


«Um passeio genial pelo universo e os seus mistérios.»

Kirkus Reviews



**O INFINITO
NA PALMA
DA SUA
MÃO**

**50 MARAVILHAS
que revelam
um universo extraordinário**

MARCUS CHOWN

v o g a i s

*À Allison, ao Colin, à Rosie, ao Tim e à Ornella,
Com amor, Marcus*

Índice

Prefácio 13

PARTE UM: COISAS BIOLÓGICAS

- 1 O Elo Comum
Você é um terço cogumelo 19
- 2 Apanha-me Se Puderes
Alguns fungos limosos têm 13 sexos 23
- 3 O Truque do Oxigênio
Os bebês são movidos a combustível de foguetão 27
- 4 A Crise dos Sete Anos
Hoje o seu corpo vai criar cerca de 300 mil milhões de células 34
- 5 Viver com um Alienígena
Você nasce 100% humano, mas morre 50% alienígena 37
- 6 O Cérebro Dispensável
As ascídias jovens vagueiam pelo mar à procura de uma rocha para se agarrarem. Quando encontram uma, deixam de precisar do seu cérebro. Por isso... comem-no 40

PARTE DOIS: COISAS HUMANAS

- 7 Interação, Interação, Interação
Não houve qualquer alteração na forma dos artefactos de pedra ao longo de 1,4 milhões de anos 47
- 8 A Vantagem da Avó
Só três espécies têm menopausa 51

- 9 A Tribo Perdida
A vantagem decisiva dos humanos sobre os neandertais na luta pela sobrevivência foi... a costura 55
- 10 Oportunidade Perdida
Não há fotografias do primeiro homem na Lua 59

PARTE TRÊS: COISAS TERRESTRES

- 11 O Alfabeto da Natureza
Cada lufada de ar que inspira contém um átomo exalado por Marilyn Monroe 65
- 12 A Rocha Esponja
Quando a maré sobe no oceano, o nível da água nos poços desce 68
- 13 Impacto Profundo
Quando um asteroide dizimou os dinossauros, estes tiveram menos de 10 segundos de aviso prévio 71
- 14 O Segredo da Luz do Sol
Ao contrário das expectativas, a Terra não está perante uma crise energética 75

PARTE QUATRO: COISAS DO SISTEMA SOLAR

- 15 Atração Maciça
Se o Sol fosse feito de bananas, não faria diferença 83
- 16 Sol Assassino
Era uma vez uma época em que as pessoas eram eletrocutadas na Terra pelas erupções solares 88
- 17 A Luz de Dias Passados
A luz do Sol de hoje já tem 30 mil anos 93
- 18 Breve História de uma Queda
Embora não pareça, a Lua está em perpétua precipitação contra a Terra 96
- 19 O Planeta Que Perseguiu a Terra
Em tempos há muito idos, a Terra tinha um anel em seu redor 100
- 20 Espreme-me, Por Favor
O corpo do Sistema Solar que mais calor gera, em termos relativos, não é o Sol 105

21	Atração Hexagonal <i>No polo norte de Saturno há um furacão que tem o dobro do tamanho da Terra e a forma de um hexágono</i>	109
22	Mapa do Invisível <i>O planeta Urano foi inicialmente batizado... Jorge</i>	112
23	O Senhor dos Anéis <i>Galileu pensava que Saturno era um planeta com... orelhas</i>	116
24	Portal Astral Lua <i>Numa lua de Saturno há uma cordilheira montanhosa com o dobro da altura do Evereste que foi criada... numa tarde</i>	121

PARTE CINCO: COISAS FUNDAMENTAIS

25	O Infinito na Palma da Sua Mão <i>A raça humana podia caber toda no volume de um cubo de açúcar</i>	129
26	Benefícios do Bangalô <i>Você envelhece mais depressa no último andar de um edifício do que no rés do chão</i>	134
27	O Incrível Mosquito Explosivo <i>Em cada um de nós opera uma força com uma potência incalculável... mas nunca damos por ela</i>	139
28	O Incognoscível <i>A maior parte das coisas não pode ser computada por computador</i>	143
29	Trabalho a Dobrar <i>Um átomo pode estar em dois sítios ao mesmo tempo — é o equivalente a você estar em Londres e em Nova Iorque simultaneamente</i>	148
30	Líquido Tresloucado <i>Há um líquido que nunca congela (e consegue escorrer monte acima!)</i>	154
31	«Des-Quebra» o Meu Coração <i>No futuro, o tempo poderá andar para trás</i>	158
32	Quem É Que Mandou Vir Isto? <i>A natureza já triplicou os seus elementos constitutivos básicos</i>	163
33	Que Coisa Maravilhosa É um Pedaco de Corda <i>O Universo é capaz de ter, pelo menos, dez dimensões</i>	167

- 34** Não Há Momento como o Presente
O conceito de um passado, presente e futuro comuns muito simplesmente não existe na descrição fundamental da nossa realidade 171
- 35** Como Construir uma Máquina do Tempo
Viajar no tempo não é uma possibilidade excluída pelas leis da Física 174

PARTE SEIS: COISAS EXTRATERRESTRES

- 36** Mundos Oceânicos
Sob o gelo de Europa, uma lua de Júpiter, encontra-se o maior oceano do Sistema Solar 183
- 37** Lixo Alienígena
Se há extraterrestres no espaço, o seu lixo deve estar aqui, na Terra 188
- 38** Passageiros Interplanetários Clandestinos
Quer ver um marciano? Veja-se ao espelho 192
- 39** Poeira Estelar Tornada Carne
Você foi, literalmente, feito no céu 196
- 40** O Frágil Ponto Azul
A mais espantosa fotografia já tirada da Terra só tem um pixel 200

PARTE SETE: COISAS CÓSMICAS

- 41** O Dia sem um Ontem
O Universo não existiu sempre — nasceu 205
- 42** Cosmos Fantasma
O Universo que vemos nos nossos telescópios, na verdade, não está lá 210
- 43** No Âmago das Trevas
97,5% do Universo é invisível 213
- 44** Resplendor Crepuscular da Criação
99,9% dos fotões do Universo não derivam das estrelas nem das galáxias, são antes restos do calor do Big Bang 216
- 45** Senhores do Universo
Há um buraco negro supermaciço escondido, qual viúva negra, no centro de cada galáxia... e ninguém sabe porquê 220
- 46** Gravidade ao Contrário

	<i>Toda a gente pensa que a gravidade suga, mas na maior parte do Universo sopra</i>	226
47	A Voz do Espaço <i>A fusão de buracos negros detetada através das suas ondas gravitacionais a 14 de setembro de 2015 produziu 50 vezes mais energia do que todas as estrelas do Universo juntas</i>	230
48	Universo de Bolso <i>É possível meter toda a informação relativa a 64 milhões de universos num único cartão de memória de 64 gigas</i>	235
49	Cosmos de Cartão de Crédito <i>Acredite ou não, nós podemos estar a viver num holograma gigante</i>	239
50	O Universo Vizinho <i>Lá fora, no Universo, há um número infinito de cópias da sua pessoa a ler um número infinito de cópias deste livro</i>	245
	Agradecimentos	251
	Notas	253
	Créditos das Fotografias	273
	Índice Remissivo	275

Prefácio

«Nada é demasiado maravilhoso para ser verdade.»

MICHAEL FARADAY

Os humoristas, quando são apresentados em festas como tal, poderão sentir-se pressionados a dizer uma piada. Os autores de livros científicos, quando apresentados numa festa como autores de livros científicos, poderão sentir-se pressionados a debitar um facto científico de deixar toda a gente de boca aberta. Bem, eu sinto. Às vezes.

Que tipo de coisa devo eu dizer? Algo conciso e pujante. O suficiente para intrigar, fazer sorrir as pessoas, mas não a ponto de as deixar embasbacadas, de uma maneira que me leva inadvertidamente a parecer um chato.

Tenho a mania de experimentar coisas com a minha mulher, que não tem formação em ciências, quando ela está a ver televisão:

— Sabias que um eletrão que tenha completado uma rotação de 360 graus já não é o mesmo eletrão?

— Hã? — diz ela, sem desviar a atenção do ecrã.

— Então e se for: a raça humana pode caber no volume de um cubo de açúcar?

— Sim, essa serve. Agora, *posso ver o meu programa de televisão?*

A minha mulher é uma caixa de ressonância importante.

Mas há outra razão para tentar encontrar estas aliciantes saídas espirituosas: as palestras públicas.

Muitas das palestras que faço ocorrem durante as digressões de promoção dos meus livros. O problema é que é impossível fazer

justiça a um livro inteiro em apenas 45 minutos ou algo do género. Em vez disso, portanto, muitas vezes saco de uns quantos factos aliciantes do livro e uso-os não apenas como veículo para captar o interesse das pessoas, mas também como forma de descrever um pouco da ciência sobre a qual escrevi.

Tudo começou com o meu livro *What a Wonderful World: Life, the Universe and Everything in a Nutshell* [trad. livre: *Que Mundo Admirável: A Vida, o Universo e Tudo o Mais em Poucas Palavras*], que devia supostamente versar sobre *todas* as coisas — embora isso seja, como é óbvio, impossível. Todavia, o livro cobria tudo, desde as finanças à termodinâmica, da holografia à evolução humana e do sexo à busca de inteligência extraterrestre. O que deveria eu, interroguei-me, incluir no meu discurso e o que deveria deixar de fora? Foi então que me ocorreu a ideia de falar no meu «Top 10 de coisas chanfradas acerca do mundo».

O mais fantástico era que aquilo era uma festa em movimento. Por isso, se o público parecesse estar entediado com uma das minhas coisas chanfradas, eu retirava-a da palestra seguinte e incluía outra coisa qualquer que, com um pouco de sorte, teria melhor recepção. Imagino que isto seja um pouco como ser um humorista de *stand-up*. Se uma piada não funcionar, é descartada e substituída por outra coisa qualquer na atuação seguinte.

E a beleza deste formato é que é altamente adaptável. Desenvolvi uma *app* para o *iPad* chamada *The Solar System* [*O Sistema Solar*], a que se seguiu um livro intitulado *Solar System*. Em palestras para o promover, eu falava do meu «Top 10 de coisas chanfradas acerca do Sistema Solar».

O que me traz, finalmente, de volta ao presente livro. Porque não, pensei eu, coligir alguns dos factos científicos mais fora de série que descobri ao longo dos anos — coisas que já cobri em livros e artigos e coisas sobre as quais nunca escrevi antes — e usá-los como forma de explicar parte da mais estimulante e, muitas vezes, extremamente profunda ciência?

Por exemplo, o facto de que, se espremêssemos todo o espaço vazio que há em todas as pessoas do mundo, poderíamos meter a raça humana dentro do volume de um cubo de açúcar ilustra perfeitamente o assombroso vazio da matéria. Você, eu, toda a gente — somos todos praticamente fantasmas. E isso conduz, naturalmente, à teoria quântica, a mais bem-sucedida, mas também a mais esquisita, teoria física jamais concebida, que em última instância permite explicar a razão por que os átomos são esmagadoramente feitos de nada. Se o Sol fosse feito de bananas, seria exatamente tão quente quanto é agora, e esse simples facto leva ao impressionante facto de a temperatura do Sol não ter absolutamente nada que ver com aquilo que lhe dá energia. E o facto de 97,5 por cento do Universo ser invisível conduz... bem, à extraordinária — na verdade, embaraçosa — tomada de consciência de que tudo o que os cientistas têm andado a estudar ao longo dos últimos 350 anos se resume a pouco mais do que um elemento constitutivo menor do Universo. E — pior ainda — não temos praticamente ideia nenhuma do que é o seu principal componente.

Há já vários anos, entrevistei o cientista planetário, e grande responsável pela popularização da ciência, Carl Sagan no Hotel Dorchester, em Londres (a suite dele, lembro-me bem, tinha uma vista fantástica sobre Hyde Park e o lago Serpentine). Depois de escrever livros de não ficção como *As Ligações Cósmicas*, Sagan escrevera o seu primeiro romance de ficção científica, *Contacto*, que mais tarde viria a tornar-se um filme protagonizado por Jodie Foster. Perguntei-lhe o que ele preferia: ciência ou ficção científica. Sem a mínima hesitação, Sagan respondeu:

— Ciência. Porque a ciência é mais estranha do que a ficção científica.

E é. Encontramo-nos num Universo muito mais estranho do que qualquer coisa que consigamos inventar. Tenho esperança de que, nas páginas seguintes, eu consiga transmitir parte desta estranheza — e assombro.

Gostei mesmo muito de escrever este livro. E espero que também goste de o ler. No mínimo dos mínimos, espero que ele acrescente ao seu arsenal de piadas alguns factos fantásticos acerca do Universo que possa debitar em festas.

Marcus Chown, Londres, 2018

PARTE UM

Coisas Biológicas

O Elo Comum

.....
VOCÊ É UM TERÇO COGUMELO
.....

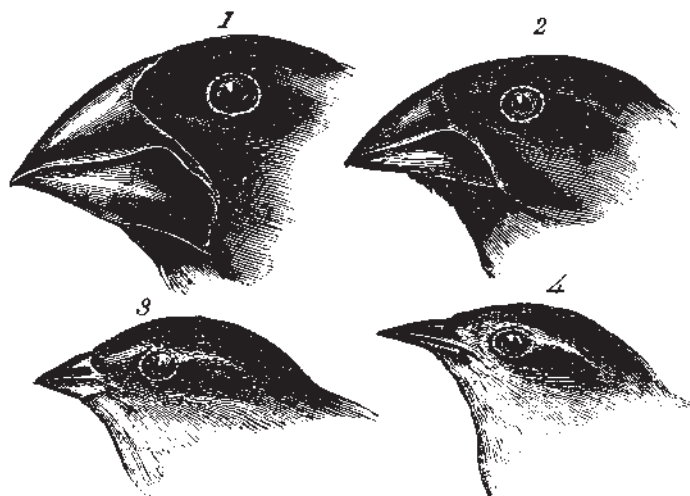
«Que extrema estupidez a minha, não ter pensado nisso.»

THOMAS HUXLEY, ao ouvir falar na teoria da evolução
por seleção natural de Darwin

Você é um terço cogumelo. Isso mesmo. Você, eu, todos nós partilhamos um terço do nosso ADN com os fungos (como se a minha lista de cartões de Natal a enviar já não fosse suficientemente longa). Isto dá-nos fortes indícios de que os seres humanos e os cogumelos — na verdade, todas as criaturas que hoje partilham o planeta Terra — têm um antepassado comum. A pessoa que primeiro reconheceu isto foi o naturalista inglês Charles Darwin.

Em 1831, aos 22 anos, Darwin assumiu o posto de naturalista a bordo do navio HMS *Beagle*. Durante a sua viagem de cinco anos, fez uma série de surpreendentes observações zoológicas. Darwin reparou, por exemplo, que as aves e os animais das isoladas ilhas Galápagos, a mil quilómetros de distância da costa ocidental da América do Sul, pareciam ser variantes de um pequeno subgrupo de aves e animais que se encontravam no continente. Não apenas isso, como também as aves e os animais em cada uma das ilhas do arquipélago das Galápagos diferiam uns dos outros de formas muito

subtis. Por exemplo, os tentilhões que viviam em ilhas onde havia nozes de grande dimensão tinham o bico mais forte e grosso do que os tentilhões de outras ilhas.



1. *Geospiza magnirostris*.
3. *Geospiza parvula*.

2. *Geospiza fortis*.
4. *Certhidea olivacea*.

Ferramentas aperfeiçoadas: os bicos dos tentilhões das Galápagos, aqui desenhados por Darwin, foram levados, pela seleção natural, à perfeição para quebrar as nozes disponíveis em cada ilha.

Após 18 meses de intensa concentração, acendeu-se uma luz na mente de Darwin. Ele compreendeu a razão por que as criaturas eram tão primorosamente talhadas à medida do seu meio ambiente. E não era, como ditava a opinião prevalecente, por terem sido «concebidos» pelo Criador. Havia um mecanismo perfeitamente natural que criava a «ilusão da concepção [divina]».

A maior parte das criaturas, reconheceu Darwin, produzia uma prole muito mais numerosa do que a que podia ser suportada pelo alimento disponível, ficando, por conseguinte, destinada a morrer à fome. Contudo, na luta pela sobrevivência, aqueles indivíduos mais bem apetrechados para explorar os recursos do seu meio

ambiente vingavam, ao passo que aqueles menos bem adaptados morriam. O número de mortes era impressionantemente elevado. Mas, através deste processo de evolução por seleção natural, as criaturas sofriam alterações progressivas, geração após geração, para ficarem mais bem adaptadas ao seu meio ambiente.

Darwin concluiu que, milhões de anos antes, quando as vulcânicas ilhas Galápagos se tinham elevado do mar, uma mão-cheia de criaturas — pássaros que tinham voado para ali e outros animais que haviam sido levados a atravessar o oceano por tempestades, arrastados em tapetes de vegetação — tinha alcançado o arquipélago vinda do território continental da América do Sul. Encontrando um mundo basicamente vazio, essas espécies expandiram-se até encher todos os nichos ecológicos disponíveis. Os tentilhões de Darwin, isolados em ilhas diferentes, haviam sofrido a pressão da seleção natural: os menos adaptados à sobrevivência tinham sido brutalmente eliminados, enquanto os mais bem adaptados tinham prevalecido. No caso de uma ilha com nozes de grande dimensão, os tentilhões que sobreviveram foram inevitavelmente os da variante com poderosos bicos grossos, perfeitos para abrir as nozes quebrando a respetiva casca.

A coragem de Darwin residiu em apresentar a sua teoria da evolução pela seleção natural sem saber duas coisas cruciais: primeiro, como é que as características eram transmitidas, ou herdadas, de geração em geração; e, em segundo lugar, o que é que criara a variação na prole — qual a matéria-prima com que a seleção natural pode trabalhar. Hoje sabemos que estas duas coisas estão intimamente relacionadas. O mapa de um organismo está gravado numa enorme molécula biológica chamada ácido desoxirribonucleico, ou ADN, que é transportado em cada célula.^{1,2} E são as mutações no ADN, muitas vezes provocadas durante o processo de cópia, quando as células se reproduzem, que dão origem a traços novos e diferentes na prole. «A capacidade de cometer erros ligeiros é a verdadeira maravilha do ADN», disse o biólogo americano Lewis Thomas. «Sem este atributo

especial, seríamos ainda uma bactéria anaeróbica e não haveria música.»

Segundo Darwin, todas as criaturas hoje existentes na Terra evoluíram por meio de um processo de seleção natural a partir de um organismo antepassado comum. Esta é, em última instância, a razão por que partilhamos um terço do nosso ADN com os cogumelos. Na verdade, a sequência de ADN que se segue está presente em todas as células de todas as criaturas da Terra, incluindo em cada uma dos 100 bilhões de células do seu corpo: GTGCCAGCAGCCGCG-GTAATTCCAGCTCCAATAGCGTATATTAAAGTTGCTGCAGT-TAAAAAG.³ Haverá elemento de prova mais evidente de que todas as criaturas estão relacionadas entre si e que evoluíram a partir de um antepassado comum, exatamente como Darwin afirmava? Nas palavras de Thomas: «Todo o ADN atual, que perpassa por todas as células existentes na Terra, é simplesmente uma extensão e elaboração da primeira molécula.»⁴

Darwin sabia que o processo de evolução por seleção natural fora dolorosamente lento e teria exigido centenas de milhões, senão milhões de milhões, de anos para criar a profusão de vida hoje existente na Terra. O primeiro indício hesitante de vida no nosso planeta remonta há perto de 3,8 mil milhões de anos. Em teoria, a primeira célula — apelidada de «o último antepassado universal comum» ou LUCA [na sigla inglesa] — emergiu há cerca de 4 mil milhões de anos, uns meros 500 milhões de anos após a formação da Terra. Exatamente como isto aconteceu — e como se deu o passo da não existência de vida para a eclosão da vida — permanece uma das mais importantes questões sem resposta da ciência.

Apanha-me Se Puderes

.....
 ALGUNS FUNGOS LIMOSOS TÊM 13 SEXOS

«Admito que tenho uma vida sexual muito acelerada.
 O meu namorado vive a mais de 60 quilómetros.»

PHYLLIS DILLER

Alguns fungos limosos têm 13 sexos (e você ainda acha que *é você* quem tem problemas em encontrar e manter um parceiro). As células sexuais destes fungos, ao contrário do esperma e óvulos humanos, que têm dimensões muitíssimo diferentes, só existem num tamanho. O género das células é, em vez disso, determinado por três genes conhecidos por MatA, MatB e MatC [siglas inglesas], que surgem em múltiplas variantes. Na verdade, as variantes são tantas que é possível, no limite, ter mais de 500 sexos diferentes. Para se reproduzir, ao esporo de fungo limoso basta simplesmente encontrar um parceiro com uma variante diferente da dos seus três genes.¹

Ninguém sabe por que razão alguns fungos limosos têm 13 sexos e outros mais de 500. Mas também ninguém sabe porque temos nós dois sexos. E, já agora, também não se sabe por que razão temos sexo de todo.

Em termos evolutivos, a regra do jogo é fazer chegar os nossos genes à geração seguinte.² Não apenas alguns genes, mas todos eles.

A coisa mais sensata a fazer seria, por conseguinte, produzirmos clones de nós próprios, uma vez que tal garantiria a transferência de 100 por cento dos nossos genes a qualquer prole. Este tipo de reprodução assexuada é, na verdade, aquele que a maioria das criaturas da Terra pratica. Os organismos sexuados, pelo contrário, só transmitem 50 por cento dos seus genes à geração seguinte. Isso significa não apenas que eles têm de dar à luz o dobro da prole para alcançarem os mesmos resultados que os organismos assexuados, como também têm de despende mais energia na procura de um parceiro. Ter sexo parece não fazer qualquer sentido.

Já foram propostas muitas explicações para haver sexo, mas, até há pouco tempo, nenhuma delas era convincente. Há uma, no entanto, que tem agora granjeado aceitação crescente — e, surpreendentemente, está relacionada com parasitas.

Num dado momento, no mundo inteiro, mais de 2 mil milhões de pessoas são, infelizmente, infetadas por parasitas, que vão dos vermes intestinais ao parasita da malária. Tais parasitas tendem a ser pequenos e capazes de se reproduzir depressa, o que quer dizer que podem passar por muitas gerações ao longo da vida do seu hospedeiro. Em consequência disso, conseguem adaptar-se rapidamente ao seu anfitrião para assim explorarem de forma eficiente os recursos disponíveis. A exploração destes recursos, contudo, é feita à custa do hospedeiro, que não só fica mais enfraquecido, como por vezes até morre.

Compreender o que tem o sexo que ver com parasitas exige uma certa contextualização. Imagine o ADN de um organismo como um baralho de cartas. Quando esse organismo produz um clone de si mesmo, o descendente herda o baralho de cartas inteiro, com uma ou duas cartas ligeiramente alteradas, talvez devido a mutações aleatórias. Em contrapartida, na reprodução sexual, a descendência herda metade do baralho de cartas de um progenitor misturado com metade do baralho de cartas do outro. Isto torna o descendente não só diferente de qualquer um dos pais, como também único.

Por conseguinte, os parasitas que o progenitor trazia adaptam-se mal ao descendente e morrem.

A ideia de que o sexo está continuamente a enganar os parasitas foi proposta pelo biólogo americano Leigh Van Valen em 1973.³ Basicamente, a ideia é que, embora os parasitas sejam capazes de se alterar rapidamente, uma população de hospedeiros pode sobreviver ao seu implacável ataque mudando ainda mais depressa.

Em *Alice do Outro Lado do Espelho*, a sequência de 1871 da obra *As Aventuras de Alice no País das Maravilhas* de Lewis Carroll, Alice corre ao lado da Rainha Vermelha, mas não consegue compreender por que razão não está a avançar.

— Bem, na nossa terra — disse Alice, ainda um pouco ofegante — é costume chegar-se a outro sítio... quando corremos muito depressa durante muito tempo, como nós fizemos.

— Que terra tão lenta! — exclamou a Rainha. — Aqui, como vês, é preciso corrermos o mais que pudermos para ficarmos sempre no mesmo lugar.

A explicação dos parasitas como razão para que haja sexo, proposta por Van Valen, que ficou conhecida por «A Hipótese da Rainha Vermelha», recebeu uma forte sustentação com base em observações em 2011.⁴ Por meio da manipulação genética, biólogos nos EUA levaram duas populações diferentes de lombrigas *Caenorhabditis elegans* a reproduzirem-se de maneira diferente: uma de forma assexuada, pela fertilização dos seus próprios óvulos; a outra, sexualmente, pelo acasalamento de lombrigas machos e fêmeas.⁵ Os biólogos infetaram então ambos os grupos de lombrigas com bactérias patogénicas. As *Serratia marcescens* rapidamente conduziram à extinção da população de lombrigas que se autofertilizavam, mas não à daquelas que se reproduziam sexualmente. Estas conseguiram ultrapassar o ritmo de adaptação dos parasitas que com elas

se codesenvolviam — estavam continuamente a correr mais depressa. Portanto, embora esta possa não ser a explicação mais romântica para alguém se apaixonar, a defesa contra os parasitas parece ser a razão para termos sexo.

3

O Truque do Oxigénio

.....
OS BEBÉS SÃO MOVIDOS A COMBUSTÍVEL DE FOGUETÃO
.....

«Em cada um de nós ocorre um processo vivo de combustão que decorre de forma muito semelhante ao de uma vela.»

MICHAEL FARADAY¹

Um bebé contorce-se no berço. Um foguetão eleva-se bem alto nos ares sob uma coluna de fumo e fogo. Podíamos pensar que não há grande ligação entre eles. Mas estaríamos enganados. Ambos recebem energia através da mesma reação química. Ambos são alimentados a combustível de foguetão.

Isto, na verdade, não é tão surpreendente quanto pode parecer. Impelir um pesado foguetão para a órbita do planeta exige o mais poderoso dos combustíveis: aquele que, em termos relativos, tem maior pujança. A vida na Terra tem estado envolvida em quase 4 mil milhões de anos de experiências de tentativa e erro. Estranho seria que, na sua tentativa de alimentar os processos biológicos, não tivesse tropeçado na mais potente fonte de energia possível.

Essa fonte de energia é a reação química que ocorre entre o hidrogénio e o oxigénio — ou *combustão*, como é mais comumente conhecida. Entre os animais, o hidrogénio é extraído da comida e o oxigénio, do ar. No caso de um foguetão, o hidrogénio e o

oxigénio líquidos são fornecidos pelos seres humanos. Compreender como funciona a reação entre o hidrogénio e o oxigénio, e de onde vem aquela tremenda energia, exige alguns conhecimentos prévios.

Os átomos do hidrogénio e do oxigénio — na verdade, todos os átomos — são compostos por um núcleo minúsculo e por eletrões ainda mais diminutos. Os eletrões orbitam o núcleo, capturados pela sua poderosa força elétrica, de uma forma muito semelhante aos planetas que orbitam o Sol, presos pela sua gravidade.

Há uma tendência geral, na Física, para as coisas minimizarem a sua *energia potencial*, que é o equivalente a fazer algo de útil com ela — ou, no jargão científico, a executar «trabalho». Por exemplo, uma bola colocada bem no cimo de uma encosta inclinada tem uma elevada energia gravitacional potencial. Se lhe derem oportunidade, ela vai tentar minimizá-la rebolando até ao sopé do monte, onde tem uma reduzida energia gravitacional potencial. De igual modo, os eletrões num átomo, tão certo quanto as bolas que rebolam pela encosta abaixo, vão tentar minimizar a sua energia.

Quando dois átomos se unem, emergem novas formas de os eletrões de cada átomo se organizarem. Se existe uma dada configuração em que a energia total é mais reduzida do que a verificada nos dois átomos separadamente, então estes vão combinar-se para formar uma molécula. Em poucas palavras, a química não é mais do que isto: uma recombinação de eletrões.

Uma vez que a energia da molécula é menor do que a energia dos átomos separados, há energia de sobra. Um princípio básico da Física é que a energia não pode ser criada nem destruída, apenas transformada de uma forma para outra — por exemplo, passando de energia elétrica a energia luminosa. Consequentemente, o excedente de energia fica disponível para fazer coisas.

Num foguetão, a reação entre um átomo de hidrogénio e outro de oxigénio — mais especificamente, dois átomos de hidrogénio reagindo com cada átomo de oxigénio para produzir H_2O (água)

— liberta uma enorme quantidade de energia. Isto faz aquecer a água e expelir o vapor branco a grande velocidade pela traseira do foguetão (em última análise, os foguetões são movidos a vapor!). Sendo a ação e a reação equivalentes entre si e o oposto uma da outra, aquela descarga a alta velocidade propulsiona o foguetão para a frente.



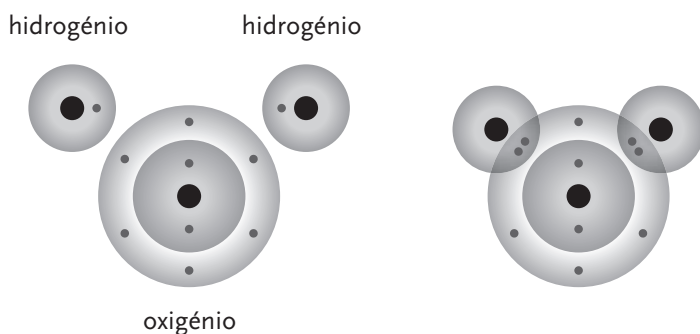
Foguetão movido a vapor: o veículo espacial reutilizável da NASA usava a reação entre o oxigénio e o hidrogénio para criar água e propulsionar-se para o espaço.

A libertação de tanta energia pela reação entre hidrogénio e oxigénio é a razão por que um foguetão pode ser elevado até à orla do espaço.² Esta é também a razão por que um bebé — para não dizer você, eu e todos os animais da Terra, sem exceção — é capaz de fazer o que faz.

Num foguetão, o hidrogénio e o oxigénio combinam-se para formar água, com a libertação explosiva de uma enorme quantidade de

energia térmica. Os organismos vivos, é óbvio, não usam um processo tão violento. Em vez disso, libertam energia passo a passo, de uma forma bastante mais subtil e menos destrutiva.

O que acontece quando o hidrogénio e o oxigénio reagem juntos num foguetão é o mesmo que ocorre em todas as reações químicas: os eletrões fazem um jogo de dança de cadeiras. Mais especificamente, um átomo de oxigénio agarra os eletrões de dois átomos de hidrogénio.³ Neste processo, os átomos de oxigénio e hidrogénio fundem-se numa molécula de água.



Prodigiosa fonte de energia: a molécula de água (à direita) tem menos energia do que os átomos de hidrogénio e oxigénio que a constituem (à esquerda), por isso a energia em excesso é libertada.

Contudo, numa reviravolta incutida pela Biologia na reação de oxigénio com hidrogénio, os átomos de hidrogénio de uma célula fornecem eletrões a um átomo de oxigénio, mas os três átomos nunca se encontram verdadeiramente. Entre os átomos de hidrogénio e de oxigénio estende-se uma longa corda composta por complexos proteicos. E os eletrões cedidos, a rebentar de energia em excesso, saltam de sítio para sítio ao longo dessa corda.

À medida que cada eletrão vai saltando pela corda fora vai obrigando núcleos, ou *protões*, do hidrogénio a passar através dos canais, ou poros, da membrana das células.^{4,5} Dado que os protões são portadores de uma carga eléctrica positiva — sendo o oposto dos eletrões

—, este processo carrega um dos lados da membrana face ao outro. Algo equivalente ocorre numa bateria, criando um campo de forças elétrico entre os seus terminais. E isto já deixa antever aquilo que o superenergético eletrão faz enquanto vai percorrendo com fragor a fita de proteínas até ao átomo de oxigénio: transforma a membrana da célula numa bateria carregada. O campo de forças elétrico gerado ao longo de toda a membrana é extremamente poderoso — comparável a um campo, sob uma trovoadas, que divide os átomos no ar e solta um raio luminoso.

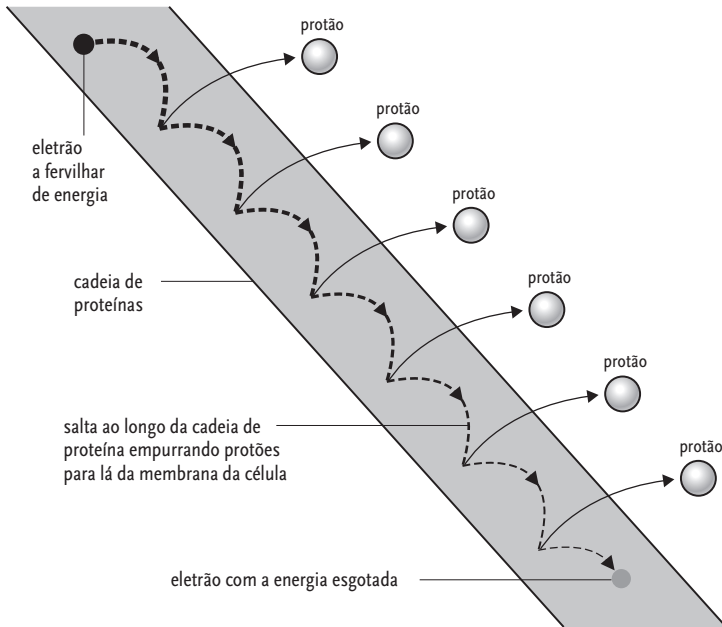
Felizmente, as células do nosso corpo não estão a crepitar com relâmpagos. E isto deve-se ao facto de aquele tremendo campo de forças elétricas se estender apenas ao longo da minúscula espessura da membrana celular — com cerca de 5 milionésimos de milímetro — e de outras moléculas intervirem para impedir este campo de forças de levar avante a sua vontade.

O poderoso campo de forças elétrico da membrana/bateria desencadeia uma reação química que cria trifosfato de adenosina, ou ATP. Estas moléculas são reservatórios de energia — baterias portáteis, se se quiser. Assim, à medida que o eletrão vai saltitando ao longo da corda de proteína, perdendo sempre energia, vai deixando no seu rasto um grande número de moléculas ATP carregadas de energia. Libertadas e entregues à sua sorte, estas podem alimentar os processos celulares onde e quando forem necessários.

Em última análise, nós somos pilhas carregadas! Existem cerca de mil milhões de moléculas ATP no nosso corpo, que são todas usadas e recicladas a cada um ou 2 minutos. Os brinquedos podem precisar de uma mão-cheia de pilhas, que se gastam em algumas horas. Em contrapartida, o corpo humano gasta 10 milhões daqueles acumuladores de energia a cada segundo.

O processo dura até que o eletrão chega ao fim da corda de proteína com a sua energia esgotada. Aí, combina-se com o átomo de oxigénio que o aguarda. E, quando um segundo eletrão de outro átomo de hidrogénio se lhe junta, o átomo de oxigénio atinge o altamente

desejado estado de invólucro exterior cheio de eletrões.⁶ Mas este ainda não é exatamente o fim da história.



Os prótons empurrados através da membrana da célula transformam-se numa bateria que desencadeia uma reação química produzindo as moléculas acumuladoras de energia: as ATP.

Tal como foi anteriormente mencionado, os seres vivos obtêm o hidrogénio a partir da comida. Há depois um processo espantosamente subtil e energeticamente eficiente dentro da célula, chamado *ciclo de Krebs*, que saca os átomos de hidrogénio da comida — isto é, das moléculas tanto de açúcar (glicose — $C_6H_{12}O_6$) como de gordura. Este processo deixa para trás átomos de carbono. E se os átomos de oxigénio, agora com o seu invólucro cheio de eletrões, partilharem esses mesmos eletrões com o átomo de carbono, o resultado é uma molécula muito estável de dióxido de carbono (CO_2). O dióxido de carbono, a par do vapor de água, é aquilo que os animais que respiram oxigénio exalam como desperdício.

Portanto, aqui tem. O seu corpo retira hidrogénio da comida que ingere e rouba aos seus efervescentes eletrões a energia que trazem, até à sua última gota, antes de os ceder, absolutamente esgotados, ao oxigénio. Em poucas palavras, esta é a fonte de energia dos bebés — e de todas as formas de vida.

4

A Crise dos Sete Anos

.....
HOJE O SEU CORPO VAI CRIAR CERCA DE 300 MIL MILHÕES DE CÉLULAS
.....

«Não há uma única célula no seu corpo que saiba quem você é ou que esteja interessada em saber.»

DANIEL DENNETT¹

Hoje o seu corpo vai criar cerca de 300 mil milhões de células. Mais células do que as estrelas que existem na nossa galáxia, a Via Láctea. Não admira que eu me sinta estafado sem fazer nada.

Uma célula é um minúsculo saco transparente de matéria viscosa. É ela o átomo da biologia. Na verdade, pode dizer-se que não existe vida que não seja a vida celular. O primeiro vestígio fóssil da existência de células remonta a cerca de 3,5 mil milhões de anos e os primeiros indícios de alterações químicas provocadas pela vida datam de há cerca de 3,8 mil milhões de anos, tornando provável que a origem da vida tenha ocorrido algures há 4 mil milhões de anos, uns meros 500 milhões de anos após a formação da Terra.

Cada ser humano é uma colónia gigante de células. «Existem bons argumentos para defender a nossa não existência enquanto entidade», disse o biólogo americano Lewis Thomas.² «Somos, cada um de nós, uma multidão», afirmou Carl Sagan.³ Na verdade, essa

multidão é de cerca de 100 milhões de milhões de células — um número verdadeiramente astronômico. Eu sou uma galáxia. Você é uma galáxia. Na verdade, cada um de nós é um milhar de galáxias, uma vez que há mais células no nosso corpo do que as estrelas existentes num milhar de Vias Lácteas.

Cada uma das células que compõem um ser humano é um mundo em miniatura tão complexo quanto uma grande cidade. Ela fervilha com a atividade de milhares de milhões de nanomáquinas. Está dotada de centros administrativos, oficinas, armazéns e ruas entupidas por um tráfego incessante. «As centrais elétricas geram a energia da célula», diz o jornalista americano Peter Gwynne. «As fábricas produzem proteínas, autênticas unidades vitais de comércio de químicos. Complexos sistemas de transporte conduzem químicos específicos de um ponto a outro dentro da célula e para além dela. Sentinelas postadas em barricadas controlam os mercados de exportação e importação e monitorizam o mundo exterior para detetarem sinais de perigo. Bem disciplinados exércitos biológicos estão prontos a lidar com os invasores. Um governo centralizado mantém a ordem.»⁴

Contudo, as nossas vidas começam sob a forma de uma célula única, quando um espermatozoide, a célula mais pequena do organismo, se funde com um óvulo, a maior célula do corpo. Cada ser humano, na verdade, passa cerca de meia hora como célula única (recordo-me de isso ser muito monótono — mal podia esperar para encontrar outra célula com quem brincar). A célula única divide-se em duas. Este é um processo fenomenal. Em apenas meia hora, não só a célula faz uma cópia do seu ADN — um processo que, por uma questão de rapidez, ocorre simultaneamente numa grande quantidade de sítios do ADN —, como também constrói algo perto de 10 mil milhões de proteínas complexas.⁵ Isto é, cerca de 10 milhões por segundo. Numa hora, as duas células dividem-se em quatro; depois, mais tarde, em oito, e assim sucessivamente. Após diversas divisões, as diferenças químicas por todo o embrião em desenvolvimento

levam as células a diferenciar-se. O processo culmina com as células a «saber» que têm de ser do fígado ou do cérebro ou do osso. Aquela célula única inicial prolifera até atingir os 76 milhões de milhões de células de um corpo humano.

Mas este não é o fim da história. Com exceção das do cérebro, poucas são as células do nosso corpo que são permanentes. Por exemplo, as células que revestem as paredes do estômago estão banhadas em ácido hidrocloreto, suficientemente forte para dissolver uma lâmina de barbear, razão pela qual têm de ser constantemente reconstruídas. Assim, a cada três ou quatro dias, recebemos um novo revestimento para o nosso estômago. As células do sangue duram mais, mas até estas se autodestroem após cerca de quatro meses. Na verdade, quase todas as nossas células são substituídas de sete em sete anos. Talvez isto explique a famosa máxima da «Crise dos sete anos». Você olha para o seu parceiro e pensa: «Ei, esta não é a pessoa com quem me juntei.»

UMA VIAGEM ALUCINANTE ATRAVÉS DE ALGUNS DOS FACTOS MAIS ESTRANHOS E MARAVILHOSOS SOBRE O NOSSO UNIVERSO

Há muitas coisas no mundo que parecem fazer todo o sentido, e descobertas científicas importantes têm-nos ajudado a compreender o nosso lugar no universo de modos fascinantes.

Num estilo espirituoso, envolvente e acessível, Marcus Chown estuda a ciência por trás de 50 factos notáveis que ajudam a explicar as vastas complexidades da nossa existência. Sabia que poderia encaixar toda a raça humana no volume de um cubo de açúcar? Ou que a energia elétrica num único mosquito é suficiente para causar uma extinção em massa global? Ou que, na realidade, estamos todos a viver num holograma gigante? Ou, mais importante de tudo, lá fora, no universo, talvez haja um número infinito de cópias suas a ler um número infinito de cópias deste livro?

Usando estas e outras verdades estranhas, este livro dá vida às forças que governam o nosso universo e revela os detalhes intrigantes da nossa existência.

«Uma leitura viciante, intrigante e divertida.»

BOOKLIST

 <p>com todas as letras</p> <p>20 20 editora</p>	<p>ISBN 978-989-668-881-3</p>  <p>9 789896 688813</p> <p>Ciências</p>
--	--