

“Emocionante e inovador. Um estudo fascinante da vida interligada de micróbios e humanos.” – NEWSWEEK

10%

# Humano

---

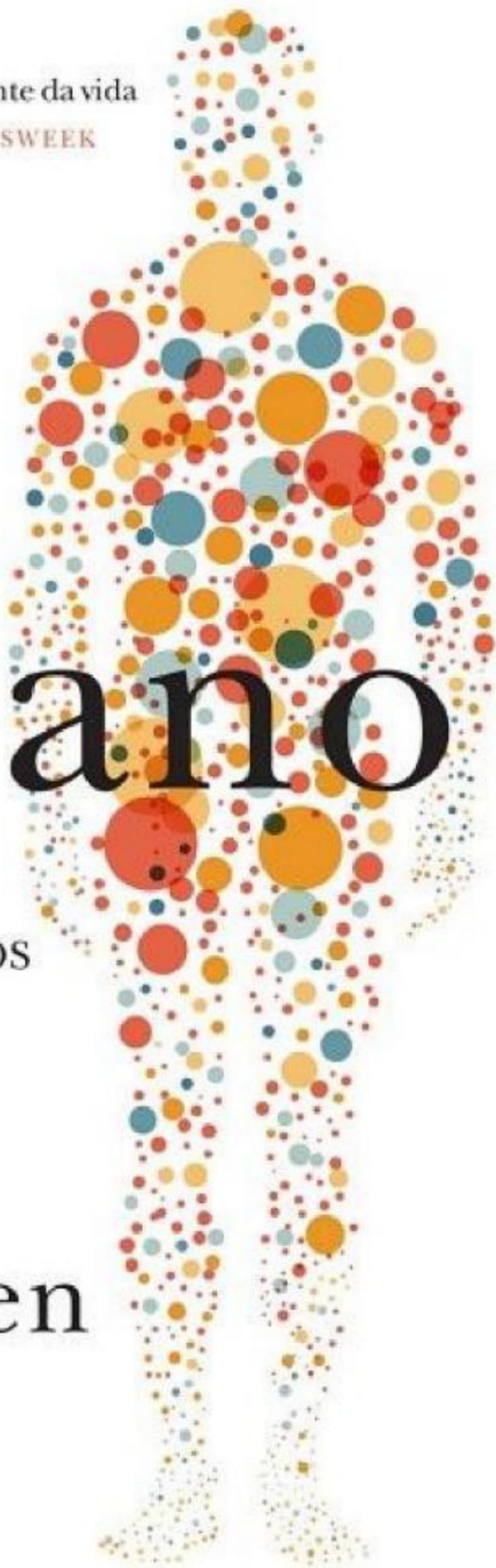
COMO OS MICRO-ORGANISMOS  
SÃO A CHAVE PARA A SAÚDE  
DO CORPO E DA MENTE

---

Alanna Collen



SEXTANTE



Título original: *10% Human*

Copyright © 2015 por Nycteris Ltd

Copyright da tradução © 2016 por GMT Editores Ltda.

Todos os direitos reservados. Nenhuma parte deste livro pode ser utilizada ou reproduzida sob quaisquer meios existentes sem autorização por escrito dos editores.

*tradução*

Ivo Korytowski

*preparo de originais*

Rafaella Lemos

*revisão*

Hermínia Totti e Raphani Margiotta

*projeto gráfico e diagramação*

DTPPhoenix Editorial

*adaptação de capa*

Ana Paula Daudt Brandão

*adaptação para ebook*

Marcelo Moraes

CIP-BRASIL. CATALOGAÇÃO NA PUBLICAÇÃO  
SINDICATO NACIONAL DOS EDITORES DE LIVROS, RJ

---

C668d

Collen, Alanna

10% humano [recurso eletrônico] / Alanna Collen; tradução de Ivo Korytowski. - 1.ed. - Rio de Janeiro: Sextante, 2016.

recurso digital

Tradução de: 10% human

Formato: ePub

Requisitos do sistema: Adobe Digital Editions

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

ISBN 978-85-431-0345-7 (recurso eletrônico)

1. Microbiologia. 2. Sistema imunológico. 3. Livros eletrônicos. I. Korytowski, Ivo. II. Título.

16-29735

CDD: 616.079

CDU: 612.017

---

Todos os direitos reservados, no Brasil, por  
GMT Editores Ltda.

*No coração da ciência existe um equilíbrio essencial entre duas atitudes aparentemente contraditórias: uma abertura para ideias novas, por mais bizarras ou contrárias à intuição que sejam, e o exame cético mais implacável de todas as ideias, antigas e novas. É assim que verdades profundas são separadas de disparates profundos.*

CARL SAGAN

# Sumário

Prólogo: A cura

Introdução: Os outros 90%

1. A doença no século XXI

2. Todas as doenças começam no intestino

3. Controle da mente

4. O micróbio egoísta

5. A guerra dos germes

6. Você é o que eles comem

7. Desde o primeiro minuto

8. Restauração microbiana

Conclusão

Epílogo

Agradecimentos

Sobre a autora

Bibliografia

Informações sobre a Sextante

## PRÓLOGO

### A cura

**E**nquanto caminhava de volta pela floresta naquela noite, no verão de 2005, com vinte morcegos dentro de bolsas de algodão penduradas em meu pescoço e todo tipo de inseto disputando a luz da minha lanterna de cabeça, percebi que meus tornozelos estavam coçando. Eu havia enfiado minha calça ensopada de repelente nas meias reforçadas contra sanguessugas e colocado outro par de meias por baixo, como proteção extra. A umidade, aquele suor todo, as trilhas lamacentas, meu medo de tigres e os mosquitos já eram inimigos suficientes durante as rondas para coletar morcegos de armadilhas nas trevas da floresta úmida. Mas algo transpusera a barreira de tecido e produtos químicos que protegiam minha pele. E estava coçando.

Aos 22 anos, passei três meses na Reserva de Vida Selvagem Krau, na Malásia. Isso marcou a minha vida. Durante a graduação em biologia, eu ficara fascinada pelos morcegos. Quando surgiu a oportunidade de trabalhar como assistente de campo de um cientista britânico que estava pesquisando esses animais, me candidatei imediatamente. Tínhamos que dormir em uma rede e tomar banho num rio repleto de lagartos-monitores, mas os encontros com langures-oscuros, gibões e uma diversidade extraordinária de morcegos fizeram tudo isso valer a pena. Só que acabei descobrindo

que as adversidades da vida na floresta tropical podem ir além da própria experiência.

De volta ao acampamento, numa clareira à beira do rio, removi todas as camadas de roupa para descobrir a origem do meu desconforto: não eram sanguessugas, mas carrapatos. Uns cinquenta, alguns cravados na minha pele, outros escalando minhas pernas. Passei uma escova para retirar os que estavam soltos e fui cuidar dos morcegos. Tinha que medi-los e registrar alguns dados científicos sobre eles antes de soltá-los. Depois, com a floresta escura feito breu, dominada pelo canto das cigarras, aninhei-me em minha rede, que mais parecia um casulo, e, com uma pinça, sob a luz de minha lanterna de cabeça, removi todos os carrapatos.

Alguns meses depois, já em casa em Londres, a infecção tropical que os carrapatos me transmitiram se manifestou. Meu corpo entrou em parafuso e o meu dedão do pé inchou. Sintomas estranhos iam e vinham, assim como os exames de sangue e médicos especialistas. Minha vida ficava em suspenso por semanas e meses a cada crise. Surtos de dor, fadiga e confusão mental me dominavam sem avisar e depois desapareciam, como se nada tivesse acontecido. Na época em que recebi o diagnóstico, muitos anos depois, a infecção já havia se consolidado. Então fui submetida a um tratamento longo e intenso com antibióticos que seriam suficientes para curar um rebanho inteiro. Enfim voltaria a ser eu mesma.

A história terminaria aí, não fosse por uma reviravolta inesperada: eu estava curada, mas não somente da infecção transmitida pelos carrapatos. Parecia que eu tinha sido curada como um pedaço de carne. Os antibióticos haviam funcionado, mas comecei a ter novos sintomas, tão variados quanto os de antes. Minha pele ficou estranha, meu sistema digestivo ficou delicado e eu parecia propensa a contrair todas as viroses do mundo. Suspeitei dos

antibióticos: eles tinham erradicado não apenas as bactérias que estavam me deixando doente, mas também aquelas que pertenciam ao meu corpo. Foi como se eu tivesse me tornado inóspita aos micróbios, e assim descobri que falta faziam as criaturinhas amigáveis que, até recentemente, faziam de mim seu lar.

Você é apenas 10% humano.

Para cada célula que compõe o recipiente que você se acostumou a chamar de “meu corpo”, existem nove células impostoras pegando carona. Você não é formado só de carne e sangue, músculo e osso, cérebro e pele. Há também bactérias e fungos. Você é mais “eles” do que “você”. Somente seu intestino abriga 100 trilhões deles, como um recife de coral no leito escarpado que é o seu intestino. Cerca de 4 mil espécies diferentes criam seus próprios pequenos nichos, aninhados entre as dobras do seu cólon, que, com 1,5 metro de comprimento, tem a área correspondente a uma cama de casal. No decorrer da vida, você vai ter abrigado o peso de cinco elefantes africanos em microorganismos. Eles estão por toda a sua pele, e existem mais de 50 milhões deles só na ponta de seu dedo.

Repugnante, não é? Com certeza somos sofisticados demais, limpinhos demais, *evoluídos* demais para sermos colonizados desse jeito. Não deveríamos ter deixado para trás os micróbios da mesma forma que fizemos com os pelos e a cauda quando saímos da floresta? Não é verdade que a medicina moderna dispõe de ferramentas para expulsá-los? Assim teríamos uma vida mais limpa, saudável e independente... Desde que descobrimos que os microorganismos habitam o nosso corpo e não nos fazem mal, nós os toleramos. No entanto, ao contrário dos recifes de coral e das florestas tropicais, ninguém pensou em protegê-los – muito menos em acolhê-los.

Como sou bióloga evolucionista, fui treinada para procurar a vantagem, o *sentido*, na anatomia e no comportamento dos organismos. Em geral, características e interações prejudiciais são combatidas ou se perdem no tempo. Isso me levou a pensar: nossos 100 trilhões de micróbios não poderiam ter transformado nosso corpo em lar se não tivessem trazido alguma contribuição para a festa. Se nosso sistema imunológico combate os germes e nos cura de infecções, por que deixou que fôssemos invadidos desse jeito? Tendo sujeitado meus próprios invasores – tanto os bons quanto os maus – a meses de guerra química, eu queria saber mais sobre os efeitos colaterais que isso havia causado.

Ao que se revelou, eu estava fazendo essa pergunta bem na hora certa. Após décadas de esforços científicos esporádicos para aprendermos mais sobre os micróbios do nosso corpo, tentando cultivá-los em placas de Petri, a tecnologia enfim poderia matar nossa curiosidade. A maioria dos micro-organismos que vivem dentro de nós morrem quando são expostos ao ar porque estão adaptados a uma vida livre de oxigênio nas profundezas do nosso intestino. Por isso, cultivá-los fora do corpo é difícil e fazer experimentos com eles é mais complicado ainda.

Mas, na esteira do Projeto Genoma Humano, em que cada gene humano foi decodificado, agora os cientistas são capazes de sequenciar quantidades enormes de DNA de forma extremamente rápida e barata. Até os micróbios expelidos do corpo nas fezes podem ser identificados porque, apesar de mortos, seu DNA permanece intacto. Achávamos que os micro-organismos presentes no corpo não tinham importância, mas a ciência está começando a revelar uma história diferente, na qual nossa vida está ligada àquelas criaturinhas que pegam carona em nós, controlam nosso corpo e tornam possível que sejamos saudáveis.

Meus problemas de saúde foram a ponta do iceberg. Descobri através das evidências científicas que estavam surgindo que perturbações aos micro-organismos do nosso corpo estavam por trás de distúrbios gastrointestinais, alergias, doenças autoimunes e até obesidade. E não era apenas a saúde física que podia ser afetada, mas a mental também – de ansiedade e depressão a transtorno obsessivo-compulsivo e autismo. Muitas das doenças que aceitamos como parte da vida aparentemente não se devem a falhas em nossos genes ou em nosso corpo. Elas não passam de novas condições provocadas pelo fato de não sermos capazes de valorizar a velha extensão de nossas próprias células humanas: nossos micróbios.

Com a minha pesquisa, eu pretendia não apenas descobrir quais danos havia causado à minha colônia microbiana com os antibióticos, mas como isso me deixara doente e o que eu poderia fazer para restaurar o equilíbrio anterior às mordidas dos carrapatos – e já fazia oito anos. Para aprender mais, dei um grande passo na minha jornada de autodescoberta: o sequenciamento de DNA. Mas em vez de sequenciar meus próprios genes, preferi conhecer minha colônia de micróbios – meu microbioma. Sabendo quais espécies e cepas de bactérias eu continha, eu teria um ponto de partida para meu autoaperfeiçoamento. Empregando os conhecimentos mais recentes sobre os seres que *deveriam* estar vivendo dentro de mim, eu poderia avaliar a dimensão do dano e tentar repará-lo. Para isso, procurei um projeto científico civil, o American Gut Project (Projeto Americano do Intestino), que funcionava no laboratório do professor Rob Knight, na Universidade do Colorado, em Boulder. Com seu serviço disponível a qualquer pessoa do mundo em troca de uma doação, o AGP faz o sequenciamento de amostras de micro-organismos presentes no corpo humano para aprender mais sobre as

espécies que abrigamos e seu impacto sobre a nossa saúde. Quando enviei a eles uma amostra de fezes contendo os micróbios do meu intestino, recebi uma “fotografia” do ecossistema que fazia do meu corpo seu lar.

Fiquei aliviada ao saber que, após anos de antibióticos, ao menos *alguma* bactéria ainda vivia dentro de mim. Foi bom descobrir que os grupos que eu abrigava eram semelhantes aos de outros participantes do American Gut Project, e não criaturas mutantes tentando sobreviver na desolação tóxica. Mesmo assim – e isso era previsível –, os remédios pareciam ter prejudicado a diversidade de minhas bactérias. No nível mais alto da hierarquia taxonômica, os micro-organismos não eram tão variados em comparação com o intestino das outras pessoas. Mais de 97% de minhas bactérias pertenciam aos dois grupos bacterianos principais, enquanto, na maioria dos outros participantes, esses dois grupos correspondiam a cerca de 90% do total. Talvez os antibióticos que tomei tenham exterminado as espécies menos abundantes, restando apenas as mais resistentes. Isso me deixou intrigada. Agora eu precisava saber se essa perda estava ligada a algum dos meus problemas de saúde mais recentes.

Mas, assim como a comparação de uma floresta tropical com um bosque de carvalhos pela proporção de árvores para arbustos ou de aves para mamíferos pouco nos diz sobre o funcionamento desses dois ecossistemas, comparar minhas bactérias em uma escala tão ampla não revela muito sobre a saúde de minha comunidade interior. No outro extremo da hierarquia taxonômica estavam os gêneros e as espécies dos micro-organismos que moravam em mim. O que a identidade das bactérias que haviam resistido ao tratamento – ou retornado depois que ele terminou – poderiam revelar sobre meu estado de saúde atual? Ou talvez seja mais pertinente perguntar:

o que a *ausência* das espécies que podem ter sido vítimas da guerra química que eu travara significava para mim agora?

Quando decidi aprender mais sobre *nós* – meus micróbios e eu – comecei a pôr em prática tudo o que havia aprendido. Eu queria recuperar as bactérias boas, e sabia que precisava fazer mudanças em minha rotina diária para ter de volta a colônia que trabalharia em harmonia com minhas células humanas. Se meus sintomas mais recentes eram resultado do dano colateral que eu inadvertidamente infligira à minha microbiota, será que eu seria capaz de reverter esse quadro e me livrar das alergias, dos problemas de pele e das infecções quase constantes? Minha preocupação não era apenas comigo, mas também com os filhos que esperava ter nos anos vindouros. Como eu transmitiria não só meus genes mas igualmente meus microrganismos, queria me certificar de que tinha algo que valesse a pena ser passado adiante.

Tomei a decisão de colocar meus micróbios em primeiro lugar e alterar minha dieta para que ela se adequasse melhor às necessidades deles. O plano era mandar sequenciar uma segunda amostra depois que a alteração em meu estilo de vida tivesse tido tempo de surtir efeito. Eu nutria a esperança de que meus esforços pudessem ficar evidentes na mudança da diversidade e do equilíbrio das espécies de que sou anfitriã. E, acima de tudo, esperava que meu investimento rendesse frutos, abrindo a porta para uma vida mais saudável e feliz.

## INTRODUÇÃO

### Os outros 90%

**E**m maio de 2000, semanas antes do anúncio do primeiro esboço do genoma humano, um caderno começou a circular entre alguns cientistas sentados no bar em frente ao Laboratório Cold Spring Harbor, no estado de Nova York. Todos estavam muito entusiasmados com a próxima fase do Projeto Genoma Humano, em que a sequência de DNA seria dividida em suas partes funcionais: os genes. O caderno continha uma aposta em bolão, os palpites do grupo mais bem informado no planeta sobre uma questão intrigante: de quantos genes se constitui o ser humano?

A cientista veterana Lee Rowen, que liderava um grupo trabalhando na decodificação dos cromossomos 14 e 15, bebericava sua cerveja enquanto refletia sobre a questão. Os genes produzem proteínas, os “tijolos” da vida, e a mera complexidade do ser humano tornava provável que o número fosse alto. Maior que o do camundongo, com certeza, que possui 23 mil genes. Provavelmente também maior que o do trigo, que tem 26 mil genes. E, sem dúvida, bem maior que o do verme *C. elegans*, uma das espécies favoritas dos biólogos de laboratório, com seus 20.500 genes.

Os palpites em média superavam os 55 mil genes e chegavam a 150 mil, mas os conhecimentos de Rowen a levaram a um palpite mais modesto. Ela apostou em 41.440 genes naquele ano e, no

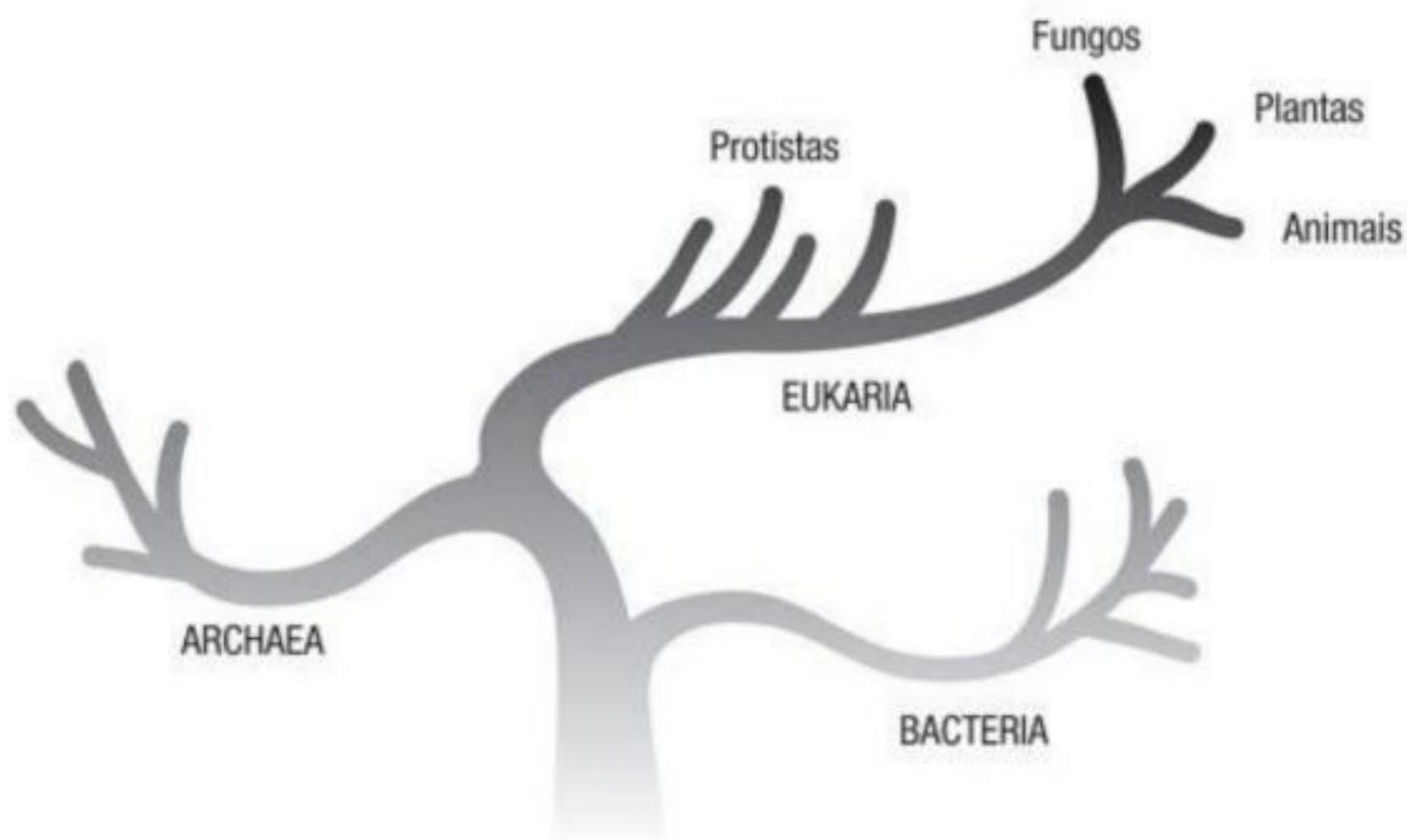
seguinte, arriscou que teríamos 25.947 genes. Em 2003, com a divulgação do número real de genes e a conclusão do sequenciamento do genoma humano, Rowen ganhou o bolão. Seu palpite fora o mais baixo dentre todas as 165 apostas, e a contagem de genes era inferior ao que qualquer cientista havia previsto.

Com quase 20 mil genes, o genoma humano nem chega a superar o do verme *C. elegans*. Tem metade dos genes de um pé de arroz, e até a humilde pulga-d'água ultrapassa esse número, com 31 mil genes. Nenhuma dessas espécies é capaz de falar, criar ou ter pensamentos inteligentes. Você pode pensar, assim como os cientistas que participaram do bolão, que o ser humano deveria ter muito mais genes que gramíneas, vermes e pulgas. Afinal, genes constroem proteínas, e proteínas constroem corpos. Com certeza um corpo tão complexo e sofisticado quanto o humano precisaria de mais proteínas e, portanto, de mais genes do que um verme.

Mas esses 20 mil genes não controlam nosso corpo sozinhos. Não estamos sós. Cada pessoa é um superorganismo, uma coletividade de espécies vivendo lado a lado, em cooperação, para controlar o corpo que nos sustenta. Nossas células, embora bem maiores em volume e peso, são superadas à razão de dez para uma pelas células dos micróbios que moram dentro da gente e sobre nosso corpo. Esses 100 trilhões de micro-organismos – conhecidos como a microbiota – são predominantemente compostos por bactérias: seres microscópicos constituídos de uma só célula. Junto com elas, há outros: vírus, fungos e arqueias. Os vírus são tão pequenos e simples que colocam em xeque o conceito do que seria necessário para constituir “vida”, pois dependem das células de outras criaturas para se replicarem. Os fungos que vivem em nós em geral são levedos, organismos mais complexos do que bactérias, mas ainda assim unicelulares. As arqueias formam um grupo semelhante às bactérias, mas suas

diferenças, em termos evolutivos, são tão significativas quanto as que separam as plantas dos animais. Juntos, os micro-organismos vivendo no corpo humano somam 4,4 *milhões* de genes – esse é o microbioma: o genoma coletivo de nossa microbiota. Esses genes cumprem seu papel no controle de nosso corpo junto com nossos 20 mil genes humanos. Segundo esses números, você é apenas 0,5% humano.

Agora já sabemos que o genoma humano deve sua complexidade não somente ao número de genes que contém, mas também às muitas combinações de proteínas que esses genes são capazes de produzir. No caso dos humanos e de algumas outras espécies, eles são capazes de desempenhar mais funções do que poderíamos pensar à primeira vista. Além disso, os genes de nossos micróbios acrescentam ainda mais complexidade a essa mistura, oferecendo com maior facilidade ao corpo humano serviços que evoluíram rapidamente.



*Uma árvore da vida simplificada, mostrando os três domínios e os quatro reinos do Domínio Eukaria*

Até recentemente, para estudar esses micro-organismos, tínhamos que cultivá-los em placas de Petri cheias de componentes sanguíneos, tutano ósseo ou açúcares, suspensos em geleia. Só que essa era uma tarefa difícil, pois já vimos que a maioria das espécies que moram no intestino humano morre quando é exposta ao oxigênio. Além disso, para que os micro-organismos das placas crescessem, precisávamos adivinhar quais eram os nutrientes, a temperatura e os gases necessários à sua sobrevivência. Se não descobríssemos isso tudo, não era possível aprender mais sobre a espécie em questão. Era mais ou menos como conferir quem faltou à aula fazendo uma chamada – se você não chama algum nome, não tem como saber se a pessoa está ali. Felizmente, os avanços da tecnologia hoje permitem o sequenciamento do DNA de forma rápida e barata – graças aos esforços dos cientistas do Projeto Genoma Humano –, e mesmo aqueles componentes que você não estava esperando encontrar podem ser detectados.

Conforme o Projeto Genoma Humano ia chegando ao fim, as expectativas aumentavam. O Projeto era visto como a chave para a nossa humanidade, a maior obra de Deus, e uma biblioteca contendo o segredo de todas as doenças. Quando o primeiro esboço ficou pronto em junho de 2000, vários anos adiantado e sob um orçamento de 2,7 bilhões de dólares, o presidente norte-americano Bill Clinton declarou:

Hoje estamos aprendendo o idioma em que Deus criou a vida. Estamos ficando cada vez mais impressionados pela complexidade, beleza, maravilha do dom mais divino e

sagrado de Deus. Com esse profundo conhecimento novo, a humanidade está à beira de ganhar um imenso e novo poder de cura. A ciência do genoma terá um impacto real sobre a nossa vida – e, ainda mais, sobre a vida de nossos filhos. Ela vai revolucionar o diagnóstico, a prevenção e o tratamento da maioria, senão de todas, as doenças humanas.

Mas, nos anos que se seguiram, jornalistas científicos do mundo inteiro começaram a expressar sua decepção com a contribuição que o conhecimento da sequência completa do nosso DNA tinha dado à medicina. Embora decodificar nosso livro de instruções tenha sido uma realização indiscutível que fez diferença para o tratamento de diversas doenças importantes, isso não foi suficiente para revelar o que esperávamos descobrir sobre a causa de muitas delas. Buscar diferenças genéticas comuns a pessoas que têm uma enfermidade específica não se mostrou útil para identificar vínculos diretos entre os genes e as doenças, como se esperava. Com frequência, algumas doenças foram associadas a dezenas ou centenas de variantes de genes, mas raras vezes uma dada variante genética determinou diretamente o aparecimento de dada doença.

O que deixamos de perceber na virada do século foi que aqueles 20 mil genes não são a história toda. A tecnologia de sequenciamento do DNA inventada durante o Projeto Genoma Humano tornou possível outro grande projeto de sequenciamento genético que recebeu bem menos atenção da mídia: o Projeto Microbioma Humano. Em vez de examinar o genoma de nossa própria espécie, o PMH foi criado para identificar as espécies presentes no corpo humano – no microbioma – através de seu DNA.

A dependência de placas de Petri e a superabundância de oxigênio já não seriam obstáculos à pesquisa de nossos coabitantes.

Com um orçamento de 170 milhões de dólares e um programa de cinco anos de sequenciamento de DNA, o PMH deveria interpretar o código genético de micro-organismos vivendo em dezoito habitats diferentes no corpo humano – o que equivalia a processar dezenas de vezes mais dados que o PGH. Era uma pesquisa bem mais abrangente dos genes tanto humanos quanto microbianos que constituem uma pessoa. Na conclusão da primeira fase de pesquisas do Projeto Microbioma Humano em 2012, nenhum líder mundial fez qualquer declaração triunfante e apenas um punhado de jornais tocou no assunto. Mas o PMH viria a revelar mais sobre o que significa ser humano atualmente do que nosso genoma jamais foi capaz.

Desde o início da vida, as espécies exploram umas às outras, e os micróbios têm se mostrado particularmente eficientes em sobreviver nos lugares mais esquisitos. Dado seu tamanho microscópico, o corpo de outro organismo – sobretudo de uma grande criatura vertebrada como o ser humano – representa não apenas um nicho individual, mas todo um mundo de habitats, ecossistemas e oportunidades. Tão variável e dinâmico quanto nosso planeta Terra, o corpo humano possui um clima químico que vai e vem com marés hormonais e paisagens complexas que mudam conforme envelhecemos. Para os micro-organismos, isso é o Paraíso.

Evoluímos lado a lado com bactérias e fungos desde bem antes de sermos humanos. Antes mesmo de nossos ancestrais serem mamíferos. Cada animal, da menor das moscas drosófilas à maior das baleias, é um mundo para os micróbios. Apesar da imagem negativa de germes causadores de doenças com que muitos deles foram tachados, pode ser extremamente recompensador servir de abrigo a essas formas de vida em miniatura.

A lula havaiana – que tem olhos grandes e é colorida como um personagem de animação – conseguiu diminuir uma grande ameaça à sua vida quando convidou apenas uma espécie de bactéria bioluminescente para viver em uma cavidade especial embaixo de sua barriga. Nesse local, a bactéria conhecida como *Aliivibrio fischeri* converte alimento em luz, de modo que, ao ser vista de baixo, a lula brilha. Isso oculta sua silhueta em contraste com a superfície do oceano iluminada pela lua, camuflando-a de predadores que se aproximem por baixo. A lula deve essa proteção aos seus habitantes bacterianos, que por sua vez devem a ela seu lar.

Embora servir de casa a uma fonte de luz microbiana possa parecer uma forma especialmente inventiva de aumentar as chances de sobrevivência, a lula está longe de ser a única espécie animal que deve sua vida aos micróbios que abriga em seu corpo. As estratégias de vida são muitas e variadas, e a cooperação entre macro e micro-organismos tem sido uma força propulsora da evolução desde que os seres vivos com mais de uma célula surgiram pela primeira vez, 1,2 bilhão de anos atrás.

Quanto mais células compõem um organismo, mais micróbios podem viver nele. De fato, animais grandes como as vacas são conhecidos por sua hospitalidade às bactérias. Bovinos comem grama, e, se precisassem confiar apenas em seus próprios genes, conseguiriam extrair pouquíssimo valor nutricional de sua dieta fibrosa. Para digerir esse tipo de alimento, são necessárias proteínas especializadas – chamadas enzimas –, capazes de decompor as moléculas duras das membranas celulares da grama. Como as mutações genéticas dependem de mudanças aleatórias no código do DNA que só podem ocorrer a cada geração de organismos, esse processo levaria milênios se as vacas tivessem que desenvolver sozinhas os genes que formam essas enzimas.

Um jeito mais rápido de adquirir a capacidade de absorver os nutrientes da grama seria terceirizar a tarefa para especialistas: os micróbios. As quatro câmaras do estômago bovino abrigam populações na casa dos trilhões de micro-organismos cuja função é quebrar as fibras das plantas. O bolo alimentar – uma bola sólida de fibra vegetal – viaja para lá e para cá, entre a moagem mecânica da ruminação da vaca e a decomposição química realizada pelas enzimas produzidas pelos micro-organismos que vivem em seu intestino. Para os micróbios, é rápido e fácil adquirir os genes necessários para fazer isso, já que seu tempo de geração – e portanto as oportunidades de mutações e evolução – costuma ser inferior a um dia.

Se a lula havaiana e as vacas podem se beneficiar ao se aliarem aos micróbios, por que nós, humanos, não poderíamos fazer o mesmo? Não comemos grama nem temos um estômago dividido em quatro câmaras, mas temos nossas próprias especializações. Nosso estômago é pequeno e simples, e existe apenas para misturar a comida, adicionar algumas enzimas para a digestão e um pouco de ácido para matar os micro-organismos indesejados. Mas, ao final do intestino delgado – onde a comida é decomposta por ainda mais enzimas e incorporada ao sangue por uma espécie de tapete de protuberâncias semelhantes a dedos que lhe dão uma área equivalente à de uma quadra de tênis –, atinge-se uma cavidade, semelhante a uma bola, que marca o início do intestino grosso. Esse anexo que parece uma bolsa e fica no canto inferior direito do tronco, é chamado de ceco e é o centro da comunidade microbiana do corpo humano.

Do ceco pende um órgão que tem a fama de só existir para causar dor e infecções: o apêndice. Seu nome completo – apêndice vermiforme – refere-se à sua aparência, semelhante a um verme, mas