

Blown to Bits

Hal Abelson

Ken Ledeen
Wendy Seltzer

Harry Lewis

2ª edição: 2021

Dedicatória

Aos nossos filhos, Amanda, Jennifer, Joshua, Elaheh, Annie e Elizabeth, que verão que o mundo mudou mais uma vez, de maneiras que não podemos imaginar.

Para nossos netos, Connor, Rory, Abigail, Cameron, Juliet, Robert, Alexandra e Stella, que estão vivendo com essas mudanças.

E aos nossos alunos, que sempre nos desafiam a pensar mais profundamente.

Sumário

| | |
|--|-------------|
| Dedicatória | iii |
| Sumário | v |
| Prefácio | vii |
| Agradecimentos | ix |
| Lista de Tabelas | xi |
| Lista de Figuras | xiii |
| 1 Explosão Digital | 1 |
| 1.1 A explosão de bits e tudo mais | 5 |
| 1.2 Os koans de bits | 8 |

Prefácio

Há mais de uma década, decidimos escrever este livro porque a revolução digital estava produzindo mudanças profundas em quase todos os aspectos de nossas vidas, e escolhas sociais inteligentes requeriam o entendimento dos princípios subjacentes da tecnologia digital e suas implicações para as instituições humanas. O que faltava não era um livro sobre como os computadores funcionam, mas um que fizesse uma análise da revolução digital a partir de uma perspectiva humana.

Este livro se manteve surpreendentemente atual por mais de uma década. O progresso contínuo da tecnologia e sua ampla adoção, entretanto, exigiam uma segunda edição. Alguns tópicos merecem menção especial.

Não é surpresa que o impacto da tecnologia na privacidade — ou na falta dela — tenha se acelerado. A tecnologia de reconhecimento facial era incipiente quando escrevemos este livro pela primeira vez, e agora é onipresente. Os aplicativos de celular rastreiam todos os nossos movimentos. Softwares de reconhecimento de voz são amplamente utilizados, tanto por governos quanto por organizações comerciais (veja o Capítulo 2, “Despido à Luz do Sol: Privacidade Perdida, Privacidade Abandonada”).

As aplicações de inteligência artificial são agora comuns. Não há necessidade de uma coleção de CDs (se você ainda se lembrar o que são CDs). Basta dizer ao seu dispositivo o que gostaria de ouvir. Ou dizer “Siri, quando eu chegar à *Home Depot* em Waltham, me lembre de comprar algumas lâmpadas”. Assistentes automatizados estão integrados aos controles remotos de TVs e geladeiras (veja o Capítulo 9, “A Próxima Fronteira: IA e o Mundo dos Bits do Futuro”).

Em 2008, o Facebook era popular para se conectar com amigos, e o Twitter mal havia começado. Hoje, essas e outras plataformas de mídia social têm um impacto profundo na sociedade, facilitando revoltas sociais, influenciando eleições e oferecendo palanques e megafones para políticos (veja o Capítulo 3, “Quem Possui Sua Privacidade? A Comercialização de Dados Pessoais”).

Nenhum de nós poderia prever a atenção que a pandemia do coronavírus de 2020 traria para as implicações e impactos da revolução digital. Em questão de semanas, as escolas, do jardim de infância até os programas de pós-graduação, se tornaram “virtuais”. Crianças de seis anos dominaram videoconferências, e

a compra online se tornou o principal meio de suprir as necessidades diárias. O trabalho remoto se tornou a norma, algo que teria sido difícil de imaginar uma década antes e impossível uma década antes disso.

Estamos otimistas de que um entendimento mais profundo do “o que é” e de “como funciona” o mundo digital levará a escolhas sábias à medida que a revolução continua.

Todos os dias, bilhões de fotografias, notícias, músicas, raios-X, programas de TV, chamadas telefônicas e e-mails são espalhados pelo mundo como sequências de zeros e uns: bits. Listas telefônicas, jornais, CDs, cartas escritas à mão — e privacidade — são relíquias da era pré-digital.

Não podemos escapar dessa explosão de informações digitais, e poucos de nós querem isso — os benefícios são muito sedutores. A tecnologia digital possibilitou inovações, colaborações, entretenimento e participação democrática sem precedentes.

Mas as mesmas maravilhas da engenharia estão rompendo suposições centenárias sobre privacidade, identidade, liberdade de expressão e controle pessoal, à medida que mais e mais detalhes de nossas vidas são capturados como dados digitais.

Você pode controlar quem vê todas as informações pessoais sobre você? Alguma coisa pode ser confidencial hoje em dia, quando nada mais parece ser privado? A Internet deve ser censurada da mesma forma que o rádio e a TV? Quando você pesquisa algo, quem decide o que mostrar para você? Como saber o que é “verdadeiro” quando vivemos em uma câmara de ecos digitais com uma infinidade de fontes de informação — e desinformação? Você ainda tem liberdade de expressão no mundo digital? Você tem voz na definição de políticas governamentais ou corporativas sobre tudo isso? No mundo da Inteligência Artificial, como sabemos por que as máquinas decidem fazer as coisas? Um pequeno grupo de corporações poderosas influencia o que sabemos e como percebemos o mundo? Já perdemos o controle?

Blown to Bits guia você pelo cenário digital, oferecendo respostas provocativas a essas perguntas por meio de histórias reais intrigantes. Compreender o potencial e as armadilhas deste mundo transformado é informação essencial para todos.

Este livro é um chamado para as consequências humanas da explosão digital.

Agradecimentos

Nós assumimos total responsabilidade por quaisquer erros no livro mas, mesmo assim, devemos agradecimentos a muitas outras pessoas pelas sugestões e esclarecimentos que forneceram. Especificamente, agradecemos às seguintes pessoas, que comentaram partes do livro enquanto estava em rascunho ou forneceram outras assistências valiosas: Lynn Abelson, Meg Ausman, Scott Bradner, Art Brodsky, Mike Carroll, Marcus Cohn, Frank Cornelius, Alex Curtis, Natasha Devroye, David Fahrenthold, Robert Faris, Johann-Christoph Freytag, Wendy Gordon, Tom Hemnes, Brian LaMacchia, Marshall Lerner, Anne Lewis, Elizabeth Lewis, Jessica Litman, Lory Lybeck, Fred von Lohmann, Marlyn McGrath, Michael Marcus, Michael Mitzenmacher, Steve Papa, Jonathan Pearce, Bradley Pell, Les Perelman, Thomas Roessler, Pamela Samuelson, Jeff Schiller, Katie Sluder, Gigi Sohn, Debora Spar, René Stein, Alex Tibbetts, Susannah Tobin, Salil Vadhan, David Warsh, Danny Weitzner e Matt Welsh.

Lista de Tabelas

Lista de Figuras

| | | |
|-----|------------------------------------|----|
| 1.1 | Claude Shannon | 9 |
| 1.2 | The Domesday Book de 1806. | 13 |

Capítulo 1

Explosão Digital

Por que está acontecendo e o que está em jogo?

Este livro não é sobre computadores. É sobre a sua vida e a minha. É sobre como o terreno embaixo de nós mudou de maneiras fundamentais. Todos nós sabemos que isso está acontecendo. Vemos isso ao nosso redor todos os dias. Todos nós precisamos entender isso melhor.

A explosão digital está mudando tudo. Neste livro, falamos sobre o que está acontecendo e como. Explicamos a própria tecnologia — por que ela cria tantas surpresas e por que as coisas muitas vezes não funcionam como esperamos. Também é sobre as coisas que a explosão da informação está destruindo: velhas suposições sobre nossa privacidade, sobre nossa identidade e sobre quem controla nossas vidas. É sobre como chegamos a esse ponto, o que estamos perdendo e o que ainda resta para a sociedade ter a chance de corrigir.

A explosão digital está criando oportunidades e riscos. Muitos deles desaparecerão em uma década, resolvidos de uma forma ou de outra. Governos, corporações e outras autoridades estão aproveitando o caos, e a maioria de nós nem mesmo percebe que isso está acontecendo. No entanto, todos nós temos um interesse no resultado. Além da ciência, da história, da lei e da política, este livro é um alerta. As forças que moldam o seu futuro são digitais, e você precisa entendê-las.

Este livro trata das histórias que ouvimos e lemos todos os dias. Histórias que se referem ao impacto profundo e muitas vezes inesperado que a tecnologia digital está tendo em nossas vidas. Vamos começar com a história de Nicolette Vartuli.

Nicolette não conseguia entender por que não conseguiu o emprego. Uma estudante universitária com GPA de 3,5¹, ela se preparou para a entrevista no

¹[NT] GPA, do inglês *Grade Point Average*, é um número que indica o rendimento, o aproveitamento acadêmico nas universidades americanas. É equivalente ao CR (coeficiente de ren-

banco de investimentos e se manteve positiva durante todo o processo. Ela manteve a cabeça erguida, sorriu e falou com confiança. Mas quando a empresa fez o acompanhamento, foi uma má notícia. Ela não seguiria adiante no processo de contratação².

Nicolette queria saber o que havia feito de errado, mas ninguém conseguia explicar por que ela foi rejeitada — porque ninguém realmente sabia. Ela havia sido entrevistada por um computador que usava um software de inteligência artificial da HireVue para avaliar sua adequação. Esse software a rejeitou não porque ela não tinha alguma qualificação específica, mas porque, como afirmava, o software conseguia detectar padrões em pessoas que tinham sucesso no trabalho — e o que observou em Nicolette não correspondia. É fácil entender ser rejeitado porque você não tem três anos de experiência exigida ou alguma habilidade específica. Isso é diferente. É assustador — especialmente porque nenhuma explicação foi oferecida sobre o que o software estava procurando. E pode ser que nenhuma explicação pudesse ser oferecida, mesmo que a HireVue estivesse disposta a divulgar seus algoritmos proprietários. (Ela não está.)

Empresas gostam dessa nova tecnologia. É mais barata e eficiente do que entrevistas humanas. Na verdade, a HireVue, apenas uma das muitas fornecedoras, já realizou mais de 10 milhões de entrevistas. Muitos candidatos, por outro lado, não gostam desses assistentes de contratação automatizados. Não é apenas o fato de se sentir desumanizado ao ser julgado por uma máquina. As empresas que oferecem o serviço argumentam que, ao usar a tecnologia, mais pessoas podem conseguir entrevistas agora, e a probabilidade de preconceito inerente por parte dos entrevistadores é reduzida. Eles afirmam que a tecnologia está abrindo oportunidades, não limitando-as — mas como saber?

A antipatia instintiva à triagem automatizada de empregos não pode ser realmente porque as pessoas não querem que os computadores tomem decisões que afetam a vida. Muitas dessas decisões são tomadas por computadores hoje em dia; por exemplo, os sistemas de avião e de radioterapia são em grande parte automatizados. Computadores agora superam radiologistas altamente treinados na detecção de tumores de câncer em mamografias³. Alguém preferiria avaliadores humanos menos precisos? Mas os julgamentos da HireVue são de um tipo

dimento) utilizado nas universidades brasileiras. O GPA é calculado, grosso modo, como uma média ponderada das notas de cada uma das disciplinas e, em geral, varia de 0 a 4. Para saber mais: https://en.wikipedia.org/wiki/Grading_in_education

²Drew Harwell, “A Face-Scanning Algorithm Increasingly Decides Whether You Deserve the Job,” *Washington Post*, November 6, 2019, <https://www.washingtonpost.com/technology/2019/10/22/ai-hiring-face-scanning-algorithm-increasingly-decides-whether-you-deserve-job/>.

³Scott Mayer McKinney et al., “International Evaluation of an AI System for Breast Cancer Screening,” *Nature* 577, no. 7788 (January 2020): 89–94, <https://doi.org/10.1038/s41586-019-1799-6>.

diferente. O programa tomou uma decisão sobre a humanidade de Nicolette. Decidiu que ela não era o tipo de pessoa que a empresa deveria contratar, e fez isso sem explicar a ela ou a qualquer outra pessoa qual seria o tipo de pessoa adequada para a contratação e como Nicolette não se encaixava.

Muitos outros sistemas estão hoje fazendo julgamentos semelhantes em outros domínios humanos. Juízes consultam computadores para avaliar o risco de réus criminais não comparecerem aos seus julgamentos — novamente comparando os indivíduos com outros que foram presos no passado e tiveram o benefício de evitar a detenção antes do julgamento⁴. Agentes imobiliários usam computadores para avaliar quais potenciais inquilinos provavelmente serão devedores⁵.

A maioria desses sistemas é proprietária, e as empresas que os desenvolvem não precisam divulgar como eles funcionam. E afinal, argumentam eles, entrevistadores humanos não são um padrão de julgamento imparcial. Eles estão sujeitos a todo tipo de preconceitos e tendências infelizes. É por isso que as audições para músicos instrumentais agora são comumente realizadas sem que os ouvintes vejam os candidatos: quando os intérpretes podiam ser vistos, as mulheres eram sistematicamente julgadas de forma mais rigorosa do que os homens⁶. Ao combinar as habilidades de entrevista dos candidatos às dos trabalhadores existentes, a HireVue afirma estar eliminando a parte mais falível do sistema. São os recrutadores humanos, diz a HireVue, que são a “caixa-preta final”. Talvez — exceto que a HireVue afirma estar combinando os candidatos ao perfil dos melhores funcionários atuais do banco. Como alguém saberia se o software está simplesmente replicando, agora automaticamente, todos os preconceitos que deram ao banco a força de trabalho que ele tem agora?

O que torna toda essa história particularmente importante não é apenas o fato de Nicolette ter sido considerada inadequada por uma máquina, mas sim que ninguém — nem um gerente de recursos humanos, nem mesmo um programador — informou ao software da HireVue quais critérios usar. Ele determinou tudo sozinho. O software assistiu a vídeos de funcionários existentes e escolheu seus próprios critérios.

A história da candidatura de emprego rejeitada de Nicolette é o que chamamos de “uma história de bits”. Ou seja, não é apenas uma história de busca de emprego; é uma história sobre a coleta, armazenamento, análise, transmissão e

⁴Julia Angwin et al., “Machine Bias,” *ProPublica*, May 23, 2016, <https://www.propublica.org/article/machine-bias-risk-assessments-in-criminal-sentencing>.

⁵Elizabeth Fernandez, “Will Machine Learning Algorithms Erase the Progress of the Fair Housing Act?” *Forbes*, November 17, 2019, <https://www.forbes.com/sites/fernandezelizabeth/2019/11/17/will-machine-learning-algorithms-erase-the-progress-of-the-fair-housing-act/>.

⁶Claudia Goldin and Cecilia Rouse, “Orchestrating Impartiality: The Impact of ‘Blind’ Auditions on Female Musicians,” *The American Economic Review* 90, no. 4 (September 2000), <https://pubs.aeaweb.org/doi/pdfplus/10.1257/aer.90.4.715>.

uso de trilhões de trilhões de trilhões de 0s e 1s individuais. Ao analisar cuidadosamente essas histórias, podemos entender não apenas a tecnologia por trás delas, mas também suas implicações e riscos.

“A transparência algorítmica” é o princípio de que devemos saber como os computadores estão tomando decisões sobre nós. Nas palavras da EPIC (*Electronic Privacy Information Center* — Centro de Informações sobre Privacidade Eletrônica): “O público tem o direito de conhecer os processos de dados que impactam suas vidas, para que possam corrigir erros e contestar decisões tomadas por algoritmos.”⁷

Os bits representavam a imagem de Nicolette enquanto fluíam de seu próprio computador para o da HireVue, por meio de fios, cabos e provavelmente vários tipos de ondas de rádio. Os bits foram reassemblados, desmontados e analisados pelos programas da HireVue. Eles foram de alguma forma comparados a trilhões de trilhões de trilhões de bits que representam vídeos de outras pessoas e, em seguida, um único bit, um simples sim ou não, foi emitido: continuar para a próxima etapa do processo de contratação ou rejeitar imediatamente. Esse bit foi um 0 para Nicolette, e foi tudo o que ela ouviu da empresa. Mas a HireVue manteve todos os bits da entrevista malsucedida de Nicolette; ela teve que ceder seus direitos sobre eles para conseguir a entrevista em primeiro lugar.

Novas tecnologias interagem de maneiras estranhas com padrões em evolução de privacidade, práticas de comunicação e legislação criminal. A história de Nicolette, embora importante para ela, é apenas uma das milhares de histórias de bits que poderiam ser contadas sobre qualquer um de nós. Todos os dias encontramos consequências inesperadas do fluxo de dados que não poderiam ter ocorrido alguns anos atrás.

Quando você terminar de ler este livro, você verá o mundo de uma maneira diferente. Você ouvirá uma história de um amigo ou em um noticiário e dirá a si mesmo: “Isso é realmente uma história de bits”, mesmo que ninguém mencione nada digital. Os movimentos de objetos físicos e as ações de seres humanos de carne e osso são apenas a superfície. Para entender o que realmente está acontecendo, é preciso ver o mundo virtual, o fluxo sinistro de bits direcionando os eventos da vida.

Este livro é seu guia para este novo mundo.

⁷“Algorithmic Transparency: End Secret Profiling,” *Electronic Privacy Information Center*, March 1, 2020, <https://epic.org/algorithmic-transparency/>.

1.1 A explosão de bits e tudo mais

O mundo mudou muito repentinamente. Quase tudo está armazenado em algum computador. Registros judiciais, compras de supermercado, preciosas fotos de família e filmes de Hollywood inestimáveis, programas de televisão sem sentido... Os computadores contêm uma quantidade enorme de coisas que não são úteis atualmente, mas que alguém acredita que possam ser úteis algum dia. Tudo está sendo reduzido a 0s e 1s, “bits”. Os bits são armazenados em discos de computadores domésticos, nos centros de dados de grandes corporações e agências governamentais. Muitos dos discos nem mesmo são objetos redondos e giratórios — são um tipo diferente de mídia de armazenamento, chamados “discos” por razões históricas. A maioria dos discos hoje em dia está “na nuvem” — apenas um nome sofisticado para discos pertencentes a grandes empresas como a Amazon, alugados para quem precisa de espaço para armazenar coisas. Os discos podem armazenar tantos bits que não há necessidade de escolher o que deve ser lembrado.

“Bit” é uma abreviação de “dígito binário”. O sistema de numeração binária utiliza apenas dois algarismos, 0 e 1, em vez dos dez algarismos 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 e 9 usados no sistema decimal. A primeira declaração clara dos princípios da notação binária foi feita por Gottfried Wilhelm Leibniz em 1679.

Tanta informação digital, desinformação, dados e lixo estão sendo armazenados que a maioria disso será visto apenas por computadores, nunca pelos olhos humanos. E os computadores estão ficando cada vez melhores em extrair significado de todos esses bits — encontrando padrões que às vezes resolvem crimes, diagnosticam doenças e fazem sugestões úteis — e às vezes revelam coisas sobre nós que não esperávamos que os outros soubessem.

A história de Edward Snowden, que vazou milhares de documentos altamente secretos do governo em 2013, é uma história de bits. Ele levou os documentos para fora dos Estados Unidos em seu laptop; apenas alguns anos antes, ele precisaria carregar centenas de quilos de papel. E tudo o que ele revelou estava relacionado à vigilância eletrônica do governo, levantando questões fundamentais sobre os *trade-offs* entre privacidade e segurança.

O impedimento do 737 Max em 2019 não foi apenas uma história de avião. Foi também uma história de bits. Os motores dos modelos anteriores do 737 haviam sido movidos, alterando a distribuição de peso da aeronave; o software desenvolvido para processar dados dos sensores e controlar automaticamente os

movimentos do avião não funcionou como pretendido⁸.

Mas não são apenas os eventos de importância global que são histórias de bits; são as histórias do dia a dia da vida comum. A experiência perturbadora da corredora recreativa Rosie Spinks é uma história de bits. Spinks usava um aplicativo em seu telefone para rastrear suas rotas e tempos, e ela pensava que sua localização estava sendo mantida em segredo porque ela tinha ativado a configuração de “Privacidade Aprimorada” do aplicativo. Apenas quando estranhos começaram a “curtir” seus treinos enquanto ela estava viajando para o exterior, ela percebeu que “Privacidade Aprimorada” na verdade significava “contar para homens aleatórios sobre meus treinos se eu estiver na lista dos melhores”. O aplicativo de condicionamento físico também era um aplicativo de rede social, e os dados de Rosie estavam sendo comercializados⁹.

Uma vez que algo está em um computador, pode se replicar e se mover pelo mundo em um piscar de olhos. Fazer um milhão de cópias perfeitas leva apenas um instante — cópias de coisas que queremos que todos no mundo vejam e também cópias de coisas que não eram para ser copiadas de jeito nenhum.

A explosão digital está mudando o mundo tanto quanto a impressão já fez — e algumas das mudanças estão nos pegando desprevenidos, desmontando nossas suposições sobre como o mundo funciona.

A explosão digital pode parecer benigna, divertida ou até mesmo utópica. Em vez de enviar fotos pelo correio para a vovó, compartilhamos imagens de nossos filhos no Instagram. Assim, não apenas a vovó pode vê-las, mas também os amigos da vovó e qualquer outra pessoa. Desfrutamos dos benefícios, mas quais são os riscos? As fotos são fofas e inofensivas. Mas suponha que um turista tire uma foto de férias e você apareça ao fundo, em um restaurante onde ninguém sabia que você estava jantando. Se o turista enviar a foto e torná-la pública, o mundo inteiro poderá saber onde você estava e quando esteve lá. O reconhecimento facial, que há apenas alguns anos estava além das capacidades dos computadores, agora é suficientemente bom para que a foto do turista possa até ser marcada com o seu nome. Isso pode não acontecer por causa de uma política ou lei que o proíba, mas as limitações tecnológicas não o impedirão. A identificação de rostos em multidões automaticamente é agora um problema resolvido, e esse tipo de software está sendo usado na China e em outros regimes autoritários para desencorajar protestos públicos e geralmente rastrear o paradeiro dos cidadãos. E essa tecnologia também está sendo usada nos Estados Unidos: Com a ajuda de

⁸Benjamin Zhang, “The Boeing 737 Max Is Likely to Be the Last Version of the Best-Selling Airliner of All Time,” *Business Insider*, March 19, 2019, <https://www.businessinsider.com/boeing-737-max-design-pushed-to-limit-2019-3>.

⁹Rosie Spinks, “Confused About How to Use Strava Safely? You Are Not Alone,” *Quartz*, January 29, 2018, <https://qz.com/1191431/strava-privacy-concerns-here-is-how-to-safely-use-the-app/>.

bilhões de fotos rotuladas coletadas do Facebook e de outras mídias sociais, uma pequena empresa chamada Clearview AI de repente se tornou uma ferramenta de muitas agências de aplicação da lei e até mesmo de empresas privadas preocupadas com a segurança¹⁰. Não foi nem mesmo muito difícil de fazer — para uma empresa empreendedora disposta a esticar os limites do uso apropriado das enormes bases de dados fotográficos que o Facebook e outras empresas haviam coletado.

E antes de deixarmos o assunto das fotos de família, lembra quando elas eram todas impressas em papel e duravam décadas? Não é mais assim. Os maravilhosos benefícios das imagens digitais também as tornam inacessíveis. Você não pode colocar imagens digitais em uma caixa embaixo da sua cama para que seus netos as encontrem. Todas essas memórias familiares podem se perder no futuro. Há um lado bom e um lado ruim para praticamente tudo no mundo digital.

Vazamentos de dados. Os registros de cartões de crédito deveriam ficar trancados em um armazém de dados, mas eles acabam caindo nas mãos de ladrões de identidade. E nós fornecemos informações apenas porque recebemos algo em troca. Uma empresa lhe dará chamadas telefônicas gratuitas para qualquer lugar do mundo — se você não se importar em assistir anúncios dos produtos sobre os quais seus computadores ouvem você falar. O Google sugerirá restaurantes que você pode gostar — se você deixar a localização ativada para que o Google saiba quais restaurantes você frequenta. Se você fizer uma refeição, o Google perguntará se você gostou — nenhum software ainda é capaz de descobrir **isso** sozinho — e sua resposta vai para a boca de dados para ajudar o Google a fazer recomendações para você e outros (e ganhar um pouco de dinheiro no caminho).

E isso é apenas uma parte do que está acontecendo hoje. A explosão e a ruptura social que ela causará mal começaram.

Já vivemos em um mundo onde há memória suficiente **apenas nos celulares** para armazenar cada palavra de cada livro da Biblioteca do Congresso bilhões de vezes. Todos os dias, vídeos suficientes são enviados para o YouTube para gravar todos os momentos de uma vida humana inteira. O crescimento explosivo ainda está acontecendo. A cada ano, podemos armazenar mais informações, movê-las mais rapidamente e fazer coisas muito mais engenhosas do que no ano anterior. Agora que geladeiras e aspiradores de pó geram dados, a taxa crescente na qual os dados são criados é quase inimaginável. A maioria dos dados que já existiu foi criada no ano passado — e isso será verdade novamente no próximo ano e nos anos seguintes.

Tanto armazenamento em disco está sendo produzido a cada ano que pode-

¹⁰Kashmir Hill, “The Secretive Company That Might End Privacy as We Know It,” *The New York Times*, January 18, 2020, <https://www.nytimes.com/2020/01/18/technology/clearview-privacy-facial-recognition.html>.

ria ser usado para registrar uma página de informação, a cada poucos segundos, sobre **você e cada outro ser humano na Terra**. Um comentário feito há muito tempo pode voltar para assombrar um candidato político, e uma carta escrita rapidamente pode ser uma descoberta chave para um biógrafo. Imagine o que significaria gravar cada palavra que cada ser humano fala ou escreve em uma vida inteira. A barreira tecnológica para isso já foi removida: há armazenamento suficiente para lembrar tudo. O YouTube diz que 500 horas de vídeo são enviadas a cada minuto¹¹. Deveria haver alguma barreira social no caminho?

Às vezes, as coisas parecem funcionar melhor e pior do que costumavam. Um “registro público” agora é **muito** público. Antes de ser contratado em Nashville, Tennessee, seu empregador pode descobrir se você foi pego há dez anos fazendo uma conversão ilegal à esquerda em Lubbock, Texas. A antiga noção de um “registro de tribunal selado” é em grande parte uma fantasia em um mundo onde pequenas informações são duplicadas, catalogadas e movidas infinitamente. Na Europa, um novo “direito ao esquecimento” foi adicionado à lista de direitos humanos, destinado a proteger as pessoas de terem que carregar para sempre cada indiscrição juvenil; mas nos Estados Unidos, o direito à liberdade de expressão continua dominante, e a colisão entre esses direitos conflitantes é inevitável. No mundo dos bits, o oceano Atlântico pode ser atravessado em microssegundos.

Com centenas de estações de TV e rádio e milhões de sites, os americanos adoram a variedade de fontes de notícias, mas eles se adaptaram desconfortavelmente à substituição de fontes mais autoritárias. Na China, a situação é invertida: a tecnologia cria um maior controle do governo sobre as informações que seus cidadãos recebem, além de melhores ferramentas para monitorar seu comportamento.

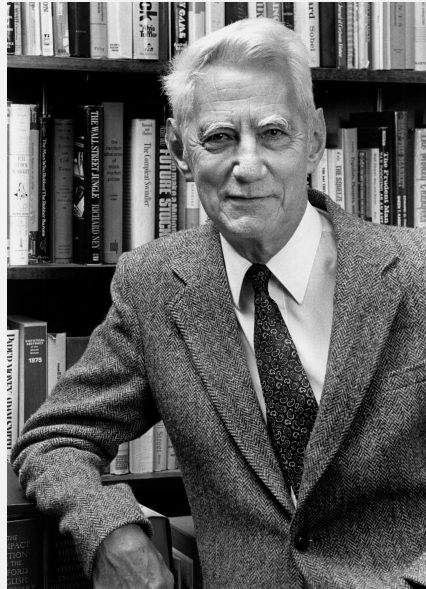
1.2 Os koans de bits

Os bits se comportam de maneira estranha. Eles viajam quase instantaneamente e ocupam quase nenhum espaço para armazenar. Temos que usar metáforas físicas para torná-los compreensíveis. Os comparamos à dinamite explodindo ou água fluindo. Até mesmo usamos metáforas sociais para os bits. Falamos sobre dois computadores concordando em alguns bits e sobre pessoas usando ferramentas de arrombamento para roubar bits. Encontrar a metáfora correta é importante, mas também é conhecer as limitações de nossas metáforas. Uma metáfora imperfeita pode enganar tanto quanto uma metáfora adequada pode iluminar.

¹¹J. Clement, “Hours of Video Uploaded to YouTube Every Minute, 2007–2019,” *Statista*, August 9, 2019, <https://www.statista.com/statistics/259477/hours-of-video-uploaded-to-youtube-every-minute/>.

Claude Shannon

Claude Shannon (1916–2001) é, definitivamente, a figura fundadora da teoria da informação e comunicação. Enquanto trabalhava nos *Bell Telephone Laboratories* após a Segunda Guerra Mundial, ele escreveu o artigo seminal “*A Mathematical Theory of Communication*”, que antecipou grande parte do desenvolvimento futuro das tecnologias digitais. Publicado em 1948, este artigo deu origem à compreensão universal de que o bit é a unidade natural de informação e ao uso do termo.

Figura 1.1: Claude Shannon

Uso permitido pela Nokia Corporation e AT&T Archives (http://wwwbell-labscom/news/2001/february/26/shannon2_lg.jpeg)

Apresentaremos agora sete verdades sobre os bits. Nós chamamos essas verdades de “koans”: no Zen Budismo um koan é uma anedota ou um enigma verbal paradoxal utilizado para demonstrar a inadequação de um raciocínio lógico, para provocar meditação e iluminação. Esses koans são simplificações e generalizações excessivas. Eles descrevem um mundo que está em desenvolvimento mas que ainda não emergiu completamente. Mas mesmo hoje eles são mais verdadeiros do que frequentemente percebemos. Esses temas ecoarão em nossos relatos sobre a explosão digital.

Koan 1: São apenas bits

Seu computador e seu smartphone (na verdade, apenas outro computador) criam com sucesso a ilusão de que contêm fotografias, cartas, músicas e filmes. Na realidade, tudo o que eles contêm são bits — muitos deles — organizados de maneiras que você não pode ver. Seu computador foi projetado para armazenar apenas bits; todos os arquivos, pastas e diferentes tipos de dados são ilusões criadas por programadores de computador. Quando você envia uma mensagem contendo uma fotografia, os computadores que lidam com sua mensagem enquanto ela flui pela Internet não têm ideia de que estão lidando com parte de texto e parte de

gráfico. As chamadas telefônicas também são apenas bits, e isso ajudou a criar concorrência: empresas telefônicas tradicionais, empresas de telefonia celular, empresas de TV a cabo e provedores de serviços de voz sobre IP (VoIP) podem trocar bits entre si para concluir chamadas. A Internet foi projetada para lidar apenas com bits, não com e-mails ou anexos, que são invenções de engenheiros de software. Não poderíamos viver sem esses conceitos mais intuitivos, mas eles são artifícios. Por baixo de tudo, são apenas bits.

Este koan é mais importante do que você pode pensar. Considere a história de Naral Pro-Choice America e Verizon Wireless. A Naral queria formar um grupo de mensagens de texto para enviar alertas aos seus membros. A Verizon decidiu não permitir, citando as coisas “controversas ou desagradáveis” que as mensagens poderiam conter¹². Grupos de alerta por mensagem de texto para candidatos políticos seriam permitidos, mas não para causas políticas consideradas controversas. Se a Naral simplesmente quisesse um serviço telefônico ou um número 800, a Verizon não teria escolha. As empresas telefônicas foram consideradas “transportadoras comuns” há muito tempo. Assim como as ferrovias, as empresas telefônicas são legalmente proibidas de selecionar clientes entre aqueles que desejam seus serviços. No mundo dos bits, não há diferença entre uma mensagem de texto e uma chamada telefônica sem fio. São apenas bits, viajando pelo ar por ondas de rádio. Mas a lei não acompanhou a tecnologia. Ela não trata todos os bits da mesma forma, e as regras de transporte comum para bits de voz não se aplicam aos bits de mensagens de texto.

A Verizon recuou no caso da Naral, mas não em relação ao princípio. Uma empresa de telefonia pode fazer o que achar que maximizará seus lucros ao decidir quais mensagens distribuir. No entanto, nenhuma distinção de engenharia sensata pode ser feita entre mensagens de texto, chamadas telefônicas e quaisquer outros bits que viajam pelas ondas digitais.

¹²Adam Liptak, “Verizon Blocks Messages of Abortion Rights Group,” *The New York Times*, September 27, 2007, <https://www.nytimes.com/2007/09/27/us/27verizon.html>.

Exclusivos e rivais

Economistas diriam que os bits, a menos que sejam controlados de alguma forma, tendem a ser não-exclusivos (uma vez que algumas pessoas os possuem, é difícil impedi-las de compartilhar com outros) e não-rivalizantes (quando alguém os recebe de mim, eu não fico com menos). Em uma carta em que escreveu sobre a natureza das ideias, Thomas Jefferson afirmou de forma eloquente essas duas propriedades: “Se a natureza tornou alguma coisa menos suscetível do que todas as outras a ser propriedade exclusiva, é a ação do poder de pensamento chamado ideia, que um indivíduo pode possuir exclusivamente enquanto a mantiver para si mesmo; mas no momento em que é divulgada, ela se impõe a posse de todos, e o receptor não pode se despojar dela. Sua característica peculiar, também, é que ninguém possui menos, porque todos os outros possuem a totalidade dela.”¹³

Koan 2: Perfeição é normal

Errar é humano. Quando os livros eram laboriosamente transcritos à mão em scriptoria antigos e mosteiros medievais, erros se infiltravam a cada cópia. Computadores e redes funcionam de maneira diferente. Cada cópia é perfeita. Se você enviar uma fotografia por e-mail para um amigo, ele não receberá uma versão mais borrada do que a original. A cópia será idêntica, até mesmo em níveis de detalhes muito pequenos para serem percebidos pelo olho humano.

É claro que os computadores podem falhar. As redes também podem sofrer interrupções. Se a energia acabar sem backup de bateria, nada funciona. Portanto, a afirmação de que as cópias são normalmente perfeitas é apenas relativamente verdadeira. As cópias digitais são perfeitas apenas na medida em que podem ser comunicadas. E sim, teoricamente é possível que um único bit de uma mensagem grande chegue incorretamente, mas também é possível que um vulcão entre em erupção sob você e você não receba a mensagem. A probabilidade de um bit errôneo é menor do que a probabilidade de uma catástrofe física, e isso é suficiente para todos os propósitos práticos.

As redes não apenas transferem bits de um lugar para outro. Elas verificam se os bits parecem ter sido danificados durante a transmissão e os corrigem ou retransmitem se parecerem incorretos. Como resultado desses mecanismos de detecção e correção de erros, as chances de um erro real — por exemplo, um

¹³“Article 1, Section 8, Clause 8: Thomas Jefferson to Isaac McPherson,” in Andrew A. Lipscomb and Albert Ellery Bergh, eds., *The Writings of Thomas Jefferson* (Thomas Jefferson Memorial Association, 1905), http://press-pubs.uchicago.edu/founders/documents/a1_8_8s12.html.

caractere errado em um e-mail — são tão baixas que seria mais sensato nos preocuparmos com um meteoro atingindo nosso computador, mesmo que sejam improváveis os impactos precisos de meteoros.

O fenômeno das cópias perfeitas mudou drasticamente a lei, como é contado no Capítulo 6, “Equilíbrio Derrubado”. Nos tempos em que a música era distribuída em fita cassete, os adolescentes não eram processados por fazer cópias de músicas, porque as cópias não eram tão boas quanto as originais, e as cópias das cópias seriam ainda piores. A razão pela qual as pessoas hoje em dia preferem mais assinar serviços de música do que possuir suas próprias cópias das gravações é que as cópias são perfeitas — não apenas tão boas quanto a original, mas idênticas à original, de forma que até mesmo a noção de “original” é insignificante. As consequências da interrupção digital da “propriedade intelectual” ainda não acabaram. Os bits são uma espécie peculiar de propriedade. Uma vez que eu os libere, todos os têm. E se eu lhe der meus bits, eu não tenho menos deles.

Koan 3: Há carência no meio da abundância

Por mais que o armazenamento de dados em todo o mundo seja grande hoje, daqui a dois anos ele será o dobro. No entanto, a explosão de informações significa, paradoxalmente, a perda de informações que não estão online. Um de nós viu um médico novo em uma clínica que ele usava há décadas. Ela mostrou a ele gráficos detalhados da química do seu sangue, dados transferidos do dispositivo médico doméstico para o computador da clínica — mais dados do que qualquer especialista poderia ter tido à disposição há cinco anos. O médico então perguntou se ele já havia feito um teste de estresse e o que o teste havia mostrado. Esses registros deveriam estar lá, explicou o paciente, no prontuário médico. Mas as informações estavam no arquivo em **papel**, ao qual o médico não tinha acesso. Não estava na memória do **computador**, e a memória do paciente estava sendo usada como um substituto inadequado. Os dados antigos poderiam muito bem não ter existido, já que não eram digitais.

Mesmo as informações que existem em formato digital são inúteis se não houver dispositivos para lê-las. O rápido progresso da engenharia de armazenamento fez com que os dados armazenados em dispositivos obsoletos deixassem de existir efetivamente. Uma versão digital criada no século XX para o “The Domesday Book” britânico do século XI, mostrado na Figura 1.2, já era inútil quando tinha apenas um sexagésimo da idade do original¹⁴.

Ou considere a busca, um dos assuntos do Capítulo 4, “Guardiões”. No iní-

¹⁴Robin McKie and Vanessa Thorpe, “Digital Domesday Book lasts 15 years not 1000,” *Guardian Unlimited*, March 3, 2002.

Figura 1.2: The Domesday Book de 1806.



UK National Archives (<https://www.worldhistory.org/image/9476/great-domesday-book/>). Uma versão digital comemorativa do 900º aniversário não podia ser mais lida 15 anos após o lançamento.

cio, os motores de busca, como o Google, eram conveniências interessantes que algumas pessoas usavam para fins especiais. Com o crescimento da World Wide Web e a explosão de informações online, os motores de busca se tornaram o primeiro lugar onde muitas pessoas procuram por informações — antes mesmo de consultarem livros ou perguntarem a amigos. Aparecer em destaque nos resultados de busca se tornou uma questão de vida ou morte para as empresas. Podemos passar a comprar de um concorrente se não encontrarmos o site que queríamos logo nas primeiras páginas de resultados. Podemos presumir que algo não aconteceu se não conseguirmos encontrá-lo — rapidamente — em uma fonte de notícias online. Se algo não pode ser encontrado rapidamente, é como se não existisse de forma alguma.

E algumas informações não são verdadeiras. Todos os mecanismos que permitem a comunicação e o armazenamento de fatos também funcionam para falsidades. A feiúra e a crueldade são capturadas tão facilmente em bits quanto a beleza e a bondade. A economia de mercado da informação muda quando todos podem ser editores e ninguém precisa de um editor. Inundações de desinformação, informação falsa e lixo podem sobrecarregar a verdade e a beleza. Sociedades autoritárias podem ser capazes de gerenciar o fluxo de bits de forma mais eficiente do que sociedades livres, que correm o risco de serem minadas por seus próprios princípios de liberdade de informação.

Koan 4: Processamento é poder

A velocidade de um computador geralmente é medida pelo número de operações básicas, como adições, que podem ser realizadas em um segundo. Os computadores mais rápidos disponíveis no início dos anos 1940 conseguiam realizar cerca de cinco operações por segundo. Os mais rápidos de hoje podem realizar cerca de um trilhão. Compradores de computadores pessoais sabem que uma máquina que parece rápida hoje parecerá lenta daqui a um ano ou dois.

Por pelo menos três décadas, o aumento na velocidade dos processadores era exponencial. Os computadores ficavam duas vezes mais rápidos a cada dois anos. Esses aumentos eram uma consequência da Lei de Moore.

Lei de Moore

Gordon Moore, fundador da Intel Corporation, observou que a densidade dos circuitos integrados parecia dobrar a cada dois anos. Essa observação é conhecida como “Lei de Moore”. Claro, não é uma lei natural, como a lei da gravidade. Em vez disso, é uma observação empírica do progresso da engenharia e um desafio aos engenheiros para continuarem sua inovação. Em 1965, Moore previu que esse crescimento exponencial continuaria por muito tempo¹⁵. O fato de ter continuado por mais de 40 anos é uma das grandes maravilhas da engenharia. Nenhum outro esforço na história sustentou uma taxa de crescimento nem perto dessa.

Desde 2001, a velocidade do processador não tem seguido a Lei de Moore; na verdade, os processadores mal ficaram mais rápidos. Mas isso não significa que os computadores não continuarão a ficar mais rápidos. Novos projetos de chips incluem vários processadores no mesmo chip, para que o trabalho possa ser dividido e executado em paralelo. Essas inovações de design prometem alcançar o mesmo efeito que aumentos contínuos na velocidade bruta do processador. E as mesmas melhorias tecnológicas que tornam os computadores mais rápidos também os tornam mais baratos.

O rápido aumento na capacidade de processamento significa que as invenções saem dos laboratórios e entram rapidamente nos bens de consumo. Aspiradores de pó robóticos e veículos com estacionamento automático eram teoricamente possíveis há uma década, mas agora se tornaram produtos de consumo. Tarefas que hoje parecem exigir habilidades exclusivamente humanas não são mais apenas objeto de projetos de pesquisa em laboratórios corporativos ou acadêmicos; elas estão incorporadas em produtos de consumo. Reconhecimento facial e reconhecimento de voz estão aqui e agora; telefones sabem quem está ligando, e câmeras de vigilância não precisam de humanos para observá-las. O poder vem não apenas dos bits, mas da capacidade de fazer coisas com os bits.

Koan 5: Mais do mesmo pode ser uma coisa totalmente nova

O crescimento explosivo é um crescimento exponencial — dobrando em uma taxa constante. Imagine ganhar 100% de juros anuais em sua conta poupança: em

¹⁵G. E. Moore, “Cramming More Components onto Integrated Circuits,” *Proceedings of the IEEE* 86, no. 1 (January 1998): 82–85, <https://doi.org/10.1109/JPROC.1998.658762>.

10 anos, seu dinheiro teria aumentado mais de mil vezes, e em 20 anos, mais de um milhão de vezes. Uma taxa de juros mais razoável de 5% atingirá os mesmos pontos de crescimento, mas o fará 14 vezes mais lentamente. Epidemias inicialmente se espalham de forma exponencial, à medida que cada pessoa infectada infecta várias outras.

Quando algo cresce exponencialmente, por um longo tempo pode parecer que não está mudando. Se não o observarmos constantemente, parecerá que ocorreu algo descontínuo e radical enquanto não estávamos olhando.

É por isso que as epidemias no início passam despercebidas, independentemente de quão catastróficas possam ser quando estão em pleno andamento. Imagine uma pessoa doente infectando duas pessoas saudáveis, e no dia seguinte cada uma dessas duas infecta mais duas, e no dia seguinte cada uma dessas quatro infecta mais duas, e assim por diante. O número de novas infecções cresce de 2 para 4 para 8. Em uma semana, 128 pessoas contraem a doença em um único dia, e o dobro desse número agora está doente, mas em uma população de 10 milhões, ninguém percebe. Mesmo depois de duas semanas, apenas cerca de 3 pessoas em 1.000 estão doentes. Mas após mais uma semana, 40% da população está doente e a sociedade entra em colapso. A pandemia de coronavírus de 2019–2020 seguiu mais ou menos esse padrão em partes do mundo onde as sociedades não reagiram rapidamente. No início da epidemia em Wuhan, o número de casos dobrava aproximadamente a cada três dias¹⁶.

O crescimento exponencial é na verdade suave e constante; leva muito pouco tempo para passar de uma mudança imperceptível para algo altamente visível. O crescimento exponencial de qualquer coisa pode fazer o mundo parecer completamente diferente do que era antes. Quando esse limiar é ultrapassado, mudanças que são “apenas” quantitativas podem parecer qualitativas.

Outra maneira de entender a aparente abruptidão do crescimento exponencial — sua força explosiva — é pensar em quão pouco tempo temos para responder a ele. Nossa epidemia hipotética levou três semanas para sobrecarregar a população. Em que ponto ela era apenas metade tão devastadora? A resposta **não** é “uma semana e meia”. A resposta é no **penúltimo** dia. Suponha que levasse uma semana para desenvolver e administrar uma vacina. Então, perceber a epidemia após uma semana e meia deixaria tempo de sobra para evitar o desastre. Mas isso exigiria compreender que **havia** uma epidemia quando apenas 2.000 pessoas em 10 milhões estavam infectadas.

A história da informação está repleta de exemplos de mudanças não percebidas seguidas por explosões deslocadoras. Aqueles com a visão de futuro para

¹⁶Steven Sanche et al., “High Contagiousness and Rapid Spread of Severe Acute Respiratory Syndrome Coronavirus 2,” *Emerging Infectious Diseases* 26, no. 7 (July 2020): 1470–1477, <https://dx.doi.org/10.3201/eid2607.200282>.

notar a explosão apenas um pouco mais cedo do que todos os outros podem obter benefícios enormes. Aqueles que se movem um pouco mais devagar podem ser sobrecarregados quando tentam responder. Tome o caso da fotografia digital.

Em 1983, os compradores de Natal podiam comprar câmeras digitais para conectar aos seus computadores domésticos IBM PC e Apple II. O potencial estava lá para qualquer um ver; não estava escondido em laboratórios corporativos secretos. Mas a fotografia digital não decolou. Economicamente e praticamente, não era viável. As câmeras eram muito volumosas para caber no bolso, e as memórias digitais eram muito pequenas para armazenar muitas imagens. Mesmo 14 anos depois, a fotografia em filme ainda era uma indústria robusta. No início de 1997, as ações da Kodak atingiram um preço recorde, com um aumento de 22% no lucro trimestral, “impulsionado pelas vendas saudáveis de filmes e papel... [e] pelo negócio de filmes de cinema”, de acordo com um relatório de notícias¹⁷. A empresa aumentou seu dividendo pela primeira vez em oito anos. Mas em 2007, as memórias digitais haviam se tornado enormes, os processadores digitais haviam se tornado rápidos e compactos, e ambos eram baratos. Como resultado, as câmeras se tornaram pequenos computadores. A empresa que um dia foi sinônimo de fotografia era apenas uma sombra do que já foi. A Kodak anunciou que seu quadro de funcionários seria reduzido para 30.000, pouco mais de um quinto do tamanho que tinha nos bons tempos do final dos anos 1980¹⁸. Em 2018, esse número estava em cerca de 5.400. Bits tiraram 90% dos empregos. A Lei de Moore avançou mais rapidamente do que a Kodak.

No mundo em rápida mudança dos bits, vale a pena notar até mesmo pequenas mudanças e fazer algo a respeito delas.

Koan 6: Nada vai embora

¹⁷“Kodak, GE, Digital Report Strong Quarterly Results,” *Atlanta Constitution*, January 17, 1997.

¹⁸Claudia H. Deutsch, “Shrinking Pains at Kodak,” *The New York Times*, February 9, 2007.