menos unitário de sobreviver e reproduzir. O organismo individual, argumentei, não é fundamental

para a vida, mas algo que surge quando os genes, que no início da evolução eram entidades separadas e em guerra, reúnem-se em grupos cooperativos, como “cooperadores egoístas”. O organismo individual não é exatamente uma ilusão. É demasiado concreto para ser ilusório. É, porém, um fenômeno secundário, derivado, montado toscamente como uma consequência das ações de agentes fundamentalmente separados e até em guerra. Não vou desenvolver, apenas fazer circular, seguindo Dennett e Blackmore, a ideia de uma comparação com os memes. Talvez o “eu” subjetivo, a pessoa que eu me sinto ser, seja o mesmo tipo de semi-ilusão. A mente é uma reunião de agentes fundamentalmente independentes e até em guerra. Marvin Minsky, o pai da inteligência artificial, deu ao seu livro de 1985 o nome de *The Society of Mind*. Quer esses agentes devam ser identificados com os memes ou não, o ponto que estou propondo é que o sentimento subjetivo de “alguém dentro do corpo” pode ser uma semi-ilusão montada, emergente, análoga ao corpo individual que emerge na evolução a partir da cooperação contrafeita dos genes.

Mas isso foi um aparte. Tenho procurado inovações de software que poderiam ter iniciado uma espiral auto-alimentadora de coevolução software/hardware para explicar a inflação do cérebro humano. Já mencionei a linguagem, a leitura de mapas, o arremesso de projéteis e os memes. Outra possibilidade é a seleção sexual, que introduzi como uma analogia para explicar o princípio da coevolução explosiva, mas será que ela poderia ter realmente impulsionado a inflação do cérebro humano? Os nossos ancestrais seduziam seus parceiros com uma espécie de cauda de pavão mental? O hardware do cérebro maior foi favorecido por causa de suas ostentosas manifestações de software, como talvez a capacidade de lembrar os passos de uma dança ritual formidavelmente complicada? Talvez.

Muitas pessoas vão considerar a própria linguagem o candidato mais convincente, bem como o mais evidente para o disparo de software na expansão do cérebro, e gostaria de voltar à linguagem a partir de outra perspectiva. Terence Deacon, em *The Symbolic Species* (1997), tem uma abordagem da linguagem à luz dos memes:

Não é demasiado forçado pensar nas línguas um pouco como pensamos nos vírus, negligenciando a diferença existente nos efeitos construtivos versus os destrutivos. As línguas são artefatos inanimados, padrões de sons e rabiscos em argila ou papel, que por acaso se insinuam nas atividades dos cérebros humanos, que replicam partes suas, montam-nas em sistemas e passam-nas adiante. O fato de a informação replicada que constitui uma língua não ser organizada num ser animado não a impede absolutamente de ser uma entidade integrada adaptável que evolui com respeito aos hospedeiros humanos.

Deacon passa então a preferir um modelo “simbiótico” em vez de virulentamente parasita, traçando novamente a comparação com as mitocôndrias e outras bactérias simbióticas nas células. As línguas evoluem para se tornar boas em infectar os cérebros das crianças. Mas os cérebros das crianças, essas lagartas mentais, também evoluem para se tornar bons em serem infectados pela língua: coevolução mais uma vez.

Em “Bluspels and Flalansferes” (1939), C. S. Lewis nos lembra o aforismo do filólogo segundo o qual a nossa língua está cheia de metáforas mortas. Em seu ensaio de 1844, “The Poet”, o filósofo e poeta Ralph Waldo Emerson disse: “A língua é poesia fóssil”. Se não ocorre com todas as nossas palavras, certamente muitas delas começaram como metáforas. Lewis menciona atênâ (“atender, assistir”) como uma palavra que outrora significou stretch (“estender, esticar”). Se dou atenção a você, estico meus ouvidos na sua direção. Eu “pego” o significado, quando você “se reveste” de argumentos e “martela” o seu “ponto de vista”. “Entramos” num assunto, “abrimos” uma “linha” de pensamento. Escolhi deliberadamente casos de antepassados metafóricos recentes e, portanto, acessíveis. Os estudiosos da filologia vão cavar mais fundo (está vendo o que quero dizer?) e mostrar que até palavras cujas origens são menos evidentes foram outrora metáforas, talvez numa língua morta (viu?). A própria palavra língua vem da palavra latina para o órgão da língua.

Acabei de comprar um dicionário de gíria contemporânea, porque fiquei desconcertado ao ser informado por leitores americanos da cópia datilografada deste livro que algumas das minhas palavras inglesas favoritas não seriam compreendidas no outro lado do Atlântico. “Mug”, por exemplo, com o significado de tolo, bobo ou otário, não é compreendida nos Estados Unidos. Em geral, tenho me tranquilizado ao ver no dicionário quantas gírias são realmente universais no mundo anglófono. Mas fiquei mais intrigado com a espantosa criatividade de nossa espécie em inventar um estoque infindável de novas palavras e usos. “Parallel parking” [estacionar em fila dupla] ou “getting your plumbing snaked” [desobstruir o encanamento com um arame sinuoso] para a cópula; “idiot box” [caixa idiota] para a televisão; “park a custard” [estacionar um creme] para vomitar; “Christmas on a stick” [vara de Natal] para uma pessoa vaidosa; “nixon” para urn negócio fraudulento; “jam sandwich” [sanduíche de geleia/aglomeração] para um carro de polícia; essas expressões de gíria representam o gume de uma espantosa riqueza de inovação semântica. E elas ilustram perfeitamente a ideia de C. S. Lewis. Será assim que todas as nossas palavras nasceram?

Como no caso dos “mapas das pegadas”, me pergunto se a capacidade de ver analogias, a capacidade de expressar significados em termos de semelhanças simbólicas com outras coisas, não teria sido o avanço crucial de software que

levou a evolução do cérebro humano a cruzar o limiar e entrar numa espiral coevolucionária. Em inglês, usamos a palavra “mamute” como adjetivo, sinônimo de muito grande. A inovação semântica de nossos ancestrais não teria aparecido quando algum gênio poético pré-sapiente, lutando para transmitir a ideia de “grande” *num contexto bastante diferente*, teve a ideia de imitar ou desenhar um mamute? Não teria sido esse o tipo de avanço de software que empurrou a humanidade para dentro de uma explosão de coevolução software/hardware? Talvez não tenha sido esse exemplo particular, porque o tamanho grande é facilmente transmitido pelo gesto universal de que os pescadores jactanciosos tanto gostam. Mas até isso é um avanço de software em relação à comunicação dos chimpanzés na mata. E que tal imitar uma gazela para comunicar a graça delicada e tímida de uma menina, numa antecipação pliocena do verso de Yeats: “Duas meninas, ambas bonitas, uma delas gazela”? (Two girls, both beautiful, one a gazelle). E que tal borrifar água de uma cuia, não somente para dar a ideia de chuva, o que é quase óbvio demais, mas também a ideia de lágrimas, tentando transmitir a tristeza? Os nossos remotos ancestrais *habilis* e *erectus* não teriam imaginado — e solenemente descoberto o meio de expressar — uma imagem como a *sobbing rain*, “chuva soluçante”, de John Keats? (Embora, sem dúvida, as próprias lágrimas sejam um mistério evolucionário ainda não resolvido.)

Não importa como tenha começado, nem o seu papel na evolução da linguagem, nós humanos, de forma única no reino animal, temos o dom poético da metáfora: de notar quando certas coisas são como outras e usar a relação como um fulcro para nossos pensamentos e sentimentos. Esse é um aspecto do dom da imaginação. Talvez *essa* tenha sido a inovação-chave de software que desencadeou a nossa espiral coevolucionária. Podemos considerá-la um avanço-chave no software de simulação do mundo, que foi o tema do capítulo anterior. Talvez tenha sido o passo da realidade virtual delimitada, quando o cérebro simula um modelo do que os órgãos dos sentidos lhe estão transmitindo, para a realidade virtual ilimitada, quando o cérebro simula coisas que não existem realmente no momento — a imaginação, os sonhos acordados, os cálculos de “E se?” sobre futuros hipotéticos. E isso, finalmente, nos traz de volta à ciência poética e ao tema dominante em todo o livro.

Podemos tomar o software da realidade virtual em nossas cabeças e emancipá-lo da tirania de simular apenas a realidade utilitária. Podemos imaginar mundos que poderiam existir, bem como aqueles que existem. Podemos simular futuros possíveis, bem como passados ancestrais. Com a ajuda de memórias externas e artefatos de manipulação de símbolos — papel e canetas, ábacos e computadores —, estamos na posição de construir um modelo operante do universo e fazê-lo funcionar em nossa cabeça antes de morrer.

Podemos sair do universo. Quero dizer, no sentido de colocar um modelo do

universo *dentro* de nossos crânios. Não um modelo supersticioso, tacanho, paroquial, cheio de espíritos e duendes, astrologia e magia, brilhando com falsos potes de ouro no fim do arco-íris. Um modelo grande, digno da realidade que o regula, atualiza e tempera; um modelo de estrelas e grandes distâncias, em que a nobre curva do espaço-tempo de Einstein rouba o lugar do arco da aliança de Jeová, reduzindo-o a seu verdadeiro significado; um modelo poderoso, incorporando o passado, guiando-nos pelo presente, capaz de prosseguir adiante para nos oferecer construções detalhadas de futuros alternativos e nos dar a possibilidade de escolha.

Só os seres humanos orientam o seu comportamento por um conhecimento do que aconteceu antes de seu nascimento e por uma concepção do que pode acontecer depois da sua morte; assim, apenas os humanos descobrem o seu caminho por uma luz que ilumina mais do que o terreno em que se encontram. (P. B. e J. S. Medawar, *The Life Science*, 1977).

A luz passa, mas, animadoramente, antes de passar, ela nos dá tempo para compreender um pouco este lugar em que efemeramente nos encontramos e a razão de aqui estarmos. Somos os únicos dentre os animais a prever o nosso fim. Somos também os únicos dentre os animais a poder dizer antes de morrer: “Sim, é por isso que valeu a pena viver”.

Agora mais que nunca é sublime morrer,  
Cessar à meia-noite sem nenhuma dor,  
Enquanto derramas a tua alma no ar  
Em puro êxtase!  
(Now more than ever seems it rich to die,/ To cease upon midnight with no  
pain,/ While thou art pouring forth thy soul abroad/ In such an ecstasy!).

John Keats, “Ode to a Nightingale” (1820)

Um Keats e um Newton, escutando um ao outro, poderiam ouvir o canto das galáxias.

## Bibliografia selecionada

ALVAREZ, W. (1997) *T. Rex and the Crater of Doom*. Princeton, NJ: Princeton University Press.

APPLEYARD, B. (1992) *Understanding the Present*. Londres: Picador.

ASIMOV, I. (1979) *The Book of Facts*, volume 2. Londres: Hodder & Stoughton.

ATKINS, P. W. (1984) *The Second Law*. Nova York Scientific American.

(1992) *Creation Revisited*. Oxford: W. H. Freeman.

ATTNEAVE, F. (1954) Informational aspects of visual perception. *Psychological Reviews*, 61, 183-93.

BARROW, J. FL.; COSMIDES, L.; TOOBY, J. (1992) *The Adapted Mind*. Nova York Oxford University Press.

BARLOW, H. B. (1963) The coding of sensory messages. In W. Fl. Thorpe & O. L. Zangwill (orgs.), *Current Problems in Animal Behaviour*. Cambridge: Cambridge University Press, 331-60.

BARROW, J. D. (1998) *Impossibility: the Limits of Science and the Science of Limits*. Oxford: Oxford University Press.

BLACKMORE, S. (1999) *The Meme Machine*. Oxford: Oxford University Press.

BODMER, W., & MCKIE, R. (1994) *The Book of Man: The Quest to Discover our Genetic Heritage*. Londres: Little, Brown.

BRAGG, K. (1998) *On Giant's Shoulders*. Londres: Hodder & Stoughton.

BROCKMAN, J. (1995) *The Third Culture*. Nova York Simon & Schuster.

BROCKMAN, J. & Matson, K. (orgs.) (1996) *How Things Are: A Science Toolkit for the Mind*. Londres: Phoenix.

CAIRNS-SMITH, A. G. (1996) *Evolving the Mind*. Cambridge: Cambridge University Press.

CALVIN, W. H. (1989) *The Cerebral Symphony*. Nova York Bantam Books.

(1996) *How Brains Think* Londres: Weidenfeld & Nicolson.

CAREY, J. (1995) *The Faber Book of Science*. Londres: Faber & Faber.

CARTMILL, M. (1998) Oppressed by evolution. *Discover*, março, 78-83.

CLARKE, A. C. (1982) *Profiles of the Future*. Londres: Victor Gollancz.

CONWAY MORRIS, S. (1998) *The Crucible of Creation*. Oxford: Oxford University Press.

COOK, E. (1990) *John Keats*. Oxford: Oxford University Press.

CRAIK, K. J. W. (1943) *The Nature of Explanation*. Londres: Cambridge University Press.

CRICK, F. (1994) *The Astonishing Hypothesis*. Nova York Scribners.

CRONIN, H. (1991) *The Ant and the Peacock* Cambridge: Cambridge University Press.

- DARWIN, C. (1859) *On the Origin of Species*. Londres (1968): Penguin Books.
- DAVIES, N. B. (1992) *Dunnock Behaviour and Social Evolution*. Oxford: Oxford University Press.
- DAWKINS, M. S. (1993) *Through Our Eyes Only?* Oxford: W. H. Freeman.
- DAWKINS, R. (1982) *The Extended Phenotype*. Oxford: Oxford University Press.
- . (1986) *The Blind Watchmaker*. Londres: Penguin Books.
- (1989) *The Selfish Gene*. 2<sup>e</sup> ed. Oxford: Oxford University Press.
- (1995) *River Out of Eden*. Londres: Weinfeld 8c Nicolson.
- (1996) *Climbing Mount Improbable*. Nova York Norton.
- (1998) The values of science and the science of values. In J. Ree 8c C. W.
- C. Williams (orgs.), *The Values of Science: The Oxford Amnesty Lectures 1997*. Boulder, Colo.: Westview Press.
- DE WAAL, F. (1996) *GoodNAtured*. Cambridge, Mass.: Harvard University Press.
- DEACON, T. (1997) *The Symbolic Species*. Londres: Allen Lane.
- DEAN, G.; MATHER, A.; KELLY, I. W. (1996) *Astrology*. In G. Stein (ed.), *The Encyclopedia of the Paranormal*. Amherst, NY: Prometheus Books, 47-99.
- DENNETT, D. C. (1991) *Consciousness Explained*. Boston: Little, Brown.
- (1995) *Darwin's Dangerous Idea*. Nova York Simon 8c Schuster.
- DEUTSCH, D. (1997) *The Fabric of Reality*. Londres: Allen Lane.
- DUNBAR, R. (1995) *The Trouble with Science*. Londres: Faber 8c Faber.
- DURHAM, W. H. (1991) *Coevolution: Genes, Culture and Human Diversity*. Stanford: Stanford University Press.
- DYSON, F. (1997) *Imagined Worlds*. Cambridge, Mass.; Harvard University Press.
- EDDINGTON, A. (1928) *The Nature of the Physical World*. Cambridge: Cambridge University Press.
- EHRENREICH, B., & MCINTOSH, J. (1997) *The new creationism*. *The Nation*, 9 de junho.
- EINSTEIN, A. (1961) *Relativity: The Special and the General Theory*. Nova York Bonanza Books.
- EISELEY, L. (1982) *The Firmament of Time*. Londres: Victor Gollancz.
- EVANS, C. (1979) *The Mighty Micro*. Londres: Victor Gollancz.
- FELLER, W. (1957) *An Introduction to Probability Theory and its Applications*. Nova York Wiley International Edition.
- FEYNMAN, R. P. (1965) *The Character of Physical Law*. Londres: Penguin Boors.
- (1998) *The Meaning of it All*. Londres: Penguin Books.
- FISHER, J., & HINDE, R. A. (1949) The opening of milk bottles by birds. *British Birds*, 42, 347-57.
- FORD, E. B. (1975) *Ecological Genetics*. Londres: Chapman & Hall.
- FRAZER, J. G. (1922) *The Golden Bough*. Londres: Macmillan.
- FREEMAN, D. (1998) *The*

Fateful Hoaxing of Margaret Mead: an Historical Analysis of her Samoan Researches. Boulder, Colo.: Westview Press. FRUMAN, N. (1971) Coleridge, the Damaged Archangel. Londres: Allen & Unwin. GOOD, I. J. (1995) When batterer turns murderer. *Nature*, 375, 541. GOULD, S. J. (1977) Eternal metaphors of paleontology. In A. Hallam (ed.), *Patterns of Evolution*, as Illustrated by the Fossil Record. Amsterdã: Elsevier, 1-26.

. (1989) *Wonderful Life: The Burgess Shale and the Nature of History*. Londres: Hutchinson Radius.

GREGORY, R. L. (1981) *Mind in Science: A History of Explanations in Psychology and Physics*. Londres: Weidenfeld & Nicolson.

(1998) *Eye and Brain*. 5<sup>e</sup> ed. Oxford: Oxford University Press.

GRIBBIN, J., & CHERFAS, J. (1982) *The Monkey Puzzle*. Londres: The Bodley Head.

GROSS, P. R., & LEVITT, N. (1994) *Higher Superstition: The Academic Left and its Quarrels with Science*. Baltimore: Johns Hopkins University Press.

HAMILTON, W. D. (1996) *Narrow Roads of Gene Land: the Collected Papers of W. D. Hamilton, volume I. Evolution of Social Behaviour*. Oxford: W. H. Freeman/Spektrum.

HARDIN, C. L. (1988) *Color for Philosophers: Unweaving the Rainbow*. Indianapolis: Hackett.

HEATH-STUBBS, J., & SALMAN, P. (orgs.) (1984) *Poems of Science*. Londres: Penguin Books.

HOFFMANN, B. (1973) *Einstein*. Londres: Paladin.

HOLDOBLER, B., & WILSON, E. O. (1990) *The Ants*. Berlin: Springer-Verlag.

HOYLE, F. (1966) *Man in the Universe*. Nova York Columbia University Press.

HUME, D. (1748) *An Enquiry Concerning Human Understanding*. "Oï miracles". Oxford: Oxford University Press (ed. L. A. Selby-Bigge, 1902).

HUMPHREY, N. (1995) *Soul Searching*. Londres: Chatto & Windus.

(1998) *What shall we tell the children?* In J. Ree & C. W. C. Williams (orgs.), *The Values of Science: The Oxford Amnesty Lectures 1997*. Boulder, Colo.: Westview Press.

HUXLEY, T. H. (1894) *Collected Essays*. Londres: Macmillan. JERISON, H. (1973) *Evolution of the Brain and Intelligence*. Nova York Academic Press.

JONES, S. (1993) *The Language of the Genes*. Londres: Harper-Collins. JONES, S.; MARTIN, R.; PILBEAM, D.; BUNNEY, S. (orgs.) (1992) *The Cambridge Encyclopedia of Human Evolution*. Cambridge: Cambridge University Press.

JULESZ, B. (1995) *Dialogues on Perception*. Cambridge, Mass.: MIT Press.

JUNG, C. G. (1969) *Memories, Dreams, Reflections*. Londres: Fontana.

KAUFFMAN, S. (1993) *The Origins of Order*. Nova York Oxford University Press.

- . (1995) *At Home in the Universe*. Nova York Oxford University Press.
- KELLER, H. (1902) *The Story of My Life*. Nova York DoubLEDay.
- KELLY, I. W. (1997) *Modern astrology: a critique*. *Psychological Reports*, 81, 1035-66.
- KENDREW, S. J. (org.) (1994) *The Encyclopedia of Molecular Biology*. Oxford: Blackwell.
- KINGDON, J. (1993) *Self-made Man and his Undoing*. Londres: Simon & Schuster.
- KOERTGE, N. (1995) *How feminism is now alienating women from science*. *Skeptical Inquirer*, 19,42-3.
- KOESTLER, A. (1972) *The Roots of Coincidence*. Nova York Random House.
- KRAWCZAK, M., & SCHMIDTKE, J. (1994) *DNA Fingerprinting*. Oxford: Bios Scientific Publishers.
- KURTZ, P., & MADIGAN, T. J. (orgs.) (1994) *Challenges to the Enlightenment*. Buffalo, Nova York Prometheus Books.
- LAMB, T., & BOURRIAU, J. (1995) *Colour: Art & Science*. Cambridge: Cambridge University Press.
- LEAKEY, R. (1994) *The Origin of Humankind*. Londres: Weidenfeld & Nicolson.
- LEAKEY, R., & LEWIN, R. (1992) *Origins Reconsidered*. Londres: Little, Brown.
- . (1996) *The Sixth Extinction*. Londres: Weidenfeld & Nicolson.
- LETTVIN, J. Y.; MATURANA, H. R.; PITTS, W. H.; MCCULLOCH, W. S. (1961) *Two remarks on the visual system of the frog*. In W. A. Rosenblith (org.), *Sensory Communication*. Cambridge, Mass: MIT Press.
- LEWIS, C. S. (1939) *Bluspels and Flalansferes. Capitulo 7 de C. S. Lewis, Rehabilitations and Other Essays*. Oxford: Oxford University Press.
- LIEBERMAN, P. (1991) *Uniquely Human: The Evolution of Speech, Thought, and Selfless Behavior*. Cambridge, Mass.: Harvard University Press.
- LOFTING, H. (1929) *Doctor Dolittle in the Moon*. Londres: Jonathan Cape.
- LOVELOCK, J. E. (1979) *Gaia*. Oxford: Oxford University Press.
- MARGULIS, L. (1981) *Symbiosis in Cell Evolution*. San Francisco: W. H. Freeman.
- MARGULIS, L., & SAGAN, D. (1987) *Microcosmos: Four Billion Years of Microbial Evolution*. Londres: Allen & Unwin.
- MAYNARD SMITH, J. (1972) *The importance of the nervous system in the evolution of animal flight*. In *On evolution*. Edimburgo: Edinburgh University Press.
- . (1993) *The Theory of Evolution*. Cambridge: Cambridge University Press.
- . (1995) *Genes, Memes, and Minds*. *The New York Review of Books*, 30 de novembro de 1995, 46-8.
- MEDAWAR, P. B. (1982) *Pluto's Republic*. Oxford: Oxford University Press.
- MEDAWAR, P. B., & J. S. (1977) *The Life Science*. Londres: Wildwood House.
- . (1984) *Aristotle to Zoos*. Londres: Weidenfeld & Nicolson.
- MILLER, G. F. (1996) *Political Peacocks*. *Demos*, 10, 9-11.
- MINSKY, M. (1985)

The Society of Mind. Nova York: Simon & Schuster. MOLLON, J. (1995) Seeing colour. In T. Lamb & J. Bourriau (orgs.), Colour: Art and Science. Cambridge: Cambridge University Press, 127-50. MONOD, J. (1970) Chance and Necessity: An Essay on the National [sic] Philosophy of Modern Biology. Glasgow: Fontana. MORRIS, D. (1979) Animal Days. Nova York: William Morrow & Co. MULLER, R. (1988) Nemesis: The Death Star. Londres: William Heinemann. MYHRVOLD, N. (1998) Nathan's Law (entrevista com Lance Knobel). Worldlink, World Economic Forum, 17-20.

NESSE, R., & WILLIAMS, G. C. (1994) Evolution and Healing: The New Science of Darwinian Medicine. Londres: Weidenfeld & Nicolson.

PARTINGTON, A. (org.) (1992) The Oxford Dictionary of Quotations. Oxford: Oxford University Press.

PEIERLS, R. E. (1956) The Laws of Nature. Nova York: Scribners.

PENROSE, A. P. D. (org.) (1927) The Autobiography and Memoirs of Benjamin Robert Haydon, 1786-1846. Londres: G. Bell. PENROSE, R. (1990) The Emperor's New Mind. Londres: Vintage. PINKER, S. (1994) The Language Instinct. Londres: Viking.

(1997) How The Mind Works. Londres: Allen Lane.

POLKINGHORNE, J. C. (1984) The Quantum World. Harlow: Longman.

RANDI, J. (1982) Flim-Flam. Buffalo, NY: Prometheus Books. REES, M. (1997) Before the Beginning. Londres: Simon & Schuster. RHEINGOLD, H. (1991) Virtual Reality. Londres: Seeker & Warburg. RIDLEY, M. (1996) Evolution. Oxford: Blackwell.

(1996) The Origins of Virtue. Londres: Viking.

ROTHSCHILD, M., & CLAY, T. (1952) Fleas, Flukes and Cuckoos. Londres: Collins. SAGAN, C. (1980) Cosmos. Londres: Macdonald.

(1995) Pale Blue Dot. Londres: Headline.

(1996) The Demon-Haunted World. Nova York: Random House.

SAGAN, C., & DRUYAN, A. (1992) Shadows of Forgotten Ancestors. Nova York: Random House.

SCOTT, A. (1991) Basic Nature. Oxford: Basil Blackwell. SHERMBR, M. (1997) Why People Believe Weird Things. Nova York: Freeman. SINGER, C. (1931) A Short History of Biology. Oxford: Clarendon Press. SMITH, D. C. (1979) From extracellular to intracellular: the establishment of a symbiosis. In M. H. Richmond & D. C. Smith (orgs.), The Cell as a Habitat. Londres: The Royal Society of London. SMOLIN, L. (1997) The Life of the Cosmos. Londres: Weidenfeld & Nicolson. SNOW, C. P. (1959) The Two Cultures and A Second Look. Cambridge: Cambridge University Press.

SORAL, A., & BRICMONT, J. (1998) Intellectual Impostures. Londres: Profile Books. STANNARD, R. (1989) The Time and Space of Uncle Albert. Londres: Faber & Faber. STENGER, V. J. (1990) Physics and Psychics. Buffalo, NY:

Prometheus Books. STORR, A. (1996) *Feet of Clay: A Study of Gurus*. Londres: Harper Collins. SUTHERLAND, S. (1992) *Irrationality: The Enemy Within*. Londres: Constable. THOMAS, J. M. (1991) *Michael Faraday and the Royal Institution*. Bristol: Adam Hilger.

TIGER, L. (1979) *Optimism: The Biology of Hope*. Nova York: Simon & Schuster. TWAIN, M. (1876) *A literary nightmare*. Atlantic, Janeiro. VERMEIJ, G. J. (1987) *Evolution and Escalation: An Ecological History of Life*. Princeton: Princeton University Press.

VON HOLST, E. (1973) *The Behavioural Physiology of Animals and Man: The Selected Papers of Erich von Holst*. Londres: Methuen. VYSE, S.A. (1997) *Believing in Magic: The Psychology of Superstition*. Nova York: Oxford University Press.

WATSON, J.D. (1968) *The Double Helix*. Nova York: Atheneum. WEINBERG, S. (1993) *Dreams of a Final Theory*. Londres: Vintage. WHELAN, R. (1997) *The Book of Rainbows: Art, Literature, Science, and Mythology*. Cobb, Calif.: First Glance Books.

WHITE, M., & GRIBBIN, J. (1993) *Einstein: A Life in Science*. Londres: Simon & Schuster.

WILLIAMS, G. C. (1996) *Plan and Purpose in Nature*. Londres: Weidenfeld & Nicolson.

WILLS, C. (1993) *The Runaway Brain*. Nova York: Basic Books. WILSON, E. O. (1998) *Consilience*. Nova York: Alfred A. Knopf. WOLPERT, L. (1992) *The Unnatural Nature of Science*. Londres: Faber & Faber. YEATS, W. B. (1950) *Collected Poems*. Londres: Macmillan.