

TORNANDO O
MUNDO MELHORTORNANDO
O MUNDO
MELHOR

Há cem anos, a empresa que se tornaria a IBM deu seus primeiros passos em direção a um futuro desconhecido. Em *Tornando o Mundo Melhor: As Ideias que Moldaram um Século e uma Empresa*, os jornalistas Kevin Maney, Steve Hamm e Jeffrey M. O'Brien contam uma história de progresso que esclarece, e transcende, a rica história de uma única empresa.

Por meio de uma extensa pesquisa, eles exploram o impacto da IBM na tecnologia, no papel dinâmico da empresa moderna e, literalmente, no funcionamento de nosso mundo. De modo ainda mais fascinante, eles revelam um conjunto de ideias motivadoras cujo maior impacto talvez não tenha ocorrido no século anterior, mas no seguinte — ideias com o poder de moldar um futuro surpreendente e de mudar o jeito de pensarmos.

Maney • Hamm • O'Brien

IDEIAS QUE MOLDARAM
UM SÉCULO
E UMA EMPRESA

Kevin Maney • Steve Hamm • Jeffrey M. O'Brien

Prefácio de Samuel J. Palmisano

TORNANDO
O MUNDO
MELHOR

TORNANDO O MUNDO MELHOR

AS IDEIAS QUE
MOLDARAM UM SÉCULO
E UMA EMPRESA

IBM Press – Pearson plc

Upper Saddle River, Nova Jérsei / Boston / Indianápolis / São Francisco
Nova York / Toronto / Montreal / Londres / Munique / Paris / Madri
Cidade do Cabo / Sydney / Tóquio / Cingapura / Cidade do México

ibmpressbooks.com

Os autores e o editor foram cuidadosos na preparação deste livro, mas não oferecem garantia expressa nem implícita de nenhum tipo e não se responsabilizam por erros nem por omissões. Não será assumida nenhuma responsabilidade por danos incidentais ou eventuais relacionados com ou provenientes do uso de informações ou programas aqui contidos.

© Copyright 2011
International Business Machines Corporation.

Desenho da capa e do interior:
VSA Partners, Inc.

Edição:
Mike Wing

Revisão:
Pennie Rossini

Confirmação de fatos:
Janet Byrne

Criação de índices:
Robert Swanson

Tradução:
thebigword - Bia Peine & Daltony Nóbrega

Revisão linguística:
Christiana Cardoso Martins
Fernando Souza
Gisele Lloret
Vanessa Garcia

Os termos a seguir são marcas registradas da International Business Machines Corporation em muitas jurisdições no mundo todo: IBM, IBM Press, THINK, Blue Gene, CICS, Deep Blue, Lotus, PROFS, InnovationJam, Cognos, ILOG, Maximo, Smarter Planet, Global Business Services, World Community Grid, On Demand Community, Many Eyes, DB2 e Blue Gene/L. Uma lista atualizada das marcas registradas da IBM está disponível na Web em "Copyright and trademark information" (Informações de copyright e marca registrada) no endereço www.ibm.com/legal/copytrade.shtml.

Intel e Pentium são marcas comerciais ou registradas da Intel Corporation ou de suas subsidiárias nos Estados Unidos e em outros países.

UNIX é marca registrada do The Open Group nos Estados Unidos e em outros países.

Linux é marca registrada de Linus Torvalds nos Estados Unidos e/ou em outros países.

Outros nomes de empresas, produtos ou serviços podem ser marcas comerciais ou marcas de serviço de terceiros.

Dados da catalogação na publicação da Biblioteca do Congresso.

Todos os direitos reservados. Esta publicação está protegida por direitos autorais e é necessária permissão prévia da editora para qualquer reprodução, armazenamento em qualquer sistema de recuperação ou transmissão, de qualquer forma ou por qualquer meio, seja eletrônico, mecânico, fotocópia, gravação ou similar.

Texto impresso nos Estados Unidos em papel reciclável, na R.R. Donnelley, em Crawfordsville, Indiana.

Primeira impressão em agosto de 2011

Desbravando a Ciência da Informação 14

| | |
|---------------|-----|
| Sensores | 20 |
| Memória | 36 |
| Processamento | 52 |
| Lógica | 68 |
| Conexão | 88 |
| Arquitetura | 102 |

Reinventando a Empresa Moderna 134

| | |
|--|-----|
| A Criação Intencional de uma Cultura | 142 |
| Criando Valor Econômico com o Conhecimento | 168 |
| Tornando-se Global | 198 |
| Como as Organizações se Envolvem com a Sociedade | 222 |

Tornando o Mundo Melhor 244

| | |
|-----------|-----|
| Ver | 258 |
| Mapear | 268 |
| Entender | 278 |
| Acreditar | 296 |
| Agir | 310 |

| | |
|--------------------------|-----|
| Agradecimentos | 328 |
| Notas | 329 |
| Créditos das Fotografias | 339 |
| Índice Remissivo | 340 |
| Sobre os Autores | 352 |

Sobre
Mudança e
Progresso

Samuel
J. Palmisano

CHAIRMAN, PRESIDENTE E CEO IBM CORPORATION

Um modo simples de avaliar o impacto de qualquer organização é responder à pergunta: o que mudou no mundo por ela ter existido?

A data da publicação deste livro, 16 de junho de 2011, é significativa para a IBM. Nela comemoramos o centenário de nossa empresa. Para os IBMistas de hoje em dia —homens e mulheres que viveram uma parte memorável dessa história— isso significa reencontrar-se com um passado lendário e entender suas implicações para uma história ainda por contar.

No entanto, acreditamos que as lições de nossa história têm uma abrangência maior. Quer você busque entender a trajetória da tecnologia ou criar e manter uma empresa bem-sucedida, ou ainda tornar o mundo melhor, há muito o que aprender com a experiência da IBM. E já que essas lições têm uma importância que vai além de nossa empresa —e como queremos nós mesmos entendê-las melhor—, decidimos fazer algo diferente de uma típica publicação comemorativa.

Em vez de fazermos simplesmente uma narrativa da longa lista de realizações da empresa, entramos em contato com três jornalistas que têm coberto nosso setor por anos. Aliás, todos eles me entrevistaram em uma ocasião ou outra. Eles detêm um enorme conhecimento sobre tecnologia, negócios e história, e cada um deles oferece uma perspectiva diferente do que isso tudo significa. Além disso, os três são excelentes jornalistas. Pedimos a eles que mergulhassem profundamente em três aspectos de como o mundo havia mudado e que explorassem o papel da IBM nessa mudança.

Eu fiquei fascinado com o resultado da pesquisa — particularmente com os princípios subjacentes que eles descobriram. Nossa empresa, é claro, ficou famosa pelos Princípios Básicos de Thomas Watson, que foram planejados para orientar o comportamento dos IBMistas. Nos últimos anos, reunimos nossa força de trabalho para reexaminar e redefinir nossos valores essenciais. Curiosamente, o que a pesquisa para este livro revelou foi outro conjunto de ideias que jamais haviam sido escritas, mas que, ainda assim, tinham impregnado a IBM desde seu nascimento até o dia de hoje.

Uma delas tem a ver com a natureza da ciência da informação e da computação. A investigação de Kevin Maney sobre a história dessa tecnologia e da indústria que ela gerou nos lembra que essa história é muito mais rica e sutil do que a maioria das pessoas hoje percebe. Se o seu conhecimento vem da mídia, talvez você pense que a história da TI esteja dividida em duas fases: hardware e software. Ou que tudo se resume às eras pré-Internet e pós-Internet. A lente abrangente de Kevin ajuda muito a esclarecer a história muito mais multidimensional da computação, o papel da IBM em moldá-la e como seus componentes fundamentais estão avançando e se recombinao atualmente.

Mas ele faz ainda mais. Da forma que Kevin analisa, os elementos centrais da computação espelham as principais dimensões do cérebro humano. A história dessa evolução mostra como nosso raciocínio muda as ferramentas que criamos e como as ferramentas que criamos, então, mudam o

jeito de pensarmos. E essa compreensão mais profunda torna claro que a verdade científica não é “ou isso ou aquilo” e que a descoberta não é simplesmente “antes e depois”. No começo do século XXI, nós nos vimos em um ponto de inflexão tanto no pensamento científico quanto na capacidade tecnológica — um momento cujas implicações precisam ser estudadas pelos líderes e pelos cidadãos, se eles quiserem navegar nas ondas do futuro do planeta, um futuro moldado pela informação.

De modo semelhante, o olhar de Steve Hamm sobre a transformação da IBM em um novo tipo de instituição comercial não narra apenas os triunfos, os erros e a constante reinvenção da empresa. Steve oferece perspectivas novas e fascinantes sobre algumas verdades óbvias. Por exemplo: o surgimento de uma economia baseada na informação. Todos nós estamos familiarizados com a mudança de átomos para bits como fonte de valor econômico. Mas isso tem mais implicações. Como a informação não conhece fronteiras, ela também leva inevitavelmente na direção de uma economia global — e na direção da crescente convergência entre os negócios e a sociedade. Nós aprendemos que tornar-se global é muito mais do que mera geografia, muito mais do que simplesmente estar presente em todo o mundo. Por fim, esta narrativa salienta que uma cultura organizacional duradoura não é apenas um fato da natureza, mas uma atitude deliberada das pessoas — uma atitude que envolve muito mais do que normas de vestuário e exercícios de desenvolvimento de equipes.

Nem Thomas Watson nem seu filho tinham à disposição a linguagem sofisticada que usamos hoje para descrever esse sistema complexo — muito menos as disciplinas científicas e de negócios que surgiram nos últimos cinquenta anos para estudá-lo. O que eles realmente tiveram foi a intenção de criar um tipo específico de empresa — um conjunto de atitudes intuitivas, digamos assim, sobre o que uma empresa devia ser. Como resultado desses impulsos, a experiência da IBM ao longo do século XX fez muito para moldar a empresa moderna. E como o artigo de Steve demonstra convincentemente, aquilo em que a IBM ainda está se transformando oferece perspectivas interessantes sobre os novos meios com que qualquer organização — nos negócios, no governo, na educação e por aí afora — pode responder a questões básicas como: Como ela cria valor? Como ela atrai, desenvolve e mantém as pessoas? Como ela organiza e administra a si mesma? Que papel ela representa na sociedade como um todo? O que a torna única?

Por fim, a pesquisa de Jeff O'Brien revela exemplos irrefutáveis do que é necessário para realizar a dura tarefa de progredir em um mundo cada vez mais complexo e interconectado. Quando se olha o trabalho que a IBM e outras empresas têm feito década após década — trabalho que está em aceleração hoje em dia —, surge um certo padrão de atividade e um modo de pensar. A tecnologia sozinha, não importa quão poderosa, não pode provocar mudanças no sistema. Percebe-se que mudar deliberadamente o funciona-

mento do mundo requer um enfoque mais amplo e de longo prazo, com o domínio de alguns passos básicos.

Examinando os avanços ao longo do século passado, Jeff revela um modelo de progresso simples, intuitivo e poderoso. Hoje em dia, aquele modelo está sendo renovado por nossa capacidade, movida a tecnologia, de ver, mapear e entender grandes volumes de novos dados em todas as dimensões tanto da natureza quanto da sociedade, abrindo caminhos para fazer nosso mundo literalmente funcionar melhor. De qualquer forma, essas histórias demonstram que agir — mudando realmente os sistemas complexos do planeta de modo permanente — não depende tão essencialmente de dados, mas sim de convicções. Nosso aprendizado depende de uma confiança anterior em nossa capacidade de aprender — como dizia frequentemente Thomas Watson, de *pensar*.

O protagonista dessas narrativas é uma empresa coletiva que se baseia no poder das ideias — sua força econômica, sua força estimulante e construtiva, sua força transformadora. Essas são as ideias que promovem o progresso — e progresso para mim é criar um mundo que não só seja mais próspero, mais sustentável e mais justo, mas também mais capaz de transformar-se continuamente, um mundo que aprende. Quando os IBMistas estão em seus melhores momentos, a busca por essa forma de progresso impregna tudo o que fazem.

Agora, um modo de explorar e narrar essa ideia é por meio da Ciência. Podemos também examiná-la usando a estrutura

da teoria da Administração, mas a disciplina que realmente parece mais adequada é a História — daí este livro e estes escritores.

Em um comentário pessoal, permitam-me dizer que este enfoque é encorajador para um velho estudioso de artes liberais como eu. Mais de uma vez durante meus 38 anos de carreira aqui, pedi desculpas, de brincadeira, por minha falta de conhecimento científico. Na verdade, pode ser assustador estar cercado por brilhantes engenheiros, cientistas, MBAs e outros pensadores desse porte. E, sem dúvida, as maravilhosas histórias nestes capítulos não se contrapõem em nada a este sentimento. Ao contrário, elas infundem uma profunda sensação de humildade. Não posso deixar de me sentir surpreso por me encontrar neste cargo nesta instituição neste momento. Tenho tido muita sorte, aliás.

Mais ainda, é gratificante ver o que a lente da história revela sobre nossa empresa, o mundo no qual ela cresceu e as trajetórias que ela influenciou. Sem dúvida, a perspectiva da história nos permite ver a IBM de um modo que os IBMistas do passado nunca poderiam ter visto — o que parece apropriado na ocasião de nosso 100º aniversário.

O que mudou no mundo devido à existência da IBM? As histórias deste livro oferecem um fascinante conjunto de respostas e um conjunto ainda mais interessante de perguntas a serem respondidas.

Meus companheiros IBMistas e eu estamos orgulhosos de fazer parte dessa jornada. Nós nos inspiramos no legado dos pioneiros que criaram esta empresa. Temos o compromisso de servir como representantes da empresa coletiva que eles deixaram em nossas mãos. E estamos empolgados com as transformações fundamentais que temos pela frente, porque as trajetórias do passado convergem e apontam para um futuro muito diferente.

Para os clientes da IBM e para as comunidades das quais fazemos parte, essa convergência promete um planeta mais inteligente. Para os IBMistas, ela aponta para um futuro que será construído por uma nova geração — os IBMistas do amanhã. É para essas mulheres e esses homens que este livro foi concebido e a quem ele é dedicado.

• • •

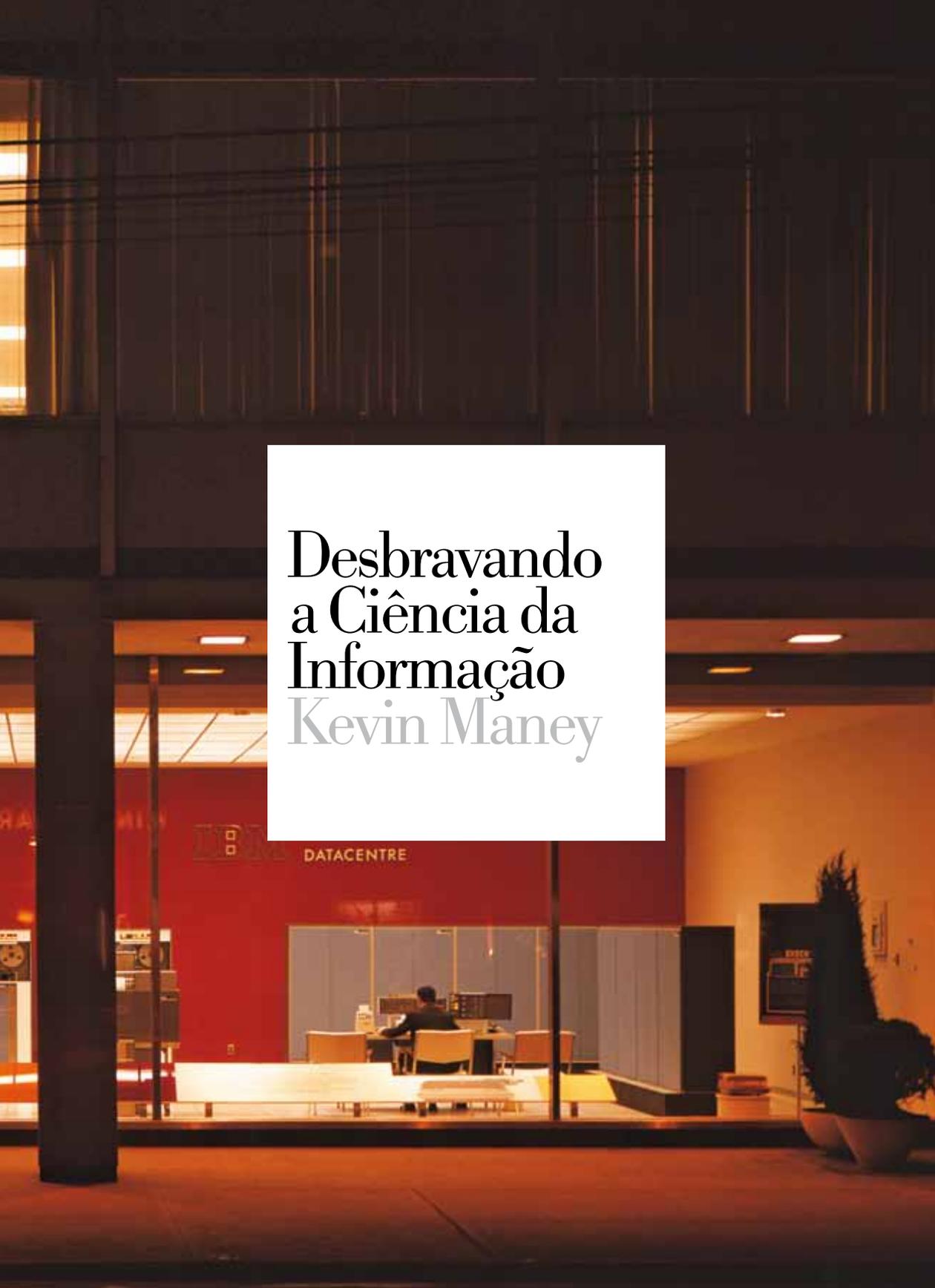


IBM

THE BANK

OPERATIONS





Desbravando
a Ciência da
Informação
Kevin Maney

Em 28 de março de 1955, a capa da revista *Time* trazia um desenho do rosto do presidente da IBM, Thomas Watson Jr., à frente da caricatura de um robô, com uma manchete onde se lia: “Clique. Tecele. Pense.”. Na época, poucos, a não ser um pequeno grupo de especialistas, haviam visto — e muito menos tocado — um computador. O artigo da revista maravilhava-se com o maquinário desenvolvido pela IBM e em funcionamento em um edifício de escritórios da Monsanto.

“Para a IBM, era a Máquina de Processamento de Dados Eletrônicos Modelo 702”, relatava o artigo. “Para a Monsanto e os visitantes admirados, era simplesmente ‘o cérebro gigante’.”

É inevitável considerar os computadores dessa forma. Seja em 1911, 1955 ou 2011, nós equipamos o computador — duro, rígido e alimentado por eletricidade — ao cérebro humano — macio, maleável e alimentado biologicamente. Computadores sempre foram ferramentas: têm tão pouca semelhança com o cérebro quanto o martelo tem com a mão. Ainda assim, misturamos as metáforas com a ideia de que, conforme os computadores evoluem, podemos passar para eles mais um pouco do trabalho da mente, tornando-os parceiros em nossos esforços para melhorar o mundo e para lidar com sua crescente complexidade. A IBM já pensava dessa forma sobre computação em grande parte da sua existência. Como a *Time* expressou naquele artigo de 1955:

O novo cérebro da IBM é uma extensão lógica do famoso slogan da empresa, “PENSE”. Na era dos cérebros eletrônicos gigantesco, o presidente da IBM Thomas J. Watson Jr. está aplicando às máquinas o slogan que seu pai Thomas J. Watson, presidente do conselho administrativo da IBM, aplicou apenas a pessoas. O Presidente Watson espera mecanizar centenas de processos que requerem o monótono e repetitivo “pensamento” nos negócios do dia a dia. Assim, liberado da opressiva rotina, o homem pode pôr o seu cérebro para trabalhar em problemas que requerem uma função que vai além das capacidades da máquina: o pensamento criativo.

Naturalmente, os tecnólogos e cientistas da informação não passaram os últimos 100 anos tentando criar um computador que imitasse o funcionamento do cérebro humano. O objetivo sempre foi aumentar a capacidade exclusivamente humana de pensar. Embora um computador tenha derrotado o campeão mundial de xadrez e vencido os dois maiores campeões de todos os tempos no programa de TV *Jeopardy!*, um computador não pode raciocinar, assim como uma máquina de arremessos não pode ser um astro do beisebol. Ainda assim, a evolução dos computadores fez mais do que resolver problemas de matemática realmente difíceis.

A TECNOLOGIA DA INFORMAÇÃO MUDA LITERALMENTE O JEITO DE PENSARMOS. Ela segue em frente, mostrando-nos o que é possível e liberando nossas mentes para sonhar com o que faremos a seguir. Os sonhos nos inspiram a criar uma tecnologia melhor, o que por sua vez desencadeia novas ideias sobre o que a tecnologia pode fazer.

No entanto, há uma parte da revolução da informação que Watson Jr. perdeu. Todas as peças da computação – sensores, armazenamento, processadores, software, redes – conspiraram para extrair dos cérebros das pessoas as informações e os processos de pensamento. O que as pessoas sabem – até mesmo as decisões que elas sabem tomar – é capturado e compartilhado. Isso é combinado com dados sobre a natureza e a atividade humana – informações que só recentemente começamos a captar por meio de sensores e transações eletrônicas, em um volume sem precedentes. A tecnologia está impulsionando o conhecimento mundial para um acervo global, criando um plano superior – ou, pelo menos, um campo mais amplo – de consciência. A busca por fazer as máquinas “pensarem” não gerou uma paródia do pensamento humano individual, mas um novo tipo de pensamento. Muitas pessoas interconectadas podem ter acesso à mesma diversidade de informações quase ao mesmo tempo e, com a ajuda de máquinas, trabalhar nessas informações. Estamos criando um turbilhão de conhecimentos, pessoas e computadores, todos alimentando uns aos outros.

Em última análise, o objetivo dessa relação simbiótica é fazer o mundo funcionar melhor. Estamos constantemente criando sistemas que elevam o nível da existência em nosso planeta.

A história de como chegamos aqui começa em 1911, com máquinas rudimentares de cartões perfurados, e avança em direção ao futuro com tecnologia capaz de oferecer simulação de supercomputadores a dispositivos portáteis por meio de uma rede de computadores em nuvem e de incorporar a computação e a rede na própria trama dos negócios e da vida. Os detalhes dessa jornada podem ser compreendidos examinando-se os grandes avanços nos seis pilares da evolução da tecnologia da informação:

Sensores

Os mecanismos para obter informações das pessoas e dos eventos e colocar em computadores.

Memória

O modo de os computadores armazenarem e acessarem as informações.

Processamento

A velocidade e os recursos básicos dos computadores.

Lógica

O software e as linguagens que permitem que os computadores funcionem.

Conexão

As formas de os computadores falarem com as pessoas e máquinas.

Arquitetura

A natureza dinâmica da computação e da forma de pensarmos nas informações.

Juntos, esses pilares integram e formam o ambiente moderno de computação. A história por trás do desenvolvimento dos pilares conta com heróis de todas as partes do mundo. Eles trabalharam em empresas e entidades como Bell Labs, Machines Bull, Cray Research, Intel, Xerox PARC, Sony e Apple, entre outras. A IBM teve um papel importante em toda a história da computação, em cada década dos últimos 100 anos.

Em 1911, o financista Charles Flint unificou três pequenas empresas de tecnologia: uma que fazia balanças calculadoras (que calculavam automaticamente o preço total de um item vendido por peso); uma que fazia máquinas tabuladoras; e uma que fazia relógios de ponto que os funcionários usavam nas fábricas. Inicialmente, a empresa resultante foi chamada de Computing-Tabulating-Recording-Company, ou C-T-R, à qual se associou, em 1914, Thomas Watson. Em 1924, ele mudou o nome para International Business Machines. A empresa prosperou durante 100 anos com base naqueles primeiros produtos de informação e, de todas as formas, tornando-os cada vez melhores, mais rápidos e mais eficientes — mais inteligentes.

Desde que começou, em 1914, Watson introduziu o ilustrativo slogan “Pense”. E desde então sua empresa tem desempenhado um papel importantíssimo na reinvenção do pensamento.

• • •

Sensores

Para fazer qualquer coisa com a informação, as máquinas precisavam primeiro absorvê-la; precisavam sentir o mundo. Nos últimos 100 anos, a percepção dos computadores foi do toque à audição, e à visão — e além.



Durante 60 anos, os cartões perfurados — com base na percepção de toque dos computadores — dominaram a forma de inserir informações.

Nas selvas do Quênia central, há zebras que passaram a fazer parte de uma rede de computadores peer-to-peer exclusiva e segmentada. Os cientistas colocaram nos animais coleiras de couro com sensores computadorizados e dispositivos de transmissão. Chips GPS nos dispositivos permitem que os cientistas acompanhem os movimentos de cada zebra, desde os pequenos trotes para chegar aos poços até a migração através das planícies. Os instrumentos monitoram os hábitos alimentares das zebras, identificando onde e por quanto tempo elas param para comer, e acompanham a interação das zebras com outras espécies, inclusive leopardos e leões, cujos hábitos alimentares as deixam em alerta total.¹

Cada zebra funciona como um nó em uma rede chamada ZebraNet. Toda vez que os dispositivos da ZebraNet chegam suficientemente perto, cada nó envia a uma dúzia de outros nós-zebras do sistema as informações que coletou. Sem fio. Isso torna cada nó um repositório de tudo o que todos os nós obtêm. Para fazer download de todos os dados em um laptop, um cientista só precisa acessar o passado de uma única zebra da rede.

Com a ZebraNet, os cientistas conseguem coletar detalhes antes indisponíveis sobre o comportamento das zebras. O que, por exemplo, as zebras fazem à noite? “A maior parte de nosso conhecimento sobre as zebras vinha das observações diurnas. Ninguém queria ficar ao ar livre à noite com os leões, tentando vislumbrar e descobrir o que as zebras estavam aprontando”, disse Margaret Martonosi, professora na Universidade de Princeton, principal pesquisadora no projeto ZebraNet e ex-membro da equipe da Divisão de Pesquisa IBM.

Nos anos 2010, a ciência da computação e da informação está se beneficiando de uma explosão no uso de sensores. Na Irlanda, nós conectados a boias amarelas nas águas frias da Baía de Galway detectam poluição, sondam padrões de onda perigosos, monitoram a população de frutos do mar e fazem upload das informações na Internet para o público. Médicos especialistas estão experimentando redes de sensores instalados no corpo dos pacientes. As redes usam dispositivos do tamanho da cabeça de um alfinete para acompanhar a saúde dos pacientes, enviando, sem fio, os dados a computadores. Robôs industriais dependem da visão dos computadores e do toque de sensores para montar automóveis e buscar defeitos. Sensores químicos podem sentir o cheiro de veneno no ar. Telefones celulares podem ouvir termos pesquisáveis falados no aparelho.²

Os humanos usam seus sentidos —visão, audição, tato, olfato e paladar— para reunir informações e colocá-las em sua unidade central de processamento, o cérebro. Os computadores —finalmente, após 100 anos— estão ganhando uma versão desses sentidos. Mais ou menos. De certa forma, os sentidos dos computadores estão longe de ser tão bons quanto os sentidos humanos. Ainda assim, os computadores podem perceber de uma forma que os humanos não podem. Com o GPS, eles sabem sua própria localização. Eles podem detectar as menores diferenças na estrutura molecular do ar em uma sala. Podem executar tarefas sob a água, incorporados no concreto ou dentro de uma fralda e nunca, nunca se cansam.

Nas próximas décadas, os sensores vão mudar o modo de pensar em computação e nos dados que os computadores podem acessar. Até recentemente, no entanto, os sensores dos computadores eram impressionantemente ruins. A jornada até agora —de computadores começando a contactar e compreender seu ambiente— tem sido árdua e frustrante. Ao longo do caminho, lampejos de inventividade têm ajudado a decifrar a escuridão, pouco a pouco.

Na maior parte da história da computação, entretanto, os computadores enfrentaram o desafio de sentir o mundo apenas com o toque.

HERMAN HOLLERITH obteve seu diploma de engenheiro na Universidade de Colúmbia aos 19 anos e foi trabalhar no Bureau de Recenseamento dos EUA como estatístico, ajudando na contagem da população para o censo de 1880. A tarefa de avaliar a crescente população do país e subdividi-la por idade, gênero, raça e outros fatores era irritantemente lenta e cara. Um gerente do Bureau lamentava que não houvesse uma máquina capaz de contar a população mais rapidamente. Afinal de contas, era o amanhecer da idade das máquinas — locomotivas, usinas a vapor, balanças calculadoras, pás carregadeiras a vapor. Por que não projetar máquinas para contar? Hollerith concordou e começou a criar uma máquina de contar.³

Enquanto Hollerith trabalhava, por várias vezes achou que fazer máquinas para contar era mais fácil do que fazê-las compreender *o que* estavam contando. As informações do mundo externo tinham de entrar de alguma forma nas máquinas tabuladoras de Hollerith. As informações registradas pelos coletores do censo ou



Quando desenvolveu o cartão perfurado, Herman Hollerith extraiu ideias do tear de Jacquard e também de observar os condutores dos trens perfurando os tíquetes para marcar a situação dos passageiros.

postadas pelo público tinham de ser lidas por uma máquina que não conseguia ver nem ouvir.

Para resolver o problema, Hollerith recorreu à história. Mais de 80 anos antes, na França, Joseph Marie Jacquard tinha criado um modo de automatizar teares mecânicos a vapor, usando para guiá-los uma série de orifícios perfurados em cartões de papelão. Os cartões continham colunas e linhas de orifícios organizadas em diferentes padrões. Ganchos nas engrenagens tocavam os cartões. Se encontrassem um orifício, eles passavam e se ligavam ao fio; caso contrário, os ganchos eram bloqueados e não faziam nada. Os diferentes padrões perfurados nos cartões produziam diferentes desenhos têxteis.

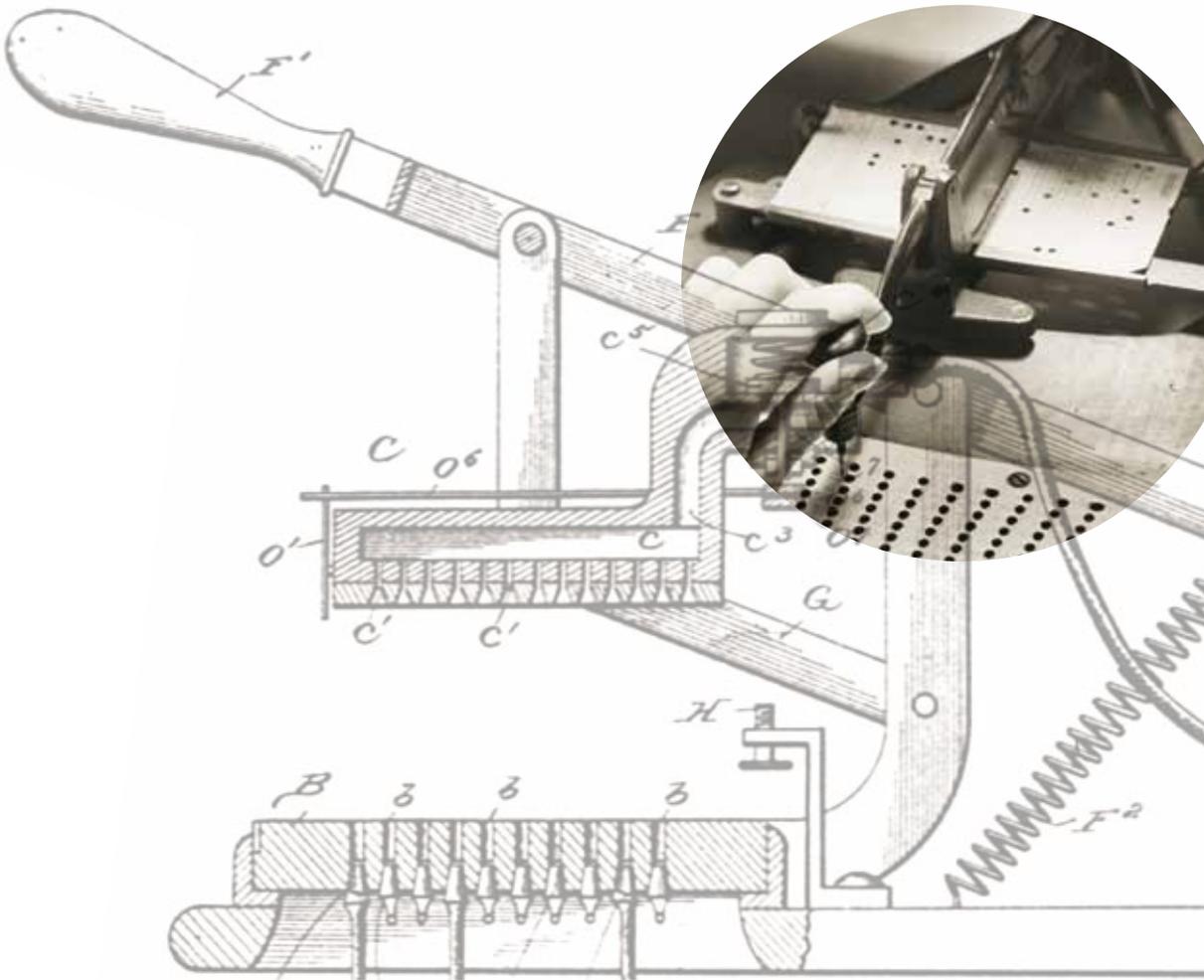
Poucas décadas depois, o matemático inglês Charles Babbage retomou o projeto de Jacquard quando tentou criar um processador de informações movido a vapor. Embora nunca tenha conseguido criar seu Difference Engine (nem o Analytical Engine, muito mais ambicioso), Babbage criou layouts detalhados daquilo que pretendia ser uma máquina de calcular polinômios, formada por engrenagens e alavancas. Para receber os dados, dedos de metal se estenderiam para ler os orifícios de um cartão perfurado, mais ou menos como os ganchos faziam no tear de Jacquard.

Hollerith sabia da existência de Babbage e Jacquard. Por sinal, no final dos anos 1800, as primeiras pianolas, que tocavam música usando orifícios perfurados em rolos de um papel grosso, estavam se tornando populares. De qualquer forma, Hollerith tinha uma nova ferramenta à sua disposição. A eletricidade estava se tornando confiável, disponível e fornecia um modo de superar quaisquer conceitos anteriores em relação aos cartões perfurados.

No projeto de Hollerith, cada cartão, de aproximadamente 7,5 cm por 18 cm, continha os dados de uma pessoa. Um funcionário lia os dados do censo e perfuraria os detalhes daquela pessoa nos lugares apropriados do cartão. Cada perfuração representaria uma característica, como idade, estado civil ou renda. Então, o operador da máquina colocaria o cartão em uma prensa ligada à máquina tabuladora e fecharia a tampa. Isso empurraria um grupo de pinos na direção do cartão. Os pinos que conseguissem passar pelos orifícios entrariam em contato com pequenos recipientes parcialmente preenchidos por mercúrio, fechando assim um circuito elétrico. Isso transmitiria impulsos elétricos aos contadores

As máquinas tabuladoras reuniam unidades de informação tocando nos cartões perfurados para encontrar os orifícios, que representavam dados.

A máquina de Hollerith pressionava fileiras de pinos em um cartão. Os pinos que passavam pelos orifícios tocavam o metal do outro lado, fechando um circuito.



(semelhantes ao dial de um rádio) na máquina. Quantas mulheres brancas solteiras viviam em Dover, Delaware, em 1890? Bastava pôr na leitora de cartões de Hollerith uma pilha de cartões representando os habitantes de Dover, e o resultado era registrado no painel de contagem.

Hollerith deu aos computadores um modo de sentir o mundo por meio de uma forma rudimentar de toque. As máquinas de computação e tabulação subsequentes melhorariam o processo, agrupando mais informações em cartões e desenvolvendo métodos muito mais rápidos de lê-los. Ainda assim, espantosamente, por mais seis décadas os computadores não “sentiriam” de nenhum outro modo o mundo exterior.

Foi então que um antigo instrumento foi adaptado para dar aos computadores uma noção melhor sobre o que os humanos estavam tentando dizer.

MÁQUINAS DE ESCREVER já existiam desde meados dos anos 1800. No início do século XX, algumas pequenas empresas tiveram a ideia de que os motores elétricos poderiam tornar as máquinas de escrever mais rápidas e mais fáceis de usar. Uma delas era uma pequena firma de Rochester, Nova York, que se tornou a Electromatic Typewriter Company. Nos anos 1930, as máquinas elétricas já tinham aceitação nos negócios, e as secretárias obtinham empregos com base no número de palavras que podiam datilografar por minuto. Na IBM, os engenheiros começaram a se perguntar se uma máquina de escrever elétrica poderia ser ligada a uma máquina tabuladora elétrica como uma forma de entrada e saída de informações. Outras



IBM Selectric



IBM 1050 Data
Communications System

empresas de computação estavam pensando o mesmo. Em 1933, depois de encaixar as peças e perceber o surgimento desse novo tipo de máquina comercial, o CEO Thomas Watson fez um investimento: ele comprou a Electromatic.

No início dos anos 1960, as máquinas de escrever elétricas desviaram-se de seu próprio caminho. A invenção da máquina de escrever IBM Selectric causou um alvoroço nos escritórios de todo o mundo. A Selectric era equipada com uma cabeça de impressão esférica que substituíva o conjunto de barras tipográficas das máquinas convencionais. As barras costumavam se acavalar, reduzindo a velocidade do datilógrafo. A esfera cor de prata contornava esse problema: como não havia barras para se acavalem, a velocidade e a produtividade dos datilógrafos dispararam. As esferas podiam ser trocadas, de modo que se podia usar diferentes tipos de letras. A Selectric tornou-se a máquina elétrica de escrever mais bem-sucedida de todos os tempos, dominando totalmente o mercado de máquinas de escrever para escritórios por 25 anos.

Apesar disso, para Bob Bemer, cientista de computação da IBM, a Selectric representou uma das maiores falhas profissionais de sua vida.⁴

Bemer tinha ajudado a projetar aviões na Douglas Aircraft nos anos 1940 e trabalhou com a legendária Grace Murray Hopper na programação do UNIVAC nos anos 1950, antes de se juntar à IBM em 1957. Em 1960, foi solicitado que Bemer criasse um padrão para computadores que transformasse caracteres alfabéticos em um código que qualquer máquina pudesse compreender. “Nós tínhamos umas 60 maneiras diferentes de representar caracteres nos computadores”, disse Bemer à revista *Computerworld* em 1999. “Era uma verdadeira

Máquinas de escrever como a IBM Selectrics, acopladas a antigos sistemas de tempo compartilhado, deram aos operadores um modo de se comunicarem com os computadores. No final dos anos 1960, os operadores dependiam de terminais como o IBM 1050. O ThinkPad 701, lançado em 1992, oferecia um teclado que se abria e se estendia. Por 50 anos, a digitação tem sido o principal método para os seres humanos falarem com os computadores.



IBM ThinkPad 701

Torre de Babel.” O trabalho de Bemer produziu o ASCII (American Standard Code for Information Interchange, código norte-americano padrão para troca de informações), que até hoje define o alfabeto para os computadores. Bemer percebeu que os computadores precisavam de algumas outras teclas e caracteres para ajudá-los a compreender a linguagem humana e por isso acrescentou, por exemplo, as teclas Esc e Barra Invertida. A esposa de Bemer, Bettie, costumava passear pelo Texas em uma Mercedes em cuja placa se lia: ESC KEY. (Bemer morreu em 2004.)

Em 1961, quando os protótipos da Selectric já estavam sendo produzidos na fábrica de máquinas de escrever da IBM em Lexington, Kentucky, Bemer revisou as especificações. Bemer sabia que fitas e cartões perfurados ainda eram muito usados para entrada de dados, e alguns computadores usavam teclados de teletipo semelhantes aos usados pela Western Union para enviar telegramas, mas eram diferentes de uma máquina de escrever. Para ele, a Selectric seria um teclado de computador muito mais natural.

Bemer argumentou que a esfera de tipos devia ser projetada para comportar os 64 caracteres requeridos pelo ASCII, em vez dos 44 tipos padrão da máquina de escrever. Isso tornaria relativamente fácil converter a Selectric em um dispositivo de entrada de dados no computador. Entretanto, a Selectric nunca “falou” ASCII — e foi isso que Bemer viu como uma falha sua.

Mesmo assim, a Selectric parecia uma conexão tão natural entre o pensamento humano e a interpretação do computador que os usuários — tanto os engenheiros trabalhando nos bastidores da empresa quanto os pesquisadores desenvolvendo projetos em tempo compartilhado no MIT (Massachusetts Institute of Technology) — deram um jeito de usar as Selectrics para que as máquinas de escrever pudessem falar com os computadores. Conforme crescia a demanda por entrada de dados via teclado, a IBM “teve de fazer muito contorcionismo” para transformar a Selectric em um teclado de computador, disse Bemer. Em 1965, a IBM apresentou o terminal 2741 — basicamente uma Selectric espremida com itens eletrônicos em um pequeno gabinete. Esse terminal permitia que um usuário digitasse palavras que eram então traduzidas para uma linguagem que podia ser compreendida pela máquina Sistema 360. A transição da máquina de escrever para um teclado não foi exatamente suave nem bem planejada, mas os

computadores obtiveram um modo novo e extraordinariamente bem-sucedido de perceber os pensamentos e comandos de seus mestres humanos.

Na realidade, o teclado e outra invenção —o mouse de Douglas Engelbarts— permaneceram por décadas como os principais dispositivos de entrada no computador. Isto só começou a mudar nos anos 2010.

MUITO ANTES DE DIGITAR —aliás, muito antes da palavra escrita— os humanos se comunicavam falando. Uma pessoa falava e a outra compreendia captando as ondas sonoras e transformando-as em palavras e ideias. Por que então foi tão difícil fazer os computadores agirem da mesma forma?

O desejo de fazer as máquinas compreenderem a fala remonta, no mínimo, ao início do século vinte, embora os cientistas tenham feito pouco sucesso nessa área por décadas. Na Feira Mundial de Seattle em 1962, a IBM montou uma exposição para a mais avançada máquina de reconhecimento de voz do mundo, batizada de Shoebox (caixa de sapatos). Ela podia entender 16 palavras em inglês, correspondentes, em português, a: zero, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, menos, mais, subtotal, total, falso e desligado. Os visitantes do estande da IBM tiveram a chance de falar por microfone com a Shoebox, geralmente observando com espanto como a máquina imprimia respostas às contas básicas de aritmética.⁵

A Shoebox surgiu do trabalho feito por William Dersch e sua equipe na Divisão de Sistemas Avançados, em San José, Califórnia. Como muitos outros cientistas, os da equipe IBM estavam tentando fazer um computador ouvir à maneira dos humanos, dependendo de padrões de frequência dos sons. Com esses padrões, entretanto, as máquinas não podiam detectar onde uma palavra começava e terminava. Então, em 1959, “um dia deu o estalo!”, escreveu Dersch em uma edição da revista *Datamation*. Enquanto estudavam os padrões de onda da fala em um osciloscópio, os pesquisadores notaram que era comum as formas das ondas



William Dersch com a Shoebox, 1961.



Navegação de automóveis ativada pela voz, 2010.

Os engenheiros têm trabalhado desde os anos 1960 para fazer os computadores decifrarem a voz humana. A Shoebox da IBM só compreendia 16 palavras. Agora, os computadores podem interpretar a língua natural falada. Muitos sistemas de computador instalados em carros compreendem 10.000 palavras ou mais.

sonoras ficarem fora de fase umas com as outras. Esse fenômeno não tem impacto considerável na audição humana. No entanto, as diferenças de fase podiam ser traduzidas de modo que os computadores pudessem começar a diferenciar sons da fala humana. Alguns cientistas descreveram isso como a adaptação do som para o modo de as máquinas ouvirem, em vez de forçá-las a ouvir como os humanos.

Ter feito a Shoebox entender aquelas 16 palavras para a Feira Mundial impressionou o público. Um repórter de rádio anteviu um tempo em que “um profissional do futuro poderá conectar seu aparelho a uma máquina de escrever e ditar suas mensagens diretamente na máquina” — embora um representante da IBM tenha deixado claro ao repórter que o reconhecimento de voz “nunca substituiria uma secretária”.

Após a grande novidade da Shoebox, o desenvolvimento do reconhecimento de voz começou a se acelerar, auxiliado pelo crescimento exponencial da capacidade da computação. (A Shoebox era formada por 31 transistores; um chip Pentium tem mais de 200 milhões.) Dersch dizia esperar que os sistemas de reconhecimento de voz um dia entenderiam entre mil e 10 mil palavras. Em 1980, o marco das mil palavras foi alcançado, com uma precisão de 91%. Em 1984, os melhores sistemas de reconhecimento de voz compreendiam 5 mil palavras, com uma precisão de 95%. Em 1986, a IBM estava vendendo um software de reconhecimento de voz para seu Personal Computer/AT, pondo a tecnologia nas mãos dos consumidores. Afinal, o software de voz ViaVoice, da IBM, foi vendido a uma empresa chamada Nuance, que fabrica o software Dragon Naturally-Speaking.⁶

Hoje, o reconhecimento de voz tornou-se muito difundido e incrivelmente preciso, com um amplo vocabulário. É comum as chamadas às linhas de atendimento ao consumidor caírem em um sistema de reconhecimento de voz. Os smartphones permitem que os usuários falem termos pesquisáveis ou informem um endereço quando querem encontrar algo em um mapa. Os novos automóveis vêm com reconhecimento de voz incorporado, de modo que um motorista possa dar telefonemas, obter ajuda no tráfego ou mudar a estação de rádio sem tocar em nenhum botão. Em outra dimensão da fala humana, o sistema DeepQA da IBM — originalmente desenvolvido para permitir que um computador participasse do *Jeopardy!* — emprega um processamento sofisticado da linguagem natural que pode dissecar as sutilezas de uma questão capciosa.

Ainda assim, independentemente da distância já percorrida pelo reconhecimento de voz, a real compreensão da fala humana pelas máquinas continua sendo um desafio. “Dez anos atrás, eu sustentava que a esta altura os computadores superariam os escreventes humanos”, disse o IBM Fellow David Nahamoo, que chefia a pesquisa de reconhecimento de voz da IBM. “Nós estabelecemos isso como objetivo e já fomos longe, mas ainda não chegamos lá. Daqui a dez anos? É possível.”

Nahamoo acrescentou: “O estágio final da tecnologia de voz é a interação total nas conversas. Se eu falar por três minutos, o que eu disse? Isso ainda é difícil.”⁷

O SETOR DE SUPERMERCADOS viu, nos anos 1970, uma oportunidade em um enorme problema. Na época, a inflação estava no auge, havia muita flutuação nos preços e era dispendioso contratar mão de obra para ficar alterando as etiquetas adesivas de preços dos produtos. As lojas abasteciam o estoque com base mais em palpites do que em qualquer outra coisa. Ao mesmo tempo, o setor varejista de gêneros alimentícios estava se tornando mais competitivo à medida que as cadeias de supermercados se expandiam. Isso tornou os clientes mais exigentes. Se uma loja ficasse constantemente sem, digamos, Choco Krispis, os consumidores mudavam para uma cadeia de supermercados com um melhor controle dos estoques.

A tecnologia que chegou ao mercado nos anos 1970 ofereceu uma solução possível. Mainframes e bancos de dados podiam armazenar e classificar enormes volumes de informação sobre estoque e preços. Se houvesse um modo de introduzir rapidamente os dados de cada produto nos computadores, ainda na caixa registradora, as lojas teriam informações precisas sobre o estoque. Elas poderiam alterar os preços digitando-os em um teclado.

A objeção do chefe: não havia nenhum sistema capaz de ler os preços de dezenas de produtos e mover os dados para os computadores. Os computadores, afinal de contas, não enxergam.

Desde o final dos anos 1940, os tecnólogos vinham explorando métodos para gravar no caixa as informações sobre os produtos. Em 1951, o engenheiro Norman Woodland juntou-se à IBM e propôs um código de produto em forma de olho de

boi que fosse legível por um feixe de laser de varredura óptica. (Em 1949, ele requereu patente para os conceitos do código de barras tanto linear quanto circular e obteve uma em 1952.) Os executivos da IBM ficaram intrigados, mas consideravam a tecnologia de então limitada demais para fazer funcionar os códigos de barras com confiabilidade e mais tarde venderam a patente do código de Woodland à RCA.

Durante anos, o olho de boi e outros estilos de código foram usados experimentalmente para rastrear vagões ferroviários, caminhões de entrega e até mesmo veículos em uma ponte com pedágio em Nova Jérsei. O equipamento, no entanto, continuava demasiadamente caro e não confiável para ser empregado amplamente. No final dos anos 1960, os transistores, lasers e outros componentes eletrônicos se tornaram pequenos e baratos o suficiente para tornar os scanners de produtos economicamente viáveis. A tecnologia seria cara, mas os varejistas que pudessem adquiri-la teriam um rápido retorno. As cadeias se reuniram e pediram a algumas empresas de tecnologia que apresentassem propostas para uma tecnologia comum de códigos de produtos. O conceito só funcionaria se todos os varejistas e fabricantes aceitassem o mesmo padrão.

A IBM estava entre as empresas que trabalharam no padrão. Altos executivos da IBM não se importavam muito com o código que seria escolhido, desde que fosse estabelecido um padrão e a empresa pudesse vender computadores e outros tipos de equipamento comercial aos varejistas. A IBM designou George Laurer, engenheiro de seu centro de pesquisas em Raleigh, Carolina do Norte, para criar um documento que apoiasse o código olho de boi da RCA — a tecnologia originalmente patenteada por Woodland antes que ele entrasse na IBM. A alta hierarquia da IBM examinaria o documento um dia depois que Paul McEnroe, gerente de Laurer, voltasse de férias. O documento de Laurer tinha de estar pronto na ocasião.⁸

Laurer nunca escreveu o texto. McEnroe “queria que eu escrevesse algo entusiasmado que dissesse que a proposta da RCA era o máximo”, lembrou-se Laurer, “mas minha natureza e meu treinamento não me permitiriam apoiar algo em que eu não acreditava”. As especificações do código eram rigorosas. O código de vários dígitos tinha de ser legível em diferentes ângulos, com uma taxa de erro menor do que 1 em 20.000. Laurer logo concluiu que o olho de boi, código que usava círculos concêntricos, não atenderia as exigências. O padrão era difícil de imprimir sem apresentar erros, especialmente quando compactado para o menor

O código de barras foi a primeira entrada visual de dados bem-sucedida para computadores, permitindo que as máquinas identificassem um produto e seu preço.

tamanho solicitado pela indústria. Assim, “eu simplesmente fui contra a determinação de meu gerente e comecei a projetar um sistema melhor”, disse Laurer.

Ele já tinha trabalhado em códigos ópticos, e o padrão retangular, zebrado, que ele propôs era fácil de imprimir e funcionava bem em qualquer tamanho. Laurer e seus colaboradores propuseram um sistema de dois espelhos colocados em um leitor de códigos de barras que criassem um padrão X de duas linhas. Esse padrão garantia uma leitura precisa do código, independentemente da direção.

Laurer terminou sua apresentação em casa e esperou que o chefe, que morava do outro lado da rua, três casas abaixo, voltasse das férias. Assim que McEnroe chegou, Laurer foi lá e lhe mostrou o plano.

McEnroe não ficou contente — os executivos da IBM esperavam uma proposta baseada no código da RCA. “Ele deixou claro que, se eu estivesse enganado, seria o fim da minha carreira, não da dele”, disse Laurer. “Eu estava mesmo jogando ‘aposte seu emprego’.” Apesar disso, McEnroe o apoiou, e Laurer fez a apresentação. A equipe da IBM comprou a ideia, concordando em tentar a abordagem de Laurer. Um teste incomum corroborou o sistema de Laurer: o código foi aplicado ao fundo de cinzeiros com base de sacos de areia, e o lançador do time de softball da IBM passava os cinzeiros em alta velocidade por um scanner. O código de todos os cinzeiros foi lido corretamente.

O sistema UPC (Universal Product Code, código universal do produto) tornou-se uma das mais profundas contribuições à tecnologia industrial. Para os varejistas, o código de barras significava economia, melhor atendimento ao consumidor, controle preciso do estoque e grandes volumes de dados de marketing. A tecnologia logo se espalhou para outros setores. Hoje, o sistema de código de barras é onipresente e usado para acompanhar tudo, de carros de aluguel a gado leiteiro, da bagagem nos aviões às bolsas de sangue. Em praticamente todos os tíquetes, há um código de barras, seja no cartão de embarque de uma linha aérea, na passagem de um teleférico ou no ingresso do cinema. Sem o sistema UPC, teria sido impossível criar o sistema de estoque just-in-time, que revolucionou a indústria no final do século vinte e deu início à era das megalojas e das cadeias globais de fornecimento.

O código de barras deu aos computadores um modo de registrar dados ao vê-los — não do jeito que o humanos veem, mas da forma adequada à computação. Um computador não poderia ver uma embalagem de morangos e reconhecê-la,

Propostas de código de barras



Litton



Singer



Charecogn



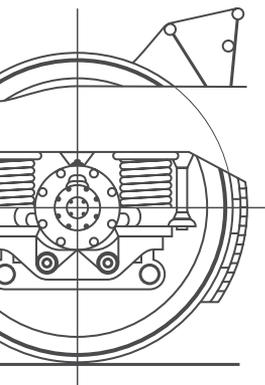
Pitney-Bowes



RCA



IBM



mas podia ler uma série de linhas na embalagem e saber que continha morangos — e quanto custavam — tão depressa quanto qualquer pessoa.

Os pesquisadores da computação não pararam aí. Por décadas, eles vêm tentando fazer os computadores verem. No início, os computadores podiam reconhecer contornos em um vídeo. Por exemplo, um robô podia passear por um quarto processando as imagens que via por meio de uma câmera de vídeo. No final dos anos 1990, os primeiros programas de software comerciais eram capazes de percorrer um disco rígido para encontrar todas as fotos de certo rosto. Hoje, a tecnologia de reconhecimento facial — uma combinação de sensores em 3-D, análise da textura da pele e técnicas de comparação de amostras — pode comparar fotos de suspeitos em um banco de dados de fotos ou vídeos, identificando rostos semelhantes melhor do que um ser humano.

Os sistemas de reconhecimento de caracteres, como os usados em Cingapura e Estocolmo para monitorar o tráfego, conseguem ler placas de veículos, mesmo que estejam respingadas de lama ou de neve. Os sistemas de vigilância por vídeo estão começando a reconhecer formas e movimentos, o que lhes dá a capacidade de distinguir, por exemplo, se um intruso é um cão ou uma pessoa.

A rede peer-to-peer de zebras no Quênia dá apenas uma pista sobre o que está por vir. No Vale de Napa, Califórnia, sensores monitoram os níveis de evaporação da água em videiras específicas e alertam os vinicultores sobre os melhores períodos de rega. Em Copenhague, sensores montados em bicicletas coletam informações sobre a qualidade do ar, que os ciclistas podem transmitir pelo smartphone a outros ciclistas, que podem então escolher uma rota mais saudável. O tráfego total de celulares está sendo monitorado para determinar quais edifícios da cidade estão superpovoados e a que horas, como uma forma de administrar melhor o consumo de energia.

Os sistemas de computadores podem contar com os sensores para detectar minúsculas mudanças que os seres humanos não conseguem perceber.

No sistema de trilhos de alta velocidade de Taiwan, sensores reúnem mais de 320 mil elementos de dados, desde a rotação e a temperatura das rodas até a espessura dos cabos superiores dos quais o trem extrai energia. Se o sistema percebe um problema, como desgaste excessivo do freio, ele envia automaticamente uma notificação à central de comando e gera a solicitação de serviço apropriada.

Antes, as máquinas padeciam de uma capacidade extremamente limitada de adquirir informações sobre o mundo a seu redor, mas agora elas têm uma capacidade crescente de monitorar operações no planeta nos mínimos detalhes, decifrando e analisando essas informações para os seres humanos. Trabalhando juntas, as pessoas e as máquinas vão sentir e compreender o planeta de maneiras antes inconcebíveis.

Neste meio tempo, a história da capacidade sensorial dos computadores deu uma volta completa em torno de si. Começou com as máquinas tabuladoras que tocavam os cartões. Em 2011, os humanos estão tocando os computadores. A tecnologia de telas sensíveis ao toque (touch-screen) está disponível desde que uma empresa de Kentucky chamada Elographics desenvolveu as primeiras versões, em 1977. Ao longo das décadas, a tecnologia tem sido usada em quiosques e museus, e apareceu no PalmPilot e alguns outros dispositivos, mas não se tornou popular como interface de computador.

A Apple mudou isso com o iPhone e depois com o iPad. Em ambos os casos, as pessoas primeiro recorrem a uma tecnologia intuitiva e delicada de multitoques para dizer aos dispositivos o que elas querem fazer. O modo mais emocional e caloroso de percepção está ligando as pessoas e as máquinas, oferecendo essa conexão física — e deixando as pessoas tocarem a informação— enquanto todos esperam que as máquinas consigam ver e ouvir melhor os seres humanos.

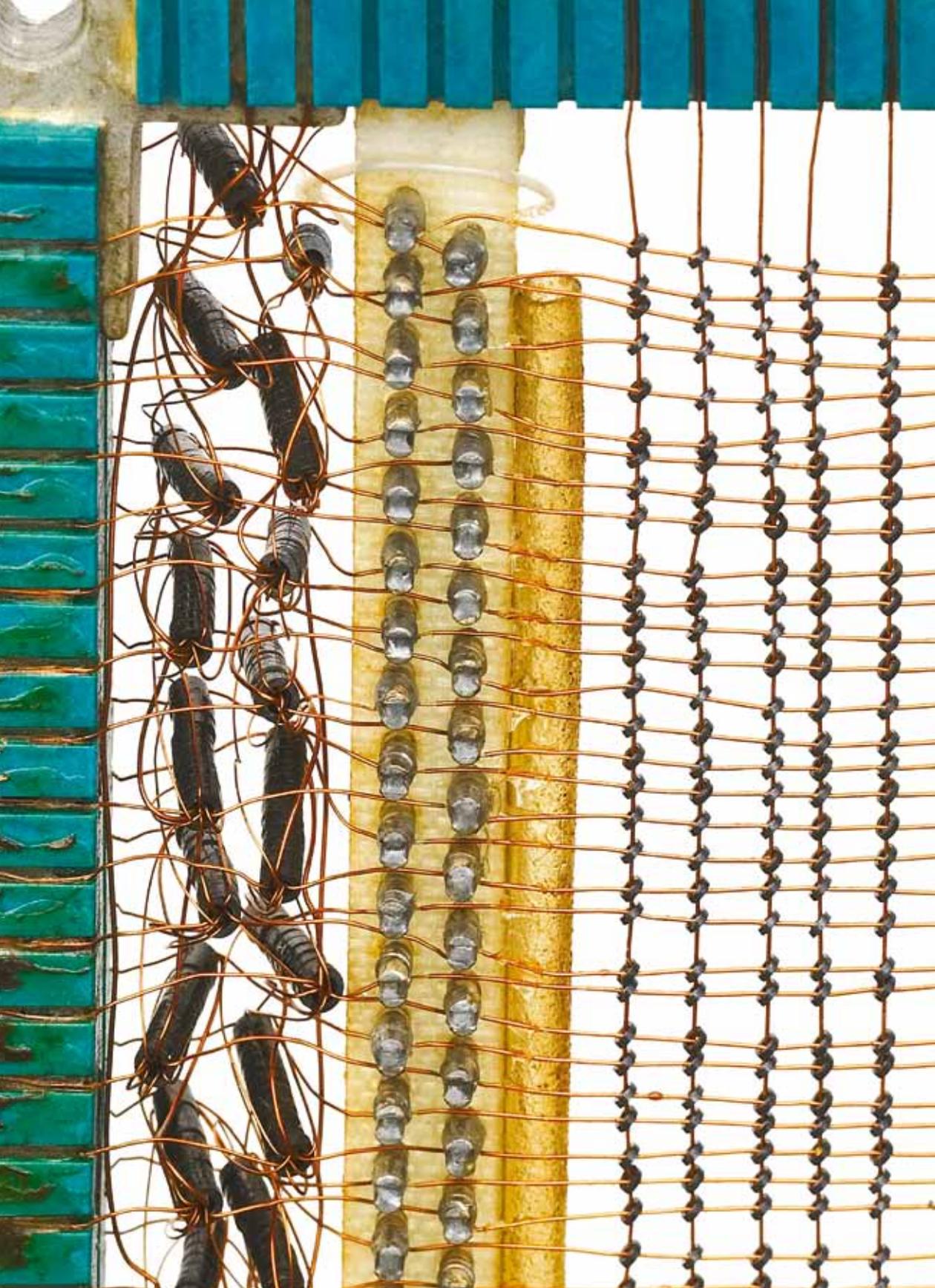
• • •

Memória

O armazenamento e o acesso às informações — a matéria-prima da computação — tornou-se tão eficiente que agora estamos nos aproximando da memória total.

A memória de núcleos magnéticos foi uma das primeiras formas de armazenar informações. Os anéis de ferrita eram magnetizados no sentido horário ou anti-horário pela rede de fios, e cada anel representava zero ou 1.





Nos anos 1950, Phil Fox estava dirigindo o Departamento de Tabulação da American Stores Company, o que lhe deu uma perspectiva sobre como seria ter um cérebro sem memória acessível.

A American Stores, constituída em 1917 quando a Acme Tea Company fundiu-se com 4 mercearias da Filadélfia, tornara-se uma das maiores cadeias de supermercados e drogarias dos Estados Unidos. A única forma de administrar mais de 2.000 lojas no início dos anos 1950 e manter alguma aparência de controle era contar com uma sala cheia de computadores eletromagnéticos e outra sala com uma enorme quantidade de cartões retangulares perfurados.⁹

Isso era muito parecido com operar um cérebro em uma sala e sua memória em outra. O computador era o processador, mas não podia armazenar nada. Os cartões guardavam cada fragmento de informação relevante para a American Stores: pedidos de produtos, folha de pagamentos, vendas, despesas, estoque. A máquina não podia produzir nada além de um lote de cartões cuidadosamente classificados, que haviam sido levados para a máquina e lidos. Quando a máquina terminava de classificar e contar o lote e de relatar os resultados, os cartões eram removidos — e a máquina esquecia tudo.

“Em nossa estrutura, isso significava que todos os pedidos de uma marca de sopa ou de uma marca de cereal, ou de qualquer outro item, precisavam primeiro ser reunidos”, disse Fox a um entrevistador em 1960. “E com algo em torno de 70.000 itens sendo processados a cada dia, isso podia ser uma tarefa e tanto.” Se um pedido de Coca-Cola chegasse de uma loja duas horas depois de o lote Coke de cartões perfurados ser executado, o pedido só poderia ser registrado e arquivado um ou dois dias depois, quando o próximo lote Coke fosse executado.

Problemas semelhantes afetaram muitas empresas globais nos anos 1950. Empresas de computação como IBM e Sperry (posteriormente Sperry Univac) inventaram cérebros eletrônicos que podiam contar, correlacionar e calcular muito rapidamente, automatizando o que até então era um trabalho pesadíssimo. Mas toda informação — toda a memória — estava naqueles buracos perfurados em um papelão. Os cartões eram manualmente classificados, empilhados, carregados e arquivados por seres humanos. A estrada de ferro New York Central perfurava 175.000 cartões por dia.

E, com o cérebro e a memória separados, não havia como interagir com os dados — não era possível usar o computador para descobrir aleatoriamente quantas

embalagens de Coca-Cola tinham sido vendidas em determinada semana nem para mudar o número de carros em uma viagem de Nova York a Boston em qualquer horário do dia.

No decorrer dos anos 1950, ninguém sabia realmente o que significaria ter dados digitais armazenados imediatamente e acessados aleatoriamente por um computador. Ninguém sabia como isso poderia ser feito. Ninguém entendia que colocar o cérebro e a memória juntos alteraria completamente a ideia e o poder da computação.

POR MAIS DE 60 ANOS, as empresas e os governos dependeram de cartões perfurados para armazenar e recuperar informações. Os cartões perfurados representam um dos mais incríveis casos de sucesso na história da tecnologia da informação.

Herman Hollerith transformou os cartões perfurados em dispositivos de armazenamento de dados quando adotou uma prática usada pelos condutores de trens, a de fazer furos nos tíquetes dos passageiros, e aplicou-a para identificar e contar pessoas para o Bureau de Recenseamento dos EUA. Um furo em determinado lugar significava cabelos pretos; em outro lugar, significava masculino ou feminino. Hollerith percebeu que poderia criar algo como uma “fotografia por furos” de cada habitante dos EUA.

Em 6 de julho de 1911, Hollerith concordou em vender sua Tabulating Machine Company para o financista Charles Flint, por US\$ 2.312.100, e a empresa passou a fazer parte da Computing-Tabulating-Recording-Company, de Flint. Nos anos 1920, a C-T-R transformou-se em IBM. A Remington Rand surgiu como a principal concorrente em cartões perfurados e máquinas tabuladoras. Os cartões evoluíram para conter mais informações. As versões iniciais continham 45 colunas. Um passo revolucionário da IBM em 1928 criou cartões com 80 colunas. A Remington Rand reagiu com um cartão com 90 colunas — que, curiosamente, não afetou os negócios da IBM. O cartão de 90 colunas podia armazenar mais dados, mas não era tão fácil de usar quanto os cartões de 80 colunas da IBM.

A memória das instituições migrou dos arquivos e livros contábeis para os cartões perfurados. As estradas de ferro estavam entre as primeiras e automatizaram as informações sobre vagões, carga e passageiros. Varejistas como a Marshall Field’s

transferiram o controle de estoque para cartões. Quando o governo dos EUA criou a Social Security (previdência social), os cartões tornaram-se a memória financeira da nação, contendo informações sobre o salário dos trabalhadores. No final dos anos 1930, as máquinas de cartões perfurados haviam se espalhado pela Europa, usadas pela Nestlé na Suíça, pelo Gasômetro de Budapeste na Hungria, pelo Ministério das Finanças na Grécia e por várias outras entidades.¹⁰ A memória dos cartões perfurados possibilitou a expansão das corporações modernas. Em 1937, a IBM tinha 32 prensas funcionando em Endicott, Nova York, imprimindo, cortando e empilhando de 5 a 10 milhões de cartões perfurados por dia. Os próprios cartões eram responsáveis por um terço da receita da IBM nos anos 1950. Embora a IBM certamente fosse uma empresa de tecnologia, um fator importante em seu sucesso financeiro foi a fabricação e venda de cartões de papel.¹¹

No entanto, embora os cartões perfurados tenham possibilitado a expansão, o crescimento contínuo exigia cada vez mais cartões perfurados. Corporações e governos estavam rapidamente se deparando com problemas em relação a essa forma de memória. “Você entra no edifício da MetLife e lá encontra um andar inteiro cheio de arquivos de cartões”, disse James Birkenstock, um alto executivo da IBM nos anos 1940 e 50. “Os clientes queriam fazer coisas que estavam acima da capacidade do sistema de cartões perfurados. A IBM mudou na hora certa — talvez até um pouco tarde.”

Ainda bem que Bing Crosby indicou um novo caminho.¹²

COM O FIM DA SEGUNDA GUERRA MUNDIAL, a indústria global prosperou, promovendo um grande avanço na demanda por cartões perfurados. Embora a equipe de vendas da IBM explorasse aquela galinha dos ovos de ouro, alguns na administração — inclusive Thomas Watson Jr., que voltara da guerra para trabalhar com seu pai na direção da IBM — preocupavam-se com o fato de os clientes estarem sendo soterrados por cartões. Outro problema estava surgindo: os computadores mais recentes, baseados em válvulas eletrônicas, podiam processar informações muito mais rapidamente do que se podia alimentá-los com cartões. A memória estava atrasando o processamento, o que dificultava desenvolver mais rapidamente os computadores e persuadir os clientes a atualizar suas máquinas.

Durante a guerra, a empresa alemã AEG desenvolveu a fita magnética e o gravador de fitas. Um especialista em rádio das tropas de comunicação do exército

norte-americano, John Mullin, descobriu a invenção alemã perto do fim da guerra e levou-a para os Estados Unidos. Quase ao mesmo tempo, o cantor Bing Crosby começou a procurar meios de realizar seu programa semanal de rádio sem precisar estar ao vivo no estúdio todas as vezes. Crosby contratou Mullin para pré-gravar seus programas. Em 1º de outubro de 1947, o público ouviu o primeiro programa de rádio reproduzido a partir de uma fita magnética. Era o lançamento da nova tecnologia.

Um grupo de engenheiros do laboratório da IBM em Poughkeepsie, Nova York, tomou conhecimento dos experimentos de Crosby e trabalhou para armazenar dados da mesma forma. Ninguém, em lugar nenhum, sabia muito a respeito das propriedades da fita magnética, e parecia arriscado pedir aos clientes que acreditassem que suas informações estariam armazenadas com segurança em um formato que eles não podiam ver fisicamente. Enquanto isso, na IBM, buscar um sucessor para os cartões perfurados tinha se tornado, politicamente, um campo minado. “Uma vez, um veterano, já de cabelos brancos, da IBM de Poughkeepsie dirigiu-se a alguns de nós em particular”, disse Wayne Winger, um membro importante daquela primeira equipe de desenvolvimento de uma unidade de fitas. “Ele disse: ‘Lembrem-se, meus jovens, de que a IBM veio dos cartões perfurados e nossa base será sempre a dos cartões perfurados.’”¹³

A fita magnética foi a primeira a armazenar zeros e uns invisivelmente. As informações de um único cartão perfurado cabiam em um minúsculo pedaço de um rolo de fita.

A unidade de fita magnética IBM 2401.



Watson Jr., na época com trinta e poucos anos, era capaz de apoiar a tecnologia ainda não comprovada. O cientista da IBM Nathaniel Rochester lembrou que Watson marcou uma reunião e “percorreu toda a sala perguntando às pessoas se essa era ou não a coisa certa a fazer e alguns disseram ‘sim’ e outros disseram outras coisas. Então ele disse a todos os que responderam outras coisas que eles deveriam trabalhar em outros problemas”.¹⁴

A Minnesota Mining & Manufacturing (3M) desenvolveu a fita conforme as especificações da IBM, enquanto os engenheiros da IBM projetaram unidades de fita com partida e parada rápidas e que moviam a fita em torno dos carretéis com velocidade de 2,5 a 5 m por segundo. Outra vez, nada parecido com isso já tinha sido criado. Os engenheiros se depararam com a ideia de usar uma coluna de vácuo para, entre as paradas e partidas, capturar trechos da fita e armazená-los temporariamente. “Estávamos com pressa de experimentar a ideia”, lembrou um dos engenheiros, Wayne Weidenhammer. “E nós precisávamos de algum material muito fino e flexível para fabricar um diafragma bem delicado, sensível à pressão. Como não havia nada disponível à mão, a solução mais rápida foi enviar um dos jovens engenheiros à drogaria mais próxima para comprar uma calça plástica para bebês. Deu certo.”¹⁵

Em 1952, a IBM anunciou a primeira unidade de fita magnética do setor, chamada IBM 726. Ela acompanhava o 701, o primeiro computador eletrônico comercial da empresa. A IBM convenceu os clientes de que os dados permaneceriam na fita e que a unidade de fita aliviaria imediatamente os problemas de armazenamento. Um só rolo de fita, com aproximadamente 27 cm de diâmetro, guardava o equivalente a 35.000 cartões perfurados.

No entanto, logo surgiu um novo problema. A memória ainda não estava ajustada ao processamento. O processador precisava localizar os dados na fita, que precisava girar para a frente e para trás. O processador ficava em uma máquina e a memória em outra. A fita cuidava dos problemas de armazenamento e espaço, mas não do problema de processamento em lotes. De certo modo, o problema dos lotes era mais angustiante, porque as empresas podiam usar a fita para armazenar ainda mais informações.

Foi aí que entrou a Força Aérea dos Estados Unidos. Ela queria um novo sistema para controlar o estoque. E queria acesso aleatório às informações — de uma forma tal que, quando uma peça do equipamento saísse, os funcionários pudessem atualizar instantaneamente as informações e não precisassem esperar o

próximo lote ser processado. A IBM acabara de construir um laboratório em San José, administrado por um ex-professor de ciências para o segundo grau que tinha se tornado pesquisador independente. O laboratório assumiu o trabalho para a Força Aérea, sem ideia de como executá-lo.

A IDEIA DE ALGUM TIPO DE MEMÓRIA MAGNÉTICA acessível rapidamente estava por aí desde o final dos anos 1940. Pequenas empresas como a Engineering Research Associates de Saint Paul, Minnesota, desenvolveram o armazenamento em tambor magnético. Esses tambores rotativos eram confiáveis, mas lentos. An Wang, um chinês que migrou para os Estados Unidos e mais tarde criou a gigantesca Wang Laboratories, de processadores de texto, tinha desenvolvido antes disso uma tecnologia que tornou possível a memória de núcleos magnéticos. Esses dispositivos de fios e minúsculos ímãs eram rápidos no acesso, mas não conseguiam guardar muitas informações. Eles não podiam substituir a fita nem os cartões perfurados, mas foram usados como memória de curta duração nos primeiros computadores — os predecessores da memória de estado sólido dos chips DRAM.

Em 1952, a IBM enviou Reynold Johnson a San José para dar início a um novo laboratório de pesquisas. Johnson estava na empresa desde 1934, depois de ter ensinado ciências em Ironwood, Michigan, onde ele e alguns alunos desenvolveram uma máquina automática de pontuação em testes que chamou a atenção da IBM. Ele era um administrador heterodoxo com uma intuição bem precisa sobre tecnologia. Quando a Força Aérea quis um sistema de estoque com acesso aleatório, Johnson colocou as 50 pessoas de seu laboratório em ação tentando de tudo — tiras, bastões, fitas, placas planas...¹⁶

O laboratório logo decidiu usar discos horizontais giratórios cobertos com material magnético. Pontos no disco representariam um caractere de dados. Os pontos tinham um campo magnético, o que significava que um braço magnético, como uma agulha de gravação, podia flutuar sobre eles e lê-los enquanto os discos giravam em alta velocidade. O primeiro desafio foi encontrar material para os discos. Esses discos precisavam ser perfeitamente planos e leves o bastante para serem girados por um motor elétrico de tamanho aceitável. Um disco único de alumínio, desenvolvido pela Alcoa, empenava em altas velocidades. Após muitas tentativas e erros, os pesquisadores tentaram juntar dois discos de alumínio. Deu certo.

As unidades de disco permitiram que os zeros e uns fossem encontrados e regravados aleatoriamente, sem ser necessário rodar para a frente e para trás um rolo de fita.



O RAMAC, nos idos de 1956, foi a primeira unidade de disco e podia armazenar em 24 discos giratórios aproximadamente o volume de dados de uma lista telefônica de Manhattan.



O trabalho no RAMAC levou ao disco flexível, apresentado em 1971, que no início guardava dados correspondentes a mais ou menos oito páginas de uma enciclopédia.



Os CDs chegaram em 1982 e aumentaram imensamente a capacidade de dados, comportando 700 megabytes, ou cerca de 80 minutos de áudio.



As unidades de disco rígido, os descendentes mais diretos do RAMAC, agora podem guardar até 3 terabytes de dados — mais do que toda a informação da biblioteca de uma grande universidade.

Mais problemático ainda foi o braço. Se ele tocasse o disco, poderia apagar os dados. Dois pesquisadores —William Goddard e John Lynott— surgiram com um braço que disparava ar comprimido exatamente acima do disco. “Quando percebemos que podíamos fazer aquilo, pudemos ver um caminho claro para criar uma memória prática de acesso aleatório”, disse Louis Stevens, engenheiro sênior do laboratório de San José.¹⁷

Era um caminho claro, mas não era fácil. Um acidente no laboratório quase encerrou o programa. Durante os testes do mecanismo, um dos discos giratórios rompeu-se e saiu do compartimento como um foguete, fraturando o nariz de um dos pesquisadores e rompendo o tendão do polegar de outro. Johnson teve que prometer à matriz da IBM que todos os testes seguintes seriam executados atrás de uma pilha de sacos de areia.

Como um só disco não conseguia armazenar dados suficientes para serem realmente úteis, os pesquisadores criaram uma máquina que continha 24 discos empilhados horizontalmente, com um espaço muito pequeno entre cada um. “Nós a batizamos de jukebox, de cortador de carne, de uma porção de coisas”, disse Johnson. Para os descrentes executivos da matriz, ela ficou conhecida como o cortador de conversa fiada.

A estrutura da jukebox deixou a equipe de San José com outro desafio: como colocar aquele braço no lugar certo do disco certo em um piscar de olhos. Johnson disse: “Este era o nosso objetivo: ir de qualquer trilha, que estava a 15 cm da extremidade de um disco, para fora, descer 60 cm até o disco inferior e ir 15 cm para dentro — em meio segundo. Conseguimos algo como 800 milissegundos, e foi então que o produto foi lançado. Foi realmente um feito impressionante.”

O produto, como foi apresentado em maio de 1955, era do tamanho de duas geladeiras lado a lado. Vinte e quatro discos internos giravam a 1.200 revoluções por minuto enquanto o braço se movia rapidamente para dentro e para fora, acessando os dados a aproximadamente 100.000 bits por segundo. O conjunto todo podia armazenar 5 milhões de caracteres decimais codificados em binários, a 7 bits por caractere — ou aproximadamente o conteúdo de uma lista telefônica de Manhattan. Cada caractere podia ser lido ou alterado aleatoriamente, em qualquer ordem, a qualquer momento, tornando a máquina um sucesso absoluto.

Na época, graças ao êxito do pioneiro computador UNIVAC, o sufixo “AC” era um conceito popular para marcas técnicas — como o prefixo “e” em eBay ou eToys na era ponto-com. Os pesquisadores batizaram sua máquina como Random

IBM

IBM

Prepare an Invention Disclosure promptly for something new or unexpected

12953

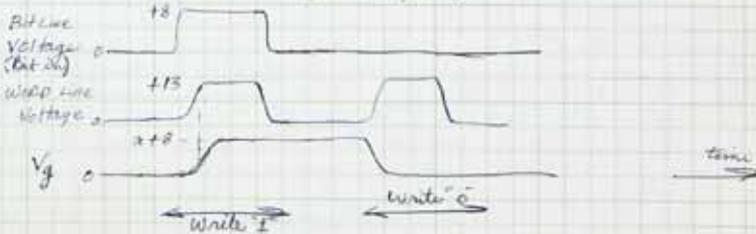
19

New Memory Scheme

The following idea was conceived on the evening of Wednesday, Oct. 7, 1966 and was discussed to D. F. Critchlow by telephone. It utilizes the scheme for "reading" described on p. 15. The state of the cell is stored in the gate of the output device T_{out} (which corresponds to T_6 in the nomenclature of p. 15). See diagram:



The capacitance C_g which is inherent in the fabrication of the two devices (and can be supplemented if desired by, for example, adding a stub of aluminum lead over the substrate) is used to store charge. When the C_g is shown as a stray capacitance to ground, but we believe that it is made up of several components, some of which may be at ground potential, some at the bit mainly the capacitance is between the gate and the substrate, which is at "b.c." ground in the sense that it does not change in time but may be actually at some negative potential if (for example) NPN devices are being used. Using this example of NPN devices the voltage, V_g , across the gate will be either at a positive level, greater than 6 volts, or at a lower level, less than 2 volts, corresponding to the logic states of a stored "1" or a stored "0" respectively. This charge can be placed on the gate in the following way:



Thus V_g can be changed only when the Write Word Line is energized; then V_g takes on (or remains at) the voltage level on the BIT IN line. Thus the data on the BIT IN line is entered into the cell and this data will remain at the same state for a certain period of time, say T_D . The charge on

Entered by: D. H. Dennard Date: Nov. 19, 1966

Disclosed by Understood (P.U.) to look November 10, 1966
 Disclosed (4) advised - D. F. Critchlow, Nov. 3, 1966, Withwood - A. J. Outdine, Nov. 11, 1966

Na manhã seguinte ao estalo sobre armazenar informações colocando carga em um capacitor, o cientista da IBM Robert Dennard esboçou sua ideia neste caderno. Como muitas novas ideias, esta fez Dennard demorar mais alguns meses para transformá-la no projeto da DRAM.

Access Memory-AC (memória de acesso aleatório-AC), ou RAMAC. Os profissionais de marketing gostaram de RAMAC, mas mudaram o extenso para que significasse Random Access Method of Accounting and Control (método de acesso aleatório para contabilidade e controle).

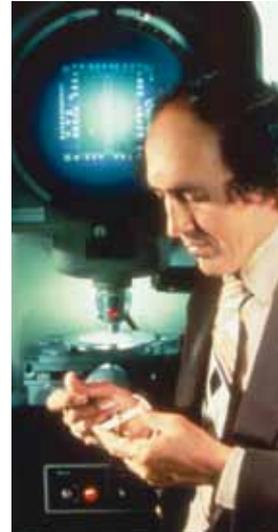
No dia seguinte ao do anúncio do RAMAC, o jornal *San Jose Mercury News* publicou um artigo com o título “Uma Máquina com Uma Supermemória!”. O artigo descrevia a máquina, assinalando: “As informações nos discos podem aumentar, ser alteradas ou excluídas à vontade. A classificação de cartões, um dos processos mais demorados das máquinas de escritórios, é eliminada ou fortemente reduzida.”

Mais do que isso, as empresas podiam pensar em dados de novas maneiras — combinando-os e comparando-os dinamicamente. O acesso aleatório tornou possível o banco de dados relacional.

ROBERT DENNARD estava sentado no sofá de sua sala em Westchester County, Nova York, observando o sol se pôr sobre o cânion do rio Croton. E ele teve o estalo.¹⁸

Naquela manhã, ele tinha ido a uma reunião com os pesquisadores da IBM que durara o dia todo e na qual eles todos compartilharam seus projetos. O objetivo era despertar ideias e promover a cooperação entre todos. Dennard tinha doutorado em engenharia elétrica e havia sido designado para trabalhar em memórias com transistores MOS (semicondutor de óxido metálico) para computadores. “Nosso objetivo era substituir a memória de núcleos magnéticos por memória semicondutora”, disse Dennard. Mais cedo naquele dia, entretanto, ele tinha ouvido o grupo tentando aprimorar a memória de núcleos magnéticos e manter viva aquela tecnologia.

Algo no trabalho do grupo e o que disseram na reunião preocupou Dennard. A memória magnética que estava sendo desenvolvida pelos pesquisadores concorrentes tinha desvantagens, mas era extremamente simples. Seu projeto



O pesquisador da IBM Robert Dennard, inventor da DRAM, perto de 1978.

MOS tinha potencial, mas era bem complicado, usando seis transistores para cada bit de informação.

“Eu pensei: o que eu poderia fazer que fosse realmente simples?”, lembrou Dennard. Em seu sofá, ele refletiu sobre as características da tecnologia MOS. Ela era capaz de criar capacitores, e armazenar uma carga ou não carga no capacitor e poderia representar o um e o zero de um bit de informação. Um transistor podia controlar a gravação da carga no capacitor. Quanto mais Dennard pensava, mais ele sabia que poderia criar uma memória simples como resultado disso.

“Naquela noite, liguei para meu chefe mais ou menos às 10 da noite”, disse Dennard. “É muito raro eu ligar para ele. Ele me ouviu e sugeri que falássemos sobre isso no dia seguinte. Eu brinquei, dizendo que ele basicamente tinha dito para eu tomar duas aspirinas e ligar para ele de manhã.”

Dennard ainda precisava trabalhar na memória de seis transistores, e por isso trabalhava em sua nova ideia nas horas vagas, descobrindo, com o tempo, as sutilezas de gravar uma carga no capacitor por meio de um transistor de acesso e então lendo-o novamente com o mesmo transistor. Em 1967, ele e a IBM deram entrada em uma patente de sua memória dinâmica de acesso aleatório com um só transistor, ou DRAM.

A patente foi emitida em 1968. Em 1970, a Intel criou o primeiro chip de memória dinâmica de acesso aleatório bem-sucedido comercialmente, um chip de memória com três transistores, chamado 1103. Em meados dos anos 1970, vários fabricantes apresentaram células de memória com um só transistor.

A simplicidade e o baixo consumo de energia da DRAM mudaram a indústria da computação. Isso permitiu que a memória de acesso aleatório, ou RAM, se tornasse muito densa e relativamente barata e, além disso, exigisse pouca energia. Como resultado, os computadores mainframe puderam ser equipados com uma RAM rápida e confiável para atuar como buffer do volume explosivo de dados armazenados em unidades de disco. Isso agilizou amplamente o processo de acessar e usar informações armazenadas.

Igualmente importante, a barata e pequena DRAM, combinada com os primeiros microprocessadores de baixo custo, viabilizou os computadores pessoais.

No sofá de sua sala, Dennard anteviu como a DRAM poderia funcionar e como ela poderia ser importante para o setor. No entanto, admitiu ele, “nós não podíamos imaginar como aquilo iria mudar a computação”.

UM CÉREBRO HUMANO é o maior processador da Terra, mas não tem nada a processar se não houver memórias. Um cérebro, na verdade, precisa de dois tipos de memória — a de curto prazo e a de longo prazo — para trabalhar eficientemente. A memória de curto prazo controla o que está sendo dito na conversa atual, por exemplo, e então arquiva os detalhes mais significativos na memória de longo prazo e descarta o resto. É a memória de trabalho, que ativa os estoques de conhecimento para o trabalho imediato e organiza o novo conhecimento para a próxima tarefa. A memória de longo prazo armazena tudo o que você aprendeu — arquivado, com referências cruzadas e priorizado — mantendo os dados em segundo plano na maioria do tempo, mas disponibilizando-os instantaneamente quando você os quer e até mesmo quando não quer.¹⁹

Em computação, combinar perfeitamente o processamento e a memória foi uma longa batalha. Finalmente, isso tornou-se realidade nos anos 2000, depois que o custo da unidade de disco e da tecnologia de memória de estado sólido despencou enquanto sua capacidade disparava. Do final dos anos 1950 até 2010, o volume de informações que podia ser armazenado em determinada área de uma unidade de disco aumentou 17 *milhões* de vezes. No mesmo período, a velocidade com a qual os dados podiam ser lidos em um disco aumentou 8.000 vezes, e o custo do armazenamento de dados caiu um milhão de vezes. O ritmo do aprimoramento se acelerou nos últimos 20 anos. Nos anos 1980, armazenar um gigabyte de informação — o equivalente a aproximadamente uma hora de vídeo com qualidade padrão de TV — requeria uma máquina de quase 230 kg, do tamanho de uma geladeira. Em 2010, um gigabyte podia ser armazenado em um disco menor do que uma moeda.

No jargão da computação, os termos *memória* e *armazenamento* representam coisas separadas. Armazenamento são os dados que você salva, como a memória de longo prazo no cérebro. A memória do computador é a memória de trabalho — a memória de curto prazo — que mantém um laptop trabalhando tranquilamente.

O público começou a ver memória e armazenamento como produtos — principalmente o armazenamento. Em 2000, um PC podia facilmente ficar sem espaço em disco, os departamentos de TI das empresas impunham limites ao armazenamento de e-mails e os telefones celulares mal podiam guardar umas poucas fotos granuladas. Em 2010, um iPod do tamanho de alguns chicletes guardava uma coleção de músicas que, em vinil, encheriam uma estante do chão

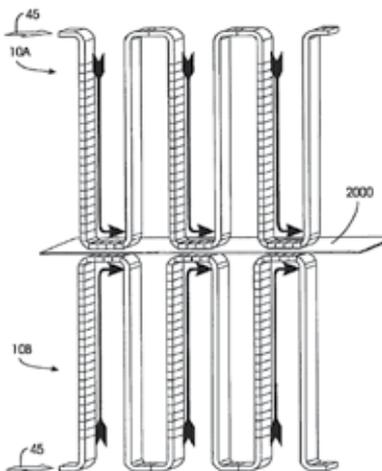
ao teto. Em 2010, a Biblioteca do Congresso norte-americano baixou e armazenou um patrimônio de 167 terabytes de sites e instalou um setor para digitalizar áudio e vídeo a uma taxa de até 5.000 terabytes por ano. (Um terabyte de filmes em DVD levaria 16 dias para ser exibido.)

Os tecnólogos tornaram o trabalho de memorizar algo trivial para as máquinas e combinaram os dados armazenados ao processamento de modo a possibilitar a criação de bancos de dados comerciais, simulações de explosões nucleares e filmes gerados por computador, como *Avatar*.

E, mesmo assim, qualquer unidade de disco ainda precisa de um braço que se mova para encontrar os dados. Um terabyte de dados em um disco tem um ponto único de acesso, e ele está concentrado na cabeça de leitura/gravação. Enquanto isso, os processadores se tornaram tão rápidos que frequentemente ficavam esperando os dados do disco. Isso remete à época em que os primeiros computadores eletrônicos tinham que esperar pelos dados, que vinham de cartões perfurados.

Assim como Bob Dennard nos anos 1960, Stuart Parkin passou o início dos anos 2000 buscando uma solução simples de estado sólido. Parkin é físico experimental no Almaden Research Center, em San José. Ele já havia inventado um novo caminho para a “spintrônica”, que usa a rotação dos elétrons, em vez de carga elétrica, para obter memória. Seu trabalho é um importante motivo para a maior densidade das unidades de disco nos últimos 20 anos.

No armazenamento de estado sólido, cada bit pode ser lido instantaneamente — sem esperar pelo braço de leitura/gravação. O tempo de inicialização se torna uma fração de segundo. Os consumidores podem ver como



A memória racetrack armazena zeros e uns em colunas de partículas subatômicas. Um dispositivo com memória racetrack poderia armazenar milhares de filmes e localizar uma única imagem em um bilionésimo de segundo.

Diagrama da memória racetrack na patente norte-americana nº 7.315.470, emitida para Stuart Parkin, da IBM.

isso funciona em um iPhone ou em qualquer dispositivo pequeno que use uma unidade flash. O problema do armazenamento de estado sólido, no entanto, é o custo. Cada transistor pode armazenar apenas um bit de informação. O único modo de reunir mais informações em uma unidade flash é agrupar os mais recentes, menores e caros transistores. Em 2010, uma unidade flash custava aproximadamente US\$ 2 por gigabyte. As unidades de disco custavam 10 centavos de dólar por gigabyte.

Parkin descobriu como criar uma alta coluna (em escala atômica) de material magnético dentro de um transistor, com cada pavimento desse pequeno arranhar-céu representando um bit de dados. A técnica usa a rotação de elétrons para manipular esses bits, na verdade lançando-os em uma pista circular (racetrack) para cima e para baixo da alta coluna. “Cada transistor poderia armazenar não um bit, mas 100 bits”, disse Parkin. “Então é possível ter o mesmo custo baixo das unidades de disco, mas um desempenho 10 milhões de vezes melhor.”

A memória racetrack funciona em laboratório. Parkin estima que levará alguns anos até que ela possa ser comercializada. Então, o tipo de armazenamento em massa que agora exige uma unidade de disco poderia caber em um chip minúsculo que mal usasse energia.

Um dispositivo portátil poderia conter alguns milhares de filmes, funcionar por semanas a fio com uma única bateria e ser praticamente indestrutível. Um dispositivo pessoal de armazenamento poderia caber em um botão e gravar durante anos todas as conversas de quem o usasse, antes de ficar sem espaço. Em empresas, o armazenamento em massa poderia ser disperso, com terabytes de informação integrados em cada dispositivo, sensor, câmera e maçaneta de porta.

Na próxima década, as empresas e agências governamentais precisarão começar a pensar em armazenamento de informação e acesso a ela de novas formas, mais ou menos como fizeram após a chegada do RAMAC. O que acontecerá se a área de armazenamento se tornar praticamente ilimitada, gratuita e pequena o bastante para ser integrada a qualquer coisa? O que acontecerá quando tudo o que acontece puder ser registrado e armazenado?

O cérebro humano tem um mecanismo para lidar com sobrecarga de dados. Ele esquece. Se estivermos realmente a caminho de criar máquinas que pensem como nós, será irônico se a próxima grande invenção em memória de computadores for a capacidade de esquecer.

• • •

Processamento

Basicamente, a computação é o processamento de zeros e uns. A força da computação é a arte de fazer isso cada vez mais depressa.

Estas válvulas eletrônicas, de um sistema de 1953, podiam multiplicar dois números de 10 dígitos 2.000 vezes por segundo.





317

317261

60-36
188-4

FRONT

01
15V
EHT

NOLL

N4

N48

N48

N480

Logo após a Segunda Guerra Mundial, em um dia cinzento de inverno, na Universidade da Pensilvânia, dois homens jovens do escritório do presidente da IBM — Charles Kirk e Thomas Watson Jr. — entraram em uma sala que estava com temperatura tropical devido a 18.000 válvulas eletrônicas acesas. J. Presper Eckert, convencido e impetuoso, explicou como sua invenção, chamada ENIAC, trabalhava e descreveu como os computadores eletrônicos iam substituir máquinas eletromecânicas como as da IBM.

Eckert e seu coinventor, John Mauchly, tinham entrado em contato com a IBM para pedir ajuda. O desenvolvimento do ENIAC no período de guerra havia sido financiado pelo Exército norte-americano, mas Eckert e Mauchly precisavam de financiamento em tempos de paz e estavam procurando a IBM, a RCA e os Bell Laboratories da AT&T para conseguir ajuda. A IBM concordou em projetar um dispositivo específico de leitura de cartões que carregaria números no ENIAC. O acesso permitiu que os engenheiros da IBM que estavam fazendo o trabalho reunissem informações sobre a máquina, particularmente sobre como Eckert e Mauchly tinham ligado as válvulas em grupos que podiam realizar operações aritméticas em alta velocidade. Além dos periféricos como o leitor de cartões, o ENIAC não tinha partes mecânicas, o que era diferente de qualquer máquina de computação anterior a ele. A proposta de Mauchly dizia que, se uma máquina eletromecânica podia solucionar determinada equação em 15 a 30 minutos, o ENIAC poderia fazê-lo em 100 segundos. Mesmo assim, o ENIAC ainda era um experimento laboratorial arriscado. Naquela primeira reunião, tanto Watson Jr. quanto Kirk descartaram o computador, considerando-o caro demais e não confiável. Como uma empresa podia fazer um trabalho crucial se as válvulas ficavam queimando e desativando a máquina?²⁰

Além do mais, havia uma agitação no ar que não podia ser ignorada por ninguém da área de informação.

As necessidades da guerra haviam deixado o governo dos EUA com um apetite insaciável por velocidade. O Exército e a Marinha haviam desenvolvido rapidamente novas armas e cada uma delas exigia vastos recursos computacionais para criar as tabelas balísticas necessárias para mirar as armas com precisão. As agências de inteligência haviam capturado e estavam lutando para analisar uma grande quantidade de comunicações inimigas, muitas das quais estavam em código

que elas precisavam decifrar. Uma quantidade sem precedentes de homens e equipamento militar tinha sido rastreada por mares e continentes.

Havia uma necessidade urgente de máquinas que pudessem produzir resultados mais depressa. Por mais de 50 anos, as informações tinham sido processadas por sistemas eletromecânicos de cartões perfurados, uma área de negócios dominada pela IBM. Porém, a velocidade das máquinas e os tipos de problemas com os quais elas podiam lidar eram limitados. O esforço de guerra havia estimulado uma busca frenética por sistemas puramente eletrônicos como o ENIAC, que oferecessem a promessa de enormes ganhos em velocidade. Como o ENIAC e o eletrônicos surgiram a partir da guerra, a economia mundial prosperou e uma geração de soldados voltou para casa ansiosa para reinventar a vida e os negócios. A televisão, a guitarra elétrica e as câmeras Polaroid eram tecnologias novas. Tudo estava acontecendo mais depressa. Assim como as Forças Armadas durante a guerra, as empresas e outras instituições estavam sendo inundadas de informações. As empresas precisavam de rapidez. Estava montado o cenário para uma revolução na informação, marcada por aumentos exponenciais na velocidade e na capacidade da computação, ano após ano, década após década.

Durante a Segunda Guerra Mundial, as Forças Armadas precisavam que a IBM se concentrasse em produtos do presente, não do futuro, de modo que a IBM interrompeu a pesquisa sobre eletrônicos — até certo ponto. Com a aprovação do chefe de pesquisas James Bryce, um jovem e apaixonado engenheiro chamado Arthur Halsey Dickinson continuou a trabalhar em válvulas eletrônicas no porão de sua casa. Quando a guerra terminou, Bryce permitiu que Dickinson levasse seu trabalho de volta para o laboratório. Semanas depois de Kirk e Watson Jr. terem descartado o ENIAC, eles foram ver o protótipo da calculadora eletrônica de Dickinson. Dickinson tinha ligado um leitor de cartões perfurados de alta velocidade a uma caixa de metal preto de aproximadamente 1,20 m de altura. Watson Jr. perguntou o que a caixa estava fazendo. Um dos engenheiros disse-lhe que ela estava usando válvulas de rádio para multiplicar. Os engenheiros explicaram que o dispositivo podia multiplicar 10 vezes mais depressa que uma máquina de cartões perfurados. Na verdade, a caixa usava nove décimos do tempo aguardando que o mecanismo dos cartões perfurados a alcançasse. Embora Watson Jr. não tenha visto nada de bom no gigantesco ENIAC, a caixa preta eletrônica de

Dickinson o empolgou. “Aquilo me impressionou como se alguém me tivesse dado uma martelada na cabeça”, lembrou Watson Jr.

A IBM começou a criar uma calculadora eletrônica que pudesse ser produzida e vendida — se alguém quisesse comprar uma. No National Business Show em Nova York, em setembro de 1946, a IBM trouxe a público o Multiplicador Eletrônico IBM 603 — a primeira calculadora eletrônica em produção, desenvolvida a partir do trabalho de Dickinson. Ela continha 300 válvulas eletrônicas, contra as 18.000 do ENIAC. Não tinha armazenamento, portanto não podia lidar com equações complexas. Não podia fazer muito mais do que multiplicar dois números de seis dígitos lidos a partir de um cartão perfurado, mas podia fazer essa multiplicação 10 vezes mais depressa do que qualquer outro produto no mercado.

Para surpresa da IBM, os clientes gostaram do 603 e fizeram pedidos. A IBM interrompeu a produção em 100 unidades, e os engenheiros criaram uma versão mais refinada e mais versátil: a Calculadora e Perfuradora Eletrônica IBM 604. Ela usava 1.400 válvulas e podia ser programada para equações simples. Nos 10 anos seguintes, a IBM criou e arrendou 5.600 máquinas 604. Ninguém na IBM tinha previsto um sucesso como esse.



As primeiras máquinas tabuladoras dependiam de um dispositivo mecânico para ligar e desligar os circuitos.

O computador IBM-Harvard Mark 1 (à esquerda) e um engenheiro desligando um relé eletromecânico.

Pela primeira vez, a IBM captou a mensagem: *os clientes compraram produtos eletrônicos*. A fome de velocidade chegara de um modo que ninguém tinha previsto.

AS VÁLVULAS ELETRÔNICAS abriram as portas da velocidade, mas, conforme Thomas Watson Jr. descobrira observando o processador do 603 funcionar muito mais rápido que o leitor de cartões, a velocidade precisava de um sistema completo.

No decorrer dos anos 1950, 14 empresas norte-americanas estavam desenvolvendo computadores eletrônicos com a ajuda do governo. A Guerra Fria assustou a administração Truman e a levou a injetar dinheiro em tecnologia, na esperança de manter a dianteira em relação aos soviéticos. Parte desse dinheiro foi para laboratórios universitários. Parte foi para empresas recém-criadas, como a Engineering Research Associates. E parte foi para Eckert e Mauchly, que encontraram um financiador para seus negócios na Remington Rand. A dupla criou um sucessor comercial para seu ENIAC, chamado UNIVAC — o primeiro computador eletrônico a conquistar os corações da nova geração de geniozinhos da velocidade. Sob a pressão do UNIVAC, os engenheiros da IBM sentiram que suas reputações — e possivelmente uma parte importante do futuro da IBM — estavam em jogo. A comunidade IBM respondeu com uma onda de espírito de equipe e criou uma abordagem sistêmica à velocidade, chamada 701.

A equipe do projeto 701 estava ansiosa pelo espaço de que precisava dentro da IBM, de modo que começou o trabalho no terceiro andar de uma fábrica de gravatas em Poughkeepsie e então mudou-se para o edifício vazio de um supermercado. “O alcatrão pingava do teto nos dias quentes”, disse Clarence Frizzell, um dos gerentes do projeto. “Nós precisávamos raspá-lo dos desenhos para continuar trabalhando.” A equipe deixou de lado orçamentos e cronogramas, antes uma realidade na vida dos laboratórios. “Talvez por isso tenhamos feito as coisas tão depressa”, disse Jerrier Haddad, engenheiro-chefe do 701. “Não tínhamos cronogramas para nos atrasar.”²¹

Em pouco menos de dois anos, a equipe desenvolveu e começou a criar a extremamente complexa Defense Calculator, que apresentava inúmeras inovações no projeto. A Defense Calculator transformou-se na Máquina de Processamento Eletrônico de Dados Modelo 701, um computador científico que podia executar mais de 2.000 multiplicações por segundo, quase 50 vezes mais depressa do que o 603. No entanto, o processador era apenas parte da equação de velocidade.

A memória — capacidade de buscar e armazenar informações para o computador trabalhar — era a parte fraca dos antigos computadores. A memória principal do modelo 701, baseada em dispositivos eletrostáticos chamados tubos de Williams, podia guardar mais de 20.000 dígitos, aproximadamente um milésimo por cento da memória que em 2011 é padrão em um laptop de US\$ 300. A memória principal foi complementada por um tambor magnético maior, porém mais lento — uma espécie de unidade de disco primitiva —, que guardava 82.000 dígitos e por unidades de fita magnética ainda mais lentas, que armazenavam 8 milhões de dígitos por rolo.²²

A combinação de processamento eletrônico e memória eletrônica criou uma máquina que impressionou o mundo. A revista *Time* observou que uma versão do 701 voltada para negócios, o 702, podia “lembrar de informações suficientes para encher uma lista telefônica de Manhattan com 1.836 páginas... e trabalhar essas informações a uma taxa de 7.200 operações lógicas por segundo, sem erro... podia multiplicar dois números de 127 dígitos e chegar a uma resposta de 254 dígitos em um terço de segundo.” Esse tipo de velocidade sistêmica incentivou os cientistas a imaginar o que poderiam fazer com dados mais rápidos e mais complexos. A revista *Time* escreveu que os químicos da Monsanto sentiram que a máquina “abriria novos horizontes solucionando rapidamente equações complexas e ajudaria a descobrir novos produtos, aprimorar os antigos, descobrir quais, entre dúzias de respostas tecnicamente ‘corretas’ para os problemas, eram as melhores.”

As Forças Armadas continuavam a motivar a velocidade do sistema. No MIT, o pioneiro da computação Jay Forrester recebeu financiamento para criar um sistema chamado Whirlwind (turbilhão) para a Força Aérea dos EUA. Os outros computadores da época lidavam com os problemas em lotes, carregando um programa e executando-o, e só então carregando o próximo. O Whirlwind era para ser o coração de um simulador de voo, uma função que exigiria que ele capturasse dados dos controles de voo, processasse esses dados instantaneamente e os realimentasse continuamente, em tempo real. Isso requeria um sistema

Tubos de vácuo (hoje conhecidos como “válvulas eletrônicas”) foram os primeiros comutadores “eletrônicos”, usando eletricidade que podia ser ligada e desligada à velocidade da luz. No entanto, os tubos eram volumosos, queimavam e liberavam um tremendo calor.

A troca de uma válvula eletrônica no ENIAC (à esquerda) e o close de uma válvula eletrônica.



exponencialmente mais rápido que qualquer coisa existente. A chave era a memória de núcleos, inventada no fim dos anos 1940. A técnica usava minúsculos anéis de um material baseado em ferro cuja paridade magnética podia ser alterada e lida por uma corrente que passava por fios enfileirados em uma matriz de núcleos.

O Whirlwind nunca chegou a ser um simulador de voo e foi reconcebido como um computador digital. A IBM aproveitou o uso de memória de núcleos de Forrester para a versão seguinte do 701, o 704. Então a IBM deu alguns passos à frente na abordagem da velocidade dos sistemas. O 704, lançado em 1954, apresentava três locais especiais de memória chamados de registros-índice, que tornaram a programação mais fácil e mais flexível. A aritmética de ponto flutuante, uma variação da notação científica, possibilitou armazenar números muito grandes (ou muito pequenos) e executar mais rapidamente operações com eles. A execução do 704 era duas vezes mais veloz do que a do 701, embora a introdução das operações de ponto flutuante significasse que o verdadeiro salto na velocidade de processamento era consideravelmente maior.²³

Mesmo com todo o trabalho que os engenheiros de computadores dos anos 1950 tiveram para criar computadores cada vez mais velozes, as máquinas ainda dependiam de válvulas eletrônicas, e elas davam a certeza de que os computadores continuariam grandes, caros, intermitentemente confiáveis e relativamente lentos. Mas um dispositivo que se parecia com uma pequena seta, com uma miniantena de televisão presa no topo, mudou aquilo para sempre. Na Bell Labs, eles batizaram sua invenção de transistor.

TRÊS PESQUISADORES DA BELL LABS — John Bardeen, Walter Brattain e William Shockley — fizeram um transistor funcionar pela primeira vez em 1947. O dispositivo replicava as características de comutação de uma válvula em uma peça sólida de germânio. Uma grande vantagem do transistor era sua duração potencialmente ilimitada; ao contrário da válvula, ele não tinha filamento para queimar. Mais importante ainda do que a vida longa, os transistores podiam ser fabricados a um custo muito menor do que as válvulas e com um tamanho menor, permitindo que os computadores acumulassem mais capacidade de processamento em espaços menores.

Os transistores foram um imenso avanço em relação às válvulas, mas ainda havia muito espaço para aprimoramentos no desempenho. Embora os transistores viessem em pacotes separados, havia um limite para sua redução, e conforme os computadores ficavam mais velozes, seu tamanho passava a ser um fator de desempenho. Grace Murray Hopper costumava demonstrar isso em suas palestras. Ela distribuía fios com cerca de 30 cm de comprimento e destacava que isso era o mais longe que um sinal elétrico poderia viajar em um nanossegundo, um bilionésimo de segundo. “Ela apresentava aquilo como uma metáfora visual para dizer “Isso lhes dá uma ideia de por que as máquinas estão encolhendo””, disse John Backus, o inventor do Fortran. Transistores menores, agrupados compactamente, seriam capazes de guardar as informações em fios menores, acessando-as mais depressa.

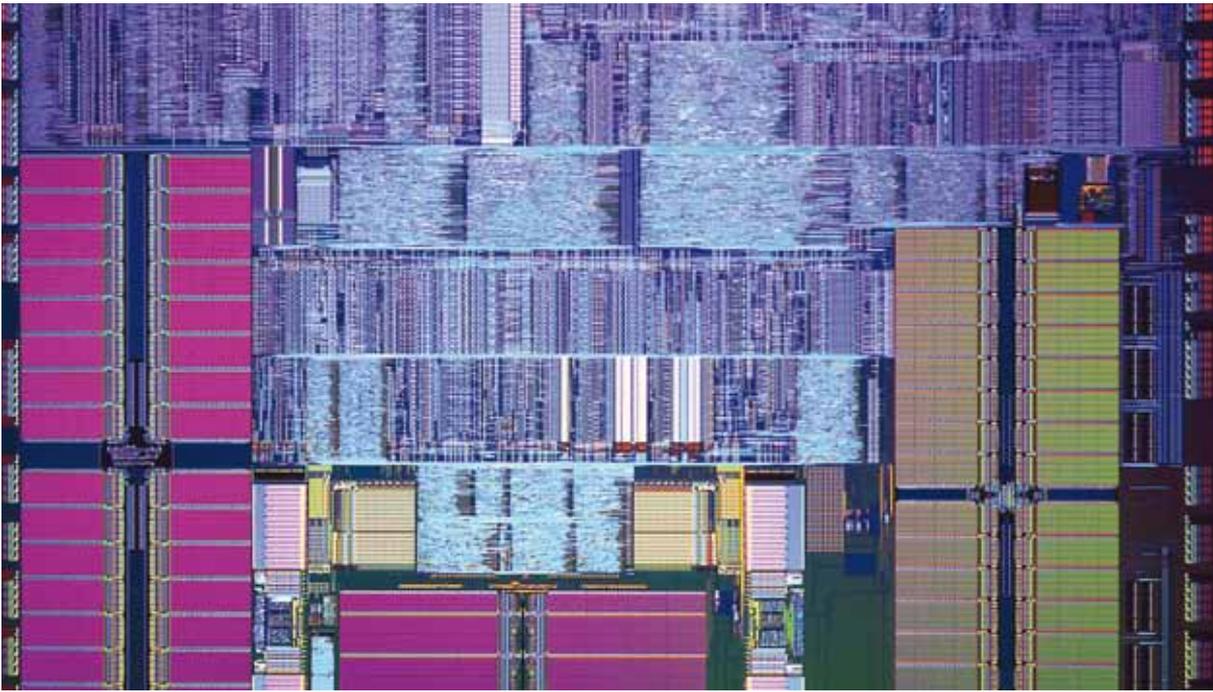
A forma de fazer isso foi descoberta independentemente por Jack St. Clair Kilby, da Texas Instruments, e por Robert Noyce e Gordon Moore, da Fairchild Semiconductor. Eles perceberam que as mesmas técnicas usadas para fabricar transistores individuais poderiam ser usadas para colocar vários transistores, conectados por fios, em circuitos adequados em uma só peça de silício. Os primeiros circuitos integrados combinavam apenas alguns transistores, mas logo os componentes do chip tornaram-se menores e se agruparam mais densamente. Em 1965, Moore apresentou sua famosa previsão de que a densidade dos transistores dobraria a cada 18 meses, aproximadamente, um prognóstico que se sustenta há 45 anos. Quanto mais densos os circuitos ficavam, mais rápido era seu desempenho.²⁴

Nos anos 1960, a busca por velocidade já não envolvia apenas a rapidez com que uma máquina podia fazer algo. Envolvia também com que rapidez ela faria algo em cada vez menos espaço. A miniaturização tomou o controle. O governo dos EUA injetou bilhões de dólares na corrida espacial, investindo em qualquer coisa que agilizasse e reduzisse o computador de modo que ele coubesse em um foguete ou em um satélite. No Japão, Masaru Ibuka e Akio Morita fizeram a Sony começar a fabricar rádios transistores e outros produtos eletrônicos miniaturizados. Com a explosão econômica dos anos 1960, as empresas foram inundadas por dados sobre novos clientes, novos produtos e novos mercados, e precisavam de computadores mais rápidos, menores e mais baratos para acompanhar tudo isso.

A IBM apostou nos circuitos integrados em 1971, com o Sistema 370 Modelo 145. A ainda nova tecnologia foi usada não somente na lógica do computador, mas também em um novo tipo de chip, que a IBM chamou de memória monolítica. Ele substituiu a velha memória de núcleos. O 370/145 vinha com até 512 quilobytes (KB) de memória — insignificantes diante dos padrões atuais, mas o dobro da capacidade máxima de memória do Sistema 360 Modelo 40, que ele substituiu. A memória de estado sólido ocupava, se tanto, a metade do espaço da memória de núcleos. Com o aprimoramento da memória e do processador, o 370/145 era cinco vezes mais rápido que o 360/40 — tudo graças aos circuitos integrados.

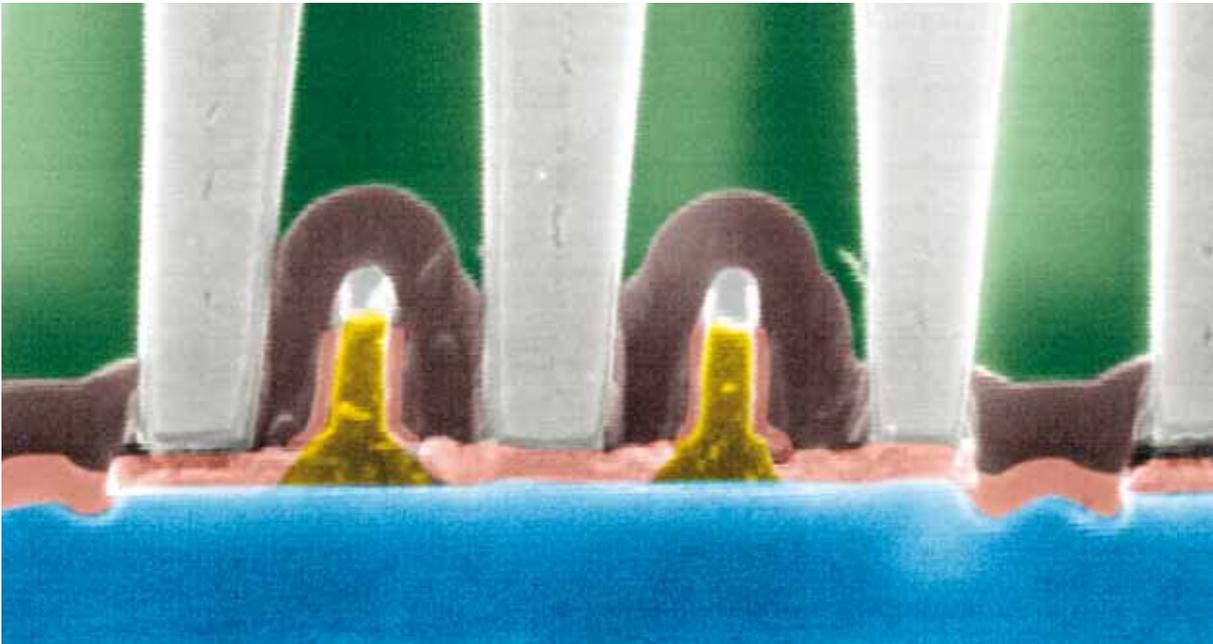
A mudança para os circuitos integrados deu início ao ciclo de aumento vertiginoso do desempenho e queda vertiginosa do custo, que continua até hoje. Mesmo no 370, baseado em circuitos integrados, o processador ainda era parte considerável do equipamento, geralmente do tamanho de uma geladeira, ou maior, e era apinhado de placas de circuitos. No entanto, avanços no design do chip estavam prestes a pôr um fim nisso. Em 1971, a Intel Corporation, fundada por Noyce e Moore quando saíram da Fairchild, apresentou o 4004, o primeiro processador completo em um chip. O 4004 era um chip modesto, mais adequado a uma calculadora de mesa do que a um computador completo, mas a Intel logo deu sequência a ele, com um microprocessador mais capaz, o 8008. Outras empresas entraram no negócio e produziram o Zilog Z80 e o MOS Technology 6502, o processador do Apple II. O computador veloz estava finalmente ficando pequeno o suficiente para se tornar pessoal.

NA IBM, O IMPULSO DE CRIAR MICROPROCESSADORES remodelou a computação de alto desempenho. No final dos anos 1970, o pesquisador da IBM John Cocke estava trabalhando em um novo tipo de microprocessador de codinome America. Ele achava que os processadores teriam melhor desempenho se usassem instruções mais simples e em menor número, uma iniciativa que ficou conhecida como “Reduced Instruction Set Computer”, ou RISC. O primeiro processador RISC foi o IBM 801. A IBM considerou, e rejeitou, usar o 801 no PC IBM, porque a tecnologia era cara e não tinha sido comprovada. Mas a versão do 801 de Cocke deu margem ao RS/6000, o ancestral direto dos superbem-sucedidos computadores



Os transistores eram de estado sólido — não havia filamentos para queimar; além disso, eram muito menores e não ficavam tão quentes quanto as válvulas eletrônicas. Os transistores podiam ser agrupados, permitindo que um computador fizesse mais cálculos com mais rapidez.

O microprocessador Power6 (acima) e uma vista microscópica de transistores em um chip Power6. Os transistores são os pontos dourados.



IBM Power Systems de hoje em dia.²⁵ Os chips SPARC da Sun Microsystems eram baseados na tecnologia RISC, e os chips baseados em RISC controlavam muitos consoles populares de videogames, inclusive a série PlayStation da Sony, o Xbox da Microsoft e o Nintendo 64.

O transistor, o circuito integrado e o microprocessador trouxeram a miniaturização para a velocidade. Entretanto, um grupo de engenheiros estava tentando outra coisa para ganhar velocidade. Seymour Cray, projetista do computador Maverick, liderou o esforço de criar máquinas de elite, caras e otimizadas para nada menos que computação com a mais alta velocidade que jamais tinha sido obtida. As máquinas receberam o apelido de supercomputadores.²⁶

Nos anos 1970, a velocidade disparou o desejo de saber coisas que antes não era possível saber: O que está nos confins do universo? Como funciona o tempo? Como se forma uma proteína? Cray deixou a fabricante de computadores Control Data para formar a Cray Research, uma empresa exclusivamente de supercomputadores — uma companhia dedicada à velocidade.

“De repente, havia uma necessidade quase infinita de computação”, disse Cray a um entrevistador em 1995. “Gerar o modelo de algo como o tempo ou, em aplicativos militares, o modelo de uma reação nuclear, tudo isso requeria a solução de equações diferenciais em que poderíamos dividir um valor em tantas pequenas unidades quantas pudéssemos imaginar, mas nós estávamos limitados pela capacidade de computar naquele nível de sofisticação.” Uma das mais sofisticadas agências de modelagem do tempo na época, chamada European Centre for Medium-Range Weather Forecasts, fazia às vezes previsões erradas sobre os Estados Unidos, porque seus computadores não eram poderosos o suficiente para levar em conta os efeitos das Montanhas Rochosas. “Isso dá uma ideia de como ainda precisamos avançar em sofisticação antes de podermos simular o ambiente real, porque as Montanhas Rochosas têm um claro efeito sobre o tempo aqui. Você não pode simplesmente achatá-las”, disse Cray.

Começava a corrida dos supercomputadores. Cray recebeu a maior parte da atenção na época, graças não só às velocidades que obteve, mas também à estética de suas máquinas semicirculares. O Cray-1, entregue ao Laboratório Nacional de Los Alamos em 1976, foi projetado para alcançar uma velocidade sem precedentes. Ele era otimizado para efetuar cálculos de aritmética vetorial, um tipo de

computação especialmente apropriado para processamento paralelo. Ninguém usaria um Cray ou um dos atuais supercomputadores maciçamente paralelos para executar um sistema de contabilidade, mas aquele tipo de máquina é ideal para tarefas computacionais complexas como a modelagem do clima.²⁷

Como Cray provou que havia um mercado para supercomputadores, outras empresas entraram no barco, inclusive as japonesas NEC e Fujitsu. A IBM entrou em um negócio de supercomputadores nos anos 1990, com uma série de máquinas fora de série criadas para a Advanced Strategic Computing Initiative do Departamento de Energia dos EUA. Para o século XXI, ela apresentou um novo projeto, chamado Blue Gene, para atender as necessidades de processamento com alto desempenho dos pesquisadores acadêmicos, do governo e da indústria. O primeiro sistema Blue Gene foi projetado para fazer pesquisa genética no Laboratório Nacional Lawrence Livermore — daí o nome.²⁸

O fator comum no projeto dos supercomputadores mais recentes é a arquitetura maciçamente paralela. As máquinas empregam grandes números de processadores relativamente simples — geralmente unidades especializadas, originalmente projetadas para processamento de elementos gráficos — para executar computações simultâneas em grandes volumes de dados. Os sistemas podem ser difíceis de programar mas, para os desafios que requerem essa abordagem (o que inclui uma imensidão de problemas, do processamento de imagens à química quântica e à lógica dos negócios), ela pode produzir resultados assombrosamente rápidos.

Hoje, parece que o progresso da velocidade da computação deu uma volta em torno de si mesmo, fazendo a transição de processadores mais rápidos para velocidade sistêmica, velocidade em menos espaço e supervelocidade, até o que pode ser chamado “smaller systemic super speed” — supervelocidade sistêmica em menos espaço. Para esta nova geração, a IBM está trabalhando em um supercomputador que caiba em um chip. Monty Denneau, o arquiteto original do sistema Blue Gene, comandou o projeto do Cyclops64, que tem 160 núcleos processadores, todos conectados por uma rede de velocidade ultra-alta em um chip com menos de 6,5 centímetros quadrados. Um sistema Cyclops64 completo terá mais de um milhão de processadores e deverá ser várias vezes mais rápido que os computadores Roadrunner de alta velocidade do século XXI. Um computador

criado para usar um só chip Cyclops64 poderia computar as efemérides lunares — algo em que as máquinas IBM dos anos 1950 trabalharam durante anos — em muito menos tempo do que se gastaria para imprimir o documento.²⁹

HÁ DUAS FORMAS de aumentar significativamente a velocidade em computadores. Uma é tornar todos os componentes menores, de modo que os sinais elétricos, que se movem na velocidade da luz, precisem de menos tempo para atravessar a máquina; além disso, mais chips executando mais trabalhos podem ser comportados em um sistema. A outra forma de acelerar é com a descoberta de novos materiais com os quais fabricar componentes. Muitas vezes, a troca de um material fornece um modo de transportar pulsos de informações em fios mais finos, em menos espaço e com menos energia — tudo contribuindo para a maior velocidade geral do sistema. Nos anos 1990, por exemplo, a IBM criou os primeiros chips baseados em cobre, que foram essenciais para manter o ritmo da lei de Moore, exatamente quando as velhas tecnologias começavam a perder a força.

O trabalho contínuo com supercondutores, que, nos anos 1980, os cientistas já estavam experimentando por décadas, levou a uma descoberta significativa na ciência dos materiais. Supercondutores são condutores perfeitos de eletricidade; não oferecem resistência. Eles também têm propriedades magnéticas incomuns, não encontradas em outros condutores. Os cientistas, contudo, encontraram um problema: os materiais que eles conheciam só eram capazes de superconduzir em temperaturas próximas ao zero absoluto ($-273,15\text{ }^{\circ}\text{C}$ ou $-459\text{ }^{\circ}\text{F}$). Essas temperaturas são tão baixas que só podiam ser alcançadas em experimentos de laboratório.



Em 1986, em um laboratório de pesquisas da IBM perto de Zurique, Suíça, os cientistas Georg Bednorz e Alex Müller estavam trabalhando com uma classe de óxidos metálicos chamados perovskitas e acharam que eles superconduziriam

Estamos chegando a um limite em relação a quantos transistores podem ser agrupados em um chip de computador. Uma opção de fazer microprocessadores mais poderosos é o chip óptico, que usa fótons (de luz) em vez de elétrons (de eletricidade). Os chips ópticos não liberariam quase nenhum calor e seriam muito mais eficientes do que os chips com fios de cobre.

Um chip óptico experimental da IBM mostrado em seu tamanho real.

em temperaturas bem mais altas do que todos os registros anteriores de supercondução: aproximadamente -238°C (ou -397°F). Essa temperatura poderia ser obtida com nitrogênio líquido, que é relativamente barato e disponível — os supercondutores de menor temperatura até então só podiam ser resfriados o suficiente usando-se hélio líquido. A diferença era revolucionária, abrindo um universo de supercondutores mais práticos, de alta temperatura, que poderiam ser incorporados em produtos úteis. Os supercondutores ajudaram a tornar mais baratos e velozes os aparelhos de imagens por ressonância magnética, o que permitiu colocá-los em hospitais de todo o mundo. O trem de levitação magnética de Xangai, que pode alcançar 480 km por hora, conta com supercondutores. Em 1987, Bednorz e Müller foram agraciados com o Prêmio Nobel de Física por sua descoberta.³⁰

Os supercondutores ainda não estão sendo usados em computadores, mas a discussão sobre velocidade na próxima década caminhará para a computação em uma escala quase inconcebível. Tais sistemas executariam um quadrilhão de cálculos por segundos — cerca de 500 vezes a velocidade dos mais velozes supercomputadores de 2010. Uma forma de chegar lá será com a ajuda de novos materiais, entre eles os supercondutores de alta temperatura.

A sempre crescente fome de informações tem motivado a demanda por velocidade, e a velocidade continua nos deixando ainda mais famintos de informações. O ciclo não mostra sinais de que vá terminar, o que dá margem a muitas questões interessantes. Se hoje os computadores operam 30 bilhões de vezes mais rápido que 50 anos atrás, eles poderiam funcionar 30 bilhões de vezes mais rápido do que hoje? Futuristas como Ray Kurzweil preveem um dia em que as máquinas serão mais inteligentes que os humanos e começarão a administrar o mundo. A maioria dos cientistas de computação descarta a ideia, dizendo que a velocidade não se equipara à capacidade de pensar. Ainda assim, não há dúvidas de que computadores incrivelmente mais rápidos estão a caminho e serão capazes de fazer o inimaginável. A questão é: o que é o inimaginável?

• • •

Lógica

Computadores revelam padrões — se x , então y — ao traduzir a linguagem binária das máquinas para as linguagens do pensamento humano. Quanto mais ricas ficaram as linguagens, mais ricas as respostas.



Portra

AUTOMATIC

CODING

SY

FOR

THE IBM 70

Grace Murray Hopper e John Backus pertenciam a um grupo muito pequeno de pessoas que, em 1950, sabiam como falar com os computadores. Determinada, obstinada e sempre pronta a tentar abordagens heterodoxas, Hopper deixou o magistério de matemática no Vassar College em 1943 para se juntar à Marinha dos EUA. Ela foi enviada a Harvard para ajudar a programar o Mark I, uma supercalculadora desenvolvida em conjunto por Harvard e pela IBM.

Quando a guerra acabou, Hopper deixou o serviço militar na Marinha — embora temporariamente, já que ela passaria a maior parte de sua carreira nas Forças Armadas — e, em 1949, uniu-se a John Mauchly e J. Presper Eckert, que tinham criado o ENIAC durante a Segunda Guerra Mundial. Hopper desenvolveu alguns dos programas iniciais do UNIVAC I, o sucessor do ENIAC.

Backus, 20 anos mais jovem que Hopper, tinha acabado de se graduar em matemática, na Universidade de Columbia, após um início de maturidade sem objetivo definido. Ele abandonou a Universidade da Virgínia e descobriu, quando o Exército o enviou para treinamento médico, que não queria ser médico. Passando pela matriz da IBM na Madison Avenue, em Nova York, Backus ficou intrigado com a monstruosa calculadora que funcionava no saguão, por trás das janelas no nível da rua. Era a Calculadora Eletrônica de Sequência Seletiva, ou SSEC, da IBM, a sucessora do Mark I. “Eu simplesmente achei esse lugar, entrei, e aquilo parecia muito interessante”, disse Backus em um depoimento de 2006. “Perguntei se eles me dariam um emprego e eles disseram: “Sim, suba e vá falar com o patrão.”” Backus foi trabalhar na SSEC.³¹

Hopper e Backus, trabalhando para concorrentes e vivendo em mundos distintos, em termos de experiência e personalidade, foram os primeiros a alterar significativamente o relacionamento entre humanos e computadores. No universo da computação, eles inventaram o equivalente a escrever, criando um sistema de comunicação onde até então havia principalmente resmungos e frustração. Eles deram à luz a programação de computadores.

NOS PRIMEIROS COMPUTADORES, os programas consistiam em painéis de plugues com fios organizados para conectar os computadores que executariam os cálculos. Os programadores precisavam reorganizar fisicamente os fios para mudar o que o computador devia fazer. Isso evoluiu, e com o tempo os programadores estavam inserindo obscuros códigos alfanuméricos para dizer à máquina o que fazer e onde

armazenar as informações. Enquanto trabalhava no UNIVAC, Hopper examinou um problema simples desse método de programação: os programadores cometiam muitos erros ao reinserir um código que já tinha sido usado antes. “Eu logo descobri que, sem dúvida, os programadores não conseguiam copiar as coisas corretamente”, disse Hopper em um depoimento em 1980. “No UNIVAC, nós usávamos um delta (símbolo em forma de triângulo) para indicar um espaço. Se [um programador] escrevesse um delta sem maior cuidado, ele pareceria um 4. E algumas pessoas escreviam um *B* que parecia um 13.”

Hopper achava que, se a programação devia ser prática para mais do que um pequeno grupo de especialistas, a linguagem de programação tinha de ser mais fácil e mais amigável para o ser humano. Aqui estão algumas linhas iniciais de um programa simples do UNIVAC I:

| | |
|--------------|---|
| B 0037L 0041 | 0 |
| 00000T 0003 | 1 |
| 500060B 0037 | 2 |
| R 0031U 0019 | 3 |
| 500050500057 | 4 |

Hopper decidiu escrever um programa capaz de tornar as instruções compreensíveis para as pessoas e de traduzi-las para um código compreendido por computadores. O programa, que ela chamava de compilador, permitia que o programador escrevesse $x = 5$ em vez do código de máquina que carregava 5 em um registrador e então o enviava para um local na memória. Infelizmente, contudo, o UNIVAC levava muito tempo para executar as traduções. E o tradutor era ineficiente, de modo que a execução do código resultante levava muito mais tempo do que uma pessoa qualificada levaria para escrever. Ainda assim, o trabalho de Hopper sobre a chamada “programação automática” marcou o início do progresso real do software que tornaria o poder dos computadores cada vez mais acessível.

Na época, Backus tinha ido programar a série 700 das Máquinas de processamento eletrônico de dados, os primeiros computadores comerciais da IBM. Sua equipe —escondida, como ele recordava, “no quinto andar de um edificozinho” abaixo da sede da empresa na Rua 56— também estava tentando ajudar os humanos a dar um passo além da linguagem de máquina. Sua primeira tentativa foi chamada “speedcoding” (codificação rápida). A linguagem de máquina só fornece instruções muito simples, e muitas operações matemáticas comuns



requerem longas seqüências de instruções. A speedcoding criou novas instruções para essas operações de nível mais alto, como a de calcular a raiz quadrada de um número, e permitiu que o programador inserisse o código rápido em vez da linguagem subjacente da máquina. “Programar em código de máquina era um negócio muito chato”, disse Backus em 2006. “Eu pensei... Bem, vamos tornar isso mais fácil.”³²

Em 1957, Backus e sua equipe produziram a primeira linguagem realmente de alto nível, o Fortran (sigla de FORMula TRANslating System). O compilador Fortran era parecido, em princípio, com a antiga tentativa de Hopper, mas produziu um código de máquina que era quase tão eficiente quanto o de um bom programador. Os codificadores ainda tinham de saber bastante sobre computadores para escrever e executar um programa Fortran, mas pela primeira vez o código era compreensível para pessoas de outras áreas, que não a computação. Isso abriu as portas de programação para matemáticos e cientistas. Por exemplo, alguém que tivesse estudado álgebra no colégio, mas nada sobre computadores, provavelmente conseguiria entender estas instruções de Fortran:

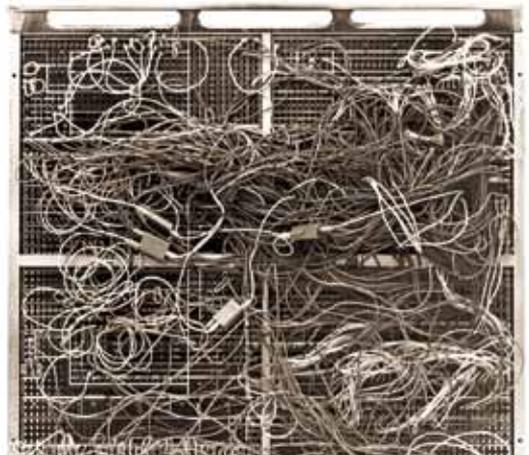
$$R_1 = (-B + \text{SQRT}(B^2 - 4 * A * C)) / (2 * A)$$

$$R_2 = (-B - \text{SQRT}(B^2 - 4 * A * C)) / (2 * A)$$

Elas computam as raízes de uma equação de segundo grau.

Os primeiros computadores eram programados plugando e desplugando cabos. Se um computador fizesse um cálculo, o computador na outra ponta do cabo faria um cálculo relacionado. Era a linguagem de computador equivalente aos grunhidos do homem da caverna.

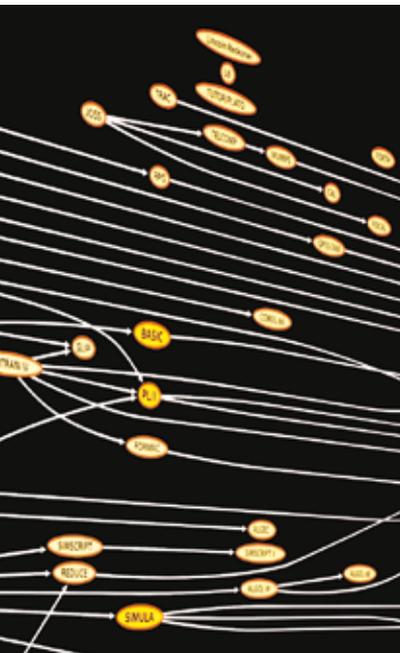
Plugues no painel de controle de um IBM 407 (à direita) e um diagrama para programar um painel de controle.



“Fortran ... era muito parecido com as fórmulas algébricas que os cientistas e engenheiros usavam em seu trabalho diário”, registrou o *New York Times* no obituário de Backus em 2007. “Com algum treinamento, não dependíamos mais dos sacerdotes da programação para traduzir seus problemas de ciência e engenharia em uma linguagem que o computador podia entender... Ken Thompson, que desenvolveu o sistema operacional Unix nos Bell Labs em 1969, observou que 95% das pessoas que programavam nos primeiros anos nunca o teriam feito sem o Fortran.”

Ainda assim, a capacidade de escrever programas usando símbolos matemáticos não conseguia impressionar o pessoal responsável pelas operações práticas de processamento de dados. “Eu decidi que havia dois tipos de pessoas no mundo que estavam tentando usar essas coisas”, disse Hopper. “Um era o pessoal que gostava de usar símbolos — matemáticos e gente assim. Havia outro grupo de pessoas que estava na área de processamento de dados e que detestava símbolos e queria palavras — pessoas definitivamente ligadas às palavras. E foi por isso que eu pensei que precisávamos de duas linguagens.”

Hopper então criou para o UNIVAC uma linguagem chamada FLOW-MATIC, que evoluiu para se tornar o extremamente bem-sucedido COBOL



Grace Murray Hopper



John Backus

Grace Murray Hopper e John Backus desenvolveram linguagens pioneiras que permitiram que os computadores e os seres humanos se falassem por código. Centenas de outras linguagens foram desenvolvidas desde então, possibilitando instruções mais complexas.

Um gráfico no Museu de História do Computador em Palo Alto, Califórnia, mostrando as linguagens derivadas do Fortran.

(de Common Business-Oriented Language). Fiel às intenções de Hopper, o COBOL era verborrágico. Uma instrução para um simples cálculo podia se parecer com isto:

MULTIPLY HOURS BY WAGE-RATE GIVING STRAIGHT-TIME

“Isso oferecia aos administradores e gerentes a reconfortante ilusão de que poderiam ler e compreender os programas que seus funcionários estavam escrevendo, mesmo que eles próprios não soubessem escrever”, escreveram Martin Campbell-Kelly e William Aspray em sua história da computação. Décadas depois, as peculiaridades do COBOL também tiveram consequências dispendiosas. Como a memória era escassa, apenas dois dígitos eram alocados nas datas para a parte referente ao ano, imaginando-se que no futuro próximo a centena 19 seria subentendida. No final do século XX, quando a maioria dos autores originais já tinha partido, uma nova geração de programadores teve de garimpar milhões de linhas de código COBOL para verificar problemas que poderiam ocorrer quando o calendário marcasse o ano 2000 — uma situação que a mídia batizou de Y2K.

A linguagem Fortran era propriedade da IBM, embora tenha se tornado disponível, com o tempo, para outros sistemas. O COBOL foi desenvolvido por um comitê setorial apoiado pelo governo dos EUA. Quando o comitê chegou ao fim, o governo, cansado de ter de reescrever programas todas as vezes que comprava um novo computador, decretou que todos os computadores comprados pelos órgãos federais precisavam ter um compilador COBOL disponível. Esse foi outro grande passo na direção de tornar os programas independentes das máquinas em que eram executados.

ATÉ MEADOS DOS ANOS 1970, a maioria das transações comerciais era gravada por auxiliares e passadas para especialistas, que as inseriam em um computador ou uma perfuradora de cartões. Os computadores de então usavam essas informações para produzir relatórios diários, semanais e mensais, que eram geralmente fornecidos em uma grande pilha de um formulário contínuo de 35,56 cm por 43,18 cm. As laterais das folhas eram perfuradas de alto a baixo, para alimentar impressoras de alta velocidade. Se você quisesse um novo relatório, enviaria uma descrição ao

departamento de processamento de dados e em algum momento os operadores do computador programariam a emissão do relatório e você receberia o resultado. Mesmo uma alteração mínima em um relatório podia levar semanas para ser processada.

Três descobertas mais ou menos simultâneas mudaram tudo isso. Cada uma delas se tornou o que agora pode ser chamado *middleware* — uma imensa e lucrativa, embora geralmente despercebida, categoria de software que mantém as empresas e os governos funcionando dia após dia.

No final dos anos 1960, E. F. “Ted” Codd, pesquisador da IBM, observou o modo de os dados serem classificados e manuseados nos computadores e pensou em um modo melhor. Assim como Hopper e Backus, ele tinha formação de matemático e trabalhou como programador nos primeiros computadores. Codd procurou uma definição matematicamente rigorosa de um banco de dados. A meta era uma descrição geral de como armazenar, atualizar e extrair dados, de modo que a resposta a consultas fosse precisa e que quaisquer alterações nos dados produzissem resultados consistentes.³³

Em 1970, Codd concluiu sua definição do banco de dados relacional. Em certo nível, a ideia parece totalmente óbvia. O coração do banco de dados relacional é uma tabela na qual as linhas representam entidades de algum tipo, e as colunas, geralmente chamadas de campos, representam atributos dessas entidades. Em uma tabela do banco de dados de uma biblioteca, cada linha pode ser um livro, e as colunas podem ser o título, o autor, o editor etc. A verdadeira força dos bancos de dados relacionais se revela quando as tabelas são agrupadas, com cada par de tabelas conectado por um campo em comum — o aspecto relacional. No exemplo da biblioteca, uma segunda tabela pode listar todos os mutuários da biblioteca e os livros que pediram emprestado, com o identificador exclusivo de cada livro servindo como vínculo relacional. Vínculos simples podem criar estruturas imensamente complexas. Em uma biblioteca, as tabelas conectadas poderiam possibilitar a descoberta de padrões: por exemplo, que as pessoas que gostaram do autor A também tendiam a ler livros do autor B.

O trabalho de Codd deu margem a toda uma geração de empresas de bancos de dados, inclusive a Oracle e a Sybase. Qualquer banco de dados poderia ser executado em qualquer computador — novamente, separando ainda mais o software do hardware.

O banco de dados relacional estruturava os dados com um método em comum, de forma que informações sobre diferentes coisas pudessem ser combinadas, classificadas ou consultadas para encontrar relações.



O Departamento de Polícia de Nova York instalou seu banco de dados CompStat em 1994 para que os policiais pudessem classificar e correlacionar relatos de crimes com outros dados para avaliar onde podiam ocorrer crimes. Graças à redução do crime em Nova York, ele foi adotado desde então por Filadélfia, Vancouver e outras metrópoles.

Igualmente importante foi o desenvolvimento da linguagem estruturada de consultas. Depois de Codd publicar seu documento, dois outros pesquisadores da IBM — Donald Chamberlin e Raymond Boyce — publicaram um trabalho chamado “SEQUEL: A Structured English Query Language” (SEQUEL: uma linguagem estruturada de consultas em inglês). Devido a questões de marca registrada, o nome da linguagem foi mais tarde reduzido para SQL. Chamberlin e Boyce tornaram possível extrair informações de bancos de dados sem programar diretamente o computador e sem precisar saber como os dados foram armazenados. Tudo o que a pessoa tinha de saber era a estrutura do banco de dados: quais campos estavam em quais tabelas e como elas se conectavam. Depois de muito tempo, podia-se criar aplicativos que deixavam os usuários gerarem seus próprios relatórios sem saber de fato como escrever uma consulta em SQL. O usuário apenas selecionava os critérios de pesquisa, e o programa construía uma consulta e a submetia ao banco de dados. Um software de criação de relatórios, fácil de usar e sendo executado em computadores de mesa, permite que qualquer pessoa consulte um banco de dados. O relatório personalizado que o departamento de processamento de dados antes gastava semanas para criar podia agora ser montado pela pessoa que precisava das informações.

Naturalmente, nada disso podia acontecer sem uma forma de obter as informações no sistema. No final dos anos 1960, o engenheiro da IBM Ben Riggins estava trabalhando na implementação de computadores IBM para a então chamada Virginia Electric Power Company. A VEPCO e outras empresas de serviços públicos estavam interessadas em criar centros de atendimento ao consumidor (nos quais os consumidores fossem pagar ou alterar suas contas) que fossem conectados eletronicamente ao mainframe da empresa. As transações seriam inseridas e armazenadas — só que não existia software para executar transações em campo. Riggins teve uma ideia de como fazê-lo — um componente de software chamado CICS, de Customer Information Control System (um sistema de controle das informações do consumidor).

Em 1968, Riggins mudou-se para instalações da IBM em Des Plaines, Illinois, para desenvolver o CICS, que foi apresentado em 1969. Em meados dos anos 1970,

o desenvolvimento do CICS mudou-se para Hursley, no Reino Unido, e o sistema se disseminou como um middleware padrão de TI que, nos anos 2000, estava processando centenas de bilhões de transações por dia.³⁴ Hoje, a maioria dos sistemas de transações bancárias e de varejo é baseada no CICS.

O banco de dados relacional, o SQL e o CICS tornaram-se três das mais importantes inovações da ciência de computadores no século XX. Todo o mundo lida com esses sistemas diariamente: todas as vezes que alguém passa um cartão de crédito, faz uma reserva, envia um e-mail ou até mesmo dá um telefonema, tipos específicos de sistemas de software estão a postos nos bastidores para fazer as transações acontecerem.

AS DÉCADAS DE 1970 E 1980 trouxeram duas tendências incrivelmente contraditórias em software. Os computadores se tornaram mais padronizados e muito mais fáceis de programar, mas o usuário médio teve menos razões para tentar fazer qualquer programação.

Nos Bell Labs da AT&T, Ken Thompson e Dennis Ritchie criaram o sistema operacional Unix e a linguagem de programação C. O Unix conquistou um lugar de destaque na computação acadêmica e acabou se tornando o sistema operacional padrão para computadores comerciais de médio porte. O C e seu derivado C++ se tornaram a linguagem padrão para a maior parte da programação mais substancial. Nos anos 1960, Niklaus Wirth, do Instituto Federal Suíço de Tecnologia, criou a linguagem Pascal especificamente como ferramenta para ensinar programação. Mais ou menos ao mesmo tempo, John Kemeny e Thomas Kurtz, do Dartmouth College, inventaram o BASIC, uma linguagem simples de programação projetada para que não especialistas pudessem programar. Como o acesso ao computador estava se disseminando, a linguagem BASIC se tornou parte padrão dos estudos e, por fim, do currículo do segundo e até do primeiro grau.

Enquanto isso, programadores experientes na explosiva indústria do software criavam aplicativos para computadores pessoais, mudando a forma de as pessoas pensarem em software e programação. O programa de planilhas VisiCalc,

publicado para o Apple II em 1979, permitiu que analistas criassem sofisticados modelos financeiros sem terem de escrever uma única linha de código. Sem demora, os programas de edição de texto como o WordStar, WordPerfect e, por fim, o Microsoft Word tornaram obsoletos a máquina de escrever e o sistema dedicado de processamento de textos.

O CONCEITO DE INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL, ou AI (Artificial Intelligence), tem rondado o campo da ciência de computação desde o início. Em 1950, Alan Turing, o matemático britânico responsável por grande parte do trabalho teórico que levou aos primeiros computadores, propôs um teste simples: um computador seria considerado capaz de pensamento humano se alguém, conversando com ele através de um terminal, fosse incapaz de dizer se havia uma pessoa ou uma máquina do outro lado. Nenhum computador, entretanto, chegou sequer perto disso. Os cientistas computacionais e os neurocientistas ainda não sabem o suficiente sobre o cérebro para reproduzir suas funções.

Os cientistas computacionais, no entanto, perceberam que computadores cada vez mais rápidos poderiam igualar ou superar os humanos em certas atividades cognitivas de alto nível. O xadrez tem sido particularmente fascinante para os pesquisadores de AI. O jogo é profundo e complexo, mas suficientemente finito em suas possibilidades.

Em meados dos anos 1980, três estudantes de doutorado da Universidade Carnegie Mellon —Murray Campbell, Thomas Anantharaman e Feng-hsiung Hsu— decidiram criar uma máquina de xadrez que pudesse vencer o melhor enxadrista humano. Como fazia tempo que Hsu, nascido em Taiwan, estava interessado em xadrez por computador, ele projetou um processador dedicado a xadrez, chamado de ChipTest. Murray foi campeão da província de Alberta, no Canadá, quando adolescente, e escreveu um programa de xadrez antes de se graduar. Juntos, Hsu e Murray criaram o Deep Thought, nome em homenagem ao computador da obra de Douglas Adams *O Guia do Mochileiro das Galáxias*. Foi a melhor máquina de xadrez até então, vencendo todos os desafiantes no campeonato mundial de xadrez para computadores, no segundo trimestre de 1989, mas em outubro jogou duas partidas contra o então campeão mundial humano, que o venceu facilmente.³⁵ A Divisão de Pesquisa IBM contratou a equipe do Deep Thought, e o grupo obteve recursos para construir o Deep Blue, um

supercomputador dedicado ao jogo de xadrez. Em 1997, o então campeão concordou em enfrentar a última versão. O Deep Blue tinha 30 processadores Power e 480 chips especializados em xadrez que permitiam que ele percorresse em um segundo 330 milhões de posições no tabuleiro de xadrez. A partida foi um evento tenso e fartamente anunciado. O mestre de xadrez venceu o primeiro jogo, mas o Deep Blue ressurgiu com uma vitória no dia seguinte. Os três jogos seguintes deram empate. No sexto e decisivo jogo, o Deep Blue venceu em 19 movimentos.

“De modo frio e ríspido”, relatou o *New York Times*, “o computador Deep Blue, da I.B.M., bateu ontem a humanidade, ao menos temporariamente, como o mais requintado jogador de xadrez do planeta.”

O Deep Blue abordou o jogo como uma máquina, não como uma pessoa. “O Deep Blue funciona em uma liga totalmente diferente da de um enxadrista humano”, diz Campbell, agora diretor do Business Analytics and Mathematical Sciences Group, no T. J. Watson Research Center em Yorktown Heights, Nova York. “Ele faz coisas que os computadores são bons em fazer. As pessoas confiam na intuição. Isso é muito eficaz, mas realmente difícil de simular em um computador.” O Deep Blue não jogava como um ser humano porque não pensava como um humano. Alguns de seus movimentos desconcertavam seus próprios programadores, embora eles pudessem mais tarde reconstruir a lógica que o tinha levado a tais movimentos. E os auxiliares humanos tinham às vezes de intervir e aceitar um empate para proteger o oponente humano de uma espera de horas de agonia enquanto o Deep Blue se esfalfava para vencer em uma situação em que a vitória era sabidamente impossível.

O Deep Blue teve consequências duradouras. Ele abriu caminho para a volta da IBM ao negócio da supercomputação. E estimulou ideias sobre como o impressionante poder de processamento dos novos computadores podia ser usado para ir não apenas mais rápido, mas também mais fundo em um problema específico. A lógica avançada de negócios — extrair informações multidimensionais de enormes bancos de dados — exige um imenso poder de processamento e está tornando a computação de alto desempenho valiosa para os negócios.

DESDE O INÍCIO DA ERA DOS COMPUTADORES, os seres humanos tiveram de aprender técnicas especializadas para se comunicarem com os computadores. Os códigos numéricos do UNIVAC abriram caminho para a arte de construir uma boa

pesquisa no Google. As máquinas nunca foram boas em compreender a linguagem humana. Preencher essa lacuna é um dos desafios para os cientistas computacionais. O programa televisivo de perguntas e respostas *Jeopardy!* tornou-se o último e mais exigente teste para um grupo da Divisão de Pesquisa IBM.³⁶

“Os humanos são elásticos com a linguagem. Eles não assumem que uma palavra tem um significado perfeitamente preciso e imutável”, disse David Ferrucci, o cientista da IBM que liderou quatro anos de pesquisa com o objetivo de criar um computador para competir ao vivo contra seres humanos no programa *Jeopardy!*, exibido pela TV. O computador da equipe, chamado Watson, foi instalado em um laboratório da IBM criado para parecer o estúdio do *Jeopardy!* e funcionar como ele. “Quando nós lemos ou ouvimos uma palavra, ela sempre está em um contexto”, disse Ferrucci. “Tudo o que é captado no ambiente influencia profundamente o que a palavra realmente significa — a forma de a interpretarmos. Nós enfrentamos esse tipo de desafio em *Jeopardy!*”³⁷

A tecnologia DeepQA no núcleo do Watson leva a compreensão automática da linguagem natural a um novo nível, e a arquitetura do computador aponta para um novo modelo de sistemas específicos a cargas de trabalho.

Watson venceu os maiores campeões de *Jeopardy!* de todos os tempos, Ken Jennings e Brad Rutter, no famoso torneio de TV exibido em fevereiro de 2011. Em sua resposta na final de *Jeopardy!*, Jennings parafraseou uma piada da série *Os Simpsons*: “I for one welcome our new computer overlords.” (Quero ser o primeiro a dar boas-vindas a nossos novos soberanos, os computadores.)

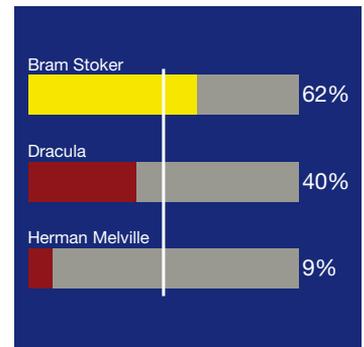
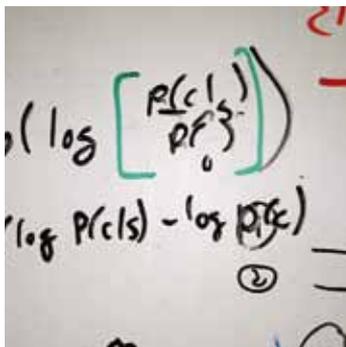


Como Watson venceu o Jeopardy!

Como todos os participantes de *Jeopardy!*, Watson não estava conectado à Internet. Em vez disso, ele obtinha as informações em seu próprio banco de dados — mais de 200 milhões de páginas inseridas nele por pesquisadores da IBM.

Equipado com 2.880 núcleos de processamento e 15 terabytes de memória RAM, os algoritmos de Watson entendem rapidamente uma pergunta. O ser humano entende trocadilhos naturalmente; Watson executa lógica complexa.

Centenas de algoritmos esquadriham o banco de dados. Quanto mais os resultados coincidem, mais confiança Watson tem na resposta. Se uma resposta está incorreta, Watson ajusta seus algoritmos. Exatamente como os seres humanos, Watson aprende com seus erros.





“Nós vamos exigir que os computadores entendam melhor as consultas que fazemos em nossa linguagem natural”, disse David Ferrucci, pesquisador-chefe do projeto DeepQA/Watson na Divisão de Pesquisa IBM.

As perguntas do programa são cheias de sutilezas, trocadilhos e jogos de palavras — o tipo de coisa que encanta os seres humanos, mas confunde os computadores. Em uma categoria chamada “Antes, Durante e Depois”, foi dada esta pista em inglês: “Poker hand of 3 aces & 2 kings with a British royal family name adopted in 1917 that’s a great way to tie a tie.” (Mão de pôquer composta de 3 ases e dois reis com o nome da família real britânica adotado em 1917 e que é uma ótima forma de amarrar uma gravata.) A resposta correta: “What is a full house of Windsor knot?” (O que é um full house de nó Windsor?) Esse não é o tipo de resultado que poderia ser encontrado em uma pesquisa normal de computador.

A proposta substancial por trás do trabalho de Ferrucci é um esforço de pesquisa chamado DeepQA (Question Answering, respostas a perguntas). Ele é projetado para realmente entender e responder às perguntas, tirando proveito de uma espantosa capacidade da computação para buscar respostas dentro do crescente estoque de conhecimento humano pesquisável e disponível em forma digital. Buscas na Web, por outro lado, fornecem fontes potenciais de respostas em vez de respostas de fato.

“Nós vamos exigir que os computadores entendam melhor as consultas que fazemos em nossa linguagem natural”, disse Ferrucci, que ocupou os últimos 15 anos na Divisão de Pesquisa IBM trabalhando em problemas da linguagem natural e encontrando respostas no meio das informações não estruturadas. “Há toda esta informação nos computadores, mas não é organizada de forma a permitir que o computador a relacione a suas perguntas. Eu quero que o computador digira a informação do jeito que os humanos a expressam e então dê às pessoas, nos termos delas, as informações que elas precisam ter.”

Isso não significa que Watson pensa como uma pessoa, mesmo que ele produza respostas em estilo humano. “O objetivo não é modelar o cérebro humano”, disse Ferrucci. “O objetivo é construir um computador que seja mais eficaz em compreender e interagir em linguagem natural, mas não necessariamente do mesmo modo que um ser humano faz.”

Ferrucci disse que sua equipe parou de armazenar mais dados no Watson quando ficou claro que as informações adicionais já não estavam melhorando os resultados. Quando uma pergunta é feita ao Watson, mais de 100 algoritmos

analisam a questão de formas diferentes e encontram muitas respostas plausíveis — tudo ao mesmo tempo. Em seguida, outro conjunto de algoritmos classifica as respostas e lhes atribui uma pontuação. Para cada resposta possível, Watson busca uma evidência que possa respaldá-la ou refutá-la. Assim, para as centenas de respostas possíveis, ele pesquisa centenas de pontos de evidência e usa centenas de algoritmos para indicar em que grau cada evidência respalda as diferentes respostas. A resposta cuja evidência tem a maior avaliação merece mais confiança. A resposta em melhor colocação na escala de confiança do Watson é a que ele escolhe — a menos que sua confiabilidade não alcance um limite definido. Durante o *Jeopardy!*, se a resposta mais bem colocada não tiver uma avaliação alta o suficiente para transmitir confiança a Watson, ele não apertará a campainha, evitando assim o risco de perder dinheiro. O computador também aprende com seus erros, melhorando dinamicamente suas respostas. O computador Watson faz tudo isso em cerca de três segundos.

No final de 2010, em sessões práticas na Divisão de Pesquisa IBM em Yorktown Heights, Watson foi bom o bastante para encontrar as respostas certas para vencer mais de 70% dos jogos contra ex-campeões do *Jeopardy!* que vieram jogar contra ele. Então, no início de 2011, Watson enfrentou os superastros de *Jeopardy!* Ken Jennings e Brad Rutter.

A competição foi ao ar por três dias em fevereiro de 2011 e se tornou um marco cultural imediato. Watson, representado por um globo giratório em uma tela e ladeado por Jennings e Rutter, respondeu às pistas de um modo sereno, imperturbável. No fim do primeiro dia, Watson e Rutter estavam empatados em US\$ 5.000 pelos acertos cada um, enquanto Jennings tinha US\$ 2.000. No segundo dia, Watson tomou claramente a dianteira. No final do terceiro dia, Watson venceu com US\$ 77.147, contra US\$ 24.000 de Jennings, enquanto Rutter ficou com US\$ 21.600. (Como vencedor, Watson ganhou \$1 milhão, que a IBM doou para instituições de caridade. Jennings ganhou US\$ 300.000 e Rutter, US\$ 200.000. Ambos deram a metade de seus prêmios para instituições de caridade.) Jennings teve a última palavra — uma tirada irônica que encantou o público — quando parafraseou uma fala de *Os Simpsons* na tela final de *Jeopardy!*: “I for one welcome our new computer overlords.” (Quero ser o primeiro a dar boas-vindas a nossos novos soberanos, os computadores.)

O resultado da disputa foi notícia em todo o mundo. Em uma matéria de primeira página, o *New York Times* declarou: “Para a I.B.M., o confronto não foi meramente uma façanha bem divulgada e um prêmio de US\$ 1 milhão, mas a prova de que a empresa deu um grande passo na direção de um mundo em que máquinas inteligentes compreenderão e responderão aos seres humanos e, talvez inevitavelmente, substituirão alguns deles.”³⁸ Ray Kurzweil declarou que Watson marcou um importante ponto de inflexão na história da computação. “Watson é um exemplo atordoante da capacidade crescente dos computadores para invadir com êxito o supostamente exclusivo atributo da inteligência humana”, escreveu ele.³⁹

Diferentemente do Deep Blue, que influenciou os projetos de computadores, mas no final não podia fazer nada além de jogar xadrez, Watson e sua tecnologia DeepQA têm implicações óbvias e imediatas. Os bancos de dados agora fornecem respostas a perguntas lógicas profundas, desde que as consultas envolvam informações dentro da rígida estrutura de um banco de dados relacional. A tecnologia DeepQA tenta encontrar respostas em uma grande e emaranhada pilha de informações não estruturadas no mundo e tenta disponibilizar os resultados para quem quer que saiba como formular uma questão. Um uso potencial para este tipo de tecnologia de perguntas e respostas é o diagnóstico inteligente. Nenhum médico pode se manter em dia com o vasto volume de dados e pesquisas publicados continuamente — um software de perguntas e respostas tão poderoso quanto o Watson, capaz de responder em tempo real a consultas em linguagem real de medicina, poderia ser a diferença entre o diagnóstico e o tratamento certo e o errado. Logo depois da vitória de Watson em *Jeopardy!* a IBM anunciou uma parceria com as escolas de medicina das universidades de Maryland e de Columbia para explorar essas aplicações.

Outro uso mais prosaico seria nos livrar dos menus de voz das linhas de atendimento ao consumidor. O software de perguntas e respostas permitiria que o autor da chamada falasse em linguagem comum com o sistema e obtivesse realmente uma resposta útil. O setor jurídico expressou interesse em usar a tecnologia DeepQA para encontrar informações imersas em milhares de páginas de documentos.

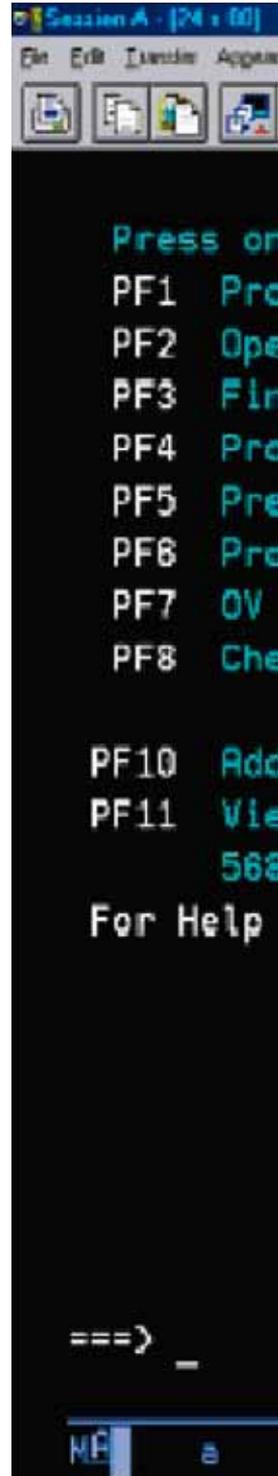
De muitos modos, a história da crescente utilidade dos computadores é também a história de ajudar os humanos e os computadores a compreenderem uns aos outros de maneiras cada vez mais complexas e sutis. “O Santo Graal da ciência de computação é levar as máquinas a conversar fluentemente conosco em nossa língua, e não o contrário”, disse Ferrucci. “Isso pode ajudar as pessoas a avançar rapidamente em muitos campos, já que muito do conhecimento humano é capturado e comunicado em linguagem natural.” O computador sensível, ciente de si mesmo, ainda é assunto de ficção científica, mas estamos vendo o surgimento de máquinas que ajudarão nosso raciocínio simplesmente ao serem questionadas.

• • •

Conexão

Quando pessoas, computadores e dispositivos se interconectam, o impacto da computação é multiplicado exponencialmente.

Nos anos 1980 — muito antes da difusão dos e-mails ou das mensagens instantâneas, dos fóruns na Web ou das redes sociais — o Professional Office System ou PROFS, da IBM, atuou como a forma comercial mais avançada do mundo em termos de comunicação em rede. Ele permitiu que os IBMistas (e os funcionários de muitos clientes da IBM) conversassem, mantivessem suas agendas, enviassem mensagens e administrassem tudo, desde contabilidade até registros pessoais.



Search Communication Assist Window Help



OV/VH 1.2- Main Menu

one of the following PF keys.

Access calendars

Time: 3:04

Open the mail

Print documents

1999 SEPTEMBER

Access notes and messages

S M T W T

Prepare documents

1 2

Access the document log

5 6 7 8 9

Mail list processor

12 13 14 15 16

Check the status of outgoing mail

19 20 21 22 23

26 27 28 29 30

Set an automatic reminder

Day of Y

View main menu number 2

24-084 (C) Copyright IBM Corp. 1983, 1997

PF9 Help

Type ISHELP/Call (607)770/8-853-HELP Highest Class=IBM Con

Nos anos 1930, o inventor Walter Lemmon formou uma pequena empresa chamada Radio Industries Corporation. Lemmon estava pesquisando maneiras de conectar duas máquinas de escrever elétricas por meio de rádio de ondas curtas, de modo que uma mensagem datilografada em uma delas fosse datilografada automaticamente em outra máquina de escrever a quilômetros de distância. Isso era, de certa forma, a primeira tentativa de e-mail.⁴⁰

Na IBM, os engenheiros de Thomas Watson vinham explorando modos de usar linhas telefônicas para transmitir a sequência de furos de um cartão perfurado a um perfurador automático em outro local, de modo que o trabalho de Lemmon chamou a atenção de Watson. Depois de ver o protótipo, Watson persuadiu Lemmon e seus associados a dissolver sua empresa e se juntarem à IBM, com a promessa de que a IBM financiaria toda a pesquisa necessária para criar um produto comercializável.

Em 1941, Lemmon apresentou um modelo de trabalho — um tipo de aparato ao estilo de Rube Goldberg, chamado Radiotype. Quando um operador de Radiotype datilografava uma mensagem, cada tecla pressionada enviava um impulso a uma unidade perfuradora de fitas, que traduzia o impulso em um furo na fita. A fita era então alimentada em um aparelho de ondas curtas, que transmitia os furos usando algo parecido com o código Morse. Na outra ponta, tudo funcionava no sentido inverso: o rádio perfurava uma fita, e a fita era alimentada em um leitor que dizia à máquina de escrever elétrica quais teclas ativar.

Quando a Segunda Guerra Mundial se agravou, o Exército norte-americano instalou Radiotypes em escritórios de registro de informações em todo o mundo, permitindo que as Forças Armadas enviassem rapidamente informações de rotina a áreas remotas. Um tenente-coronel chamou o Radiotype de “um dos avanços

⁴⁰ Um Radiotype de produção estava pronto em 1941 e entrou em ação enviando comunicados para as Forças Armadas dos EUA durante a Segunda Guerra Mundial.



mais impressionantes” de todos os produtos de informação criados para a guerra. Watson previu que algum dia o Radiotype eclipsaria as calculadoras contábeis que eram a base da IBM: “Meu horizonte para essa máquina é tão amplo que eu não ousou parar de pensar nisso.”

Até então os computadores estavam isolados — sem conexão nenhuma. A única maneira de mover informações de, digamos, um computador em Londres para outro em Manchester seria carregar os cartões perfurados em um caminhão e levá-los até lá. Parecia que a IBM tinha começado a criar algo novo: uma forma de mover dados geograficamente por meio de uma rede de comunicação.

Quando a guerra terminou, parecia natural que a IBM fosse desenvolver o Radiotype para uso civil. Isso não aconteceu. Watson percebeu que, se a IBM ficasse no negócio, teria de concorrer com a empresa de teletipos da AT&T, e a AT&T era um importante cliente da IBM. “O Radiotype nunca seria algo muito importante” para a IBM, lembrou Richard Canning, um especialista em processamento de dados da IBM que trabalhou no Radiotype. “Então eles saíram.”⁴¹

Uma mentalidade setorial assumiu o controle: as empresas de computadores vendiam máquinas e serviços, as empresas de comunicações operavam redes, e ambas ficavam fora dos negócios uma da outra.

Mais de 20 anos se passariam até que os computadores começassem a falar uns com os outros novamente.

BOB BRADEN, ENGENHEIRO DE COMPUTADORES DA UCLA, defrontou-se com uma tarefa bem usual em 1969. Ele precisou escrever um software de rede para um IBM 360/91 que tinha sido instalado recentemente no campus, no prédio de Ciências Matemáticas. Poucas pessoas sabiam o que era uma rede de computadores. O fabricante do computador, a IBM, nem parecia estar muito interessado — pelo menos não no tipo de rede que Braden estava ajudando a criar.⁴²

O 360/91 era um objeto cobiçado. Seus processadores velozes e a memória extra tinham dado água na boca da ARPA (Advanced Research Projects Agency, agência de projetos de pesquisa avançada), do Departamento de Defesa dos EUA. Como os Estados Unidos esperavam tomar a dianteira na Guerra Fria e na corrida

O compartilhamento de tempo permitiu que usuários em vários locais aproveitassem os recursos de um computador, conectando-se em uma configuração semelhante à roda de uma bicicleta.

espacial com a União Soviética, havia uma forte injeção de fundos em pesquisa baseada em computadores. A ARPA estava ansiosa para que o maior número possível de cientistas tivesse acesso aos poucos computadores existentes tão poderosos quanto o 360/91. A única estratégia razoável: ligar os pesquisadores e os raros computadores em uma rede.

O problema era que a série 360 era terrível nas comunicações. Ela simplesmente não tinha sido criada para isso. A partir dos anos 1960, alguns computadores foram criados para compartilhamento de tempo, o que permitia que vários usuários em locais diferentes acessassem determinado computador ao mesmo tempo usando um terminal “burro”. Os pesquisadores da ARPA imaginaram algo mais — um modo flexível de os cientistas acessarem qualquer uma em um grande número de máquinas poderosas, independentemente de quem as tivesse fabricado ou de onde estivessem. A IBM não se opunha à comunicação por computadores em si e estava até planejando acrescentar esse recurso a alguns de seus próprios produtos. Porém, a tecnologia teria de ser da IBM. Nesse aspecto, a IBM não era diferente de qualquer outra empresa de computadores da época. Todas tentavam manter os usuários leais aos sistemas de sua propriedade, de ponta a ponta. O que a IBM não queria era deixar que hardware e software fora de seu controle absoluto se ligassem a seus sistemas. Aliás, toda a premissa do Sistema 360 é que ele era completo — 360 graus de funcionalidade independente. Essa era a tendência do setor. (Naquele tempo, a AT&T recusava-se a permitir que equipamento não fabricado por ela se conectasse à sua rede. Cada telefone, cada comutador nos Estados Unidos era feito pela AT&T.)

Braden então tomou a frente, com o apoio da ARPA, e adotou uma nova e radical tecnologia de comunicações conhecida como comutação de pacotes. Os dados seriam fragmentados em muitos blocos eletrônicos menores, chamados pacotes. Cada pacote incluiria um endereço eletrônico que pudesse ser lido por computadores e comutadores eletrônicos. Diferentemente das conversas telefônicas, a transferência de dados de um pacote entre computadores não teria de monopolizar toda uma linha de comunicação. Os pacotes poderiam ser subdivididos, viajando por diversas linhas e diversos computadores intermediários antes de chegar ao destino, onde o computador destinatário montaria novamente os pacotes, na ordem certa e com rapidez.



Usuários lendo a saída impressa de um terminal em uma rede TSS/360 de tempo compartilhado desenhada exclusivamente para um modelo especial do computador Sistema 360.

Ele usava os recursos da rede com eficiência e era resiliente. Se um inimigo como a União Soviética conseguisse interromper parte da rede, os pacotes poderiam fluir por outro caminho e ainda assim chegar a seu destino. Uma rede de pacotes e comutadores pode resistir a um ataque nuclear de uma forma que a rede telefônica não poderia.

Em 1970, a rede —batizada como ARPANET— entrou em operação. Mais instituições e computadores mainframe foram adicionados. Cientistas e engenheiros em todo o país tiveram acesso aos mais poderosos computadores da Terra. Isso trouxe a ideia de que a computação não era algo a ser possuído, mas algo a ser compartilhado.

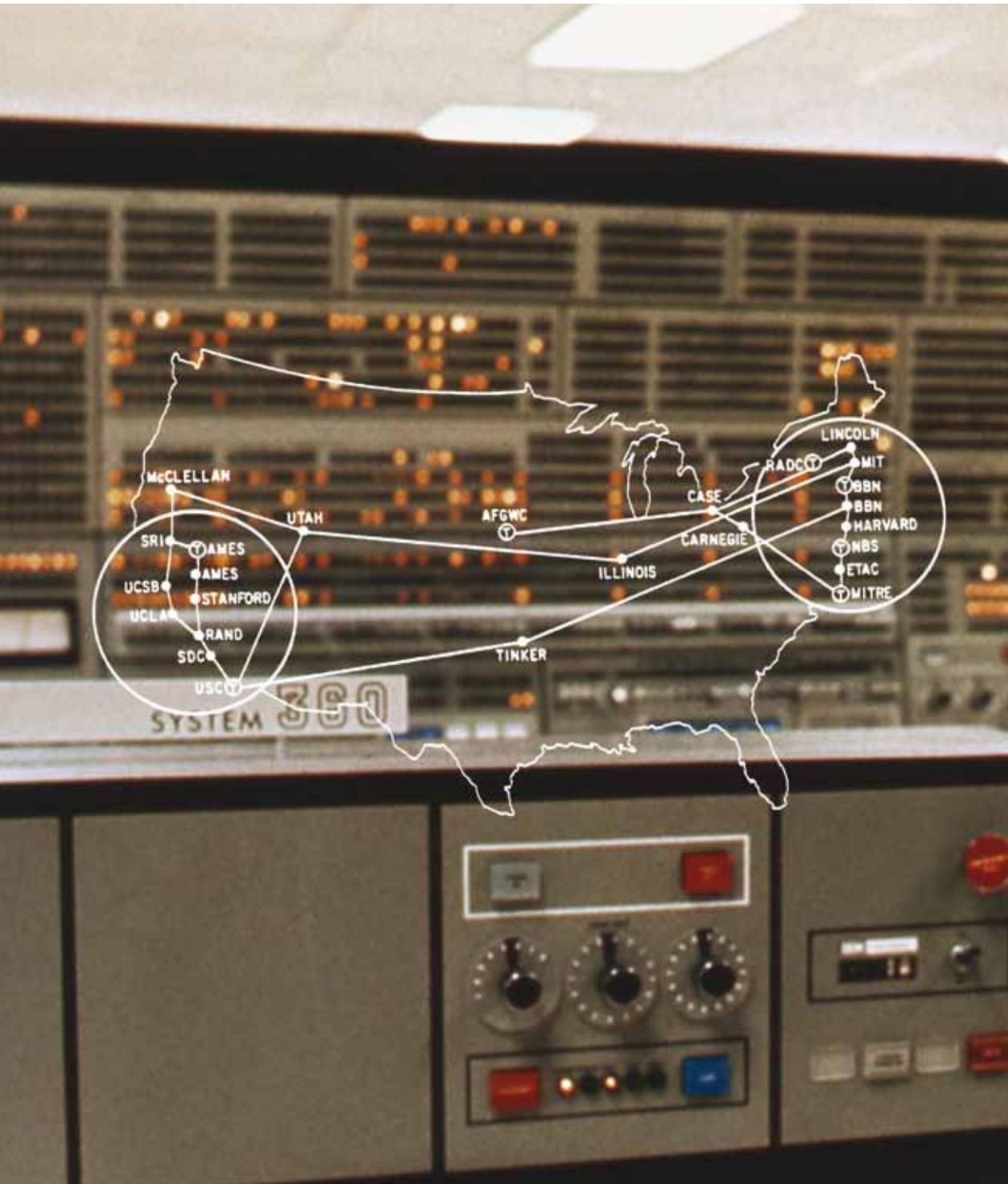
EM 1973, O ENGENHEIRO DA ARPA Robert Kahn se encontrou com o professor da Universidade de Stanford Vinton Cerf, que, como Kahn, se dedicou a descobrir caminhos para que as redes pudessem compartilhar informações com facilidade. Em outras palavras, eles exigiam a interconexão de redes.

Quando as redes de computadores se desenvolveram, cada rede se comunicava usando seu próprio protocolo. Como empresas de computadores como IBM, Digital Equipment e Amdahl começaram a entrar em sistemas de rede, cada uma estabeleceu seus próprios conjuntos de protocolos, e esses, claro, eram incompatíveis com os protocolos das outras empresas. Isso foi rapidamente se tornando uma confusão para os usuários.

O astrofísico Larry Smarr se lembrava de tomar cerveja com um colega alemão em Munique, em 1982, e reclamar que teve de cruzar o Atlântico para ter acesso a um supercomputador feito nos EUA e poder executar simulações de explosões de uma supernova e de buracos negros em colisão. Ele não podia entrar na ARPANET para fazer isso. A ARPANET, disse Smarr, “tinha se tornado uma

**A ARPANET começou a formar a rede de computadores,
para que muitas pessoas pudessem compartilhar os recursos
de muitos computadores — uma precursora da Internet.**

Um Sistema 360 na Universidade da Califórnia, em Santa Bárbara, esteve entre os quatro primeiros computadores a se conectarem à ARPANET. Os outros eram um Honeywell DDP-516 na UCLA, um SDS-940 no Instituto de Pesquisa de Stanford e um DEC PDP-10 na Universidade de Utah.



coisa para a elite. Era para uns poucos departamentos de ciências da computação e para as Forças Armadas. Ninguém nos departamentos de física e química das universidades sabia grandes coisas sobre a ARPANET, muito menos tinha acesso a ela.”⁴³

Kahn e Cerf fizeram uma campanha para criar um protocolo comum que permitisse que não só máquinas individuais, mas todas as redes se comunicassem com facilidade. Com o apoio da ARPA, eles elaboraram um conjunto de regras conhecido como Transmission Control Protocol/Internet Protocol, ou simplesmente TCP/IP. Em 1983, seu trabalho em TCP/IP permitiu que a ARPANET se conectasse a uma rede acadêmica chamada CS/NET, e pesquisadores em ambas as redes começaram a trocar informações.

O TCP/IP ganhou um poderoso avalista em Washington: o Senador Al Gore, que trabalhou para fornecer apoio e dinheiro do governo. Gore defendeu animadamente uma ideia que chamou de superestrada da informação, o que — dizia ele — atrairia muito mais do que universidades e corporações, podendo conectar todos os tipos de pessoas de um modo que reforçaria a troca de informações e a expansão econômica.⁴⁴

O governo Reagan trabalhou com Gore e com a National Science Foundation (NSF) para financiar cinco centros de supercomputadores: um na Universidade de Illinois em Urbana-Champaign, um na Universidade da Califórnia em San Diego, um em Cornell, um em Princeton e um compartilhado pela Universidade Carnegie Mellon e pela Universidade de Pittsburgh. A NSF aparelharia os centros com os mais recentes supercomputadores (alguns custando US\$ 20 milhões ou mais) de empresas como Cray Research, IBM e Thinking Machines, entre outras. Precisava-se de uma rede para conectar os centros com pesquisadores espalhados por todo o mundo — uma rede chamada NSFNET, que usava TCP/IP.⁴⁵

Esse foi o ponto de virada da interconexão de redes. Redes em todo o mundo começaram a mudar para TCP/IP, dando origem à Internet (a interconexão de redes, do inglês inter-networking).

Mas a Internet tinha adversários. A AT&T e outras empresas de telecomunicações, vendo as redes de computador como uma ameaça competitiva, combateram o financiamento do governo. A IBM também não estava totalmente integrada ao TCP/IP. Em 1974, a empresa tinha apresentado sua tecnologia

exclusiva de redes, chamada Arquitetura de Rede de Sistemas (SNA). Devido à proeminência da IBM na indústria de processamento de dados, a SNA conduziu mais tráfego de dados do que qualquer outra tecnologia de rede. A SNA foi a maneira de os computadores IBM compartilharem informações por mais de 15 anos, até que tecnologias mais abertas, como a do TCP/IP, começaram a chegar.

Al Weis, da Divisão de Pesquisa IBM, era um torcedor fanático do TCP/IP na empresa e acreditava que quanto mais cedo a empresa aderisse ao protocolo, melhor. A IBM fez os roteadores para a nova e aprimorada NSFNET. “Eu comecei a ver o tráfego com um cuidado real”, disse Weis. “Dava para ver que essa coisa estava ficando uma loucura. Ela abriu as comportas da represa.”⁴⁶

À medida que mais e mais pessoas entravam na Internet, que se desenvolvia rapidamente, elas encontravam formas de torná-la melhor. Tim Berners-Lee, um cientista computacional do CERN, laboratório europeu de física das partículas, criou uma forma de acessar documentos na Internet por um método de vinculação chamado hipertexto, que conectava páginas na World Wide Web. No centro do supercomputador da Universidade de Illinois, Marc Andreessen e seus colegas montaram o primeiro navegador gráfico, o Mosaic. Ele permitiu que os usuários navegassem pela web clicando em imagens, em vez de terem que digitar o texto dos comandos.

QUANDO O TCP/IP COMEÇOU a conectar grandes computadores, o fenômeno da computação pessoal estava se espalhando pelas empresas. O estranho é que, embora houvesse razões para conectar supercomputadores em Munique e outros em Illinois, ninguém se motivou para desenvolver uma forma de conectar os muitos computadores de menor porte em um edifício comercial.

Um pequeno grupo de pesquisadores da IBM na Suíça assumiu a tarefa de criar redes locais, ou LANs (Local Area Networks). Werner Bux e Hans Müller, do laboratório de pesquisas da IBM em Zurique, desenvolveram a tecnologia que batizaram de Token Ring. Era uma forma de direcionar o tráfego em uma rede local de modo que as mensagens não colidissem e fizessem o sistema cair.

A tecnologia Token Ring apresentou as LANs ao mundo corporativo — as primeiras intranets, antes que a palavra fosse conhecida —, mas a tecnologia da IBM não se imporia. No famoso Centro de Pesquisas da Xerox em Palo Alto, Califórnia,



Quando a interconexão injeta inteligência nos sistemas físicos do mundo, os sistemas do mundo ficam mais inteligentes.

Uma visualização de todas as conexões do Facebook em 2010.



o engenheiro Robert Metcalfe aperfeiçoou uma tecnologia de LAN chamada Ethernet, que se revelou mais barata e mais rápida que a Token Ring. A Ethernet logo se tornou o padrão para a LAN. O importante, no entanto, era que as LANs conectavam PCs dentro das empresas à Internet do lado de fora, trazendo a rede de comunicação à mesa de cada profissional da informação.

Em 1995, a demanda explodiu, e a Internet começou o processo de mudar o mundo. “As perspectivas não eram nada boas: a Internet ia começar a tirar a comida do prato de todo o mundo”, disse Weis.

Mas também estava criando infinitas possibilidades. Com essa rede de redes, os computadores e as informações dentro deles foram socializadas. Poucas décadas antes, as máquinas eram como ilhas. Agora um usuário curioso podia digitar uma consulta em um mecanismo de busca e perguntar aos computadores de todo o mundo onde encontrar dados sobre a camada de ozônio ou uma foto de uma top model, e essa pessoa seria direcionada e conectada ao lugar certo. A Internet era a chave para libertar as informações das limitações físicas. Você podia estar em qualquer lugar e procurar qualquer coisa, e isso acontecia automática e instantaneamente. As informações pertenciam ao mundo, não a alguma entidade que pudesse apropriar-se delas. Essa ideia simples é tão poderosa que reordenou setores inteiros, da mídia ao varejo, e aos bancos, e muito mais. E seu impacto político e social —potencialmente até maior— apenas começou a aparecer.

Mesmo assim, no final dos anos 1990, permanecia uma limitação física na Internet: os fios.

A COMPUTAÇÃO ESTAVA DESTINADA a se tornar onipresente — sempre ligada, disponível em qualquer lugar em sistemas que pudessem se conectar e se comunicar com qualquer outro sistema. Com a virada do século, o acesso de alta velocidade e sem fio à Internet — Wi-Fi— chegou a casas, escritórios, aeroportos, cafés e até mesmo ao parque da cidade. Operadoras de telefonia móvel de todo o mundo — DoCoMo no Japão, SK Telecom na Coreia do Sul, Orange na Europa, Sprint e Verizon nos Estados Unidos— criaram redes de dispositivos móveis sem fio da última geração, capazes de transmitir dados em altas velocidades e baixo custo. Isso deu impulso a smartphones como o iPhone e o BlackBerry, dispositivos que são basicamente computadores conectados à Internet e capazes de fazer ligações telefônicas. Em 2010, havia perto de 6 bilhões de celulares distribuídos ao redor do mundo. Com aquela simples conexão, uma pessoa tinha acesso às informações, aos aplicativos e à força da computação em todo o planeta.⁴⁷

Computação a qualquer hora, em qualquer lugar, por qualquer pessoa, tornou-se mais do que uma simples visão realizada. Em 2011, há uma expectativa. A tecnologia de rede colocou a computação no ar à nossa volta. É a nuvem, da computação em nuvem.

Atualmente, as máquinas estão cada vez mais falando com outras máquinas — não com pessoas— através da nuvem. Podem ser dois poderosos sistemas trocando informações financeiras e realizando negócios em uma fração de segundo ou um pequeno sensor em um rio dizendo a outro computador, sem fio, qual volume de água está fluindo. Na próxima década, as conversas entre máquinas vão explodir, ultrapassando a comunicação de dados que depende de ter um ser humano em um ou ambos os lados.

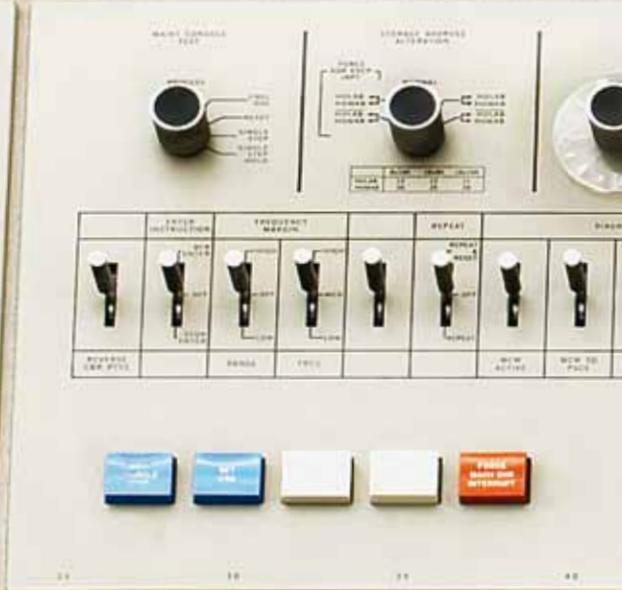
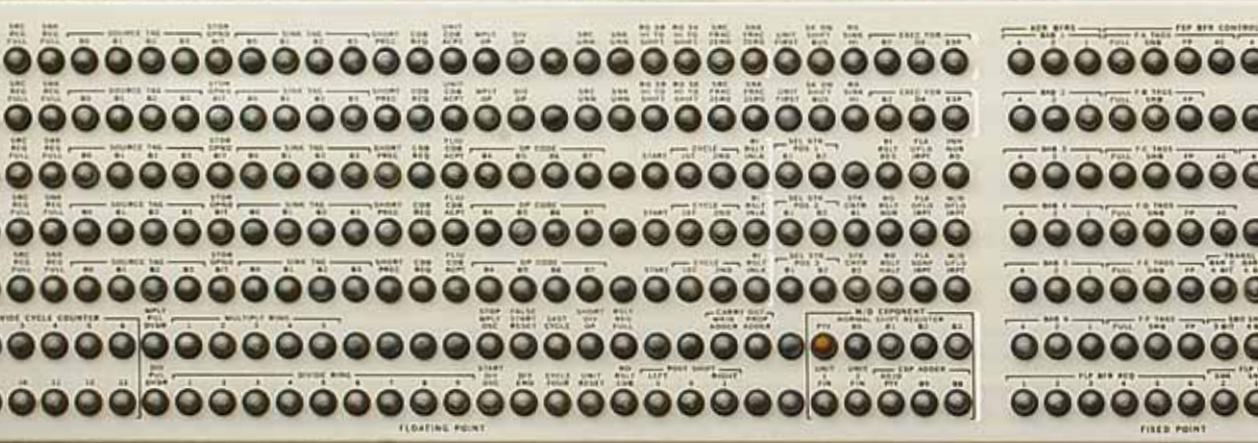
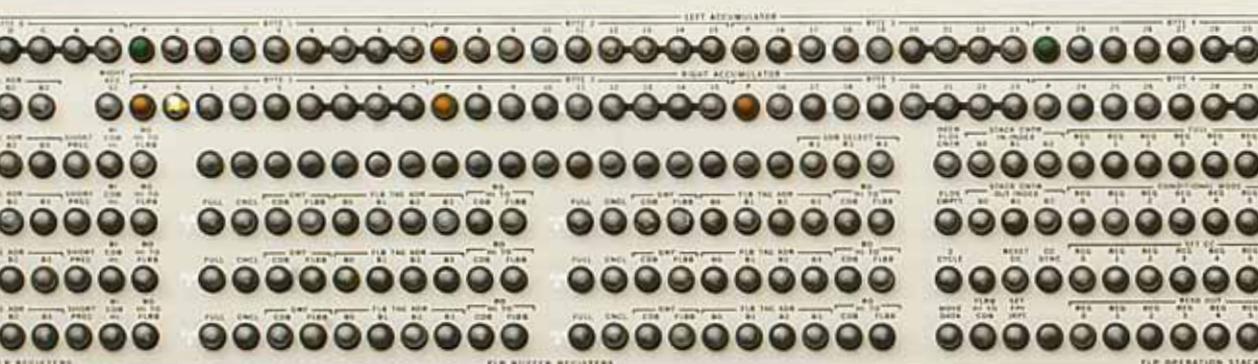
• • •

Arquitetura

A arquitetura é a história dos avanços tecnológicos reunindo-se para criar novos sistemas, os quais, por sua vez, fazem evoluir nosso pensamento sobre tecnologia.

O console de um Sistema 360 Modelo 91.





Ben Wood tremeu visivelmente na frente de Thomas Watson, diretor-presidente da IBM. A reunião tinha começado muito mal. Watson parecia apenas medianamente interessado na ideia de que as máquinas tabuladoras da IBM podiam marcar eficientemente os pontos de testes padronizados. Wood, professor da Universidade de Colúmbia, foi o pioneiro dos testes — um conceito que, com o tempo, se transformaria em testes como o SAT (exame para ingressar em curso superior nos EUA). Isso levou ao problema de pontuar dezenas de milhares de testes de uma só vez. Wood descobriu-se contratando centenas de moças e amontoando-as no Hamilton Hall de Colúmbia, onde elas marcariam os testes à mão por um custo de aproximadamente US\$ 5 por teste. Evidentemente, pensou Wood, devia haver um jeito melhor.⁴⁶

Ele então enviou cartas aos presidentes de 10 empresas que fabricavam máquinas comerciais. Nove não responderam. Wood recordou seu curto telefonema com a última opção que sobrou, Watson:

“Eu sou Thomas Watson. Eu estou muito ocupado e só disponho de uma hora. Esteja no Century Club exatamente ao meio-dia. Eu tenho um compromisso às 13 horas.”

O Century Club era uma instituição de homens de negócios conservadores em Nova York, e Watson havia reservado uma sala particular por uma hora. Watson trouxe um jovem secretário, a quem deixou fora da sala com instruções para interromper dentro de uma hora, às 13 horas.

A cena toda — o Century Club, Watson em seu terno impecável, um relógio fazendo tique-taque — intimidaram Wood. Ele começou a falar sobre pontuação de testes, mas vendo certo desdém no rosto de Watson, decidiu ampliar seu enfoque. Era 1928 — uma era de vastas ideias e grandes ambições. Charles Lindbergh tinha cruzado o Atlântico no ano anterior. O Bell Labs tinha sido inaugurado havia poucos anos. As pessoas estavam percebendo a força da nova tecnologia — dois terços das casas agora tinham eletricidade, um terço tinha rádios e quase a metade tinha telefones. Talvez, imaginou Wood, Watson quisesse sonhar um pouco. Por quase duas décadas, Watson vinha vendendo máquinas tabuladoras da IBM como dispositivos que podiam contar e classificar quantidades tangíveis — dinheiro, estoque, soldados etc. Na visão de Wood, isso proporcionava à IBM um grande mercado potencial, mas em última análise limitado.



Ben Wood, professor da Universidade de Colúmbia, convenceu Thomas Watson de que a computação podia ajudar a pesquisa científica, o que levou a Colúmbia a abrir o primeiro laboratório de computação científica, equipado com máquinas da IBM.

Wood mudou de rumo e começou a explicar como as máquinas IBM poderiam ser usadas para avaliar inteligência e psicologia. Qualquer coisa podia ser representada por matemática, números e fórmulas. Biologia, astronomia, física ou qualquer outra ciência poderia ser auxiliada pelas máquinas IBM. Watson nunca havia imaginado que números podiam ser usados para representar e simular absolutamente qualquer coisa. Desde o princípio, ele tinha avaliado o mercado potencial da IBM por sua participação nas funções de contabilidade e manutenção de registros das empresas e do governo. Esse nervoso professor estava dizendo que o mercado potencial da IBM era quase ilimitado.

O secretário de Watson apareceu às 13 horas; Watson enxotou-o e questionou Wood até as 17h30. Dois dias mais tarde, três caminhões pararam na Universidade de Colúmbia para entregar todos os tabuladores, classificadores e perfuradores que Wood poderia precisar.

Watson colocou Wood na folha de pagamento como consultor. Na universidade, Wood ofereceu a outros professores o uso de seu centro de computadores, como ele o chamou, e Wallace Eckert, do departamento de astronomia, foi fisgado. Ele sugeriu modificações nas máquinas da IBM para que elas pudessem executar melhor cálculos astronômicos, o que levou à instalação de mais computadores na universidade. Em 1937, o laboratório astronômico de Eckert no Observatório Rutherford de Pupin Hall passou a ser o Thomas J. Watson Astronomical Computing Bureau, o primeiro centro de computação científica no mundo.

Na evolução da computação —nas grandes voltas da roda que leva a computação de uma era a outra— a própria tecnologia representa um papel proeminente. As peças certas unem-se na hora certa —avanços na capacidade de processamento ou na miniaturização, saltos na habilidade de armazenar e acessar dados rapidamente, novas linguagens de programação e novos produtos de software— para fazer nascer um sistema que seria inimaginável alguns anos antes.

Ainda assim, esses movimentos na arquitetura sempre requerem um fator X para serem realmente importantes. Essa variável é a forma de *pensarmos* em tecnologia. A tecnologia avança e revela ideias sobre o que ela própria pode fazer, então alguém abraça uma ideia que torna a tecnologia essencial. Sem essa alteração de pensamento, as grandes mudanças na arquitetura da computação acontecem

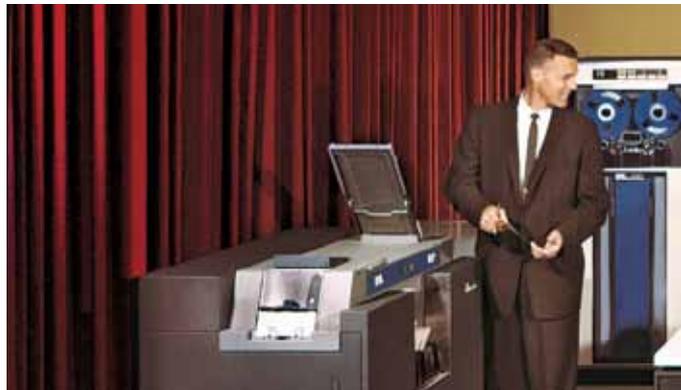
sem alarde, relevantes apenas para os que estão na área da computação. As grandes *ideias* sobre computação, criadas uma após a outra durante 100 anos — o aparecimento sucessivo de novos modelos de computação e, em última análise, o surgimento revolucionário de uma nova ciência da própria informação—, são as razões pelas quais a computação mudou o mundo repetidamente e o porquê de ela prometer fazê-lo hoje com profundidade ainda maior.

Em 1928, Ben Wood observou as máquinas que haviam sido criadas para os negócios — elas sempre tinham sido criadas para os negócios— e viu o futuro da ciência. O mundo da ciência e das descobertas nunca mais foi o mesmo. A computação teve uma nova arquitetura.

NOS ANOS 1960, Bob Resnikoff era um técnico de baixa patente do Exército dos EUA, baseado no quartel do Sétimo Batalhão em Stuttgart, Alemanha Ocidental, trabalhando com um computador que estava em ação havia poucos anos: o IBM 1401. “Nós tínhamos um 1401 móvel”, lembrou Resnikoff décadas mais tarde. “Ele estava em um grande caminhão com reboque. Quando saíamos em manobras, ele ia conosco. Quando nos posicionávamos na floresta, as laterais do reboque se estendiam e tínhamos então uma sala de máquinas razoavelmente grande, cheia de perfuradoras de cartões, verificadoras, o 1401, unidades de fita e mesas de trabalho. Eu não tinha ideia para que tudo aquilo era usado, exceto que era chamado de Sistema de informação de controle e comando. De qualquer forma, ele fazia seu trabalho, fosse ele qual fosse, por semanas a fio nas profundezas da Floresta Negra, independentemente de quanta lama nós atravessássemos.”⁴⁹

O 1401 — também conhecido como mainframe — tornou os computadores práticos para uso comercial, levando o processamento das informações a milhares de empresas.

Um (centro de) 1401 com unidades de fita, consoles de controle e uma impressora.



Resnikoff acrescentou algo que não tinha sido dito sobre modelos anteriores de computadores: “Eu sempre gostei do 1401.”

O próprio fato de que gostar de um computador soa natural para nós hoje em dia sugere como foi grande a mudança que o 1401 representou. No final dos anos 1950, os computadores tinham passado por tremendas alterações. Durante a Segunda Guerra Mundial, as Forças Armadas promoveram o desejo por uma computação mais veloz. As válvulas eletrônicas substituíram os componentes eletromecânicos das máquinas tabuladoras que dominaram o processamento de informações na primeira metade do século. Primeiro veio o experimental ENIAC, depois o UNIVAC da Remington Rand e o 701 da IBM, todos baseados em eletrônica. A fita magnética e depois as primeiras unidades de disco mudaram as ideias sobre a acessibilidade da informação. O compilador de Grace Murray Hopper e o Fortran de John Backus deram, aos especialistas em computadores, novos meios de instruir as máquinas a fazer tarefas cada vez mais complexas e engenhosas. Os sistemas que nasceram da aglutinação dessas descobertas foram um salto monumental nos recursos da computação.

Mesmo assim, as máquinas atingiam poucas vidas diretamente. O número de computadores instalados e funcionando mal passava de 1.000. O mundo, na verdade, estava pronto para um computador mais acessível. O IBM 1401 preencheu essa necessidade.

O primeiro vislumbre dessa próxima geração da computação aconteceu na França. “Em meados dos anos 1950, a IBM recebeu um alerta”, disse Chuck Branscomb, que na época administrava uma das linhas de máquinas contábeis da IBM. A empresa francesa de computadores Machines Bull surgiu do nada com



seus computadores Gamma, pequenos e rápidos se comparados com gigantes como os da Série 700 da IBM. “Foi uma ameaça competitiva”, lembrou Branscomb.⁵⁰

A Bull fez com que a IBM e outras empresas percebessem que entidades com orçamentos menores queriam computadores. A IBM dispôs um emaranhado de recursos para tentar fazer uma máquina competitiva. “Era 1957 e a IBM não tinha nenhuma máquina em desenvolvimento”, disse Branscomb. “Isso era um problema real.”⁵¹

O grupo de Branscomb estabeleceu como alvo um custo de aluguel de US\$ 2.500 mensais, bem abaixo do custo de uma máquina Série 700. E o computador precisava ser simples de operar. “Nós sabíamos que era hora de uma mudança radical, uma descontinuidade”, acrescentou Branscomb.

A IBM anunciou o resultado desse esforço em outubro de 1959. Chamada de 1401, a nova máquina foi mesmo alugada por US\$ 2.500 ao mês e foi elogiada como o primeiro computador de uso geral a preço acessível. O 1401 foi um dos primeiros computadores a operar totalmente com transistores — sem válvulas eletrônicas — e isso o tornou menor e mais durável do que os computadores anteriores. Embora o 1401 não representasse um grande salto em capacidade ou velocidade, esse nunca foi o ponto. “Era um dispositivo utilitário, mas os usuários tinham uma afeição irracional por ele”, escreveu Paul Ceruzzi em *A History of Modern Computing*. Uma chave para a popularidade do 1401: ele era a máquina mais fácil de programar na época. O software do sistema, escreveu Dag Spicer, curador-chefe do Computer History Museum, “era um grande progresso em termos de utilização.”

Esse computador mais acessível liberou uma demanda reprimida por processamento de dados. A IBM ficou muito surpresa por receber 5.200 pedidos do 1401 nas primeiras cinco semanas após sua apresentação — mais do que era previsto para toda a vida da máquina. Logo, funções comerciais em empresas que até então eram imunes à automação foram arrebataadas pelos computadores. Em meados dos anos 1960, mais de 10.000 sistemas 1401 foram instalados, fazendo dele o computador que mais vendeu até aquela data.

O 1401, como um todo, marcou uma nova geração da arquitetura computacional, porque fez com que executivos e autoridades mudassem a forma de pensar em computação. Um computador não precisava ser uma máquina monolítica para a elite. Ele poderia caber confortavelmente em uma empresa ou um laboratório de porte médio. Nas principais corporações do mundo, cada

departamento podia ter seu próprio computador. Um computador podia até acabar funcionando em um caminhão militar no meio da floresta alemã.

“Não havia uma boa compreensão nem visualização do impacto potencial dos computadores —certamente como os conhecemos hoje em dia— até o aparecimento do 1401”, disse Branscomb. O 1401 fez empresas de todos os tamanhos acreditarem que um computador era útil, e até mesmo essencial.

EM 1961, a IBM foi uma das empresas mais vibrantes dos Estados Unidos, trazendo US\$ 2,2 bilhões de receita e US\$ 254 milhões de lucro líquido. A empresa tinha 116.000 funcionários. Mesmo assim, pequenas empresas inovadoras, além de corporações bem financiadas e tecnicamente fortes como a General Electric e a RCA, estavam entrando no negócio de computadores. A IBM tinha bons produtos e força tecnológica, mas carecia de liderança, visão e planejamento.⁵²

Enquanto isso, a indústria de computadores e seus clientes tinham dificuldade para treinar prestadores de serviços em número suficiente e fornecer suporte adequado a software para a grande variedade de produtos criados. Havia certa permutabilidade de hardware ou software entre produtos concorrentes ou até mesmo entre produtos da própria IBM.

Essa combinação de medo e necessidade de aprimoramento gerou o Sistema 360. Em última análise, ele custaria US\$ 5 bilhões —aproximadamente US\$ 34 bilhões em dólares atuais— quase destruindo a IBM. Thomas Watson Jr. arriscou quase todos os recursos de desenvolvimento da empresa durante mais de dois anos, e foram necessários outros dois anos de agitação na engenharia e na fabricação até que os pedidos confirmados e os produtos entregues começassem a cumprir a promessa do 360. Em um artigo de 1966 na *Fortune*, um dos arquitetos do 360, Bob Evans, foi citado como tendo dito: “Nós apelidamos esse projeto de ‘Aposte sua empresa’.”

Ele foi também o evento determinante na carreira de muitos funcionários, entre eles Watson e seu irmão mais novo, Arthur (Dick). Ele deu a Thomas Watson Jr. o sucesso estrondoso que ele perseguiu, e forçou-o a destruir a carreira de seu irmão. Para que o 360 fosse feito, Watson precisou basicamente iniciar uma guerra civil em sua própria empresa. No final, o 360 mudou a IBM e os computadores para sempre.

Foi em T. Vincent Learson que Watson fez sua maior aposta. Learson, um imponente homem de quase 2 metros de altura, tinha a merecida reputação de ser agressivo, perspicaz e decidido, e tinha um currículo forte, tendo ajudado Watson a levar para o mercado o primeiro computador eletrônico da empresa, o IBM 701, nos anos 1950.

Sua primeira decisão foi que os produtos para computadores fabricados em Endicott deviam ser compatíveis com os fabricados em Poughkeepsie e vice-versa. Isso reduziria custos e facilitaria a migração dos clientes de pequenos sistemas IBM para outros maiores. No entanto, os engenheiros de Poughkeepsie já tinham começado a projetar o que eles chamaram de Série 8000 para substituir a bem-sucedida Série 7000. Frederick Brooks Jr., gerente de arquitetura da Série 8000, e outros executivos opunham-se vigorosamente ao plano de Learson, dividindo a IBM. No entanto, depois de muito considerar, Learson aceitou a recomendação de Bob Evans e terminou o projeto da Série 8000 em maio de 1961. Evans imediatamente pediu a Brooks que gerenciasse um projeto para criar a “família definitiva de sistemas”. “Para meu total espanto, Bob me pediu para assumir aquela tarefa depois de termos lutado durante seis meses”, lembrou Brooks. Ele aceitou o trabalho, e seu conhecimento e entusiasmo obtiveram o apoio de muitas outras pessoas.

Learson criou um grupo de trabalho em toda a empresa, cujo nome de código era SPREAD, de Systems Programming, Research, Engineering and Development (Programação, Pesquisa, Engenharia e Desenvolvimento de Sistemas). Consistia em “estabelecer um plano geral da IBM para produtos processadores de dados”. Seu relatório de 26 páginas recomendava estrita compatibilidade entre todos os processadores, interfaces padrão para permitir permutabilidade entre todos os dispositivos de entrada-saída, uso do byte de 8-bits (implementado primeiramente no IBM Stretch Supercomputer) e construção de todos os processadores com Tecnologia de Lógica Sólida (SLT), que estava sendo desenvolvida pela nova Divisão de Componentes da IBM.

Em 7 de abril de 1964, Watson revelou a nova linha de produtos. A palavra *Sistema* foi escolhida para indicar que a oferta não era apenas um grupo de processadores com equipamento periférico, mas um conjunto de unidades de hardware intercambiáveis com compatibilidade de programas de cima a baixo.

O número 360 (o número de graus em um círculo) foi escolhido para representar a capacidade de cada computador lidar com todos os tipos de aplicativos.

A resposta inicial foi tão sem precedentes quanto o anúncio. O número de pedidos superou rapidamente as previsões. Mais de 1.000 pedidos foram recebidos durante as primeiras quatro semanas após o lançamento. Outros 1.000 foram recebidos durante os quatro meses seguintes. Além dos requisitos de produção, a maioria dos pedidos especificava mais memória e capacidade de armazenamento do que os projetistas de produtos da IBM haviam previsto.

O número de módulos SLT fabricados em 1963 nas instalações da IBM em East Fishkill, Nova York, foi meio milhão. Um aumento de 12 vezes na produção em 1964 resultou em 6 milhões de módulos, e os planos pediam a produção de 28 milhões de módulos em 1965. As fábricas da IBM não podiam enfrentar isso. Em setembro de 1965, mais de 25% de todos os módulos SLT fabricados haviam sido apreendidos pelo Departamento de Controle de Qualidade e foi tomada a decisão de interromper a produção. A IBM foi forçada a anunciar um constrangedor atraso de dois a quatro meses nas entregas do Sistema 360.

Enquanto isso, a magnitude da tarefa de programação tinha sido grandemente subestimada. Mais de 1.000 pessoas foram contratadas durante o ano de pico, quando foi gasto mais dinheiro do que o que fora orçado para todo o projeto. Ironicamente, Brooks proclamou que ele chamou de lei de Brooks: “Acréscimo de mão-de-obra a um projeto atrasado de software o torna mais atrasado.”

Pressentindo um desastre para a IBM, Learson reuniu uma equipe para recolocar o 360 nos trilhos. Um dos membros da equipe, Hank Cooley, lembrou de “uma névoa cinza de 20 horas por dia, sete dias por semana — sem nunca ir para casa.” Em menos de cinco meses, contudo, eles estavam com as entregas do Sistema 360 em dia.

O 360 mudou o panorama do setor. Depois que o sistema foi anunciado em 1964, as principais empresas da indústria de computadores eram mencionadas como Branca de Neve (IBM) e os Sete Anões — Burroughs, Control Data, General Electric, Honeywell, NCR, RCA e Sperry Rand. Do estoque estimado em US\$ 110 bilhões em computadores instalados no mundo inteiro em 1964, as sete empresas tinham produzido aproximadamente 30% e a IBM produzira o restante. Cinco anos mais tarde, o estoque da IBM em todo o mundo tinha mais do que



O Sistema 360 era um sistema inteiramente compatível que podia se adaptar a diversos usos e necessidades dinâmicas, trazendo a computação para a infraestrutura central dos negócios e da sociedade.

A família 360 tinha seis modelos de processadores, com um desempenho até 50 vezes maior que os produtos IBM anteriores e 54 diferentes periféricos, inclusive diversos tipos de dispositivos magnéticos de armazenamento, monitores de vídeo, equipamento de comunicação, leitores e perfuradoras de cartões, impressoras e leitores ópticos de caracteres. O aluguel mensal na época ia de US\$ 2.700, para uma configuração básica, a US\$ 115.000, para a configuração típica de um grande multisistema.



triplicado, para US\$ 24 bilhões, e o das outras empresas tinha crescido na mesma proporção, para US\$ 9 bilhões.

A popularidade do Sistema 360 tornou mais difícil para os outros competir no mercado de computadores de uso geral. A RCA tentou competir criando o Spectra 70, uma linha de computadores compatível com o Sistema 360, mas comercializado a um preço mais baixo. No final das contas, não foi um sucesso, e a RCA vendeu sua divisão de computadores para a Sperry Rand em 1971. A General Electric saiu-se particularmente bem com sistemas para o setor bancário e expandiu seus negócios na Europa ao comprar a Machines Bull e a divisão de computadores da Olivetti. Mesmo assim, ela não conseguiu lucrar e vendeu seu negócio de computadores para a Honeywell em 1970.

Devido à sua pioneira interface padrão, o Sistema 360 da IBM teve tamanho impacto no mercado que tornou fácil para outras empresas conectarem seus produtos a processadores do Sistema 360. Logo todo um grupo de empresas estava fabricando e fornecendo produtos periféricos fisicamente compatíveis. Liderado pela Telex com unidades de fitas, em 1967, e pela Memorex com unidades de armazenamento em disco, em 1968, esse setor beneficiou-se de um incrível crescimento, em parte porque a maior margem de lucro da IBM estava em produtos de armazenamento. A IBM continuou a ter sucesso investindo em rápidos aperfeiçoamentos tecnológicos.

Um sucesso, no entanto, que teve um custo pessoal. Para garantir o êxito na apresentação da nova linha de produtos, Thomas Watson Jr. havia promovido Learson a vice-presidente sênior com responsabilidade sobre as vendas e tinha promovido seu irmão, Dick, a vice-presidente sênior de pesquisa, desenvolvimento e fabricação. Entretanto, Dick Watson não tinha preparo para lidar com os muitos problemas de administrar e coordenar a fabricação de uma linha de produtos tão grande e diversificada. Então Thomas Watson recorreu novamente a seu executivo mais forte e confiável para assumir o projeto Sistema 360 e salvar a IBM do desastre. A pedido de Watson, mas sem um anúncio formal, Learson voltou das vendas para substituir Dick Watson como chefe dos departamentos de desenvolvimento e fabricação. Dick Watson foi colocado no comando da equipe corporativa, sem responsabilidade sobre a administração da linha. Em 1970, ele aceitou o cargo de embaixador dos EUA na França. Uma missão que pretendia

preparar Dick Watson para se tornar presidente da IBM causou, em vez disso, o fim de sua carreira na IBM.

Poucos produtos na história norte-americana tiveram um impacto tão grande no mundo —ou sobre seus criadores— como o Sistema 360 da IBM. Thomas Watson tinha apostado sua empresa e venceu de um modo que nunca havia imaginado. O 360 fez da IBM muito mais do que uma corporação de sucesso, mais até mesmo do que líder do setor. O 360, e o ato de criá-lo, transformaram a IBM em um ícone global e em uma parte essencial da infraestrutura do planeta.

APESAR DO SUCESSO do 1401 e do lançamento do S/360, para a maior parte da população de meados dos anos 1960, um computador ainda era um mistério. Levou quase uma década para a computação se espalhar entre as pessoas que jamais tinham trabalhado perto de um computador.

Um filme feito no MIT em 1963 apresenta um dos primeiros professores de ciência da computação, Fernando Corbató, do MIT, em uma típica sala de computadores da época, repleta de grandes máquinas barulhentas e mesas de metal inundadas de luz fluorescente. Um colega do MIT, John McCarthy, tinha sugerido no final dos anos 1950 que um dia vários usuários poderiam acessar o mesmo computador de um jeito que faria cada um deles sentir que era a única pessoa usando a máquina. Corbató e outros do MIT começaram a fazer isso funcionar. No filme sobre esse projeto, Corbató, de terno, gravata borboleta e enormes óculos de plástico, entra em seu escritório e datilografa, em uma aparentemente comum máquina de escrever, a palavra “Start”. Iniciar. Ele explica que a máquina de escrever é uma das 21 conectadas por fios a um computador em outra sala do MIT. Alguns segundos mais tarde, a máquina de escrever, intocada, escreve: “Olá. Eu calculo raiz quadrada e hipotenusa. Por favor, informe uma raiz ou um triângulo.”

Foi um momento nerd, definidor, no que seria mais tarde chamado de tempo compartilhado — método que representou outra mudança na arquitetura da computação.

O 1401 fez a computação chegar a mais empresas, mas o 1401 e todos os outros computadores criaram um gargalo: somente um programa, processando

um conjunto de dados, podia ser executado de cada vez. Se 20 gerentes quisessem 20 relatórios diferentes, cada um teria de fazer uma solicitação e esperar na fila. Os dados do primeiro relatório seriam carregados na máquina e o programa para processá-los seria executado, gerando o relatório. Somente quando ele estivesse pronto, o próximo conjunto de dados e o próximo programa poderiam ser carregados no computador, para processamento e impressão. Nada de multitarefas, nada de múltiplos usuários — apenas uma tarefa de cada vez. Um gerente podia esperar um dia ou dois para que seu lote fosse processado. O resultado impresso teria de ser entregue em mãos ou por correio. As informações passavam muito tempo sem uso.

Mas nos anos 1960, a eletrônica aumentou a velocidade dos computadores, enquanto as unidades de disco tornaram os dados e os programas acessíveis rápida e aleatoriamente. A ideia básica do tempo compartilhado era tirar proveito da nova velocidade e do armazenamento inserindo um programa de supervisão intermediando qualquer outra coisa que acontecesse no computador. O supervisor organizava as solicitações que vinham dos terminais de vários usuários. Um usuário podia digitar uma solicitação de dados, e o computador a enviava de volta ao terminal enquanto outro usuário, em outro lugar, estava digitando seu comando. Enquanto o primeiro usuário fazia uma pausa na leitura de seus dados, o supervisor no computador pegava o pedido do segundo usuário e o processava. Em meados dos anos 1960, os computadores funcionavam rápido o suficiente para aproveitar as pausas entre interações dos usuários, reorganizando as tarefas tão rapidamente que cada usuário raramente tinha de esperar muito tempo por uma resposta. Essa capacidade era uma versão primitiva do que hoje costumamos chamar de virtualização — compartilhar um computador ou sistema de modo que ele sempre pareça pertencer a quem quer que o esteja usando no momento.⁵³

Os computadores de 1960, além do mais, não eram criados para compartilhamento de tempo. As principais empresas de computação não o tinham previsto. O projeto foi comandado pelo MIT — que obteve da agência ARPA das Forças Armadas uma subvenção de US\$ 3 milhões para o trabalho — e por outros laboratórios universitários, e pesquisadores desse grupo modificaram os computadores da época. McCarthy, lembrando-se em 1983 da aurora do tempo

compartilhado, disse que o presidente do MIT propôs realizar uma pesquisa de mercado para descobrir a demanda por esse método entre usuários de computadores. McCarthy considerava isso inútil. “Eu achava isso parecido com tentar estabelecer a necessidade de pás carregadeiras com uma pesquisa de mercado entre escavadores de terra”, escreveu. As pessoas que terminariam usando o tempo compartilhado não eram os nerds da época — eram principalmente pessoas que sequer poderiam pensar em compartilhar o tempo de um computador.

Por isso, as empresas de computadores, ouvindo seus clientes, não enxergavam a oportunidade. Como a IBM injetou recursos no desenvolvimento do Sistema 360, a empresa perdeu o surgimento do tempo compartilhado e o 360 foi criado de um modo que tornou o compartilhamento de tempo quase impossível. Outras empresas começaram a oferecer computadores para tempo compartilhado, principalmente a General Electric e a Control Data. Ambas fabricaram computadores especialmente para compartilhamento de tempo e montaram bureaus de computação que permitiam às empresas arrendar tempo em uma máquina distante. Em 12 de novembro de 1965, um artigo na *Time* proclamou o tempo compartilhado como “parte de uma tendência crescente de comercializar as capacidades do computador mais ou menos como um serviço público vende luz ou gás”. Em 1965, a GE tinha 88 clientes de tempo compartilhado. A Control Data tinha aberto o maior centro nos Estados Unidos, em Los Angeles. A IBM, que em 1965 tinha acabado de trazer a público o 360, tinha 50 clientes compartilhando tempo em máquinas IBM mais antigas. Com o tempo, a IBM conseguiu recuperar terreno apresentando o Sistema 370, compatível com tempo compartilhado, em 1970.

Como o tempo compartilhado se aperfeiçoou e se espalhou, terminais em estilo de máquinas de escrever — a maioria ainda dependendo de papel com a comunicação entre o ser humano e o computador — tornaram a computação mais acessível. No final de 1968, cerca de 36 empresas prestavam serviços de compartilhamento de tempo e usavam sistemas de computador conectados a 10 mil terminais em instalações de clientes, segundo o artigo “Economic Perspectives on the History of the Computer Time-Sharing Industry”, de Martin Campbell-Kelly e Daniel Garcia-Swartz. Pessoas que nunca tinham tocado em um

computador de verdade agora podiam usar um. Terminais pipocavam nas fábricas, pequenas empresas, agências do governo e até mesmo escolas.

No início dos anos 1970, o Clube das Mães da Lakeside School em Seattle, Washington, usou o dinheiro apurado em um bazar para financiar um terminal e comprar tempo para os estudantes acessarem um sistema GE de tempo compartilhado. Um magrelo da oitava série com o cabelo desalinhado se sentiu atraído pelo terminal. Ele aprendeu a programar em BASIC, e em pouco tempo Bill Gates usava a máquina para criar seu primeiro programa de computador: um jogo da velha.

O termo *tempo compartilhado* acabou dando lugar à *virtualização*, e nos anos 2000 o negócio da virtualização decolou e se tornou mais sofisticado. Isso poupou dinheiro, porque a virtualização permitiu que um computador operasse perto da capacidade total, de modo que uma empresa ou organização podia fazer mais com menos máquinas. A virtualização tornou possível a computação em nuvem, porque permitia que grupos de computadores fossem compartilhados por milhões de usuários conectados em todo o planeta. Aquele conceito simples lançado pelo MIT nos anos 1960 tornou-se o presente e o futuro do uso dos computadores.

BILL LOWE não tinha uma função muito glamourosa na IBM em 1980. A glória da empresa estava em suas grandes e caras máquinas que ampliavam as fronteiras da tecnologia e do poder de processamento. A receita em 1980 passou os US\$ 26 bilhões, e o lucro líquido foi de US\$ 3,4 bilhões. A IBM tinha 341 mil funcionários. A empresa injetava dinheiro em pesquisa, gerando quatro ganhadores do Prêmio Nobel de Física.⁵⁴

O cargo de Lowe era de gerente de sistemas básicos na Divisão de Sistemas Gerais em Boca Raton, Flórida. A milhares de quilômetros da sede, ele trabalhava nos menores e menos expressivos produtos da IBM, afora as máquinas de escrever. Mesmo assim, em 1980, Lowe se viu em uma reunião com o CEO Frank Cary, que estava observando a ascensão dos computadores pessoais e imaginando o que fazer a respeito. A IBM estava à margem.

Em 1974, a Intel tinha preparado o caminho para a miniaturização dos computadores com seu microprocessador 8080. Em janeiro de 1975, a *Popular Electronics* exibiu na capa o MITS Altair 8800 — o primeiro computador pessoal viável — e naquele mesmo ano Bill Gates e Paul Allen formaram a Microsoft. Em 1977, duas máquinas revolucionárias chegaram ao mercado: o TRS-80, da RadioShack, e o Apple II, da Apple. VisiCalc, a primeira planilha eletrônica, chegou ao mercado em 1979, provando que os computadores pessoais podiam ser úteis aos negócios. Mais de 700 mil unidades foram vendidas.

Isso fez Cary agir. Os PCs e o VisiCalc estavam sendo comprados por clientes comerciais da IBM — isso estava claro em 1980. Então Cary perguntou a Lowe o que fazer.

Lowe se lembrou daquele conversa: “Eu disse: ‘Bem, nós achamos que sabemos o que fazer se formos criar nosso novo produto.’ E ele disse: ‘Não, na IBM levaria quatro anos e 300 pessoas para fazer qualquer coisa. Essa é a realidade.’ E eu disse: ‘Não, senhor. Nós podemos lhe fornecer um produto em um ano.’ E ele terminou abruptamente a conversa, dizendo: ‘É com você, Lowe. Volte em duas semanas e me diga do que precisa.’”

Lowe voltou duas semanas depois e pediu a Cary para repensar a cultura da IBM, ao menos para esse projeto. A IBM sempre tinha fabricado praticamente todos os componentes de todos os seus computadores. Lowe disse que compraria quase todos os componentes de fornecedores e basicamente montaria os computadores. “A decisão-chave era trabalhar com arquitetura aberta, tecnologia não IBM, software não IBM, vendas não IBM e serviços não IBM”, recordou Lowe. “E nós provavelmente gastamos a metade da apresentação (a Cary e outros executivos) envolvendo o comitê administrativo da corporação nesse conceito.”

Cary comprou a ideia. Lowe começou o projeto com 12 engenheiros em Boca Raton. Agora, a distância da sede parecia uma bênção — ela deixava a velha cultura da IBM fora do caminho. Philip “Don” Estridge ficou encarregado da equipe, da qual todos os membros só tinham trabalhado anteriormente em grandes computadores. Ele disse a um entrevistador que a tarefa mais árdua foi levar esses engenheiros a pensar em como alguém que entendesse pouco de computadores

poderia usar um. “A forma de as pessoas reagirem emocionalmente a um computador pessoal era quase mais importante do que o que elas faziam com ele”, disse Estridge. “Aquela foi uma lição inteiramente nova em projetos de computador.”

Lowe, Estridge e a equipe realmente entregaram um produto em um ano: o Computador Pessoal IBM. Estridge o trouxe a público em 12 de agosto de 1981. Ele custava US\$ 1.565, aí incluídos um teclado e um monitor, e era equipado com um microprocessador 8088 da Intel e — como se sabe — o sistema operacional MS-DOS da Microsoft. Foi o primeiro produto da IBM vendido em lojas do varejo como Sears e ComputerLand. Ainda mais significativo: como o PC IBM usava tecnologia feita por terceiros, outras empresas podiam criar clones do PC IBM que funcionavam exatamente da mesma forma.

A IBM, então no clímax de seu poder no mundo corporativo, legitimou a computação pessoal nos negócios. Antes de a IBM entrar na briga, os computadores pessoais eram um mero passatempo. Depois do PC IBM, os computadores pessoais se tornaram uma indústria. Dois anos após sua apresentação, o PC IBM ultrapassou o Apple II como o computador pessoal mais vendido. Em 1985, a Divisão de PCs da IBM tinha crescido para 10.000 funcionários e tinha um faturamento bruto de US\$ 4,5 bilhões por ano. Surgiram centenas de desenvolvedores de software: Ashton-Tate, Lotus Development, Satellite Systems International (WordPerfect) e, é claro, a Microsoft. Criadores de clones, como a Compaq Computer, floresceram.

Como a força da computação se dispersou nas mãos das pessoas, a computação mudou profundamente. Ela continuou se movendo inexoravelmente para fora, dos especialistas para as massas. No início da era dos PCs, pequenas empresas com uma dúzia de funcionários descobriram que podiam fazer planejamento condicional em uma planilha eletrônica. Um autor, mesmo sem trabalhar para uma empresa de mídia, podia criar, imprimir e enviar um boletim informativo com aparência profissional e causar impacto. Um pequeno escritório de vendas podia armazenar informações dos clientes em um banco de dados. Tudo era novo e gerava poder. Essas pequenas máquinas não podiam executar as tarefas



O PC levou a computação às pessoas, tornando-a parte da vida diária e dos pequenos negócios.

complexas de um mainframe, mas as pessoas que não precisavam realizar tarefas de mainframe superavam em muito o número das que precisavam. Assim que a IBM entrou no mercado, as vendas de PCs de todos os tipos dispararam. Para o público, nada era bastante.

UMA DÉCADA DEPOIS do surgimento do PC IBM, a computação tinha se tornado parte do dia a dia nos negócios de milhões de pessoas em todo o mundo. A computação também estava se transformando rapidamente em parte da vida pessoal, uma mudança tão profunda quanto a primeira onda de telefones, rádios e televisores que tinham invadido os lares. Essa arquitetura — a ideia de computação para indivíduos — norteou a indústria por aproximadamente 30 anos. Os computadores pessoais continuaram a ficar mais poderosos. Quando a Internet surgiu, eles se conectaram à World Wide Web. As pessoas descobriram coisas interessantes e pessoais para fazer com a computação, como vídeo e música, o que exigiu ainda mais poder e capacidade das máquinas pessoais. Então, as tendências convergentes deram margem à nuvem e a uma profusão de pequenos aparelhos: dispositivos, sensores e gadgets.

Enquanto a computação abria seu caminho em quase todo aspecto dos negócios e da sociedade, o conceito de informação assumiu um novo significado e

uma nova importância. A informação já não era simplesmente algo a ser recolhido e transmitido, mas algo em si, a ser estudado, separado e compreendido. A informação tinha um valor que ninguém nunca tinha visto, e a ciência evoluiu para descobri-lo. Na informação, havia maneiras de fazer o mundo físico funcionar melhor, poupar dinheiro nos negócios, criar foguetes, transmitir um vídeo através de um minúsculo fio. A computação trouxe à baila o valor da informação, porque os computadores podiam fazer cálculos em alta velocidade para revelar os segredos ocultos nas informações. No final, entretanto, isso sempre voltava ao ponto de partida, e as informações se tornaram o principal motivo para valer tanto a pena possuir e usar um computador.⁵⁵

Claude Shannon foi o criador da ideia de que poderia haver uma ciência da informação. Shannon escreveu uma tese de mestrado em 1937, quando era um estudante de 21 anos no MIT. A tese demonstrava como os circuitos eletrônicos podiam executar a lógica formal conhecida como álgebra booliana, um conceito subjacente em todos os computadores eletrônicos. A tese mostrou de que forma —como Ben Wood tinha sugerido anteriormente— os computadores podiam fazer mais do que classificar e tabular. Eles podiam executar algoritmos capazes de modelar quase tudo. Quanto mais rápido um computador funcionasse, mais rápido poderia calcular um algoritmo complexo. Algoritmos mais complexos podiam representar problemas mais interessantes, fazendo os computadores deixarem de apenas, digamos, controlar o estoque e passarem a descobrir qual item de estoque precisava estar em quais lojas em quais dias.

Trabalhando na Inglaterra na mesma época que Shannon, o matemático Alan Turing formalizou o conceito do algoritmo e então usou as fórmulas para decifrar os códigos alemães durante a Segunda Guerra Mundial. Por décadas, matemáticos trabalhando em universidades e empresas como IBM, AT&T e SAS continuaram a aperfeiçoar o algoritmo. Dos anos 1940 aos anos 1980, havia somente um algoritmo, chamado simplex, para resolver problemas complexos com um grande número de variáveis. Em um sentido matemático, ele movia os cálculos de um ponto a outro ao longo de uma linha imaginária em zigue-zague, até encontrar o

ponto ótimo — um processo que levava muito tempo. Em 1985, o pesquisador Narendra Karmarkar, dos Bell Labs, descobriu um modo de saltar matematicamente entre os limites em vez de seguir aquela linha. Um algoritmo simplex é como dirigir em uma estrada de uma cidade a outra; um algoritmo de Karmarkar é como voar para lá.

Esse salto permitiu que os algoritmos chegassem a conclusões muito mais rapidamente, tornando possível aos computadores descobrir ainda mais valor nas informações. O avanço, por exemplo, permitiu que a American Airlines, no final dos anos 1980, instalasse o primeiro sistema do setor para gerenciamento da receita por quilômetro voado. O sistema podia pegar dados sobre cada assento em cada rota e manipulá-los para ver o que aconteceria quando as variáveis mudassem. As informações ajudaram a American a descobrir que podia cobrar altas taxas pelos voos comerciais e criar um sistema radical para ocupar os assentos vazios: as tarifas especiais Super Saver (superpromocionais).

Outros avanços da ciência da informação levaram o uso da computação a novas direções. Em 1975, o matemático Benoît Mandelbrot, da Divisão de Pesquisa IBM, concebeu a geometria fractal. Seu conceito permitiu aos computadores analisar e descrever fenômenos irregulares, “brutos”, como o formato das nuvens ou padrões na música.

Nos anos 2010, pesquisadores matemáticos da IBM e das universidades começaram a buscar inovações em algoritmos não lineares. Os computadores sempre têm resolvido algoritmos, inclusive os de Karmarkar, do início ao fim, na ordem, mais ou menos como uma frase deve ser lida em ordem. Resolver da forma tradicional os algoritmos cada vez mais complexos levará tempo demais. “Temos de fazer algo fundamentalmente diferente”, disse Brenda Dietrich, que administra o Departamento de Ciências Matemáticas do Thomas J. Watson Research Center, na IBM. A ciência da informação precisa de uma forma de fragmentar os algoritmos, resolver as partes em paralelo e reuni-las novamente para chegar a uma resposta. “É mais parecido com o funcionamento do cérebro humano ou com o que acontece quando propomos um problema a um grupo de pessoas”, disse Dietrich.⁵⁶



Quando Benoît Mandelbrot concebeu a geometria fractal, não tinha ideia de que ela seria usada de tantas formas diferentes, inclusive para compactação de vídeo na Internet, criação de cenários em videogames e modelagem de sistemas neurológicos em pesquisa médica.

Se os pesquisadores puderem produzir uma inovação assim, ela aumentará a velocidade da computação sem que os microprocessadores precisem ser mais velozes. Isso, por sua vez, vai liberar as informações de um modo tão surpreendente quanto as tarifas superpromocionais nos anos 1980.

NO ÚLTIMO TRIMESTRE DE 2006, Jeff Bezos, CEO da Amazon.com, se jogou na poltrona de uma suíte em um hotel de São Francisco para conversar sobre um serviço que estava prestes a anunciar. Ele o chamava de Elastic Compute Cloud. Bezos era reconhecidamente brilhante e estava enfrentando com muita animação um problema que poucas pessoas em 2006 realmente compreendiam — o que significava exatamente a “computação em nuvem”. “Eu ainda não achei um jeito de explicar isso direito”, disse Bezos, divertidamente, a um jornalista na sala da suíte. “E esperava que você tivesse achado.”⁵⁷

A Amazon fez nome como varejista on-line, não como fornecedor de tecnologia, embora a empresa estivesse prestes a alugar a quem quisesse tudo o que sua tecnologia fazia nos bastidores, fosse o interessado uma grande corporação ou um empreendedor em uma tenda yurt na Mongólia — desde que a yurt tivesse conexão de alta velocidade com a Internet. A abordagem: alugar espaço nos computadores da Amazon para tocar um negócio ou arrendar seus recursos de transação para vender coisas e juntar dinheiro. Qualquer um, em qualquer lugar, poderia se tornar um varejista global on-line usando a Internet pública para explorar a computação em algum ponto do sistema da Amazon — uma computação que residia sem forma em nuvens metafóricas. “Isso está deixando as pessoas criarem uma empresa por controle remoto”, disse Bezos.

O senso de oportunidade de Bezos mostrou-se bom. O movimento da Amazon trouxe a computação em nuvem ao conhecimento do público exatamente quando uma explosão de sensores e dispositivos começou a tornar a computação em nuvem essencial para os negócios e para a vida cotidiana. A nuvem e os pequenos aparelhos têm alimentado uns aos outros desde então e, nos anos 2010, vão comandar a próxima mudança na maneira de o mundo pensar em computação. É uma nova arquitetura nascendo.

A computação em nuvem nasceu muito antes de Bezos entrar nela. “Ela começou a chegar antes de chegar, mas o mercado ainda não estava pronto para ela”, disse Irving Wladawsky-Berger, antigo estrategista de Internet da IBM. Em 1995, com o advento do popular navegador da Netscape Communications, a Internet e a World Wide Web alçaram voo. O poder de conectar se tornou tão importante quanto o poder de processar, e o desejo de se conectar levou à criação de uma infraestrutura: linhas de banda larga para residências, redes Wi-Fi sem fio, redes de dados para celulares 3G, linhas de fibras ópticas de longo alcance, farms de servidores (fazendas de servidores), data centers. Tudo isso foi gerado para atender a demanda crescente por conexão e, ao mesmo tempo, armazenar e manipular o explosivo crescimento do volume de dados e do conteúdo gerado pelas massas.

A infraestrutura se transformou em plataforma, um modo antes impossível de criar empresas e serviços. Voltando a 2002, as principais empresas de tecnologia reconheciam que era preciso haver um meio de permitir que uma corporação ou um empreendedor explorasse essa plataforma sem ter de criar ou comprar absolutamente nada. Em 2002, a IBM lançou a computação sob demanda, vendendo a ideia de que a computação logo seria como a eletricidade: disponível em todos os lugares e paga conforme o uso. Para empresas acostumadas com a segurança das redes de dados privadas, a ideia parecia um tanto assustadora. E as pessoas, habituadas a pegar dados no disco rígido de seus laptops, mal conseguiriam captar o conceito de confiar em planilhas ou em um software de automação de vendas que residisse em algum ponto de uma misteriosa nuvem.

Então, em janeiro de 2007, a Apple lançou seu primeiro iPhone, desencadeando no consumidor a demanda por dispositivos de computação conectados e que coubessem no bolso. “A explosão dos smartphones por volta de 2007 ocorreu quando cada pessoa percebeu que nós estávamos em lugares diferentes”, disse Wladawsky-Berger.

Os smartphones e a nuvem, juntos, estão repetindo o padrão dos saltos de arquitetura anteriores, ao levar a computação a outro nível. Desta vez, a computação está alcançando bilhões de pessoas ao redor do mundo, de pré-adolescentes em Ohio a fazendeiros na Namíbia. Cada vez mais, as pessoas têm

acesso a dispositivos baratos e com baixo consumo de energia que podem, através da nuvem, explorar um tipo de poder de computação antes reservado para corporações gigantescas. Esses usuários, por sua vez, vão modelar a computação, exatamente como as novas classes de usuários fizeram no passado.

Ao mesmo tempo, outra classe de usuários está aderindo à rede. São máquinas, sensores e objetos físicos não conectados a pessoas. Isso foi batizado como a Internet das Coisas. Essa Internet abrange medidores inteligentes de eletricidade que são instalados nas residências e abastecem de informações a empresa de serviço público e os donos das casas. Abrange também sensores que são presos em zebras na selva e coletam e enviam dados sobre onde os animais vão e o que fazem. Sensores engastados no asfalto podem dizer aos usuários de smartphones que vagas estão livres em uma rua. Algumas dessas máquinas conectadas serão dispositivos superinteligentes fazendo coisas em nome dos seres humanos. Eric Horvitz, cientista da Microsoft Research, tem uma assistente pessoal virtual chamada Laura que pode controlar sua agenda, receber visitantes no escritório e oferecer-lhes algo para beber.⁵⁸

Quanto mais os dispositivos levarem a computação para as ruas, os sistemas que manipulam esses dados (as máquinas que compõem a nuvem) precisarão se tornar incrivelmente sofisticados. Em 2010, mais de 1.200 exabytes de informação digital foram criados. Um só exabyte equivale a 1 trilhão de livros. A geração de dados crescerá exponencialmente no futuro próximo. Ela vem de pessoas se comunicando nas redes sociais, artistas criando filmes on-line, empresas criando gigantescos bancos de dados, e cada vez mais sensores detectando e transmitindo tudo, desde as marés do oceano e os padrões do tráfego na cidade até as calorias que as pessoas queimam se exercitando. A inundação de dados é desafiadora, embora o mundo dependa dos dados como nunca antes, e isso está impulsionando novas tecnologias como a memória racetrack. Está impulsionando o desenvolvimento da computação de fluxo contínuo —novos produtos de software e novos algoritmos, como a lógica em tempo real, que pode examinar os dados à medida que são produzidos e descobrir o que reter e o que descartar. A nuvem está se tornando mais industrializada e profissional para permitir que os dispositivos se tornem mais simples e disseminados.

O “Planeta Mais Inteligente” da IBM não é apenas um slogan engenhoso. A evolução da arquitetura da computação é a história da força do computador chegando às ruas, indo dos especialistas para os cientistas, e para os pequenos negócios com o 1401, e para os terminais, e então para os PCs. Agora, esse poder está sendo levado a cada pessoa e cada coisa, com a nuvem conectando tudo e dando sentido aos dados. Tecnologias de perguntas e respostas como a DeepQA e tecnologias de gestos como a do iPad estão cada vez mais tornando imperceptível e natural a colaboração entre pessoas e máquinas. Os algoritmos, que antes só percorriam caminhos lineares e determinísticos de matemática mais simples, estão se tornando sofisticados o bastante para enfrentar a natureza complexa e probabilística da realidade. Na próxima década, as máquinas começarão a aprender sozinhas. De muitas maneiras, o planeta está se transformando, na verdade, em um colossal computador, mas não no velho sentido de máquinas autônomas. O planeta da computação é feito de máquinas, natureza, nós mesmos e as informações, tudo misturado.

O próprio mundo está ficando inteligente. É um caminho em que estamos desde que Ben Wood se encontrou com Thomas Watson em 1928.

• • •

Um homem de terno está parado em uma esquina de Xangai e precisa chegar a um endereço no outro lado da cidade. Ele tem uma dúvida simples: nesse momento, será melhor ir de táxi ou de metrô?

Hoje, essa pergunta não pode ser respondida com certeza. Em 2021, a rede de computadores do planeta deverá ser capaz de responder instantaneamente — pelo celular.

Ao longo de cem anos, a computação tem mudado nossa forma de pensar, e nossa forma de pensar tem mudado a computação. Emergindo da ciência e das tecnologias da era industrial, a computação ajudou a gerar as novas ciências e tecnologias da era pós-industrial. Ela nos permitiu isolar a informação para analisá-la e manipulá-la. E isso apontou para uma nova ciência da própria informação, fundamentando as disciplinas da percepção científica do século XXI — da física à biologia, à química e às ciências sociais. Em muitos sentidos, desbravar a ciência da informação virou sinônimo de desbravar a ciência, ponto.

Essa é a trajetória do século passado. Aonde o próximo século nos levará? É difícil prever a tão longo prazo, mas já está claro que, no decorrer de apenas 10 anos, a ciência da computação e da informação nos levará a um novo lugar, um novo nível de pensamento. Quando as tarefas diárias das pessoas puderem ser otimizadas de maneiras que agora só estão disponíveis para as grandes corporações, nós repensaremos a forma de viver. Quando os dados das pessoas, das coisas e da natureza puderem ser explorados, misturados, combinados e analisados, o mundo nos falará de uma nova forma. O desafio para os líderes, então, será o de repensar a sabedoria convencional e as atuais instituições, corporações, cidades e nações.

“Muitas questões sociais e muitos problemas do sistema podem ser resolvidos”, disse o CEO da IBM Sam Palmisano. “Todo o mundo diz que são insolúveis — fronteiras seguras, água limpa, energia. Porém, a aplicação de tecnologia pode resolver muitas dessas coisas com as quais lutamos.”⁵⁹

Cem anos de avanços ininterruptos na ciência da computação e da informação nos fizeram aterrissar aqui em 2011, no limiar de uma profunda transformação. A tecnologia está liberando os dados do mundo à nossa volta. Os dados sempre estiveram por aí — no crescimento das safras, no movimento das pessoas, em

bilhões de transações diárias, na alteração dos níveis de um rio — mas agora nós estamos começando a capturá-los, decifrá-los e entendê-los. Esta nova maré de inteligência está mudando o que conhecemos e o que queremos conhecer. Como a tendência vai se acelerar na próxima década, a tecnologia mudará mais uma vez o funcionamento do mundo.

Ao mesmo tempo, a computação está continuando seu trabalho centenário de liberar a criatividade e o conhecimento humano das caixas que os continham. O pensamento não está mais trancado nas mentes individuais, nas corporações e nos países. Perfurar dados em cartões no início dos anos 1900 foi o primeiro passo para soltar as amarras do conhecimento que as pessoas guardavam em suas cabeças. A Internet deu ao processo o impulso de um foguete, permitindo que qualquer pessoa compartilhe informações e colabore a qualquer distância, em qualquer parte das empresas ou organizações. Smartphones, GPS, vídeo e sensores vêm sendo empregados em todos os lugares. Os supercomputadores podem emular a função dos órgãos humanos em nível molecular. A explosão da computação em nuvem, dos dispositivos móveis e dos computadores pessoais em todo o planeta está reunindo ainda mais conhecimento e criatividade em um pool global. Dentro de uma década, a tradução automática de idiomas vai derrubar a última barreira significativa. Nada precisa segregar nossas ideias coletivas.

O que o mundo está prestes a experimentar é mais do que uma nova era de tecnologia: é uma nova era de pensamento. A tecnologia torna isso possível.

O homem na esquina de Xangai em 2021 poderá falar com um aplicativo em seu celular e perguntar: “Táxi ou metrô?” O GPS saberá onde ele está. Sua agenda dirá ao aplicativo o endereço do compromisso. Os táxis, equipados com GPS e comunicação sem fio, dirão à rede onde os veículos estão, se têm passageiros e em que velocidade estão se movendo. O movimento dos táxis dirá à rede as condições do tráfego. Com todas essas informações, a rede saberá quanto tempo o homem levará para pegar um táxi e em quanto tempo o táxi chegará ao destino desejado. Quanto ao metrô, o sistema saberá que distância o homem teria de percorrer para caminhar até a estação mais próxima, em quanto tempo o metrô venceria o percurso e quanto tempo o homem levaria para andar da estação até o local da reunião. A rede também saberia as condições do tempo e, graças a um monitor de saúde como o Fitbit, as condições físicas do próprio homem. Será que está tão quente que uma caminhada de alguns quarteirões deixaria o sujeito sem ar e banhado de suor?

Então, o homem fala com seu celular: “Táxi ou metrô?” E recebe a resposta: “Um belo dia. O tráfego está terrível. Você pode se exercitar: pegue o metrô, e aqui está o trajeto.”

Esse cenário não é um grande desafio. De fato, esforços muito mais ambiciosos já estão a caminho em cidades de todo o mundo. Por exemplo, a IBM anunciou recentemente um contrato com o Rio de Janeiro para gerar uma “cidade mais inteligente”, na qual os deslizamentos que atingem periodicamente as populosas favelas situadas nas encostas dos morros possam ser previstos para se evitar a devastação. Como a *Fast Company* publicou em dezembro de 2010, um centro de operações recentemente estabelecido reunirá dados de vários órgãos da cidade, “submetendo-os a uma bateria de algoritmos para monitorar, prever e visualizar os danos de uma tempestade enquanto se decide a melhor forma de reagir. ‘Quais ruas vão exigir mais pessoal de apoio?’ Os aparelhos da IBM sugerem uma das variáveis. ‘Quais morros estão mais sujeitos a deslizamento? Existem abrigos com vagas? Que hospitais têm leitos disponíveis? Qual a melhor forma de sair de um jogo de futebol no Maracanã? Como os guardas vão orientar o trânsito que sai da praia de Copacabana?’”

Este futuro está visível hoje, com base na tecnologia de 2011 e sabendo-se a tecnologia que será desenvolvida ou estará a caminho até 2021.

O Laboratório Nacional Lawrence Livermore está implantando em 2011 seu supercomputador Sequoia, baseado na tecnologia Blue Gene/Q da IBM. Ele excederá 20 petaflops — mais poder de processamento do que toda a lista dos 500 principais supercomputadores em ação em 2010. Isso representa 20 quatrilhões de cálculos por segundo. Aproximadamente 120 bilhões de pessoas armadas com calculadoras teriam de fazer cálculos por cerca de 50 anos para processar o que a Sequoia fará em um dia. O computador será usado para pesquisas de astronomia, energia, ciência do genoma humano e mudanças climáticas. (Quase toda a pesquisa da Sequoia é sigilosa.)

Em armazenamento, a capacidade está se tornando praticamente infinita, enquanto o custo está despencando. Quaisquer dados que se queira salvar podem ser salvos. Em termos gerais, o problema não é armazená-los, mas localizá-los; porém, isso está mudando. Uma tecnologia chamada Armazenamento Escalar Conectado à Rede (SONAS), inventada pela Divisão de Pesquisa IBM, dá acesso a bilhões de arquivos de dados, independentemente de onde eles estejam em um sistema. O SONAS pode percorrer bilhões de arquivos em minutos. A tecnologia é necessária para classificar entre os dados não estruturados, desde vídeo baseado na web até e-mail, que estão crescendo a uma taxa anual de 47%.

Nos centros de dados, novos sistemas estão atacando um problema crescente. Um emaranhado de diferentes tecnologias tem sido adquirido e implantado ao longo do tempo para executar aplicativos específicos sob o mesmo teto, mas eles são incapazes de falar uns com os outros. Em alguns casos, as diferentes partes exigem equipes separadas. No entanto, em vez de ser composto de muitas máquinas e instalações de software diferentes, o centro de dados de 2021 poderia operar mais como uma grande máquina, capaz de misturar e combinar componentes para acomodar diferentes tarefas. Em última análise, ele poderia se tornar quase autoconsciente, capaz de decidir sozinho como se reconfigurar para atender a demanda de certas tarefas.

O computador Watson e a tecnologia DeepQA de perguntas e respostas foram comprovados quando derrotaram campeões humanos no programa *Jeopardy!*, mostrando que um computador pode interagir em conversas com as pessoas.

Nesse ínterim, a Apple, a Research in Motion, a Nokia e outras empresas estão espalhando e enraizando na população dispositivos de computação poderosos, portáteis e conectados. Cada vez mais, eles não são apenas dispositivos para uso do consumidor, mas se conectam com aplicativos corporativos disponíveis por meio da nuvem.

A tecnologia está tornando o planeta mais inteligente, mas por enquanto somente em alguns nichos. E há desafios. Os crescimentos exponenciais do poder de computação descritos pela lei de Moore estão desacelerando drasticamente. Os sensores e o dilúvio de dados vindo da Internet ameaçam ultrapassar a capacidade empresarial de comprar e instalar tecnologia para manuseá-la. Durante algum tempo, centros de dados fragmentados serão uma realidade, criando em muitos casos uma crise de complexidade.

E mesmo assim a trajetória centenária da tecnologia não falhará. Em cada aspecto da computação — velocidade, armazenamento, software, sensores, redes, arquitetura —, a tecnologia continua a toda, como sempre foi. Cada geração herda uma tecnologia da informação que parece alongar os limites da inovação humana, e então essa geração rompe esses limites, baseando-se no que já foi feito para ir muito além. Há razões para pensar que o ciclo não terminará tão cedo.

Alguns avanços importantes são esperados nos próximos 10 a 15 anos. Desde o começo, os computadores têm funcionado da mesma forma, processando uma série de instruções “se isto, então aquilo” em velocidades extremamente altas. Os cientistas, contudo, estão trabalhando em arquiteturas de computação que copiam o cérebro humano, processando ao mesmo tempo muitas ideias relacionadas,

aplicando uma lógica um pouco mais abstrata e imprecisa do que as regras rígidas dos programas dos computadores atuais. Espera-se que esses computadores complementem a arquitetura atual, e eles serão capazes de fazer algo que as máquinas atuais não fazem: eles poderão aprender com os dados, extraíndo lições e chegando a conclusões, mas descartando detalhes mais ou menos como o cérebro humano faz. Os computadores não serão programados —serão treinados. Na verdade, eles serão até capazes de treinar a si próprios. Sistemas como esses representariam uma quebra radical na história da computação— o primeiro passo para além da arquitetura de programas armazenados desbravada por Eckert e Mauchly com o ENIAC e mais conhecida como “arquitetura von Neumann”, por causa de um documento de 1945 criado por John von Neumann. Os cientistas chamam essa próxima geração de “sistemas aprendizes”.

Ninguém criou ainda o mecanismo de computação capaz de funcionar à maneira do cérebro humano — embora o Watson, da IBM, tenha dado alguns passos iniciais nessa direção. Mas esse dia chegará. Um caminho provável é por meio da computação quântica, que é uma forma de computar usando a rotação dos átomos. Um computador quântico poderia processar todas as possíveis respostas para um problema no mesmo instante, usando muito pouca energia. Embora os computadores quânticos sejam, em 2011, apenas experimentos grosseiros de laboratório, é provável que uma versão funcional seja criada antes do final dos anos 2020 — uma revolução que seria tão importante quanto o transistor.

Enquanto isso, muita coisa está sendo desenvolvida. Um software de linguagem natural no estilo DeepQA e a tradução instantânea de idiomas devem permitir que qualquer pessoa, não apenas profissionais de bancos de dados, pesquisem os dados e obtenham respostas significativas. A visão de máquina pode ajudar os computadores a ver através das câmeras de vídeo e compreender o que elas veem, armazenando dados sobre os eventos, não apenas vídeo bruto que não pode ser pesquisado. A lógica, executada em computadores de fluxo contínuo em tempo real, está criando novas formas de usar dados para modelar eventos e compreender padrões. À medida que o software fica mais inteligente e os computadores se tornam mais poderosos, as simulações —o tipo que até pouco tempo atrás só podia ser feito em supercomputadores— talvez fique tão barato, fácil e comum quanto as planilhas eletrônicas.

A segurança —sempre um problema— também deve avançar no mundo de 2021. Conforme a computação se move para a nuvem, uma segurança mais robusta e profissional pode ser inserida em mais atividades de computação — desde o início, intencionalmente. Novas tecnologias, como a inspeção profunda de pacotes, são capazes de verificar pacotes que circulam por um sistema, ajudando a bloquear qualquer item suspeito. Embora certamente as ameaças tendam a ficar mais sofisticadas, a tecnologia deverá passar por uma fase mais fácil mantendo-se à frente dos vilões da TI.

Toda essa tecnologia impulsionará duas importantes tendências até 2021, ambas as quais, não por coincidência, são as mesmas que a computação tem impulsionado por cem anos:

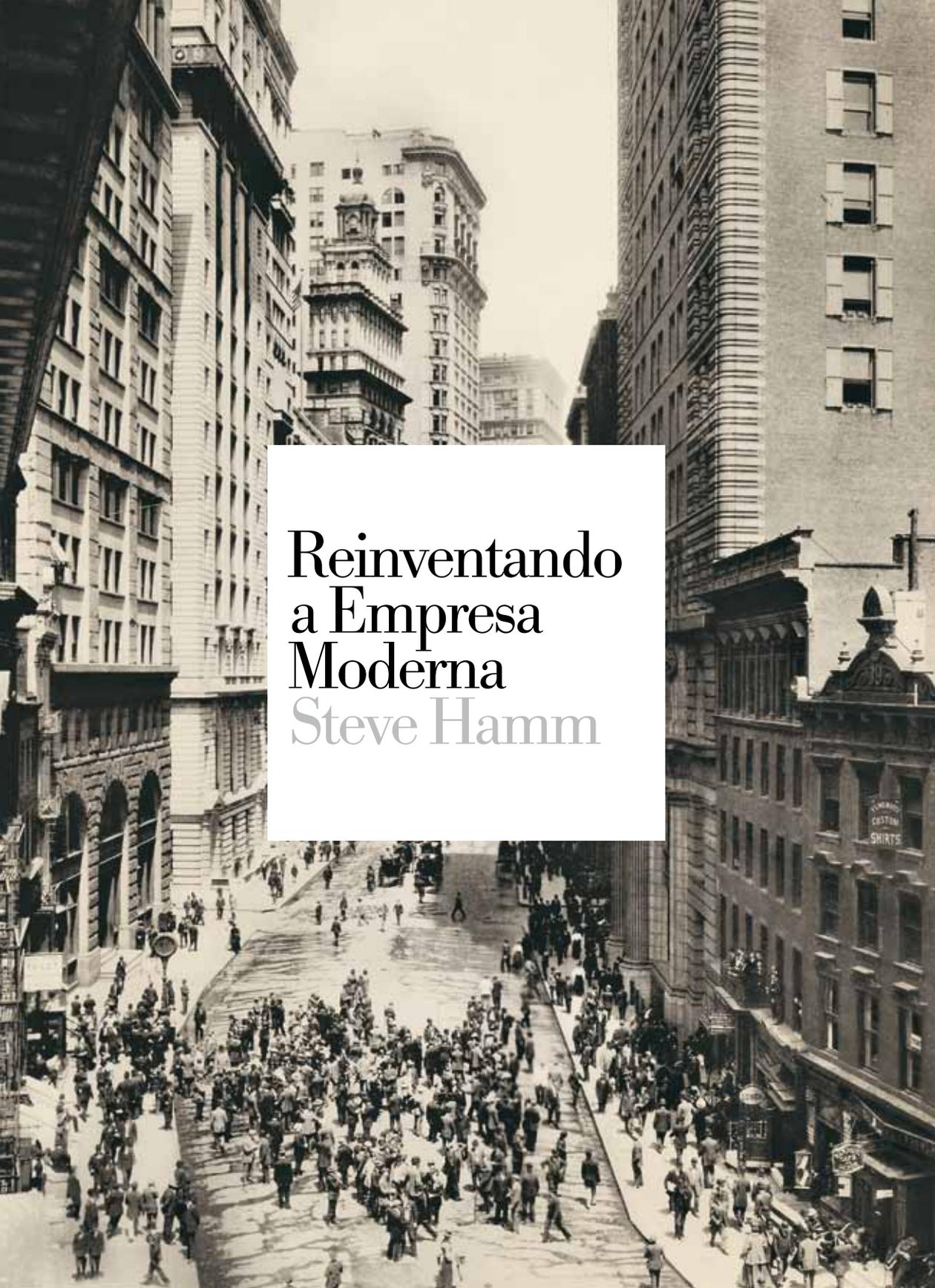
A computação de alto nível tomará para si a análise mais sofisticada e fará julgamentos de nível ainda mais alto, liberando cada vez mais os seres humanos de processos herméticos de pensamento. Isso permitirá que as pessoas se concentrem em criatividade exclusivamente humana, reconhecimento de padrões e inovação.

Em outro sentido, a computação sofisticada investigará ainda mais a vida cotidiana. O que costumava estar disponível apenas para laboratórios do governo ou corporações será oferecido às pessoas via laptops e dispositivos móveis — inclusive artefatos com os quais ninguém sequer sonhou.

Ao longo dos últimos 100 anos, esta combinação de tendências movidas pelo computador nos fez repensar a vida, os negócios e as instituições. Isso está prestes a ocorrer de novo.

Por um século, a sociedade pensou que estávamos a caminho de criar computadores que poderiam pensar. Na verdade, esse nunca foi o caso. Temos estado a caminho de recriar constantemente o pensamento. E a caminhada continua.

• • •



Reinventando
a Empresa
Moderna
Steve Hamm



Quando Thomas Watson juntou-se à Computing-Tabulating-Recording-Company como gerente geral em 1914, ficou no epicentro do capitalismo norte-americano no despontar de uma nova era. A nova empresa, que ele mais tarde renomeou como International Business Machines, tinha sido formada três anos antes por meio da fusão de três pequenas empresas de produção que vendiam máquinas de calcular mecânicas, balanças e relógios de ponto. A matriz ficava em um conjunto de escritórios de um recém-construído edifício de 20 andares, localizado na Broad Street em Nova York, a menos de 50 metros da Bolsa de Valores e a curta distância do Lower East Side, onde nasceu a agitada indústria de confecções de Nova York.

Para entrar no edifício, às vezes Watson precisava abrir caminho por uma multidão incontrolável de corretores, que compravam e vendiam ações no chamado “curb market”, o mercado de ações fora da Bolsa, na calçada da Broad Street. No 18º andar da C-T-R, o executivo de 40 anos sentava-se diariamente diante de uma escrivaninha simples de madeira, vestindo um terno de três peças com um colarinho duro no estilo eduardiano, e examinava atentamente os livros contábeis e a correspondência. Ele podia olhar pelas janelas a algazarra na rua lá embaixo — onde os chapéus coco e os ternos escuros dos corretores faziam com que parecessem um bando de formigas em um piquenique. Sua posição revelou-se um lugar perfeito para ajudá-lo a inventar a empresa moderna.

A população de Nova York estava explodindo naquela época. Imigrantes da Rússia, Itália, Irlanda, Alemanha e outros países eram despejados dos navios nas ruas estreitas da cidade e em velhos prédios de apartamentos. A população quase

Páginas anteriores:

Broad Street na cidade de Nova York, 1903 (esquerda), e Thomas Watson, 1913.

duplicou em relação às duas décadas anteriores, para 4,8 milhões.⁶⁰ Nova York era tanto a capital financeira da nação, lar dos corretores e homens endinheirados que financiavam as indústrias de uma economia em expansão, quanto um dinamo de produção, congestionada com fábricas de roupas, tipografias, oficinas de usinagem e fundições. Por mais de um século, os capitães da indústria haviam criado impérios extraindo valor de recursos naturais ou construindo imensas usinas siderúrgicas e ferrovias que atravessavam o continente, utilizando as costas fortes e os dedos ágeis dos operários. Em 1920, o censo dos EUA revelou que 30 por cento da população trabalhadora estava empregada em fábricas e 26 por cento trabalhava em atividade rural, silvicultura e pesca. As outras principais categorias eram comércio (10,2 por cento), serviços pessoais e domésticos (8,2 por cento), administração (7,5 por cento) e transporte (7,4 por cento).⁶¹ Na verdade, os líderes do comércio e da indústria pesada eram a base de clientes da C-T-R.⁶²

Ainda assim, Watson moldou a C-T-R como um modelo de empresa muito diferente daquelas que o rodeavam. Ele percebeu que os sistemas de cálculo e de contabilidade de sua empresa podiam ajudar aquelas ferrovias, siderúrgicas, os fabricantes e comerciantes a administrar seus dados. Ele viu que, no novo século, o patrimônio mais valioso de uma empresa seria a informação que ela acumulava, o conhecimento que criava e as ideias de seus funcionários — capital intelectual em vez de dinheiro, músculos ou matéria-prima. “Devia ser creditada a Tom Watson a ideia de que a informação seria o grande tema do século XX”, disse Richard Tedlow, professor da Harvard Business School e autor de *The Watson Dynasty (A Dinastia Watson)*.⁶³

Quando Watson assumiu o controle da C-T-R, a ideia da empresa moderna estava apenas começando a tomar forma, e ele teve um papel significativo na concepção de seus fundamentos. Tendo derivado das grandes organizações industriais e financeiras que dominaram o comércio nas sociedades ocidentais, a empresa moderna foi também, nos Estados Unidos, uma reação aos excessos da Era Dourada, quando a economia foi distorcida por manipuladores do mercado e monopólios que esmagavam a concorrência. No novo século, o formato e a função das empresas estavam passando por rápidas mudanças, pois as grandes organizações

comerciais do mundo dominaram a ciência de aplicar novas maneiras de extrair e administrar informações. Com isso, podiam canalizar o capital, os recursos naturais e as pessoas, colocando-os para trabalhar de um modo cada vez mais ambicioso, eficiente e eficaz.

Em 1914, essa transformação estava longe de ser clara — inclusive na própria mente de Watson. Sua crença na informação e no pensamento era intensa, mas imprecisa. Estava claro para ele que a informação seria a base de valor para a economia. Também estava claro que o comércio estava destinado a se tornar global. Ele estava convencido de que as empresas teriam responsabilidades não só com seus acionistas, mas também com a sociedade como um todo. E tentou obstinadamente criar uma organização que incorporasse conscientemente seu mantra: “Pense”. Nos 40 anos seguintes, ele iniciaria um processo de descoberta, com muitos passos em falso, mas com muitos outros certos, transformando essa intuição em políticas e práticas, em descobertas científicas e na então radical noção de uma cultura corporativa criada intencionalmente.

Hoje, estamos novamente em um ponto de inflexão na história das corporações. Frente a uma poderosa combinação de desafios econômicos, ambientais e políticos, os líderes das empresas estão reexaminando seus conceitos básicos. Da mesma forma que populações heterogêneas foram um dia despejadas no grande caldeirão comercial e social da cidade de Nova York, aqueles que antes estavam à margem de tudo estão hoje se tornando atores na economia global — tanto como consumidores quanto como produtores. Potências comerciais estão emergindo da China, Índia, Coreia, África do Sul e outras regiões. Elas estão inventando modelos de negócios que lhes dão o poder de remodelar setores estabelecidos e passar por cima dos gigantes do século XX. A Internet está mudando radicalmente os meios tradicionais de fazer negócios em inúmeros mercados, da mídia e da música à produção e ao varejo. Ela coloca empresas e indivíduos jogando no mesmo campo. Atividades que outrora eram ancoradas em um lugar, por tradição e conveniência, agora podem ser realizadas em qualquer lugar do mundo. E as barreiras — antes insuperáveis para todos os que não podiam acumular grandes somas de capital — estão substancialmente menores. Meros cidadãos podem se tornar capitalistas globais. A economia global está se tornando muito mais plana.

Como as empresas deveriam reagir? Da mesma forma que antes, os líderes fazem a si mesmos perguntas fundamentais sobre o que sua empresa deveria ser e como deveria funcionar — estes são os tipos de perguntas que moldaram o pensamento comercial desde a Grécia Antiga até o moderno Vale do Silício. Hoje, no entanto, as respostas estão mudando — e com uma velocidade vertiginosa. Então, é hora de reinventar a empresa mais uma vez. Este artigo expõe um ponto de vista sobre o passado e o futuro da empresa moderna — e sobre qual será a visão do progresso no século XXI. Ele está organizado em torno de quatro perguntas básicas que os líderes devem fazer e responder:

COMO UMA EMPRESA DEFINE E ADMINISTRA A SI MESMA? Nos últimos 100 anos, a gestão corporativa tem se distanciado do modo, típico do século XIX, de centralizar a empresa em torno de um líder único e poderoso, e passou a adotar um enfoque mais horizontal e interligado. Embora existam exceções, é claro, hoje em dia mais e mais empresas são direcionadas por culturas corporativas criadas deliberadamente, em geral fundamentadas em valores compartilhados que sobrevivem mesmo quando um líder se afasta. A IBM foi pioneira nessa guinada — não apenas por inculcar a ética, mas também por buscar a diferenciação, a identidade organizacional e a definição da razão de ser da empresa. No futuro, o desafio será criar organizações ultraflexíveis, compostas por profissionais com autonomia e poder de decisão que possam antecipar e se preparar para a mudança, em vez de meramente percebê-la e reagir a ela.

COMO A ORGANIZAÇÃO CRIA VALOR? Através das lentes da evolução de uma empresa — mas inspirando-nos amplamente na história da empresa moderna — podemos associar a guinada na forma de criar valores na Revolução Industrial à monetização do conhecimento e do capital intelectual no século XX. Isso assume várias formas, e não só no desenvolvimento do produto, mas em todos os aspectos das operações de uma empresa. Esse avanço sugere que as organizações vão cada vez mais criar valor colaborando aberta e profundamente com outras empresas, com governos e até mesmo com indivíduos, participando inteiramente de uma economia interligada.

COMO A ORGANIZAÇÃO FUNCIONA EM UMA ECONOMIA GLOBAL? No século XIX, ser internacional significava ter presença em todo o mundo. Durante o século XX, passou a significar algo totalmente diferente: ver o mundo como um todo, tanto como mercado quanto como fornecedor de recursos e de talento. O resultado é que a empresa moderna mudou de formato, indo do modelo internacional do século XIX para o modelo multinacional do século XX e para o modelo globalmente integrado do século XXI. As empresas que tiveram sucesso, inclusive a IBM, têm criado novas habilidades, novos processos e novos sistemas de controle para administrar as tensões inerentes ao fato de serem simultaneamente globais e locais.

COMO A ORGANIZAÇÃO SE ENVOLVE COM A SOCIEDADE? Antes, as empresas respondiam apenas a seu acionistas. Filantropia era uma questão pessoal de industriais abastados. No decorrer do século XX, as empresas mais evoluídas perceberam que a forma de definirem a si mesmas dependeria, em parte, de desenvolver relações responsáveis com a sociedade — a ponto de o envolvimento se entrelaçar com o ato de fazer negócios, uma postura essencial em praticamente todas as decisões tomadas por uma empresa.

A evolução da IBM nos últimos 100 anos — inclusive sua experiência de quase fechar as portas no início dos anos 1990 — fez dela uma empresa amplamente diferente daquela na qual Thomas Watson ingressou em 1914. Na verdade, a empresa mudou imensamente na última década. Ao longo dessa jornada, seus líderes fizeram aquelas mesmas perguntas fundamentais, reafirmando algumas das coisas em que a empresa já acreditava e trazendo algumas novas respostas. Hoje, todos os IBMistas sabem muito bem o que pode acontecer se uma organização perde de vista os fundamentos da empresa e não consegue responder ousadamente para satisfazer as necessidades mais profundas de seus clientes. E eles entendem que, no atual mundo dos negócios, o que é necessário para sobreviver é nada mais do que a transformação contínua.

A IBM ainda está se reinventando — e sabe que o processo não terminará nunca. Quando lhe pediram para indicar a lição mais importante que a história da IBM nos ensina sobre liderança, o CEO Sam Palmisano não hesitou: “Você precisa estar disposto a mudar sua essência, e precisa se antecipar à mudança”.⁶⁴

• • •

A Criação Intencional de uma Cultura

Quando Soichiro Honda criou a Honda Motor Company em 1948 para projetar e fabricar motocicletas em um Japão destruído pela guerra, suas ambições eram audaciosas. Filho de ferreiro que costumava vestir um macacão azul de mecânico, Honda subiu em uma caixa alaranjada na fábrica da empresa, quatro anos depois, e declarou a intenção de tornar a Honda não somente a empresa de motocicletas número 1 do Japão, mas a número 1 do mundo.

Ele não alcançou seu objetivo da noite para o dia, mas desde o início decidiu criar uma cultura corporativa que capacitasse uma empresa minúscula a atingir outra magnitude.⁶⁵ Ele o fez estabelecendo uma relação de respeito com os funcionários e dando-lhes uma orientação clara sobre os valores e ambições da empresa. Por exemplo, em 1956 ele publicou os “princípios da empresa” no boletim informativo da Honda, resumindo a essência dos objetivos da empresa: “Mantendo um ponto de vista global, nós nos dedicamos a fornecer produtos da mais alta qualidade, mas por um preço razoável, para satisfação dos clientes de todo o mundo.”





Nas salas de aula e nos centros de processamento de dados, nas linhas de montagem e nas instalações de treinamento de vendas, o mantra de Thomas Watson, “Pense”, deu uma forma visível à ideia original de que uma empresa deve criar deliberadamente sua cultura.

Turma da Systems Service Engineering para mulheres, Endicott, Nova York, 1935.



1. Bureau de serviços da IBM, Florença, Itália, 1953. 2. Thomas Watson, o pai, Seattle, Washington, 1947. 3. Visita de Ruth Leach, San José, Califórnia, 1949. 4. Escola da IBM, Endicott, Nova York, 1933. 5. Seminário da IBM, Nova Délí, Índia, 1956. 6. Departamento de Testes e Serviços Mecânicos, Argentina, 1935. 7. Demonstração da máquina de escrever elétrica, Brasil, 1958. 8. Sala de aula da IBM, Arábia Saudita, 1951. 9. Richard Whitcomb na IBM de Honolulu, Havai, 1962. 10. Escritório da IBM, Japão, 1966. 11. Equipe do escritório da IBM, Equador, 1943. 12. Primeiro representante de vendas japonês, 1925. 13. Funcionários da IBM, Filipinas, 1939.



14. Fábrica em Hammersmith, Londres, Inglaterra, 1960. 15. Primeira edição de *THINK (PENSE)*, junho de 1935. 16. Escritório da IBM, Jacarta, Indonésia, 1964. 17. Placas de "Think" (Pense), 1964. 18. Singapore Constitution Expo, estande da IBM, 1959. 19. Thomas Watson, o pai, 1914. 20. Abertura do Bureau de serviços da IBM, Taipei, Taiwan, 1960. 21. Turma de vendas da IBM, Paris, França, 1937. 22. Clube Cern por Cento, Endicott, Nova York, 1940. 23. Pavilhão da IBM na Feira Mundial, Bruxelas, Bélgica, 1958. 24. Aviação norte-americana, Divisão de Rocketdyne, Califórnia, 1965. 25. Walter Kneivel enviando a primeira mensagem pelo teletipo da IBM, da cidade de Nova York para Endicott, 1930.

A cultura corporativa que Honda criou — chamada de Honda Way — moldou desde então o caráter essencial da organização. Ela ajudou a empresa a se tornar a principal fabricante de motocicletas e a sexta maior empresa de automóveis no mundo e a guiou ao longo do colapso mundial nas vendas de carros, que teve início em 2008. Enquanto outras empresas automobilísticas dispensaram dezenas de milhares de funcionários, a Honda não demitiu ninguém e, em vez disso, reduziu a produção e os salários de funcionários que não eram da produção.⁶⁶ No dia 20 de julho de 2010, em um discurso no qual apresentou a estratégia e as metas da empresa para a próxima década, o CEO Takanobu Ito reforçou a visão da Honda. “Como estamos no meio de um ambiente difícil para os negócios, nada é mais importante do que recorrer ao princípio básico da Honda, isto é, ver as coisas do ponto de vista dos clientes e continuar a oferecer produtos que agradem a eles.”⁶⁷

No exemplo da Honda, podemos ver aspectos importantes de como a empresa moderna envolve e administra pessoas. Hoje em dia, a maioria das grandes empresas professa um conjunto formal de convicções e busca estabelecer uma cultura vigorosa. Algumas declarações de valor consistem em uma só frase. O lema da Patagonia, varejista norte-americana de equipamento e vestuário para atividades ao ar livre, é: “Deixe a minha galera surfar.” A ideia de Yvon Chouinard, seu proprietário, é que os funcionários só dão o melhor de si quando se sentem felizes e livres. A declaração de princípios da Whole Foods Market, varejista norte-americana da área alimentícia, estende-se por aproximadamente mil palavras. O tamanho do documento não importa. O que importa é que os líderes criam deliberadamente culturas corporativas fundamentadas em valores.

Não foi sempre assim. Na verdade, antes de a empresa moderna entrar em cena, o conceito de cultura corporativa era desconhecido. Naturalmente, cada organização e cada comunidade humana tem uma cultura — “É nossa maneira de fazer as coisas por aqui.” Mesmo hoje, entretanto, muitas empresas não fazem um esforço consciente para compreender, muito menos para estabelecer e manter uma. Mesmo para as que fazem, a cultura tem metas muito variáveis, dependendo da empresa ou das circunstâncias. Por exemplo, em uma empresa cuja declaração

de princípios é fornecer mercadoria barata e produzida em massa, a cultura pode ter como alvo o entusiasmo em executar as tarefas rotineiras e em ter um trabalho eficaz em equipe. Nas empresas em que é vital criar e descobrir coisas — como as universidades — é preciso haver muitas normas culturais diferentes.

Essa percepção de cultura seria inconcebível na maioria das empresas do século XIX. Entretanto, com o advento da empresa moderna, baseada em conhecimento, a cultura, antes irrelevante, tornou-se imprescindível. Para essas empresas, a cultura que elas decidiram criar deixou de ser um mero aspecto da empresa e se transformou nos princípios da organização.

Era uma empresa assim que Watson tinha em mente quando veio para a C-T-R. De suas inovações administrativas ao longo de quatro décadas, continuadas por seu filho nas duas décadas seguintes, e da manutenção de seu legado pelos administradores e IBMistas das gerações seguintes, podemos extrair alguns princípios básicos sobre como a empresa moderna envolve e administra pessoas. Podemos também ver as tensões inerentes a essa nova abordagem.

SE A META DE UM LÍDER EMPRESARIAL é criar uma cultura para uma empresa baseada em conhecimento, ele não parte de um modelo de negócio nem de uma tecnologia, nem mesmo de um sistema de gestão. Ele deve partir de *valores* — não no sentido de ética ou de moralidade, mas no de diferenciação e identidade organizacional. A forma de estabelecer esses valores depende da época e da organização. A IBM o fez primeiro através de declarações de seu fundador, mas ao longo do tempo, paradoxalmente, o efeito de basear uma empresa em valores é tornar o líder, na prática, menos importante. Na verdade, essa é a ideia. Se ele fosse atropelado por um ônibus amanhã, alguma outra pessoa na empresa saberia como se comportar e como definir prioridades.

Este é um ponto crucial. É natural que a cultura de uma empresa adquira a personalidade e os valores das pessoas dinâmicas que a criaram. Contudo, a menos que a cultura da empresa seja sustentável — ou seja, que ela possa continuar

funcionando mesmo que os produtos, mercados e tecnologias mudem e que o líder não esteja mais no comando — a própria empresa não será sustentável. Essa é uma tarefa assustadoramente difícil, e seu sucesso ou fracasso só aparece após um longo período.

Os valores realmente importam. Nos últimos 30 anos, numerosos estudos mostram que as empresas que estabelecem uma cultura e princípios bem definidos e bem compreendidos se saem melhor do que as que não o fazem. Por exemplo, em seu livro de 1992 chamado *Corporate Culture and Performance (Desempenho e Cultura Corporativa)*, John Kotter e James Heskett documentaram o resultado de seu estudo fundamental sobre 207 grandes empresas norte-americanas, que eles acompanharam por um período de 11 anos. Empresas que cuidaram de suas culturas viram a receita aumentar 682 por cento, contra os 166 por cento observados nas empresas que não cuidaram bem de suas culturas.⁶⁸

Desde seus primeiros dias, a IBM tem funcionado apoiada em um conjunto de princípios básicos. A IBM se distinguia por seu respeito às pessoas, sua busca pela excelência em tudo e seu compromisso de oferecer o melhor serviço de atendimento ao cliente. Esses valores foram impregnados no DNA da empresa por Thomas Watson, que transformou a organização quase falida de 1914 em um vigoroso gigante industrial. E esse DNA se incorporou em milhões de funcionários ao longo de 100 anos.

Em uma palestra na Universidade de Colúmbia no segundo trimestre de 1962, Thomas Watson Jr. expôs a tese dele e de seu pai sobre o que torna uma empresa bem-sucedida a longo prazo. “Acredito firmemente que qualquer organização, para sobreviver e ter êxito, deve ter um sólido conjunto de princípios nos quais fundamenta suas políticas e ações”, disse ele aos estudantes. “Eu também acredito que o fator mais importante no sucesso corporativo é a adesão integral a esses princípios. Por último, acredito que, se uma organização quer de fato enfrentar os desafios de um mundo em transformação, deve estar preparada para mudar tudo dentro de si, ao longo de sua vida corporativa, exceto suas convicções.”⁶⁹

Construir uma organização apoiada em princípios básicos está na raiz da abordagem da IBM para sua cultura corporativa. Com certeza, quando o pai de Watson apresentou os Princípios Básicos da IBM um século atrás, ninguém tinha

usado esse termo. Fazendo uma retrospectiva, no entanto, podemos compreender por que Watson é reconhecido como o primeiro líder empresarial a criar, de modo tão amplo e consciente, uma cultura para uma empresa.⁷⁰

Muitas das políticas que Watson criou para moldar a IBM nasceram de seu respeito pelos funcionários. Ele considerava que todos os funcionários eram iguais, demonstrando o que ele chamou de “The Man Proposition” (A Proposta do Homem) em um pronunciamento para funcionários da IBM — entre executivos, pessoal de vendas e trabalhadores da fábrica de Endicott, Nova York, em 1915. Em uma grande folha de papel, Watson escreveu uma lista de funções da empresa, inclusive “gerente de vendas”, “homem de vendas”, “gerente de produção” e “homem de produção”. Ele então riscou tudo, menos a palavra *homem*. E disse à plateia: “O tempo todo, nós devíamos pensar que, independentemente de nossos cargos e deveres, somos apenas homens — homens atuando em grupo, ombro a ombro, todos trabalhando por um bem comum; nós temos um interesse em comum, e o que há de bom em cada um de nós como pessoas afeta o bem maior da empresa.”⁷¹

Essa atitude não era de modo algum típica dos capitães da indústria na época de Watson. “Ele impressionou seus contemporâneos como um maluco excêntrico, com sua política de pessoal em que ‘as pessoas que fazem seu trabalho são minhas parceiras’. Radical. Sem conflito de classes!” , disse o autor e consultor de gestão Peter Drucker, que trabalhou com ambos os Watsons ao longo de duas décadas.⁷²

A Proposta do Homem aplicava-se também às mulheres. No início dos anos 1930, Watson lançou um programa para que os executivos de vendas visitassem clientes e ensinassem suas secretárias a substituí-los. Ele aconselhava as mulheres a redigir cartas concisas, eliminar a burocracia e aproveitar a oportunidade para mostrar que eram capazes de assumir tarefas mais exigentes.⁷³ Em 1935, muito antes que as demandas da Segunda Guerra Mundial requisessem a entrada de milhões de mulheres na força de trabalho norte-americana, a IBM começou a contratá-las para ajudar os consumidores a aprender a usar suas máquinas e também como profissionais de recursos humanos. “Homens e mulheres farão o mesmo tipo de trabalho e receberão o mesmo pagamento. Terão o mesmo tratamento, as mesmas responsabilidades e as mesmas oportunidades de



“Homens e mulheres farão o mesmo tipo de trabalho e receberão o mesmo pagamento. Terão o mesmo tratamento, as mesmas responsabilidades e as mesmas oportunidades de progresso.”
— Thomas Watson, 1935

progresso”, disse Watson ao *New York Sun* naquele ano.⁷⁴ Ruth Leach, que ingressou na IBM para demonstrar máquinas na Exposição Internacional do Golden Gate em São Francisco em 1939, foi promovida em 1943 para ser a primeira mulher vice-presidente da empresa, tornando-se uma das primeiras mulheres nesse nível executivo em uma grande indústria.⁷⁵ Essa disposição para abrir o caminho do progresso social na força de trabalho tornou-se uma parte essencial da cultura da IBM. Hoje, 29 por cento dos funcionários da IBM em todo o mundo são mulheres, e 25 por cento dos gerentes da empresa são mulheres.⁷⁶ C.L. Reeser, gerente de longa data da IBM em uma das instalações de Endicott, fez um registro dos avanços de Watson. Entre eles, estavam:

1916: Trabalho semanal reduzido de 54 para 48 horas;

1924: Criado um local de estudos em que os funcionários podiam obter novas qualificações;

1934: Todos os funcionários mudaram do sistema de pagamento por tarefa para salários;

1937: Pagamento de férias para funcionários remunerados por hora;

*1945: Aposentadoria para todos os funcionários.*⁷⁷

Patrick Toole, ex-executivo da IBM que, a certa altura, foi responsável pela fábrica da IBM, disse que o legado de Watson permaneceu por muito tempo depois que ele deixou a empresa. “Você sabia que, se realmente se esforçasse, não seria demitido”, lembrou Toole. “Mas, se você fosse desonesto, seria demitido, ou se fizesse corpo mole e alguém fosse prejudicado, também. Estava claro que os mais altos padrões de segurança eram parte do ‘respeito às pessoas’.”⁷⁸



Ruth Leach foi a primeira mulher vice-presidente na IBM.



Tom Laster foi o primeiro vendedor negro da IBM.



Em 1942, a IBM contratou o psicólogo Michael Supa, que era cego, para recrutar e treinar pessoas com deficiências.

Uma das inovações da gestão de Watson foi a chamada política de portas abertas, que ele implantou no início dos anos 1920. Qualquer funcionário que sentisse que não estava sendo tratado adequadamente ou com justiça era incentivado a enviar uma carta ao presidente, e a reclamação seria investigada. John Opel, CEO da IBM de 1981 a 1985, lembra que a política lhe causou uma forte impressão quando ele ingressou na empresa, em 1949. “Ele dizia que a pessoa tinha o direito de dizer o que quer dizer, e o gerente tinha de ouvir, e pronto”, disse.⁷⁹

Watson não apenas respeitava seus funcionários, mas também queria que os IBMistas fossem bem-vistos pelas pessoas de fora. Ele insistia para que as pessoas se vestissem formalmente para causar boa impressão. “Ele estava sempre vestido como se fosse visitar o presidente de uma empresa”, lembrou-se o executivo da IBM de longa data James Birkenstock.⁸⁰ Watson premiava generosamente o desempenho fora de série, criando o Clube Cem por Cento para os vendedores que atingissem sua cota anual de vendas e convidando os membros do clube para festas especiais e partidas de golfe. A IBM ensinava a cultura da empresa aos novos contratados e reforçava seus valores em artigos de Watson divulgados nas publicações internas.

ÀS VEZES, É CLARO, a cultura não é moldada pelo planejamento, mas pela resposta de uma organização a uma crise. Se essa resposta é bem-sucedida, pode se tornar uma experiência construtiva na evolução do caráter da organização. Para a IBM, um desses eventos foi o corajoso otimismo de Watson quanto ao futuro diante da Grande Depressão. Em 18 de novembro de 1929, apenas três semanas após o colapso do mercado de ações, ele reuniu os executivos da IBM para uma conversa motivadora. Os homens estavam preocupados com as perdas no mercado de ações e, aos olhos dele, estavam fugindo de suas responsabilidades. “Eu administrei um escritório de corretagem de valores por três semanas, mas o escritório fechou”, disse-lhes. “Agora eu abri a IBM com muita garra e quero que vocês todos sigam de cabeça erguida e olhem onde pisam”. Ele avisou que dali a alguns dias iria nomear um comitê executivo para realizar encontros semanais que se concentrassem principalmente no futuro. “Nós estamos entrando no futuro e não

vamos esperar até alguma outra empresa tomar a nossa frente”, disse ele. “Há no futuro um potencial para nossas máquinas maior do que qualquer um de vocês já imaginou.”⁸¹

Em vez de sentar e esperar, como muitos outros líderes empresariais, Watson apostou que a IBM podia vencer a Grande Depressão sendo agressiva. Ele manteve as fábricas funcionando, não demitiu ninguém e aumentou os gastos em desenvolvimento de produtos. A empresa quase quebrou, mas então os fatos provaram que os instintos de Watson eram proféticos.⁸² Em 1935, o presidente Franklin D. Roosevelt assinou o Social Security Act, um sistema nacional que exigia que os trabalhadores pagassem a um fundo para poderem receber pagamentos quando se aposentassem. Era um imenso e complexo trabalho de processamento de informações, em escala social, e como a IBM estava criando, aperfeiçoando e estocando suas máquinas tabuladoras, ela estava muito à frente de qualquer concorrente em capacidade para reagir com rapidez. A IBM apresentou uma proposta e ganhou o contrato.⁸³ Essa foi a primeira materialização do impulso da empresa para assumir tarefas colossais e aparentemente impossíveis, o que se tornou elemento essencial de sua cultura.

Na liderança da empresa, Watson certamente contou com a ajuda dos que o cercavam, mas não há dúvida de que Watson *era a* IBM. Ele tomava todas as decisões importantes e também muitas das que não tinham importância alguma. Por exemplo, ele mandou mudar o jeito de exibir as máquinas IBM nas vitrines dos escritórios de vendas. Foi outro gigante corporativo daquela época, Alfred Sloan, por muito tempo presidente da General Motors, quem abriu caminho para a arte de administrar operações grandes e diversificadas e delegar responsabilidades a gerentes de nível mais baixo. Em 1931, Sloan foi o primeiro a criar um programa de treinamento executivo em uma universidade, programa que mais tarde cresceu e se tornou a Alfred P. Sloan School of Management do MIT.

Depois que Thomas Watson Jr. se tornou presidente em 1952, ele prometeu transformar a IBM em uma organização cujo modelo era a GM, entre outras, e que pudesse enfrentar os desafios de uma indústria em rápida transformação. Mais especificamente, ele tinha ouvido um sinal de alarme em 1950, quando a concorrente Remington Rand comprou a pequena empresa que tinha projetado o



A IBM criou uma cultura de inovação científica e tecnológica e lhe deu uma forma institucional, como ocorreu com a apreciada distinção IBM Fellow.

—
No início de 2011, havia 217 membros desse grupo exclusivo. Fotos dos membros da Divisão de Pesquisa IBM são sempre exibidas no Laboratório Watson em Yorktown Heights, Nova York.

UNIVAC, o primeiro computador eletrônico comercial. Engenheiros da IBM se desdobraram para reagir e logo vieram com o computador IBM 701, mas Watson Jr. acreditava que a empresa precisava ser reorganizada para prever melhor as mudanças de tecnologia e as necessidades do mercado, e agir à frente delas. A seu modo, o filho era autoritário, mas percebeu que a empresa não podia mais ser administrada por apenas um homem ou mesmo por um punhado deles.

Em novembro de 1955, quando 50 executivos da IBM se reuniram no Skytop Lodge, situado nas montanhas Poconos, na Pensilvânia, para um “curso executivo” de quatro dias, a ocasião marcou o fim de uma era e o início de outra. O velho Watson morreria sete meses depois. Em uma palestra que acabou sendo uma espécie de despedida a seus executivos, ele falou dos primeiros anos da empresa e das muitas decisões difíceis que teve de tomar. Ele elogiou os homens que o acompanharam no início e insistiu para que os novos líderes da IBM fossem corajosos e estabelecessem metas ambiciosas. Ele lhes disse: “Vocês não chegarão a lugar nenhum sem visão e sem coragem.”⁸⁴

Enquanto o estado de ânimo do velho senhor era de despedida, Watson Jr. estava preocupado em reformular a organização para o futuro. O objetivo desse encontro, disse ele, era lançar os fundamentos para uma nova IBM, iniciando o processo de definir melhores sistemas de gestão, melhorar a comunicação interna



e distribuir poder e responsabilidades a fundo na organização. “A salvação deste negócio é nossa capacidade de delegar — escolhendo os homens certos e delegando-lhes autoridade”, disse.⁸⁵

Poucos meses após a morte de seu pai, Watson promoveu um encontro gerencial de três dias em Williamsburg, na Virgínia, que ele chamou de “uma espécie de convenção constitucional da IBM.” Quando a convenção terminou, os executivos adotaram uma estrutura Staff and Line que já era lugar-comum em empresas como a GM e a General Electric. Os gerentes das divisões operacionais recebiam a autoridade e a responsabilidade de dirigir seus negócios, enquanto uma equipe corporativa (a parte Staff) definia as estratégias e políticas gerais e dava consultoria aos gerentes de linha (a parte Line).⁸⁶ As mudanças geradas em Williamsburg criaram a poderosa organização que lideraria a indústria de computadores por décadas.

Watson Jr. recebeu o respeito merecido quando não trabalhava mais à sombra de seu pai. Na verdade, ele pegou muitas das ideias que seu pai tinha meramente esboçado sobre como deve funcionar uma empresa moderna e as transformou nos músculos e na força da cinquentenária IBM.

Uma dessas ideias foi a de lançar um programa de desenvolvimento de executivos. Nisso, ele seguiu de perto as pegadas da GE. Em 1956, a empresa de

equipamentos elétricos tinha montado a primeira grande escola corporativa de administração no mundo, ao longo do rio Hudson e ao norte da cidade de Nova York, em Crotonville. Um ano depois, Watson inaugurou a primeira turma de treinamento em gestão da IBM — um grupo de 12 pessoas que ficou um mês em instalações temporárias no Sleepy Hollow Country Club. Seu pai tinha criado programas de treinamento de funcionários da IBM pouco depois de ingressar na empresa e, durante anos, tinha apadrinhado refúgios para altos executivos, inclusive a sessão de quatro dias no Skytop, mas este seria o primeiro programa formal de treinamento em gestão.

Como a GE, a IBM contratou professores universitários para ministrar alguns dos cursos, mas a IBM também deixou sua própria marca na instituição. Ela introduziu um programa de simulação por computador, os Jogos de Decisões de Alta Administração, baseados nos conceitos dos jogos de guerra, desenvolvido em conjunto com a American Management Association. Falando para a primeira turma de 12 pessoas, Watson incentivou os participantes a serem questionadores e criativos. “Não seja, na empresa, o homem que evita riscos. Não há lugar neste curso para esse tipo de homem”, disse ele.⁸⁷ Desde então, a IBM já treinou centenas de milhares de gerentes (18.000 só em 2010), muitos dos quais se tornaram altos executivos na IBM e em outras empresas. A revista *Fortune* indicou a IBM como a mais importante empresa global em desenvolvimento de líderes no ano de 2009.⁸⁸

Para dar aos maiores talentos técnicos da IBM o mesmo tipo de reconhecimento que eles teriam recebido no meio acadêmico, em 1963 Watson estabeleceu o programa IBM Fellows, uma iniciativa que visava reverenciar as contribuições dos engenheiros e cientistas da empresa. Para obter reconhecimento e recompensa financeira, os inventores da empresa não precisavam mais abandonar suas atividades técnicas e passar a buscar a ascensão em carreiras gerenciais. Na primeira festa de premiação, ele comentou: “Quando eu percorro esta sala com os olhos e penso na criatividade que todos vocês têm mostrado e em como isso afeta a IBM como empresa, sinto que esta é a diferença entre ter uma empresa comum e uma das maiores empresas do mundo.”⁸⁹ A inovação dos Fellows técnicos foi adotada desde então por outras grandes empresas.

Sob a liderança de Watson, a IBM também se tornou uma das primeiras empresas a instituir um código formal de conduta nos negócios. E era para ser levado a sério. Até hoje, os funcionários precisam comprovar, a cada ano, que o leram e entenderam.⁹⁰

Com toda essa nova estrutura e todo o rigor na gestão, a IBM comandada por Watson Jr. manteve a ousadia da empresa de seu pai. A IBM foi uma das mais bem-sucedidas empresas do mundo em uma época na qual a economia norte-americana estava indo bem, mas Watson não estava satisfeito. Ele via que, ao manter cinco linhas distintas de produtos de computação, a IBM estava desperdiçando muitos esforços. Ao mesmo tempo, os clientes não podiam mudar facilmente de um produto para outro, conforme suas necessidades de computação mudassem ou crescessem.

Em vez de ficar esperando para ver se algum concorrente apareceria com um modelo melhor de negócios e uma oferta diferenciada ao cliente, em 1962 Watson decidiu reinventar a estratégia de produtos da empresa, substituindo os produtos existentes por uma nova família de computadores, em que todos eles usariam o mesmo software e os mesmos periféricos. A família de máquinas chamou-se System/360 (Sistema 360).⁹¹ Lançada em 1964, ela era um divisor de águas. Seu desempenho no mercado levou a IBM a uma posição de superioridade na indústria de computadores pelas duas décadas seguintes. Na época, muitas pessoas se referiam à IBM e a seus concorrentes como Branca de Neve e os Sete Anões. “Antes disso, os Sete Anões eram fortes concorrentes. Depois disso, não”, disse Frederick Brooks Jr., que trabalhou no S/360 chefiando o desenvolvimento do produto.⁹²

As inovações tecnológicas do S/360 foram consideráveis, mas de certo modo eram o menor dos desafios enfrentados pelo projeto incrivelmente ambicioso. O S/360 canibalizou os outros produtos da empresa. Talvez o mais assombroso de tudo seja que a empresa persuadiu seus clientes a mudar a forma de se gerenciarem. Para o S/360 dar certo como produto, as grandes empresas do mundo precisavam comprometer muito dinheiro para adotar uma abordagem radicalmente nova. E tinham até mesmo de criar uma nova função em suas empresas — o departamento de serviços de informações de gerenciamento — e um novo tipo de funcionário — o Chief Information Officer (CIO), o diretor de informática. O

S/360 consumiu cerca de US\$ 5 bilhões — US\$ 34 bilhões em valores de hoje — dos cofres de uma empresa cujo lucro líquido em 1961 foi de US\$ 254 milhões. Em sua autobiografia, *Pai, Filho & Cia.*, Watson chamou isso de “a decisão mais arriscada que já tomei”.

A grande aposta de Watson no S/360 — como a resposta de seu pai à Grande Depressão — ilustra um dos fatores-chave para a IBM sobreviver por um século e ilustra também uma peça essencial de sua cultura corporativa. A empresa sempre pensou grande. Como disse Watson Jr. na Universidade de Colúmbia em 1962, “acreditamos que uma empresa só resistirá se estiver determinada a enfrentar tarefas que parecem impossíveis. Os homens que resolvem fazer o que outros dizem que não pode ser feito são os que fazem as descobertas, criam as invenções e levam o mundo adiante”.⁹³ Nesse aspecto, a cultura da IBM foi um de seus maiores bens, habilitando-a a perceber grandes mudanças nas necessidades dos clientes, nos avanços tecnológicos e na dinâmica do setor.

Em termos gerais, ela também capacitou a empresa a reagir rapidamente, antes que uma ameaça ou uma oportunidade iminente se transformasse em uma crise. No início dos anos 1980, por exemplo, o então CEO Frank Cary viu o potencial dos computadores pessoais no ambiente de trabalho e iniciou um intenso esforço para consolidar a IBM como principal fabricante de PCs para os negócios. No final dos anos 1990 a IBM capturou a onda da Internet com sua estratégia de e-business, trazendo os benefícios da web para a empresa.

Houve uma exceção conhecida. No final dos anos 1980 a IBM estava acomodada em sua posição na indústria de computadores e perdia negócios rapidamente. Por que isso aconteceu? Pode-se argumentar que os líderes da empresa perderam de vista alguns dos principais elementos da cultura da IBM — especialmente a dedicação aos clientes e a disposição para fazer grandes apostas e se arriscar.

Embora a IBM tenha começado rapidamente em PCs em 1981 com o lançamento do Computador Pessoal IBM, ela falhou em manter essa vantagem. A burocracia que tinha sido criada em torno do negócio de mainframes estava se impondo. A empresa contratou estudos, que duraram meses, para avaliar os

desafios comerciais que estava enfrentando, mas reagiu lentamente ou de modo equivocado. Alguns dos principais executivos estavam tão ocupados competindo uns com os outros que não se concentravam em ameaças externas. Para retardar as iniciativas de seus colegas, eles usavam a estratégia de “não colaborar” — uma manobra mortal em uma empresa que dependia de consenso na tomada de decisões. O longo atrito da IBM com o Departamento de Justiça quanto a questões antitruste também drenava sua competitividade. O governo processou a IBM em 1969, alegando que ela estava dominando a indústria de computadores. O caso se arrastou por 13 anos, exigindo que a IBM, em sua pior fase, investisse em 200 advogados. O governo abandonou o caso em 1982 — no mesmo dia em que um juiz ordenou o desmembramento da AT&T.⁹⁴ Àquela altura, no entanto, um estrago persistente já estava feito. “A cultura era esta: Tome cuidado com o que faz. Tome cuidado com o que diz. Tome cuidado com o que escreve. As pessoas estão observando”, lembrou-se o ex-vice-presidente executivo Nicholas Donofrio, que testemunhou a ascensão, a queda e o renascimento da IBM após o S/360 durante seus 41 anos de carreira na IBM.⁹⁵

No início dos anos 1990 os problemas da IBM se acentuaram, e ela quase ficou sem dinheiro em caixa. Quem interveio foi Lou Gerstner, ex-consultor da McKinsey e ex-CEO da RJR Nabisco. Contrariando as expectativas, ele não era basicamente um cortador de custos. Ele era um reconstrutor — e sua liderança é amplamente reconhecida por catalisar uma das grandes reviravoltas da história moderna dos negócios. Porém, quase tão interessante quanto o que Gerstner fez para a IBM é o que a IBM fez por ele, mudando sua visão sobre o que importa mais nos negócios. “O que ficou muito claro para mim foi que simplesmente definir uma direção estratégica ou mostrar os obstáculos não é nem de longe suficiente para conduzir a mudança em uma organização”, disse Gerstner. “A mudança só acontece quando você compreende a cultura da organização. O que as pessoas valorizam? O que elas acham que é bom para a empresa? Essas coisas são incrivelmente importantes.”⁹⁶

Quando Gerstner chegou, a cultura da IBM parecia ter se tornado disfuncional — e grande parte de sua liderança e a de seu sucessor, Sam Palmisano,

foi dedicada a reexaminar e reviver os pressupostos culturais da empresa. Realmente, olhando para trás, podemos ver agora o papel que a cultura desempenhou, tanto quando a empresa estava perto do colapso quanto em sua perseverança e depois seu renascimento. Como qualquer organização na história dos negócios, a IBM é uma prova da resistência —para o bem e para o mal— de uma cultura organizacional profundamente enraizada.

Mesmo quando alguns aspectos da cultura da IBM estavam se atrofiando, outros elementos continuavam sem falhas. Por exemplo, Bernard Meyerson, um Research Fellow e vice-presidente de inovação da IBM que ingressou na empresa em 1980, disse que uma das principais razões para a IBM ter sobrevivido por tanto tempo é sua disposição para não apenas tolerar, mas também encorajar o pensamento radical. No início dos anos 1990, ele propôs uma tecnologia para transformar o mainframe. Outro método foi escolhido mas, em vez de desistir de sua ideia, ele continuou a trabalhar nela e descobriu como usar essa tecnologia, que era chamada de silício-germânio, em chips semicondutores para comunicação sem fio, como a rede Wi-Fi. Outros cientistas e gerentes da IBM estavam céticos, mas ele reuniu uma claríssima evidência científica para dar respaldo à sua proposta. Por fim, sua ideia foi aprovada. Essa tecnologia forma agora a base para cerca da metade da produção da fábrica de chips da IBM em Burlington, Vermont. “A maioria dos lugares tem um histórico de demitir pessoas contestadoras como eu”, disse Meyerson. “A IBM não é perfeita, mas se você estiver a fim de uma batalha e basear sua argumentação em dados, poderá vencer.”⁹⁷

Meyerson é um dos assim chamados “patos selvagens” da IBM, rebeldes que às vezes agitam a organização. Watson apresentou o conceito em um memorando de 1959. O memo original foi perdido, mas Watson o escreveu em seu livro, *A Business and Its Beliefs (Uma Empresa e Seus Credos)*. “Patos selvagens” era uma referência a uma história contada pelo filósofo dinamarquês Søren Kierkegaard, que escreveu sobre um homem que alimentou patos migratórios ano após ano, até que eles deixaram de voar rumo ao sul para passar o inverno. Após alguns anos, eles ficaram tão preguiçosos que voar passou a ser um grande desafio. “Estamos convencidos de que qualquer negócio precisa de patos selvagens, e na IBM nós tentamos não domesticá-los”, escreveu Watson.

OS PRINCÍPIOS BÁSICOS DOS WATSONS continuaram a ser úteis para a IBM por décadas. Mesmo assim, grandes mudanças no ambiente comercial de uma empresa —sem mencionar um quase colapso— podem exigir um profundo autoexame. Após meses no controle da IBM como CEO, em 2002, Sam Palmisano decidiu que era hora de perguntar: quais são nossos reais princípios hoje em dia? Ele fez isso por três motivos. Primeiro, ele, como Gerstner, percebeu que, em muitos aspectos, os Princípios Básicos tinham regredido para algo muito diferente de seu intuito original. O “respeito ao indivíduo”, ao longo das décadas, se transformou em uma sensação de direito adquirido. A “excelência em tudo” tinha se tornado um perfeccionismo que inibia as decisões. E o “melhor atendimento ao cliente” tinha passado a significar “dar aos clientes qualquer coisa que eles dizem que querem”.

Segundo, a IBM estava crescendo em todo o mundo, admitindo milhares de funcionários em mercados emergentes. Palmisano queria criar uma estrutura cultural que integrasse aquela organização tão dispersa.

Mais importante ainda, Palmisano acreditava que a IBM tinha de se reconectar àqueles *valores* se quisesse tornar-se uma grande empresa novamente. Jon Iwata, vice-presidente sênior de marketing e comunicações da IBM, lembrou-se da ligação que recebeu de Palmisano no celular mais ou menos naquela época: “Meu telefone toca, e é o Sam. Ele diz: ‘Eu tenho pensado sobre o que significa ser uma grande empresa. Nós sabíamos: era ser admirada, ser uma inspiração para as outras. A gente então se tornou uma empresa muito problemática. E agora estamos de volta e somos uma empresa muito boa. Mas... o que significa ser uma *grande* empresa em nossa época? Porque não é a mesma coisa que era no tempo do Watson.’”

Palmisano não estava perguntando a si mesmo se os valores ainda eram importantes para a IBM. Ele estava pensando se os valores deviam ser atualizados para refletir a realidade dinâmica de um novo século. Era um movimento arriscado, mas, depois de muita reflexão, ele decidiu que era hora de mudar e convidou toda a força de trabalho da IBM no mundo inteiro, envolvendo mais de 300.000 pessoas, para dar sua opinião. “Era uma forma de fazer todos entenderem o que a IBM representava”, disse Palmisano.⁹⁸

Durante uma ValuesJam, uma sessão de troca de ideias com 72 horas de duração na rede interna da empresa em julho de 2003, os IBMistas apresentaram suas ideias. A sessão não começou bem. Alguns antigos funcionários estavam ressentidos com as demissões e as mudanças no plano de aposentadoria decorrentes da necessidade de a empresa ser mais eficiente e competitiva. Outros reclamaram das lacunas entre os valores defendidos pela empresa e seu real comportamento. “O único valor na IBM atualmente é o preço das ações”, escreveu um participante. Outro escreveu: “Acho que nós falamos muito de confiança e de correr riscos, mas ao mesmo tempo temos auditorias infundáveis, os erros são punidos e não são vistos com uma parte bem-vinda do aprendizado, e os gerentes (e outros) são sistematicamente avaliados.”⁹⁹ As críticas inundaram o fórum em comentários negativos. As coisas iam tão mal que um executivo sênior quis parar tudo, mas Palmisano não concordou com isso, e aos poucos o tom mudou e se tornou construtivo.¹⁰⁰ Após a sessão, a discussão foi analisada e três novos valores surgiram:

Dedicação ao sucesso de cada cliente

Inovação que faz a diferença — para nossa empresa e para o mundo

Confiança e responsabilidade em todos os relacionamentos

Sem dúvida, há uma semelhança familiar entre os novos valores criados pelos funcionários e os Princípios Básicos dos Watsons. Algumas diferenças, no entanto, são esclarecedoras: por exemplo, a mudança de “excelência em tudo” (apropriada para uma instituição que tenta estabelecer sua reputação) para “a inovação que importa” (refletindo as tecnologias e o trabalho que passaram a ter um impacto

“Você não pode simplesmente impor mecanismos de comando e controle em uma força de trabalho grande e altamente profissional. Não estou falando somente de nossos cientistas, engenheiros e consultores. Mais de 200 mil de nossos funcionários têm nível universitário.”
— Sam Palmisano, 2004

Mais de 1.700 IBMistas reunidos fora do laboratório da IBM no Vale do Silício, para uma foto que apareceu no *Relatório Anual de 2004* da empresa.



muito maior no mundo). O mais emocional dos Princípios Básicos — “respeito ao indivíduo” — foi sucedido por um valor mais explicitamente enraizado em uma cultura de reciprocidade e de poder compartilhado: “confiança e responsabilidade pessoal”.

Sem contar essas particularidades, a maior mudança foi que os funcionários da empresa, e não o CEO, definiram os valores. A empresa deixa claro que esses não são valores da IBM, mas dos *IBMistas*. Essa guinada, mais do que qualquer outra coisa, reflete o novo espírito da empresa no século XXI.

Palmisano explicou essa guinada para a *Harvard Business Review* em 2004: “Como você canaliza esse conjunto diversificado e dinâmico de talentos e experiências para um objetivo comum? Como você faz as pessoas perseguirem *apaixonadamente* esse objetivo? Podia-se empregar todos os tipos de processos de gerenciamento tradicionais, de cima para baixo, mas eles não funcionariam na IBM — ou, eu diria, em um número cada vez maior de empresas do século XXI. Você não pode simplesmente impor mecanismos de comando e controle em uma força de trabalho grande e altamente profissional... O CEO não pode dizer a eles: ‘Façam uma fila e sigam-me.’ Ou: ‘*Eu* decidi quais são *os seus* valores.’ Eles são inteligentes demais para isso. Como você sabe, as pessoas mais capazes tendem a ser, digamos, um pouco mais desafiadoras, talvez até um pouco cínicas.”

Resta ver se esses novos valores terão a força e o impacto duradouros dos Princípios Básicos. Estabelecer a cultura de uma empresa é uma tarefa difícil; redefinir uma pode ser ainda mais árduo. Basta ver como é difícil, para uma grande empresa bem-sucedida, mudar o jeito de se ver e de funcionar. A General Electric, sob o comando do lendário CEO Jack Welch, era conhecida por sua inabalável dedicação à eficiência e à melhoria da qualidade. Se uma unidade de negócios não alcançasse resultados satisfatórios, Welch a venderia. Mas os tempos mudaram, e seu sucessor, Jeffrey Immelt, enfrenta grandes desafios para transformar uma empresa agitada e orientada para processos em uma na qual a criatividade e o risco possam florescer.¹⁰¹

O desafio de se reinventar continuamente é um que a IBM tem encarado repetidamente. De fato, a realidade é que isso não tem fim, não só porque o mundo nunca para de mudar, mas porque a promessa de mudança é a chave para atrair as pessoas mais capazes e mais à frente de seu tempo. Como o ex-CEO da IBM John Akers disse: “O ambiente é muito dinâmico. A concorrência entre pessoas é muita intensa. O que funcionava ontem não funcionará amanhã. Para atrair as melhores pessoas, elas precisam confiar em seu sucesso futuro a ponto de quererem se arriscar com você.”¹⁰² Palmisano, que no início da carreira foi assistente executivo de Akers, concorda. Um dos segredos para administrar mudanças quando ele foi CEO era se concentrar na vontade de cada funcionário contribuir para o progresso. Em sua fase como CEO, Palmisano vendeu um negócio de commodities após outro e os substituiu por produtos e serviços mais ligados à “cadeia alimentar” da tecnologia, focalizando menos o hardware e mais o software e a expertise comercial. Agindo assim, ele tirou a IBM das categorias de produtos como unidades de discos e PCs, que os engenheiros e cientistas da IBM tinham explorado nos primeiros dias. De reunião em reunião, e com comunicações periódicas a funcionários, Palmisano traçou os fundamentos das mudanças e incentivou os IBMistas a deixarem de lado as glórias passadas e ajudarem a inventar o futuro. “Entre os funcionários, há uma aceitação incrível para a mudança”, disse ele. “Eles querem inventar algo que transforme a indústria.”¹⁰³ Esse elemento da cultura da IBM, a motivação para inovar e fazer o mundo funcionar melhor, para continuar caminhando para o futuro, é o fator chave para o sucesso nos anos de fartura e para a sobrevivência nos tempos de aridez.

O QUE A EXPERIÊNCIA DA IBM SUGERE para a cultura corporativa no futuro? Esteja o líder comandando uma gigantesca operação global ou uma pequena empresa com 10 funcionários, as pressões de operar em um ambiente de negócios global, complexo, altamente competitivo e em rápida transformação simplesmente não

podem ser administradas segundo os processos tradicionais. Como Palmisano disse à HBR:

Pense em nossa matriz organizacional. Lembre-se, nós atuamos em 170 países. Para simplificar, digamos que temos 60 ou 70 grandes linhas de produtos. Temos mais de uma dúzia de segmentos de clientes. Bem, se você delinear toda a matriz 3-D, obterá mais de 100.000 células — células nas quais terá de realizar lucros e perdas a cada dia, tomar decisões, alocar recursos, fazer escolhas. Você vai deixar as pessoas enlouquecidas se tentar centralizar a administração de cada uma dessas interseções.

Então, se não houver nenhuma forma de otimizar a IBM através da estrutura organizacional ou por determinações administrativas, você terá de delegar poder às pessoas e se assegurar de que elas tomem as decisões certas da maneira certa... Você tem de criar um sistema de gestão que dê poder às pessoas e forneça uma base para a tomada de decisões que seja coerente com o que somos na IBM.

É claro que isso não se aplica apenas a empresas como a IBM. No futuro, parece provável que a cultura em mais e mais empresas se baseará em valores e comportamentos desenvolvidos coletivamente e claramente articulados, em vez de se basear em supervisão e processos uniformes. Isso tem um impacto direto no papel da personificação mais visível da velha hierarquia — o gerente. Os gerentes são vistos cada vez mais como organizadores e catalisadores, não como supervisores. “O mundo da administração, como o conhecemos, mudará radicalmente nos próximos 10 anos”, previu Randy MacDonald, vice-presidente sênior de recursos humanos na IBM. “Os gerentes serão menos necessários. Muito do que eles fazem será substituído por sistemas de gerenciamento que usarão a rede para habilitar uma variedade de pensamento que permitirá a colaboração.” Ele acredita que em algum momento a IBM desenvolverá um sofisticado software de gerenciamento de decisões que em muitos casos capacitará os funcionários a tomar decisões que antes dependeriam da ação dos gerentes.¹⁰⁴

A IBM aprendeu, em um século, que a cultura não é apenas uma das ferramentas de gestão; ela é o objetivo da gestão. A empresa também compreende que as palavras nas declarações de valores corporativos, por mais poderosas que sejam, não passam de platitudes vazias, a menos que se baseiem rigorosa e consistentemente nas atividades diárias dos negócios. Dessa forma, a cultura de uma organização —incorporada em tudo, desde a tomada correta de decisões até o uso dos valores da empresa em palavras e atos— pode se tornar tão natural para os funcionários quanto andar, respirar... e pensar.

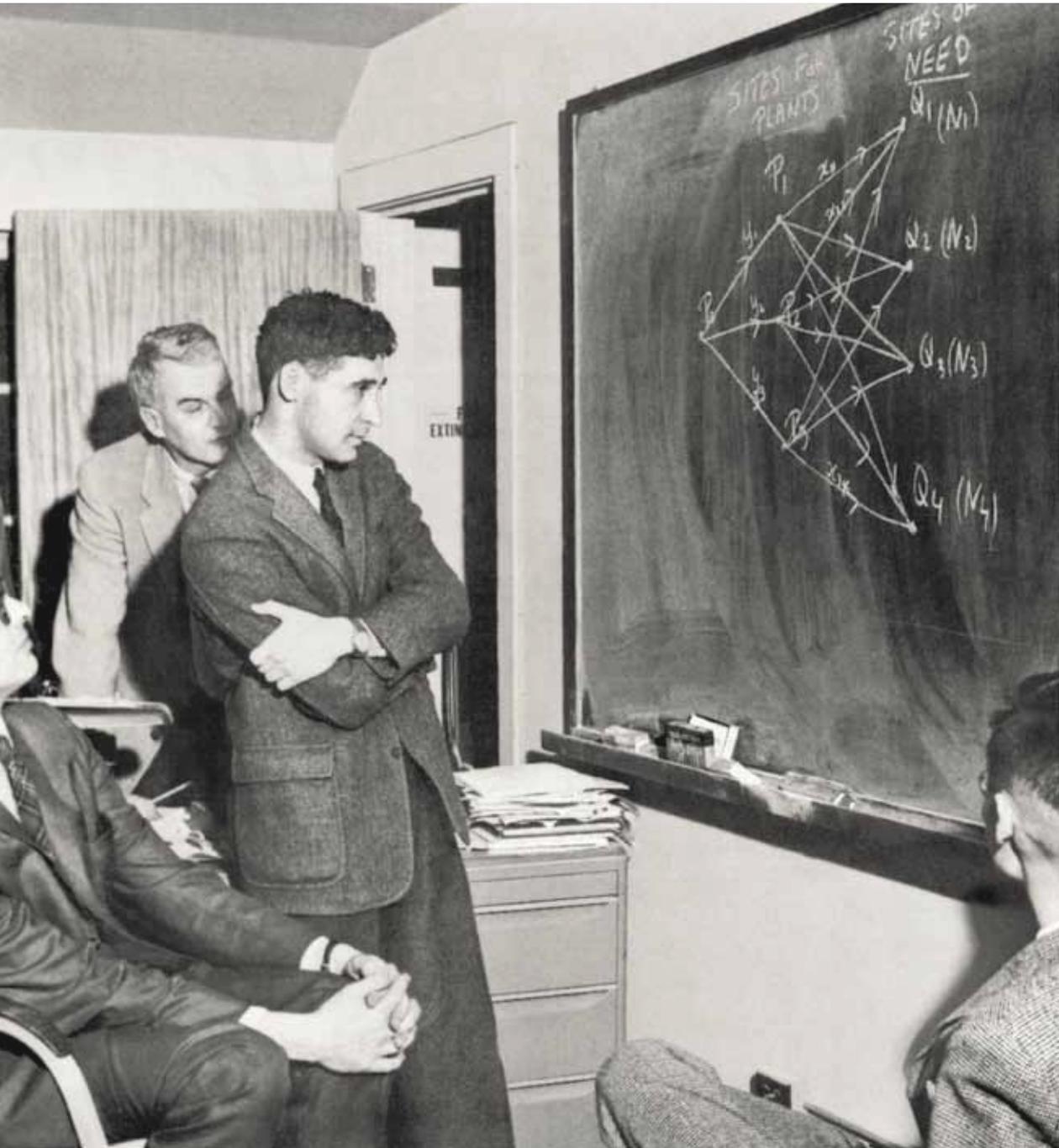
• • •

Criando Valor Econômico com o Conhecimento

Thomas Watson adotou “Pense” como slogan antes de assumir o comando da C-T-R. Isso aconteceu em 1911 — o mesmo ano em que o financista Charles Flint estava unindo a Tabulating Machine Company, de Herman Hollerith, a Computing Scale Company of America e a International Time Recording Company. Em Dayton, Ohio, Watson era o gerente de vendas da National Cash Register Corporation. Os executivos de vendas da empresa se reuniam todos os dias às 8 da manhã para conversar sobre novos negócios e ideias.

Em um dia sombrio de inverno, eles não conseguiam propor um tópico para discussão. Frustrado, Watson subiu no tablado na frente da sala e os desafiou a pensar mais profundamente. “O problema de cada um de nós é que não pensamos o suficiente”, disparou ele, segundo uma declaração publicada na revista da IBM, a *Business Machines*, em 1954. “Nós não somos pagos para trabalhar com os pés. “Somos pagos para trabalhar com a cabeça. Pés nunca podem competir com cérebros.”





A Divisão de Pesquisa IBM abriu o caminho dos avanços na pesquisa operacional. A partir da esquerda: Benoît Mandelbrot, Richard Levitan, Paul Gillmore, Ralph Gomory e Te Hu analisam um problema complexo de transporte em 1961.

Watson então suavizou o tom, decidido a transformar a situação embaraçosa em uma experiência de aprendizagem. Ele passou 10 minutos discorrendo sobre a utilidade do pensamento. “O conhecimento é resultado do pensamento, e o pensamento é a linha mestra do sucesso nesta empresa ou em qualquer uma”, disse. Ele decidiu naquele momento que dali em diante “Pense” seria o slogan da empresa e ordenou que, na manhã seguinte, um subordinado afixasse na parede da sala um cartaz com essa palavra impressa em negrito.

Quando Watson foi para a C-T-R, levou o slogan com ele e lá, depois que a C-T-R se tornou IBM, “Pense” espalhou-se freneticamente. No auge da popularidade do slogan, eram incontáveis os cartazes com “Pense” nas mesas e paredes de escritórios da IBM; a empresa publicou uma revista chamada *THINK* (*Pense, em inglês*); e muitos IBMistas carregavam blocos de notas com o slogan “Pense” estampado na capa. (Esses pequenos blocos de notas — os ThinkPads originais — eram mais úteis do que se possa imaginar. O IBMista Oliver Collins, um fuzileiro naval que lutou em Okinawa em 1945, creditou a seu bloco de notas com capa de couro, que ele guardava na mochila, o desvio de uma bala, o que salvou sua vida.)¹⁰⁵

Gradualmente, o ponto de vista antes radical de Watson tornou-se senso comum. No livro 1973 chamado *The Coming of the Post-Industrial Society (A Chegada da Sociedade Pós-Industrial)*, Daniel Bell, sociólogo da Universidade de Harvard, foi além das tendências sociais e econômicas da época para prognosticar uma sociedade moldada pelo domínio das indústrias de serviços, pelo crescimento dos empregos técnicos e profissionais e pela inovação baseada em pesquisa científica. A data que ele previa era 2000, mas a sociedade pós-industrial chegou cedo. Em meados dos anos 1990, os Estados Unidos e outros países ocidentais estavam descartando rapidamente as indústrias poluidoras e adotando tecnologias digitais como fonte de crescimento econômico e vantagem competitiva. Os empregos em produção nos Estados Unidos eram 30 por cento da força de trabalho não rural em 1950 e encolheram para apenas 10 por cento em 2008. Enquanto isso, os empregos em serviços cresceram para 68 por cento.¹⁰⁶ E tanto no setor de serviço quanto no de produção, o conhecimento havia se tornado o combustível da economia moderna. Uma estimativa da Agência de Análise Econômica dos EUA

avaliou o capital humano do mundo —com base em fatores como taxa de escolarização, renda média anual e horas trabalhadas por pessoa— como algo em torno de US\$ 750 trilhões, em comparação com US\$ 150 trilhões de reservas comprovadas de petróleo e gás natural.¹⁰⁷

Em décadas recentes, os avanços em tecnologia da informação contribuíram muito para o crescimento da produtividade. A produtividade do trabalho não rural nos Estados Unidos cresceu em média 1,6 por cento entre 1981 e 1995 mas acelerou para uma média de 2,6 por cento entre 1995 e 2007.¹⁰⁸ Erik Brynjolfsson, professor na Sloan School of Management, do MIT, credita a maior parte desse crescimento aos agressivos investimentos em tecnologia.¹⁰⁹

Nós também começávamos a entender que o conhecimento promove muito mais do que inovações na produção. Na verdade, numerosos estudos mostraram que não existe uma correlação simples entre desempenho financeiro e o nível de gastos em P&D em uma empresa. Mais exatamente, o que importa é a combinação de conhecimento, talento, ferramentas e forma de trabalho que as empresas utilizam.¹¹⁰ Michael Zack, professor da Northeastern University, escreveu que uma organização baseada em conhecimento “leva o conhecimento em conta em todos os aspectos de suas operações e trata cada atividade como uma ação que potencialmente aumenta esse conhecimento. Ela usa o conhecimento e a aprendizagem como seus critérios básicos para avaliar como deve se organizar, o que faz, onde está localizada, quem ela contrata, como se relaciona com os clientes, a imagem que projeta e a natureza de sua concorrência”.¹¹¹

Não importa como você a chame —sociedade pós-industrial, organização do conhecimento ou qualquer outro termo—, a mudança fundamental é clara. No entanto, por trás dessa megatendência, a questão continua sendo como as organizações realmente capturam o valor que criam. A história da IBM revela um padrão amplo de como a informação e o conhecimento se transformaram em dinheiro durante o último século — e esse padrão sugere uma trajetória que governará a evolução contínua da empresa moderna.

Nos primeiros estágios da Era da Informação, capturar o valor das informações e das ideias funcionava de modo muito parecido com a época em que

a produtividade se baseava em recursos naturais, trabalho e capital. Era uma questão de propriedade da descoberta, aquisição e venda. Uma empresa criava propriedade intelectual estabelecendo a capacidade de explorar, produzir e distribuir — fosse na forma de laboratórios de pesquisa, gráficas, astros de cinema contratados ou centros de difusão. A empresa vendia no mercado essa valiosa propriedade intelectual. E já que uma ideia não pode ser controlada, a empresa protegia sua fonte de renda controlando, via patentes e direitos autorais, o direito de reproduzi-la.

Conforme o século avançava, contudo, os tipos de valor que a informação podia criar ultrapassaram o escopo das empresas, consideradas individualmente, ou até mesmo de setores inteiros. Antes de mais nada, estava cada vez mais claro que as descobertas da pesquisa e da ciência acadêmica tinham valor econômico e precisavam encontrar um caminho para entrar no mercado. Além disso, a despesa da exploração em nível social ou global — desde a pesquisa para fins militares até a aplicação da ciência da informação em programas de assistência social — estava geralmente acima das posses ou da motivação de empresas individuais. Por isso, os governos entraram no jogo como grandes financiadores e como centros de colaboração interdisciplinar.

No início do século XX, as empresas, o meio acadêmico e os governos funcionavam como três sistemas solares, com muito poucas interseções. Apenas as exigências da guerra os aproximaram. A mais notável dessas colaborações, envolvendo o governo, pesquisadores universitários e corporações (inclusive a IBM), foi o Projeto Manhattan, conduzido pelos Estados Unidos para desenvolver a primeira bomba atômica. Entretanto, no meio do século, o uso crescente de tecnologias avançadas nas operações de guerra criou laços em outros campos, especialmente nas esferas científicas. O financiamento dos Estados Unidos à pesquisa da ciência de computadores nas universidades aumentou de US\$ 10 milhões em 1960 para cerca de US\$ 1 bilhão em 1995 e trouxe uma infinidade de avanços, inclusive o computador pessoal e a Internet.¹¹² Além disso, o surgimento de toda uma nova categoria de investimentos — o capital de risco — aumentou ainda mais as formas de transformar ideias e conhecimento em dinheiro e fez crescerem acentuadamente a velocidade e a escala de retorno para os investidores.

Aos círculos cada vez mais entrecruzados do governo, da indústria e do meio acadêmico, podemos agora adicionar um quarto, graças à Internet: o círculo muito mais amplo de criadores individuais e comunidades de colaboradores. Na verdade, começamos a entender que uma economia global da informação não funciona como uma estrutura hierárquica, mas como uma rede. Algumas pessoas até chamam de “economia de rede” a fase em que estamos entrando, capturando assim a ideia de que os elementos do capital financeiro, do trabalho, do conhecimento e dos recursos naturais são, em essência, uma enorme teia de relacionamentos. Dessa perspectiva, a economia de rede é governada pelas mesmas regras que a Internet, principalmente a lei de Metcalfe, que postula que o valor de uma rede é proporcional ao quadrado do número de pessoas conectadas a ela. Hoje em dia, o valor econômico provém menos da propriedade das coisas do que da interconectividade das informações e das ideias. É por isso que temos visto uma expansão ainda maior da esfera de criação dos valores, com fenômenos como código aberto, criação conjunta entre empresas e seus clientes, Web 2.0 e mídia social.

Quando as novas formas de criação de valor surgiram, as velhas não desapareceram — e organizações diferentes optavam por usar formas diferentes, dependendo de suas culturas, estratégias e modelos de negócios. Estávamos começando a ver que o domínio da informação pode promover valor além de eficiência e produtividade. Ele também desencadeia a inovação, a expansão do mercado e a transformação dos modelos de negócios das organizações. Isso ocorre não só porque as empresas adotam uma nova tecnologia, mas porque elas se envolvem com outras companhias, com governos e com pessoas em um espaço dinâmico e aberto de compartilhamento de ideias, informações e esforços.

Para entender essa progressão, é preciso observar as mais importantes formas de criação de capital intelectual nas empresas modernas através das lentes da história de inovação da IBM — como as formas surgiram e como funcionam hoje.

PESQUISA: A fonte mais óbvia e intuitiva para extrair valor econômico do conhecimento é a pesquisa tecnológica e científica, que começou a abrir seu

caminho para os negócios no final do século XIX. As inovações vinham geralmente de inventores individuais como Herman Hollerith, mas foi o pioneiro da eletrônica Thomas Edison quem transformou a invenção em um processo industrial. Ele montou um laboratório de desenvolvimento em Menlo Park, Nova Jérsei, e lá colocou engenheiros, desenhistas e outros técnicos que trabalhavam em equipe para transformar as descobertas científicas em produtos.¹¹³

Quando Watson ingressou na C-T-R, já estava familiarizado com o produto mais importante da empresa, a máquina de tabulação Hollerith. Primeira tabuladora mecânica comercial do mundo, ela era usada para todos os tipos de tarefas de processamento de números, inclusive o registro do censo dos EUA. Watson vislumbrou a máquina pela primeira vez quando trabalhava na National Cash Register e estava no norte do estado de Nova York visitando sua mãe. Ele parou em Rochester para ver um velho amigo na Eastman Kodak Company, e o homem lhe mostrou um gráfico cheio de detalhes dos registros de vendas de todos os vendedores da empresa. Watson ficou empolgadíssimo com os dados e perguntou como eles tinham sido reunidos. Seu amigo lhe mostrou uma máquina Hollerith. Foi o primeiro contato de Watson com os cartões de papel perfurado, que mais tarde se tornariam a fonte de sua riqueza e a riqueza da IBM.¹¹⁴

Depois que Watson tomou as rédeas da C-T-R, ele percebeu que a empresa teria de aperfeiçoar a máquina de Hollerith e inventar outros dispositivos, se quisesse manter-se à frente no mundo em rápida transformação das máquinas comerciais. Quando Watson entrou na C-T-R, ela não tinha nenhum engenheiro na folha de pagamento, então ele logo contratou engenheiros e instalou um departamento de desenvolvimento de produtos em um edifício de arenito em frente à velha Penn Station, na cidade de Nova York.¹¹⁵ Uma contratação importantíssima foi James Bryce, um consultor de engenharia que Watson colocou na IBM como engenheiro-chefe. O trabalho de Bryce era inventar novas formas de fazer as coisas e então patenteá-las. Ele criou um departamento de desenvolvimento de patentes em 1932 e contratou Arthur Halsey Dickinson¹¹⁶ (que passou a trabalhar nas pioneiras válvulas eletrônicas). Mais tarde, Dickinson descreveu o estilo de seu patrão: “Se ele tivesse uma ideia ou estivesse pensando em alguma coisa, ele a discutia. Geralmente, ele fazia um esboço ou um desenho, o que era suficiente para mostrar em que estava pensando ou o que estava querendo

fazer.” Bryce e Dickinson transformaram a IBM em um fenômeno em termos de pedidos de patente — os dois acumularam mais de 440 patentes norte-americanas. Em 1935, a empresa tinha um quadro de 300 engenheiros e, segundo uma estimativa do próprio Watson, 95 por cento de seus lucros vinham de inovações apresentadas desde 1917.¹¹⁷

Nos anos 1940, Watson abriu um novo caminho quando montou o primeiro laboratório de pesquisa científica conectado a uma universidade no país. Seus olhos já estavam abertos para o potencial social e comercial das pesquisas. Em 1928, Ben Wood, diretor do Bureau de Pesquisa Educacional Colegial na Universidade de Colúmbia, convenceu Watson de que tudo no universo podia ser visto como informação e que as máquinas calculadoras da IBM iriam proporcionar descobertas científicas. Como resultado, a IBM começou a equipar a Universidade de Colúmbia com máquinas e a colaborar com seus cientistas. O laboratório da IBM na Colúmbia, criado em 1945, foi um grande avanço. Watson contratou alguns cientistas respeitadas, liderados pelo astrônomo Wallace Eckert, e colocou o laboratório em uma antiga residência estudantil adjacente ao campus. A ideia era desenvolver máquinas de calcular avançadas e usá-las para resolver alguns dos desafios mais desencorajadores da ciência. Uma das primeiras máquinas que os pesquisadores criaram, conhecida como SSEC, foi uma revolução na ciência da informação — uma mistura de calculadora mecânica e computador eletrônico.¹¹⁸ Não importava a Watson que as descobertas iniciais do laboratório talvez não tivessem aplicação direta nos negócios da IBM naquela época. “Watson via a IBM como uma espécie de força divina e eterna no universo”, lembrou o agora falecido Herbert Grosch, que foi um desses primeiros pesquisadores da IBM.¹¹⁹

Entretanto, mesmo com toda a visão pioneira de Watson, o que hoje conhecemos como Divisão de Pesquisa IBM não foi realmente sua criação, mas de seu filho. Nos anos 1950, sob a liderança de Thomas Watson Jr., a iniciativa de pesquisa da IBM cresceu rapidamente, de um minúsculo laboratório escondido perto da Universidade de Colúmbia para uma instituição capaz de manter a empresa no topo ou perto do topo da indústria de computadores por gerações e gerações.

O primeiro passo foi decidir se uma verdadeira divisão de pesquisa seria criada ou não. Desse modo, como em muitas áreas da evolução organizacional da

Um Longo Legado de Inovações

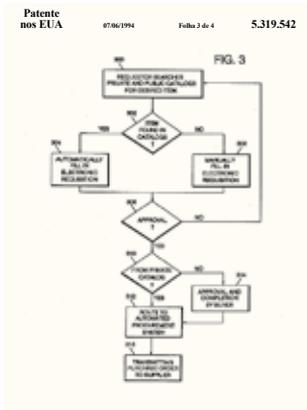
Desde sua fundação, a IBM vem mantendo um equilíbrio entre dois tipos de investimento em P&D. Algumas invenções chegam ao mercado em poucos anos. Outras pesquisas mais investigativas podem não dar frutos por décadas. Ambos os tipos reúnem várias disciplinas e vários campos da ciência, desde semicondutores, software e hardware de computador até o comércio eletrônico e as ciências biomédicas. Muitas inovações encontram uso não somente em produtos e serviços da própria empresa, mas nos de outras empresas.

Essa estratégia tem rendido um amplo volume de propriedade intelectual, com as concessões de patente da empresa crescendo exponencialmente ao longo do tempo. Passaram-se 53 anos para a IBM receber suas 5.000 primeiras patentes norte-americanas, mas ela recebeu 5.896 patentes só em 2010. Desde 1993, a IBM garantiu seu lugar no topo da lista de patentes norte-americanas por 18 anos consecutivos.

Total de patentes da IBM nos EUA: 1911-2010

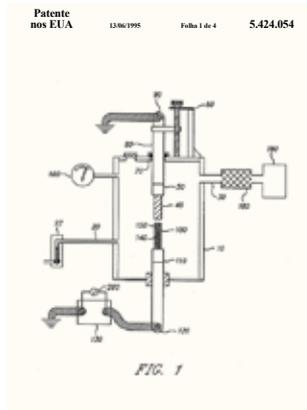


Portfólio de patentes da IBM licenciadas com frequência:



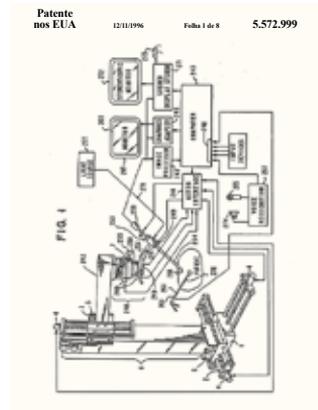
Patente nos EUA 5.319.542 (1994)

Organização de catálogos on-line e criação de pedidos — uma base para o comércio via Web.



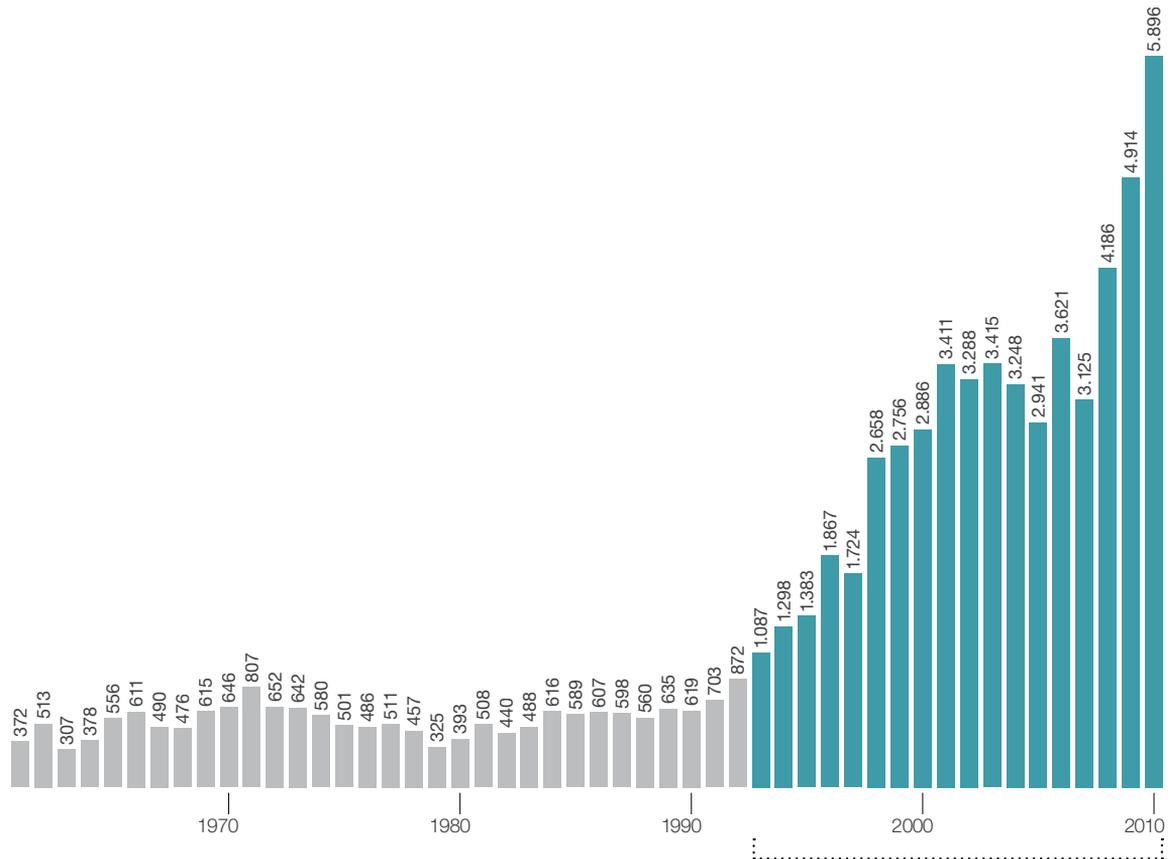
Patente nos EUA 5.424.054 (1995)

Produção de nanotubos de carbono; espera-se que habilite uma nova classe de chips de computador menores, mais rápidos e com menor consumo de energia.

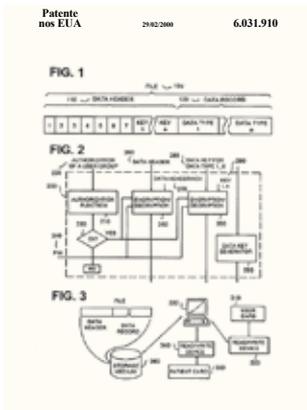


Patente nos EUA 5.572.999 (1996)

Posicionamento robótico de instrumento cirúrgico, em relação ao corpo de um paciente.

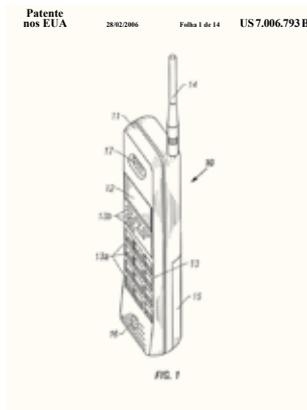


A IBM encabeça a lista de patentes dos EUA por 18 anos seguidos.



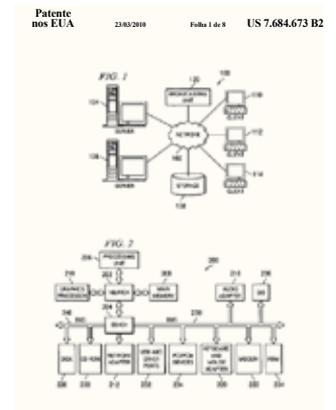
Patente nos EUA 6.031.910 (2000)

Transmissão segura de registros médicos eletrônicos e outras informações confidenciais.



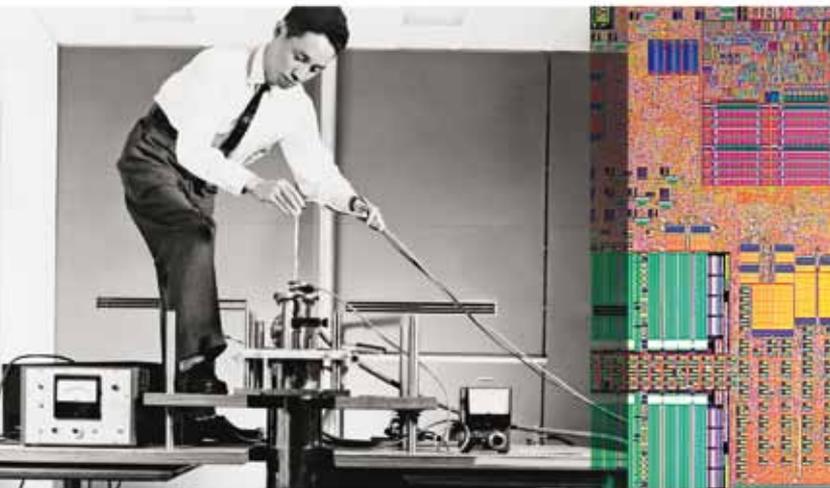
Patente nos EUA 7.006.793 (2006)

Conexão e operação de um dispositivo eletrônico móvel, como um telefone celular, usando um computador instalado em um carro.

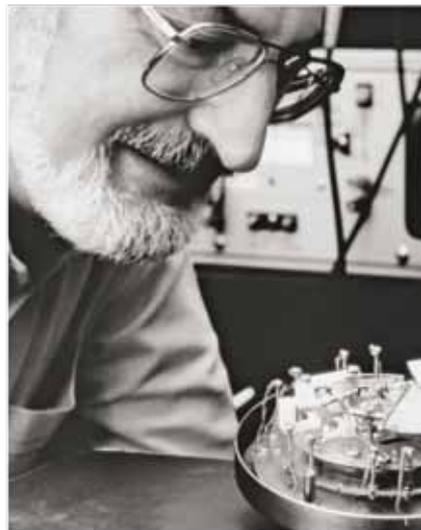


Patente nos EUA 7.684.673 (2010)

Descreve um método para programar e controlar um gravador de vídeo digital pela Internet.



Leo Esaki recebeu o Prêmio Nobel de Física em 1973 pela invenção do efeito de tunelamento de elétrons em semicondutores.

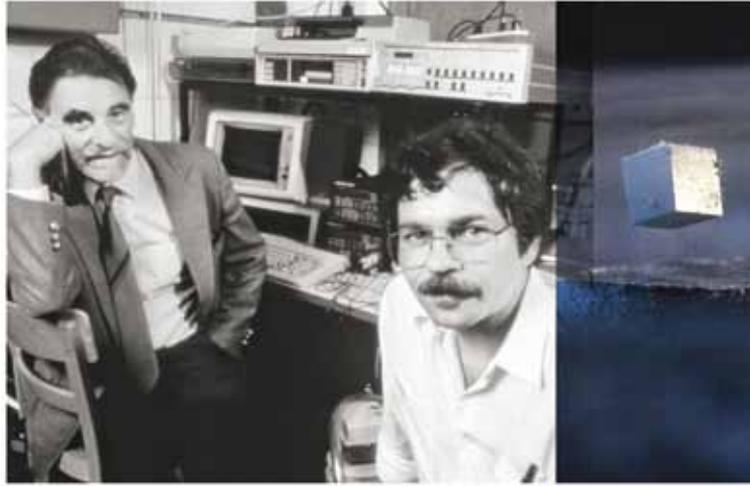


Heinrich Rohrer (à esquerda) e Gerd Binnig receberam o Prêmio Nobel de Física em 1986 pela invenção do microscópio de tunelamento.

IBM, o instinto de Watson era o de institucionalizar e expandir o que até então fora uma organização relativamente informal, dominada pela personalidade incomum de seu pai. E aqui a IBM tinha um modelo: os Laboratórios Bell da AT&T. Criados em 1925, os laboratórios forneceram pesquisa científica fundamental às unidades de negócios da empresa telefônica.

Em 1956, Watson contratou Emanuel Piore, ex-cientista-chefe do Office of Naval Research dos EUA, como diretor de pesquisa, e Piore designou três experientes cientistas da IBM, a quem ele chamava Three Wise Men (os Três Reis Magos), para estudar as alternativas. Depois de visitar as instalações de desenvolvimento de produtos da IBM e de falar com os líderes da comunidade de pesquisa, eles recomendaram formar uma organização de pesquisa independente, que se concentrasse em projetos de longo prazo, em vez de buscar pequenos avanços que fossem úteis imediatamente ao desenvolvimento de produtos. Piore e Watson concordaram e puseram mãos à obra. “Alguns desses projetos levaram a becos sem saída, mas outros levaram a descobertas que colocaram a IBM na liderança”, disse Gardiner Tucker, um dos “Três Reis Magos”, que mais tarde liderou a Divisão de Pesquisa IBM.¹²⁰

Outra descoberta notável veio em 1981 no laboratório da IBM em Zurique, Suíça. Trabalhando juntos, os físicos Gerd Binnig e Heinrich Rohrer inventaram o microscópio de tunelamento (STM), que permitiu que os cientistas vissem pela



Alex Müller (à esquerda) e Georg Bednorz receberam um Prêmio Nobel em 1987 pela descoberta de supercondutividade a altas temperaturas em uma nova classe de materiais.

primeira vez átomos individuais. O STM tornou-se uma ferramenta essencial para a novíssima ciência da nanotecnologia. Rohrer tinha contratado Binnig direto do curso de pós-graduação e lhe pediu para estudar matérias em nível quase atômico, mas Binnig achou que nenhum microscópio da época teria capacidade para fazer o serviço. Eles então decidiram inventar um. Transgredindo as regras do laboratório, Binnig trabalhava à noite, quando não havia mais ninguém por perto, para evitar sons e vibrações que pudessem atrapalhar seus experimentos. Após meses de tentativa e erro, eles inventaram uma ferramenta poderosa que tinha uma resolução ainda mais alta do que a que eles esperavam. O que tornou essa descoberta possível, segundo Binnig, foi uma cultura que dava aos cientistas liberdade para seguir em linhas de pesquisa independentemente do destino ao qual elas os levassem. “A IBM era um lugar no qual você podia se aprofundar muito e inventar algo completamente novo”, disse Binnig, que agora trabalha na Definiens, uma empresa de equipamentos para tratamento de imagens. Por seu trabalho no microscópio de tunelamento, os dois cientistas receberam o Prêmio Nobel de Física em 1986.¹²¹

Os resultados dessa liberdade eram palpáveis. Os cientistas e engenheiros da IBM ajudaram a inventar a Era da Informação, produzindo grandes avanços no armazenamento de informações, na tecnologia de semicondutores, no software de banco de dados, nas linguagens de programação e nos sistemas de computador.

Laboratórios da Divisão de Pesquisa IBM**Thomas J. Watson**

Universidade de Colúmbia,
Nova York, 1945–1970

Yorktown Heights,
Nova York, 1961

Hawthorne, Nova
York, 1984

Cambridge,
Massachusetts, 1995

Almaden

San José, Califórnia, 1955

Zurique

Rüschlikon, Suíça, 1956

Haifa

Haifa, Israel, 1972

Tóquio

Yamato, Japão, 1982

Austin

Austin, Texas, 1995

China

Pequim, 1995
Xangai, 2008

Índia

Nova Déli, 1998
Bangalore, 2005

Brasil

Rio de Janeiro, 2010
São Paulo, 2010

Austrália*

Melbourne, 2010

*Pesquisa e desenvolvimento

Ao longo do caminho, seus pesquisadores receberam quase todas as honrarias mais importantes em tecnologia, inclusive cinco Prêmios Nobel. Entre os astros da pesquisa na IBM, estava o já falecido Benoît Mandelbrot, que criou nos anos 1970 todo um novo ramo da matemática chamado geometria fractal. A Divisão de Pesquisa IBM é agora uma potência global com 3.000 pesquisadores, o que a torna o maior departamento corporativo de pesquisa no mundo. Ela também sedia o que equivale ao maior departamento não acadêmico de matemática no mundo, com 200 pesquisadores trabalhando em lógica avançada. Além disso, em grande parte graças à Divisão de Pesquisa IBM, a empresa é a maior criadora de patentes do mundo, tendo sido a número 1 em recebimento de patentes nos EUA por 18 anos seguidos — o que contribui para o recebimento de aproximadamente US\$ 1 bilhão por ano em receita relativa a propriedade intelectual.

CONECTANDO A PESQUISA AO DESENVOLVIMENTO DE PRODUTOS: A Divisão de Pesquisa IBM continua concentrada em desafios de longo prazo, mas uma das principais razões para manter o sucesso é que está alinhada à estratégia da empresa. Outras organizações de pesquisa corporativa que um dia foram poderosas não o fizeram e estão em declínio ou já desapareceram. Desde o início, os executivos que comandaram a Divisão de Pesquisa IBM compreenderam que tinham de suprir o desenvolvimento de produtos, que havia surgido como um experimento entre gigantes industriais como General Electric, DuPont e General Motors. O sucesso da IBM com pesquisas “deveu-se à disposição dos administradores para repensar e reposicionar o papel da Divisão de Pesquisa na companhia — tornando-a mais relevante para as necessidades dos clientes e da empresa, conforme as exigências de cada época — e deveu-se então à capacidade de vender essa ideia aos funcionários e à direção”, disse Robert Buderer, autor de *Engines of Tomorrow (Mecanismos do Amanhã)*, um livro sobre a evolução da pesquisa corporativa nos EUA.¹²²

Ralph Gomory, o quarto diretor da Divisão de Pesquisa IBM, lembra-se de uma reunião com o então presidente Cary, não muito depois de ganhar o cargo de diretor em 1970. Gomory perguntou a Cary o que ele queria da pesquisa, e Cary respondeu que, como ponto de partida, queria ter certeza de que a IBM não seria surpreendida por novas tecnologias. Gomory esperava que a divisão tivesse um

impacto consideravelmente maior. “Eu disse a ele que achava que nós não sobreviveríamos a longo prazo sem uma estratégia e uma estrutura para dar contribuições contínuas à IBM”, lembrou.

Cary aceitou o conselho de Gomory e nos anos seguintes os pesquisadores da IBM tentaram de muitas formas inserir seu trabalho no centro dos objetivos futuros da empresa. Por exemplo, James McGroddy, um dos assistentes de Gomory e depois diretor da Divisão de Pesquisa IBM, sugeriu o desenvolvimento de projetos conduzidos tanto por cientistas de pesquisa quanto por desenvolvedores de produtos, os assim chamados programas conjuntos. O primeiro deles, lançado em 1980, foi o Laboratório de Tecnologia Avançada de Silício, uma esforço que reunia cientistas de pesquisa e engenheiros da divisão de produtos semicondutores para propor tecnologias de microchips. O programa foi um sucesso para ambos os grupos. Ao longo do tempo, a Divisão de Pesquisa IBM formou mais de uma dúzia de outros programas conjuntos. Com os programas conjuntos e iniciativas semelhantes, a Divisão de Pesquisa IBM foi se tornando gradualmente uma parte essencial do mecanismo de desenvolvimento de produtos da IBM e o coração de suas atividades de pesquisa pura.

Hoje, a IBM não só tem nove laboratórios de pesquisa em todo o mundo, inclusive os mais recentes no Brasil, na Índia e na China, mas também opera dezenas de centros de desenvolvimento de hardware e software. O grupo de software, sozinho, tem mais de 40 laboratórios de desenvolvimento, que abrigam 26.000 programadores em 25 países. Era comum os pesquisadores científicos da empresa se alternarem entre suas missões em pesquisa e seus cargos nos grupos de produtos da IBM, injetando a inovação nas equipes de produtos e a realidade dos negócios nos laboratórios. Em muitas empresas, o setor de P&D deixa a pesquisa fora da equação. No entanto, para outras —entre eles as atuais gigantes farmacêuticas, a fabricante de chips Intel e a IBM— a integração de pesquisa básica e desenvolvimento de produtos é a chave para produzir ondas e mais ondas de inovações que ao mesmo tempo fazem a ciência avançar e causam poderosos efeitos no mundo.

COLABORAÇÃO ENTRE MEIO ACADÊMICO E GOVERNO: Todos sabem que, nos anos 1970 e 1980, o Vale do Silício, na Califórnia, despontou como a incubadora de alta

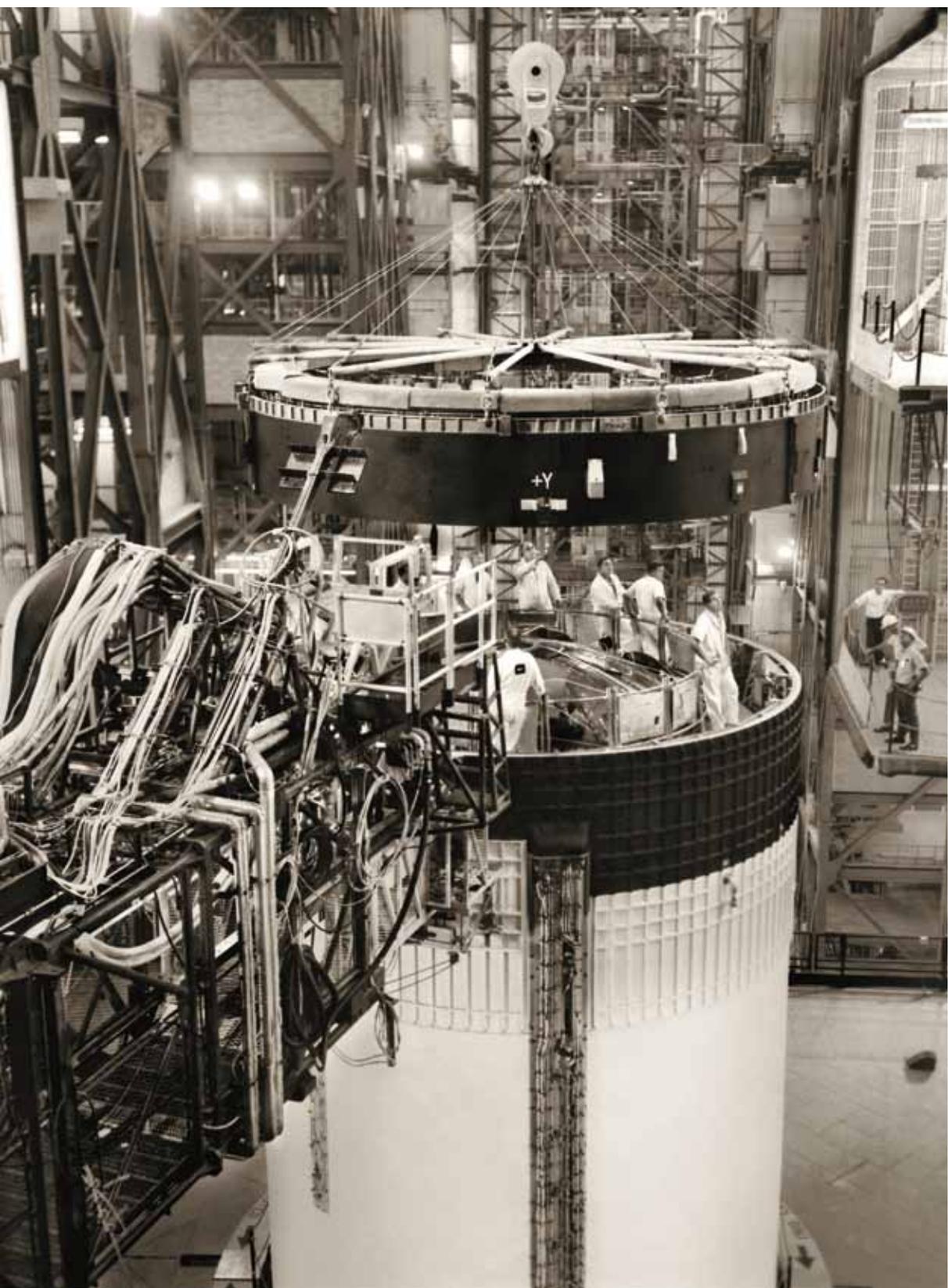
tecnologia dos Estados Unidos da América. A forma pela qual ele surgiu, no entanto —por meio da colaboração intersetorial— nem sempre é reconhecida. O governo dos EUA, a Universidade de Stanford e a Universidade da Califórnia, Berkeley, juntaram forças informalmente com os departamentos de P&D de empresas como IBM, Sun Microsystems, Hewlett-Packard e outras para criar um fértil ecossistema de inovações.

Por sinal, tendo o Vale do Silício como inspiração, colaborações parecidas propiciaram alguns dos mais importantes avanços em eletrônica e tecnologia da informação nas últimas quatro décadas. Por exemplo, em 1987, a National Science Foundation concedeu subsídios a um consórcio formado por IBM, MCI e um grupo de pesquisa da Universidade de Michigan para criarem parte da tecnologia central que levou à moderna Internet.¹²³ O investimento em P&D por empresas, universidades e órgãos do governo dos EUA aumentou de US\$ 63 bilhões em 1980 para US\$ 368 bilhões em 2007.¹²⁴ Outros países têm investido até mais agressivamente em P&D. O governo do Japão aumentou o investimento em pesquisa não militar de 1,8 por cento do PIB em 1978 para 2,6 por cento em 1985, período em que emergiu como potência global em um setor após o outro. No mesmo período, em comparação, os Estados Unidos incrementaram seu investimento de 1,6 por cento para 1,8 por cento.¹²⁵

A colaboração da IBM com universidades nasceu da mesma ideia que iniciou sua jornada rumo à pesquisa científica — a aliança com a Universidade de Colúmbia. Essas colaborações se expandiram na Divisão de Pesquisa IBM sob a

Transformar uma infraestrutura nacional ou social requer colaboração entre governo, empresas e meio acadêmico. A IBM teve um papel importante em muitos dos esforços mais significativos — da previdência social ao Projeto Manhattan, do programa espacial norte-americano aos fundamentos da Internet. Esse importante papel continua hoje com o trabalho da IBM por um Planeta Mais Inteligente.

Nos anos 1960, os pesquisadores da IBM ajudaram a criar a infraestrutura de informações do foguete Saturno e muitos outros elementos do programa espacial (tripulado) norte-americano.



liderança de Gomory. Seu objetivo era criar vários caminhos para trazer novas descobertas e cientistas jovens e brilhantes para a comunidade IBM. Desde então, o trabalho com as principais universidades de pesquisa do planeta continua a ser um elemento-chave da estratégia de inovação da IBM. Hoje, a IBM trabalha com 6.000 faculdades e universidades e 30.000 acadêmicos em todo o mundo, dando-lhes oportunidades para subsídios e pesquisa colaborativa. A empresa investiu mais de \$500 milhões em programas acadêmicos nos últimos cinco anos. E continua profundamente envolvida em projetos patrocinados pelo governo. Por exemplo, em 2008, a Defense Advanced Research Projects Agency, ou DARPA, lançou um desafio audacioso à IBM e seus colaboradores de pesquisa em Stanford, Colúmbia, Cornell e outras universidades para criar sistemas compactos de computação que simulassem a capacidade do cérebro humano de sentir e compreender.¹²⁶

COLABORAÇÃO INTERNA: Embora isto talvez surpreenda os jovens que cresceram com o MySpace e o Facebook, as redes sociais e as discussões on-line não surgiram em 2004. A ARPANET, precursora da Internet, foi lançada em 1969 para conectar pesquisadores de universidades.¹²⁷ E a IBM teve um papel fundamental no surgimento da colaboração em escritórios: seu programa de software PROFS (Professional Office System), apresentado internamente em 1981 e posteriormente usado por muitos dos grandes clientes da IBM, incluía uma forma preliminar de e-mail, calendários compartilhados, armazenamento de documentos compartilhados e sistemas de gerenciamento de processos administrativos, desde contas a pagar e estoque até controle de pessoal. E enquanto grupos de discussão proliferavam na Internet pré-Web, o PROFS também abrigava centenas de salas de bate-papo para incentivar a livre discussão entre IBMistas. Foi a primeira Intranet corporativa do mundo.

Durante os anos 1990, os gurus dos negócios anunciaram o advento dos assim chamados sistemas de gestão do conhecimento, que poderiam coletar, armazenar e compartilhar o capital de conhecimento de uma organização. A promessa, contudo, nunca foi cumprida. Os funcionários tendiam a guardar para si o conhecimento ou não queriam gastar tempo digitando-o em um sistema grande e complexo. Na outra ponta, de quem recebia, as pessoas achavam difícil encontrar as informações exatas que procuravam.

Mas finalmente a situação está mudando. Depois de ver as experiências de compartilhamento de informação propiciadas por Wikipédia, Facebook e YouTube, grandes empresários começaram a adotar internamente ferramentas de colaboração via Web. O atrativo: elas são mais fáceis de usar do que os programas de software tradicionais para compartilhamento do conhecimento — a ponto de os funcionários quererem realmente usá-las. Uma pesquisa de 2010 com CIOs corporativos, feita pela empresa de pesquisas de mercado Gartner, classificou as tecnologias da Web 2.0 como a prioridade número três, à frente dos sistemas de rede, da inteligência empresarial e das tecnologias móveis.¹²⁸ Posteriormente, o Gartner previu que, em 2014, os serviços das redes sociais substituirão o e-mail como veículo principal de comunicação interpessoal para 20 por cento dos usuários corporativos.¹²⁹ Andrew McAfee, o cientista de pesquisa da Sloan School do MIT que criou o termo *Enterprise 2.0* (Empresa 2.0) para descrever este fenômeno, escreveu: “Isso permite que novas e boas ideias para os negócios surjam de qualquer lugar e se espalhem organicamente, em vez de serem desenvolvidas no centro e impostas de cima para baixo.”¹³⁰

Para se ter uma ideia desta nova forma de trabalhar, pode-se pensar na Cognizant Technology Solutions, uma firma de terceirização de TI e consultoria localizada em Teaneck, Nova Jérsei, com mais de 100.000 funcionários em todo o mundo. A Cognizant saiu-se melhor do que a maioria de seus concorrentes durante a recessão de 2008-2009 e seus executivos creditam isso, em parte, a um sistema de gestão do trabalho e compartilhamento de conhecimento chamado *Cognizant 2.0*. O sistema gerencia cada etapa do processo de desenvolvimento de grandes e complexos programas de software usando ferramentas de colaboração da Web 2.0. Ele garimpa informação nos blogs, fóruns on-line e mensagens instantâneas dos funcionários, de modo que ninguém tenha de gastar muito tempo colocando seu conhecimento no sistema. Quando os engenheiros da Cognizant estão criando programas de software, eles recebem sugestões e informações relevantes nas telas de seus computadores, conforme o que estão fazendo. Caso eles não vejam o que precisam ver, podem fazer pesquisas no estilo Google ou pedir ajuda on-line a uma lista de especialistas internos.¹³¹

É muito cedo para medir o valor criado por toda essa conectividade e colaboração, mas dois estudos publicados juntos em 2010 sugerem que a crença, antes teórica, em “inteligência coletiva” está ganhando apoio empírico.¹³² Em um

problema de projeto de arquitetura, a inteligência coletiva foi umas três vezes maior que a inteligência máxima de um membro do grupo. Isso foi medido pontuando-se o desempenho em um conjunto diversificado de tarefas cognitivas. “Esse trabalho realmente põe em dúvida toda a nossa noção sobre o que é inteligência”, disse Anita Williams Woolley, principal autora do documento e professora assistente da Tepper School of Business, na Universidade Carnegie Mellon. “O que os indivíduos podem fazer por si sós está se tornando menos importante; o que importa mais é o que eles podem fazer com outros e usando tecnologia.”¹³³

O próximo grande desafio para os administradores é o de combinar ferramentas de colaboração com políticas que liberem a mente dos funcionários. “Se quisermos manter as pessoas brilhantes, teremos de administrar de outra maneira. Nós não queremos inibir nosso pessoal. Nós queremos liberar suas mentes”, disse Linda Sanford, vice-presidente sênior da IBM que é responsável pela iniciativa de transformação contínua. Em alguns casos, isso significa fazer coisas que parecem a antítese da própria ideia de gestão. Em vez de ter o controle de tudo, disse ela, o administrador bem-sucedido da IBM está aprendendo a ter êxito abrindo mão dele — permitindo que as pessoas à sua volta tomem decisões e iniciativas com o mínimo de supervisão. “Nós agora encontramos o poder do esforço compartilhado”, disse Sanford.¹³⁴

A própria IBM levou o conceito a novas direções com seus debates on-line — eventos totalmente abertos com três dias de debate global. Para o InnovationJam de 2006 a empresa reuniu mais de 150.000 IBMistas, clientes e parceiros comerciais de 104 países para apresentar ideias sobre como algumas das tecnologias da Divisão de Pesquisa IBM poderiam se transformar em novos negócios.¹³⁵ Como resultado do evento, 10 negócios da IBM foram lançados com um investimento inicial de US\$ 100 milhões. Embora algumas ideias não tenham vingado, outras se tornaram iniciativas importantes para a empresa, como é o caso de elementos-chave que hoje fazem parte da estratégia Planeta Mais Inteligente nos setores de saúde, transporte e centros de dados ambientalmente sustentáveis.

Entretanto, por mais promissores e lucrativos que esses novos negócios tenham se tornando, na mente de Palmisano criá-los não era o objetivo principal.

A meta principal era voltada para um novo tipo de pensamento colaborativo: “Ao fazer isso, a intenção não era chegar com uma ideia para um novo produto. Era mais achar um modo de instigar os engenheiros e cientistas da IBM a pensar em como iriam criar o futuro.”¹³⁶

Todo o investimento em capital humano feito pelos governos, pelas pessoas e pelas empresas vem resultando em mão de obra altamente qualificada. Isso torna possível para as empresas delegarem mais autoridade e responsabilidade aos funcionários em todos os níveis da organização, naquilo que o professor do MIT Thomas Malone chama de hierarquias flexíveis. “Pela primeira vez na história, as tecnologias nos permitem obter benefícios econômicos de grandes organizações, como economia de escala e conhecimento, sem abrir mão dos benefícios humanos das pequenas organizações, como liberdade, criatividade, motivação e flexibilidade”, escreveu Malone.¹³⁷ De fato, algumas corporações estão adquirindo algumas das características próprias da universidade. Elas consideram que o objetivo da organização é descobrir o conhecimento e dar-lhe bom uso. O método é o pensamento livre e o debate aberto. O sucesso de um funcionário neste modelo é determinado não por quem ele conhece e em que grau cumpre bem as ordens, mas pelo que ele sabe e em que grau é capaz de usar o que sabe. Malone citou a divisão de pesquisa da Merck, na qual cada cientista tem muito a dizer sobre os projetos nos quais trabalha. Os líderes de projeto não têm orçamentos nem autoridade de comando. Eles têm de recrutar pessoas, que por sua vez trazem seu próprio equipamento e próprios recursos para a equipe.¹³⁸

Na atual IBM, os cartazes “Pense” e os pequenos blocos de notas já não estão em todos os lugares, mas o apreço da empresa pela inteligência e expertise dos funcionários é total. Na prática, a cultura do pensamento é ainda mais importante do que os Watsons imaginavam.

COLABORAÇÃO COM CLIENTES: As empresas vêm atendendo aos clientes de um modo ou de outro desde o surgimento do comércio. Isso nos faz questionar por que elas levaram até o final do século XX para enxergar o valor de trabalhar junto com os clientes para criar novos produtos e serviços. O conceito de criação

conjunta foi modelado de maneira memorável pelos autores C.K. Prahalad e Venkat Ramaswamy em seu livro de 2004 chamado *The Future of Competition (O Futuro da Concorrência)*. Citando exemplos como o sucesso ponto-com Napster, serviço pioneiro de compartilhamento de músicas na Web, e o Netflix, site de aluguel de filmes, os dois autores defenderam a ideia de que os clientes já não se contentariam em escolher entre aceitar a oferta de uma empresa e ir embora; eles queriam ajudar as empresas a criar seus produtos e serviços. Os autores recomendaram que os grandes empresários adotassem o novo modelo — não somente como uma forma de aumentar a satisfação dos clientes, mas também como um meio de melhorar sua própria capacidade de inovar. Eles elogiaram, por exemplo, a Lego, por permitir que os clientes personalizassem o Mindstorms, um kit de projetos de ciência integrado a um PC que permite às pessoas projetar e construir seus próprios robôs usando peças da Lego. Um cliente até criou seu próprio sistema operacional para o kit e o compartilha com outros. Assim, a Lego criou uma comunidade de clientes que ajudam a melhorar seu produto.¹³⁹

Hoje, os cientistas e desenvolvedores da IBM colaboram frequentemente com os clientes, envolvendo-se em projetos pioneiros que levam as invenções mais rapidamente ao mercado. Por exemplo, trabalhando com o Hospital Thy-Mors, da Dinamarca, os pesquisadores da IBM incorporaram em 2009 informações sobre os pacientes em modelos 3-D, do corpo humano exibidos na tela, tornando possível para a equipe médica obter uma visão imediata, atualizada e completa das condições de cada paciente.¹⁴⁰ O impacto disso na estratégia comercial da IBM é substancial. “Foi com esses tipos de envolvimento que nós percebemos, há alguns anos, que algo estava faltando em nossos planos, algo de que os clientes precisavam para resolver seus problemas”, disse Palmisano.¹⁴¹ Esse “algo que estava faltando” era o reconhecimento do potencial de mercado para business analytics, o que levou a um investimento de US\$ 12 bilhões em aquisições e em desenvolvimento interno para reforçar os recursos da IBM.¹⁴²

O benefício econômico da colaboração com outras organizações é também uma das razões por trás da iniciativa, na IBM, dos chamados “colaboratórios” (laboratórios de colaboração). Em 2007, quando John Kelly III assumiu o comando como chefe da Divisão de Pesquisa IBM, ele começou a procurar formas de

expandir as atividades de pesquisa sem gastar mais dinheiro. Ele viu que, colaborando intensamente com outras organizações, a IBM podia fazer mais do que seu orçamento permitiria e, ao mesmo tempo, explorar uma formidável diversidade de ideias em escala global. “Agora, nosso laboratório é o mundo”, disse ele.¹⁴³

Até agora, a IBM tem laboratórios nos Estados Unidos, Arábia Saudita, Suíça, China, Irlanda, Taiwan, Austrália e Índia. Em um exemplo interessante para ser compartilhado, os pesquisadores da IBM se conectaram ao governo de Taiwan e a quatro importantes universidades de pesquisa do país para ajudar a desenvolver tecnologias voltadas para a saúde da população de Taiwan e, com o tempo, das pessoas de todo o mundo. Henry Chang, um veterano dos laboratórios da IBM, voltou a Taiwan, sua terra natal, e foi coautor, com um professor da Universidade Nacional de Taiwan, de uma proposta para revigorar a economia do país. A ideia era sugerir uma mudança da indústria eletrônica, na qual a China continental tinha claras vantagens em termos de custo, para uma economia baseada em serviços tecnológicos de maior valor. “Como a IBM, Taiwan tem de mudar do hardware para os serviços”, disse Chang. Por fim, os líderes do governo abraçaram a ideia e a tornaram um objetivo nacional.¹⁴⁴

INOVAÇÃO PELA AQUISIÇÃO: Atualmente, uma das principais fontes de criação de valor é o fenômeno de companhias bem estabelecidas comprarem jovens empresas inovadoras e ampliarem seu impacto no mundo. O fato de o espírito empreendedor ter florescido nos Estados Unidos nas últimas décadas pode ser fortemente atribuído ao surgimento de um novo setor: o capital de risco. O setor começou quando um punhado de líderes do governo e investidores recrutaram, em 1946, um ex-general do exército norte-americano, Georges Doriot, para montar a primeira empresa de capital de risco, a ARD (American Research and Development), com o objetivo de ajudar a fomentar o desenvolvimento econômico da Nova Inglaterra. Nos 25 anos seguintes, a ARD apoiou mais de 100 novas empresas, destacando-se entre elas a Digital Equipment Corporation. A ARD investiu US\$ 70.000 na DEC, o que rendeu, no final, US\$ 400 milhões¹⁴⁵ — o que

demonstrou o espantoso retorno disponível para os capitalistas dispostos a se arriscar e deflagrou uma corrida do ouro do capital de risco. Nos Estados Unidos, o setor de capital de risco atingiu o auge em 2000 com US\$ 94,8 bilhões em financiamentos e mais de 200 ofertas públicas de ações.¹⁴⁶ Agora, na onda da queda das ponto-com, as aquisições de novas empresas de alta tecnologia por empresas estabelecidas basicamente substituiu o lançamento de ações como o meio principal de refinanciamento dos empreendedores.

A IBM demorou para entrar no jogo de fusões e aquisições. Na maior parte de sua existência, ela tinha evitado aquisições, mas uma guinada nesse raciocínio começou em 1995, quando John Thompson, que na época chefiava na IBM o novo grupo de software independente, persuadiu Lou Gerstner a comprar a Lotus Development Corporation, um dos líderes em software para PCs, com seus programas de colaboração e planilha eletrônica. Thompson viu que a colaboração por software seria vital para o futuro dos negócios e que, comprando a líder do mercado, a IBM poderia se tornar imediatamente o maior participante de um mercado de enorme crescimento. O CEO da Lotus, Jim Manzi, no início rejeitou o assédio da IBM, algo que era culturalmente sem precedentes para a empresa — uma oferta de incorporação com reação hostil. No final, Manzi e a diretoria da Lotus cederam e aceitaram uma oferta de US\$ 3,2 bilhões.

Sob o comando de Palmisano, a IBM abriu as comportas das aquisições. A empresa viu que os recursos de valor na era pós-PC estavam mudando e que as aquisições eram uma forma de reorganizar rapidamente o portfólio da empresa. O impacto dessa mudança estratégica foi profundo. Desde 1995, a IBM gastou pelo menos US\$ 40 bilhões em mais de 160 aquisições. Embora algumas fossem grandes, como o braço de consultoria da PricewaterhouseCoopers em 2003 e o software de inteligência empresarial da Cognos em 2007, a maioria era de pequeno e médio porte. A estratégia não era de consolidação do setor, era de inovação. A meta da IBM não é comprar receita ou participação no mercado; é traçar a estratégia para ter a tecnologia que lhe permita atingir suas metas. Quando os executivos veem que podem adquirir tecnologias vitais ou recursos de serviços e expertise por um preço razoável e mais rapidamente do que se desenvolverem

internamente, eles seguem a estrada das fusões e aquisições. A capacidade de agir assim — e de capturar esse potencial tático para criar novos valores— está emergindo como um dos mais novos (e até agora menos estudados) conjuntos de habilidades da inovação colaborativa.

No entanto, é claro, a compra de uma empresa é só um pequeno passo na captura e no uso de seu valor. Um dos elementos mais importantes da transformação contínua da IBM é sua habilidade crescente para integrar outras operações e culturas às suas próprias. A história das fusões corporativas nem sempre é de sucesso, para dizer o mínimo. Mas a IBM parece ter tido sucesso na ciência de integrar empresas adquiridas, sincronizar operações, juntar forças de trabalho, capturar sinergias de inovação e utilizar a propriedade adquirida, através de seu sistema global de distribuição e vendas. Em fevereiro de 2003, a empresa usou um debate on-line para ajudar a apresentar os 30.000 consultores da PricewaterhouseCoopers a seus 30.000 consultores.

O sucesso das aquisições depende, em parte, de convencer os líderes dessas empresas de que haverá um benefício comercial para a empresa adquirida e também para a compradora. Quando a IBM comprou a empresa francesa de software ILOG em 2008, seu fundador e CEO Pierre Haren viu que os produtos de gestão empresarial da ILOG estavam atraindo clientes que antes nem pensariam em comprar nada de uma pequena empresa. A IBM ampliou a capacidade da ILOG para levar tecnologias inovadoras ao mercado. “Como pequena empresa, você talvez tenha ótima tecnologia, mas o filé mignon do mercado está fora de alcance”, disse Haren. “Como parte da IBM, você obtém credibilidade imediata e acesso aos grandes empresários. Você vê o impacto.” Dois anos após o fechamento do negócio, as vendas do principal produto da ILOG triplicaram.¹⁴⁷

INOVAÇÃO ABERTA: Um século de pesquisa, desenvolvimento, colaborações entre os setores público e privado, capital de risco e fusões/aquisições firmou o conceito de “organização baseada em conhecimento” na alma das empresas voltadas para o futuro. O conceito, contudo, adquiriu nova dimensão com a chegada da World

Wide Web em meados dos anos 1990. Agora, após uma década em um novo milênio, está ficando claro que as organizações que se veem como empresas isoladas talvez fiquem à margem de um novo modelo para a criação de valores: a inovação aberta em uma economia de rede.

Vejamos a Procter & Gamble. A jornada dessa fornecedora com 165 anos de idade, de isolada para aberta, ilustra as mudanças drásticas que estão em andamento. Quando A. G. Lafley foi nomeado CEO da gigante norte-americana de produtos de consumo em 2000, deparou-se com vendas estagnadas, o lançamento de produtos sem apelo e ações desvalorizadas. Quando Lafley se aposentou, em 2009, as vendas da P&G tinham dobrado, os lucros tinham quadruplicado e o valor da empresa no mercado tinha crescido em mais de US\$ 100 bilhões. Os observadores consideram que o fato de Lafley ter adotado uma nova estratégia de inovação aberta ajudou a alcançar esses resultados estelares. Atualmente, mais da metade das ideias de novos produtos vem de fora da empresa e cerca de 40 por cento delas vem de fora dos Estados Unidos. Nesse meio tempo, a P&G aumentou sua taxa de sucesso — o percentual de novos produtos bem-sucedidos — de 15 por cento para 50 por cento.¹⁴⁸

Foi-se o tempo em que as corporações eram gigantes integradas verticalmente, administrando tudo, desde a prospecção de recursos naturais até o fornecimento dos produtos finais aos clientes. Hoje em dia, as empresas utilizam cadeias de distribuição, ecossistemas comerciais e as diversas habilidades de seus parceiros e concentram seus próprios recursos no que fazem melhor. Um exemplo expressivo é a Bharti Airtel, provedora indiana de serviços de comunicação móvel, que terceiriza todas as operações de TI e toda a administração da rede para outras empresas (inclusive a IBM) e se concentra no desenvolvimento do mercado. Ao mesmo tempo, muitas empresas estão mudando a postura de acumular propriedade intelectual para a de investir no capital intelectual que criam com outras empresas via software de código aberto e outras estratégias de trabalho conjunto. Essa postura pode produzir eficiência em grande escala. Por exemplo, foi juntando forças que as pessoas, universidades e empresas foram capazes de produzir e compartilhar o núcleo do sistema operacional de computação Linux, um esforço

que exigiu um trabalho estimado em 145.000 pessoas-mês e que teria custado a uma empresa isolada mais de US\$ 1 bilhão para ser produzido, segundo um relatório de 2006 preparado pela Comissão Europeia.¹⁴⁹

“As empresas que podem aproveitar ideias de fora para fazer seus próprios negócios progredirem enquanto empregam suas ideias internas fora de suas operações atuais provavelmente florescerão nesta nova era de inovação aberta”, escreveu Henry Chesbrough, diretor executivo do Centro de Inovação Aberta da Haas School of Business, da UC em Berkeley.¹⁵⁰ Embora muitas informações sobre o nível da inovação aberta que têm surgido sejam apenas indícios casuais, uma pesquisa feita pela National Science Foundation e publicada em 2010 mostrou que 11,5 por cento dos US\$ 330 bilhões gastos em P&D em todo o mundo por empresas norte-americanas em 1988 foram executados por outras empresas. Na indústria farmacêutica, o número foi 25 por cento. Do total de US\$ 330 bilhões, 18,8 por cento foram executados fora dos Estados Unidos.¹⁵¹

O raciocínio de Chesbrough foi expressivamente influenciado pelo já citado fenômeno do software de código aberto. Enraizado nos primeiros dias da computação pessoal, quando hackers compartilhavam programas simples entre si, o software de código aberto surgiu como uma força a ser considerada pelas grandes empresas no final dos anos 1990. A Netscape Communications, pioneira dos navegadores da Web, permitia que alguns de seus programas fossem usados e modificados por outros, sem custo.

Uma revolução ainda maior no software de código aberto veio em 2000, quando a IBM anunciou que iria investir US\$ 1 bilhão no ecossistema Linux. Aquilo enviou um forte sinal às empresas, de que o Linux estava chegando para ficar. Em poucos anos, o Linux se tornou o sistema operacional de mais de 20 por cento dos servidores, segundo a empresa de pesquisas voltadas ao mercado tecnológico IDC. “Não há dúvida de que a IBM foi a maior vitória do Linux”, escreveu Linus Torvalds, o criador do programa.¹⁵²

Isso representou uma imensa guinada cultural para a IBM. Nos anos 1960 e 1970, a empresa conquistou uma posição de liderança na computação comercial com base em tecnologia própria. No final dos anos 1990, alguns executivos da IBM



O sistema operacional Linux é um exemplo de um novo modo de desenvolver software, chamado código aberto. Beneficiando-se da conectividade global, milhares de programadores independentes basearam-se no núcleo original do software de Linus Torvalds para criar um sistema operacional aberto e de alta qualidade. Desde o início, a IBM deu um apoio substancial ao movimento. “Não há dúvida de que a IBM foi a maior vitória do Linux”, escreveu Torvalds.

temeram que o Linux corroesse o negócio de servidores da empresa. Acontece que seus líderes tinham aprendido a lição de ter quase fechado as portas. Eles concluíram que mais cedo ou mais tarde o Linux teria êxito e que, em vez de tentar resistir a ele, a IBM deveria criar um negócio em torno dele. “Na época, a IBM ainda era vista por alguns como velha e pesada. Isso nos deu a oportunidade de nos diferenciarmos e sermos vistos como voltados para o futuro”, lembrou Robert LeBlanc, vice-presidente sênior do IBM Software Group, que foi um dos que defenderam a iniciativa.¹⁵³ Os investimentos da IBM se pagaram rapidamente com as vendas de software e sistemas de computação.

A IBM também contribuiu muito para outros projetos de código aberto, inclusive o Eclipse, uma estrutura para desenvolvimento rápido de aplicativos de software complexos, que a empresa criou e passou à comunidade de código aberto. O envolvimento da IBM em software de código aberto continua rendendo. “O código aberto só vai crescer”, disse Robert Sutor, vice-presidente da IBM para sistemas abertos e Linux. “Cada vez mais, a estrutura central da computação corporativa será o código aberto. A inovação exclusiva chegará ao topo.”¹⁵⁴ Aliás, o sucesso da inovação colaborativa e em rede levou a IBM a desenvolver uma estratégia dupla em relação à propriedade intelectual — participando da criação de códigos abertos para gerar tecnologias de base e usando-as para criar tecnologias exclusivas, criadas internamente, diferenciando-se assim da concorrência.

COLABORAÇÃO EM SISTEMAS GLOBAIS: Novos métodos de criação de valor não são apenas mais abundantes atualmente, mas também mais necessários, já que as oportunidades e os desafios têm se tornado muito mais complexos. Tanto nos sistemas naturais quanto nos criados pelo homem, a explosão de dados está revelando o que os teóricos da complexidade chamam de “sistemas de sistemas”. Este novo mundo é uma ampla rede de interdependências, e a única forma de ter êxito ao lidar com ela é com abordagens multidisciplinares, o que pode gerar

inovações que nenhum setor e nenhuma disciplina científica poderiam produzir isoladamente. Esse tipo de compartilhamento do conhecimento já vem causando impacto na economia. A produtividade de multifatores, que abrange o uso de tecnologia, aprimoramentos organizacionais e a globalização do trabalho, é responsável por cerca de metade do crescimento da produtividade nos Estados Unidos de 1995 a 2007.¹⁵⁵ Este é o alicerce da economia do conhecimento no século XXI.

Como a IBM se envolve com os clientes como parte de sua agenda para tornar o Planeta Mais Inteligente, é concebível que ela tenha de criar novas pontes entre os campos e até mesmo inventar novas disciplinas. Um exemplo é a ciência de serviços, um campo de estudos emergente que a IBM explorou em 2005 com sete universidades. Existem agora programas de ciência de serviços em mais de 450 universidades em 54 países.¹⁵⁶

“A grande compensação será uma aceleração nas inovações à medida que desenvolvermos a capacidade de combinar diferentes áreas de P&D—TI com biotecnologia, ciências biológicas com energia, energia com nanotecnologia”, disse Michael Mandel, economista e especialista em inovações na *Visible Economy*. Um exemplo disso é uma colaboração entre a IBM e a gigante farmacêutica Roche a fim de desenvolver um processo para ler e sequenciar o DNA humano com rapidez e eficiência. O processo combina nanotecnologia, análise de dados e genética. Se tiver êxito, ele talvez torne possível sequenciar sem maiores gastos os genomas inteiros de grande número de pessoas, aumentando muito a capacidade dos médicos para tratar doenças.¹⁵⁷

As organizações que se desenvolvem para enfrentar esses desafios não criarão valor da mesma forma que os fundadores dos impérios da era das estradas de ferro, as três grandes montadoras de Detroit em meados do século XX e até mesmo as velozes empresas do Vale do Silício na era dos PCs. É provável que elas, sem perda de tempo, formem alianças e compartilhem tecnologias. Elas vão concorrer algumas vezes e de alguns modos, mas colaborar em outros. Na forma, elas podem ser reagrupamentos de uma variedade de empresas: públicas e privadas, com e sem

fins lucrativos, pequenas empresas de empreendedores e gigantescas corporações, organizações estabelecidas e comunidades improvisadas que tomam forma para capturar uma oportunidade e depois se dissipam. A organização típica da próxima geração pode ser, na verdade, uma rede de alianças e não uma imensa corporação monolítica como aquelas que dominaram os meados do século XX.

No século passado, as empresas criavam valor a partir de produção em massa. No século XXI, será vital para as empresas extrair valor do fenômeno da colaboração em massa.

O FUTURO DA CRIAÇÃO DE VALOR: A partir daqui, para onde irá a organização baseada em conhecimento? É difícil prever com precisão, mas os cientistas da Divisão de Pesquisa IBM têm algumas ideias bem claras. Quando eles voltam os olhos para o futuro distante, preveem avanços em três áreas: computação, compreensão da cognição humana e software de lógica. Juntas, essas áreas ajudarão a moldar uma “organização consciente” formada por humanos e programas de computador que colaborarão mais ou menos como as pessoas fazem atualmente entre si.

Nessa organização do futuro, as ferramentas de computação se adaptarão a seus mestres humanos, e não o contrário. Mecanismos sofisticados de análise de dados compreenderão como uma organização funciona e conhecerão as capacidades humanas e dos programas de software, ou de instrumentos conscientes, que pensarão quase como os humanos. Com toda a certeza, eles completarão nossa capacidade criativa. Mas os programas de software criarão modelos da organização que poderão antever as mudanças e melhorar a tomada de decisões. E eles aprenderão com os erros e acertos. “O resultado final será a criação de organizações mais eficientes e produtivas que atenderão as necessidades de todos os interessados”, previu Charles “Chad” Peck, gerente de Computação Biometafórica na Divisão de Pesquisa IBM.¹⁵⁸

Esta visão pode parecer ambiciosa demais para algumas pessoas e assustadora para outras. Da mesma forma que com outros avanços tecnológicos, é difícil prever quando algo será possível. E como nos outros avanços, as pessoas deverão se preparar para impor seu domínio sobre as máquinas e usá-las de modo proveitoso, ético e em benefício da humanidade. A IBM está otimista em todos os aspectos. Se olharmos para trás e percebermos até que ponto a moderna empresa baseada em conhecimento chegou nos últimos 100 anos —ou mesmo nos últimos 20— nada deveria nos surpreender quanto ao futuro.

• • •

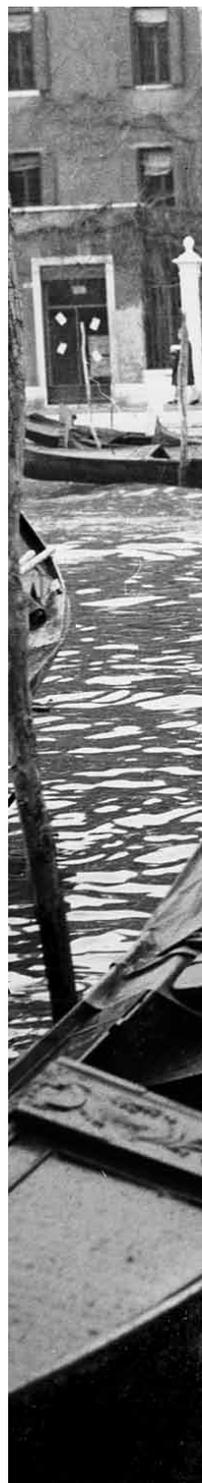
Tornando-se Global

A ideia de uma economia global está longe de ser nova, mas *ser* global como organização comercial tem tido significados diferentes ao longo da era moderna.

Para os impérios europeus do século XVII, significava instituir novos braços do estado: “corporações” como a Companhia Britânica das Índias Orientais e a Companhia Holandesa das Índias Orientais realizavam as ambições coloniais de seus governos. Seus funcionários viajavam pelo mundo em navios e a cavalo, importando matéria prima para alimentar as indústrias de seus países e exportando produtos finais para suas colônias. Esse trabalho não era simplesmente comércio. As grandes corporações mercantis dos séculos XVII e XVIII se estabeleceram nos locais onde faziam negócios e, durante um tempo, governaram grandes faixas da Índia e da América do Norte.¹⁵⁹

**Globalizar a organização significa
que é preciso fazer como os nativos.**

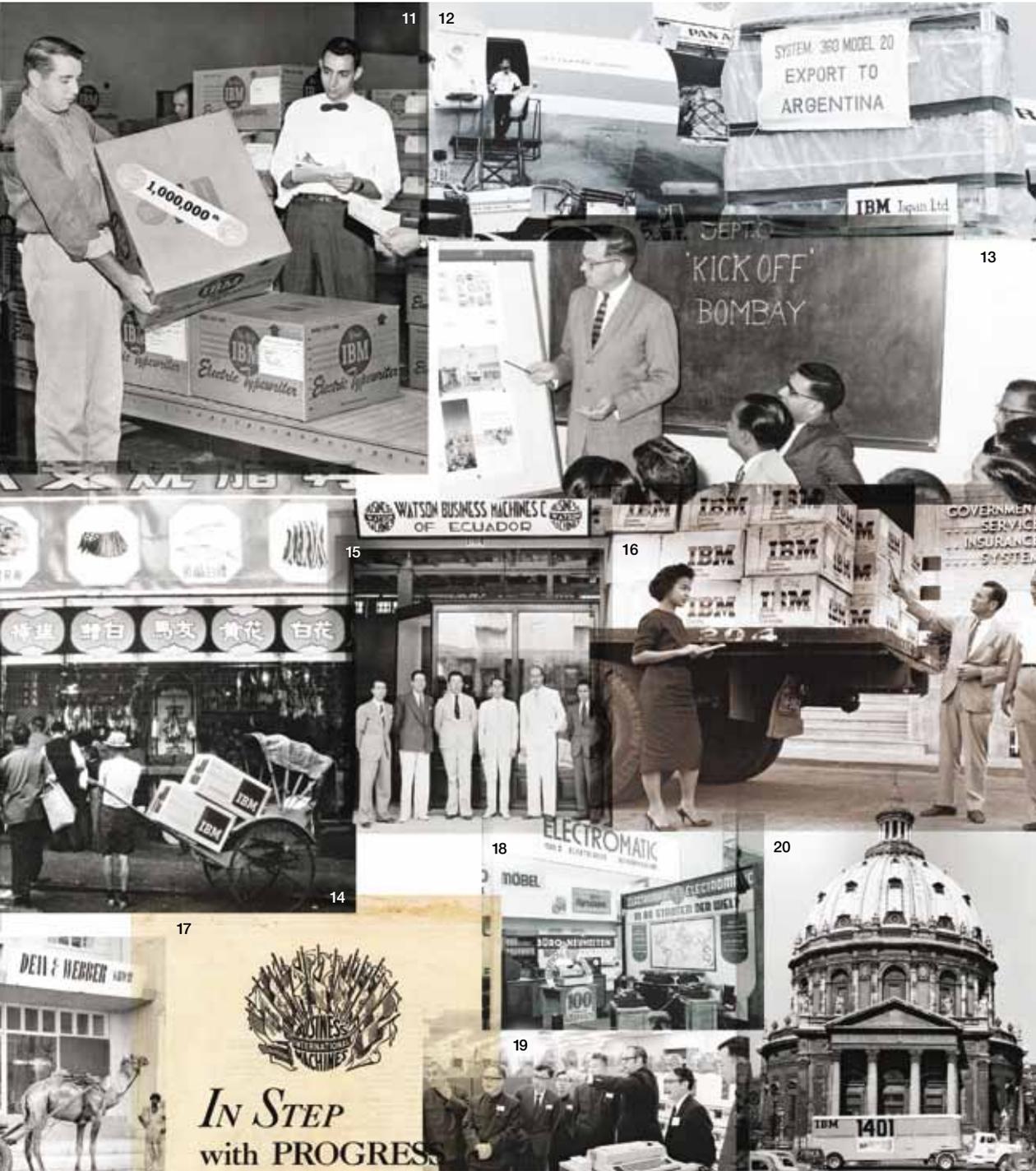
Um vendedor da IBM indo visitar um
cliente em Veneza, Itália, em 1966.







1. Aula sobre a máquina IBM 6400, Taiwan, 1963. 2. Feira de Leningrado, Rússia, 1971. 3. Turmas de engenharia de clientes da IBM, Paris, França, 1952. 4. Lewis N. T. Hsu, vendedor da IBM, Hong Kong, 1961. 5. Valder Nielsen, Arne Johansen e F. Normann Jensen, Dinamarca, 1952. 6. Cerimônia de inauguração do primeiro computador na Coreia, 1967. 7. T. L. Cummins (esquerda) e Arthur Watson, encontro gerencial na América Latina, Brasil, 1957. 8. Caminhonete da IBM, Paris, 1959. 9. Exposição de Eficiência nos Negócios, Índia, 1950. 10. A.R. Dadi, Karachi, Paquistão, 1957.



11. Milionésima máquina de escrever elétrica, Lexington, Kentucky, 1958. 12. Embarque do Sistema 360 no Japão, por volta de 1960. 13. Reunião de abertura dos trabalhos na Índia, 1959. 14. Cliente, Hong Kong, data desconhecida. 15. Inauguração do escritório da IBM Equador, 1937. 16. Remessa para as Filipinas, 1961. 17. Propaganda impressa da IBM, Estados Unidos, 1935. 18. Feira de Viena, Áustria, 1937. 19. Cientistas chineses visitam o Watson Research Center, Yorktown, Nova York, 1972. 20. "Datamóvel" da IBM no centro de Copenhague, Dinamarca, 1960.

No século XIX, para essas mesmas empresas, ser global significava evitar o ciclo fechado dos impérios coloniais e, em vez disso, perseguir o maior potencial econômico dos mercados abertos. Com o tempo, elas se separavam de seus “país-governos” e assim nascia a corporação internacional. Em alguns aspectos, essas empresas seguem a arquitetura organizacional de suas antecessoras estatais: um modelo em que todas as decisões e operações principais são localizadas no país-base e escritórios de vendas no exterior. No entanto, apesar de seus organogramas parecerem semelhantes, seu objetivo era diferente. Em vez de servirem aos interesses de um império, essas corporações procuravam oportunidades econômicas para si mesmas onde quer que estivessem.

Esse sistema funcionou por meio século. Então, exatamente quando muitos começaram a acreditar que a ordem político-econômica internacional havia se estabilizado com uma combinação entre os mecanismos de mercado e o equilíbrio de forças na Europa, essas crenças foram destruídas pela Primeira Guerra Mundial, pela Grande Depressão e pela Segunda Guerra Mundial, levando a uma nova fragmentação da economia global.

A IBM entrou em cena exatamente quando essa ruptura estava para acontecer. As empresas antecessoras da corporação haviam estabelecido posições no Canadá, no Reino Unido, na Alemanha e em alguns outros países antes de Watson assumir o controle, mas foi sob seu domínio que a empresa se expandiu agressivamente para a Ásia, a América Latina e a África. E suas ambições internacionais assumiram uma forma clara em 1924, quando ele mudou o nome da C-T-R para International Business Machines.

Se a Primeira Guerra Mundial foi um choque para o sistema mundial de comércio, a Grande Depressão e a Segunda Guerra Mundial foram abalos ainda mais fortes. Mais uma vez, o conceito “ser global” havia mudado. Em resposta às interrupções que a guerra causou no comércio e que foram então exacerbadas pelas imposições crescentes de tarifas protecionistas, as companhias começaram a criar negócios autossuficientes em cada um de seus principais mercados em todo o mundo — empresas completas, com fábricas e operações administrativas locais. Com a criação de fortes subsidiárias nacionais, as corporações passaram a conhecer

muito bem seus mercados externos. Em alguns casos, elas mantiveram a organização das empresas domésticas, desfrutando da fidelidade nacionalista à marca e também de vantagens comerciais e impostos. Este é o modelo multinacional. Em 1949, esse modelo assumiu um formato organizacional na IBM, quando Watson criou a IBM World Trade Corporation, uma subsidiária integral para administrar essas operações que estavam crescendo rapidamente.

Nesse período, a IBM aprendeu as mesmas lições que outras multinacionais estavam aprendendo. Os deflagradores do processo não podiam mais se movimentar com liberdade em um mercado mundial comparativamente aberto e pacífico (como na era internacional). Em vez disso, as empresas tinham de funcionar em um cenário marcado por barreiras comerciais e economias cada vez mais nacionalizadas. As empresas começaram a perceber que precisavam contratar pessoas que entendiam a cultura e o ambiente comerciais locais. Além disso, precisavam treinar suas equipes globais de liderança nas exigências da administração de relações e organizações imensamente mais complexas. E, em meio a tudo isso, precisavam manter práticas comerciais éticas, independentemente de quão corruptos fossem alguns servidores públicos ou executivos locais, ou de como a explosão do caos político ou a guerra tivessem abalado os negócios.

ADMINISTRAR A TENSÃO entre a força centrífuga da viabilidade local e a força centrípeta da integração global era um dos principais conjuntos de habilidades desenvolvidos pelas corporações do século XX. E o fardo caiu principalmente sobre as equipes de administração do local. Sua habilidade para resolver os conflitos inerentes tinham muito a ver com a companhia ser ou não capaz de ter êxito como empresa global. Em décadas de experiência e expansão global, os IBMistas de todo o mundo aprenderam algo que muitas outras pessoas ainda acham difícil de aceitar: paciência, adaptabilidade e valores compartilhados são cruciais para se ter êxito em transições históricas tão relevantes.

Veja a América Latina, por exemplo. No século passado, os países da região foram sacudidos por crises e mais crises — econômicas, políticas e militares. “Se

quiséssemos fugir de uma crise, teríamos que ter saído da América Latina 50 anos atrás”, disse Bruno Di Leo, gerente geral de mercados em desenvolvimento da IBM (Growth Markets Unit) e que em anos anteriores foi gerente geral da IBM na América Latina. Nos anos oitenta e no início dos noventa, por exemplo, Argentina, Brasil e Peru tiveram períodos de hiperinflação — chegando até a 6.000 por cento ao ano. Isso poderia ter tido um efeito devastador sobre os funcionários da IBM, mas Di Leo e seus colegas sugeriram meios criativos de se minimizar o impacto. Como os surtos de inflação ocorriam frequentemente nos dias de pagamento, a IBM passou a pagar seus funcionários um dia antes dos outros empregadores. Ela instalou agências bancárias em seus prédios, para que os funcionários pudessem descontar seus cheques imediatamente e entregar o dinheiro às esposas ou a outros membros da família, que poderiam correr às lojas para fazer as compras. Dessa forma, eles ganhavam até 30 por cento no poder de compra em cada dia de pagamento. Além disso, a IBM aumentava os salários uma vez por mês. “Nós precisávamos ser flexíveis e sensíveis às necessidades das pessoas. Sendo rápidos, demos a eles a oportunidade de tirar o máximo proveito de seu dinheiro”, disse Di Leo.¹⁶⁰

A IBM destacou-se na América do Sul, mas tomou outra decisão na Índia, com resultados negativos. A empresa começou a vender produtos naquele país nos anos 1930, e a fabricação de produtos começou em 1951. Tudo correu bem até meados dos anos 1970, quando as agências reguladoras indianas começaram a exigir que as empresas estrangeiras reduzissem intensamente sua participação acionária aceitando parceiros locais. A IBM recusou-se a continuar sob as novas regras e, em 1978, encerrou as operações na Índia.¹⁶¹ Depois que a Índia começou a liberalizar sua economia em 1991, a IBM entrou novamente em um empreendimento conjunto com uma subsidiária do conglomerado Tata Group e posteriormente estabeleceu mais uma vez uma subsidiária integral. Porém, durante o tempo em que a IBM esteve fora da Índia, outras empresas de tecnologia chegaram ao país e expandiram-se por meio de empreendimentos conjuntos, e a IBM teve de recomeçar do zero.¹⁶² “A IBM saiu perdendo. Ela lutou para se restabelecer na Índia. Eles ficaram atrás da concorrência”, disse Shyam Aggarwal,

um empresário de longa data em tecnologia que tinha sido gerente da IBM na Índia durante os anos 1970.¹⁶³ Com o tempo, a IBM Índia tornou-se um sucesso, mas o caminho foi tortuoso.

Uma experiência mais dolorosa com as tensões inerentes ao modelo multinacional emergente ocorreu na Alemanha, nos anos 1930 e 1940. Em 1922, a C-T-R comprou uma participação majoritária na Deutsche Hollerith Maschinen Gesellschaft, uma empresa alemã que fabricava e alugava máquinas tabuladoras e contábeis na Europa. Nos anos 1930, enquanto as tensões internacionais cresciam e a guerra na Europa se aproximava, Watson liderou uma campanha para deter as hostilidades. Ele sustentava que as disputas entre a Alemanha e seus vizinhos — e até mesmo as políticas sociais e raciais do novo regime nazista, como o tratamento dados aos judeus — podiam ser resolvidas por meio de negociação e arbitragem. Ele adotou o slogan “Paz Mundial via Comércio Global”, conclamando os líderes das principais forças mundiais a abrir mercados e evitar a guerra.¹⁶⁴ Watson errou na avaliação das intenções de Adolf Hitler. Depois que Watson foi eleito presidente da ICC (International Chamber of Commerce, Câmara Internacional de Comércio) em 1937, ele e o ex-presidente da ICC receberam a Cruz de Mérito da Alemanha em um encontro da ICC em Berlim. Após uma reunião particular com Hitler, ele foi convencido de que o líder nazista não queria a guerra.¹⁶⁵ Ele não estava sozinho nessa conclusão, e quando as intenções de Hitler ficaram claras, Watson corrigiu seu erro. Imediatamente após a invasão da França pela Alemanha em 1940, ele devolveu a medalha à Alemanha, escrevendo em uma carta para Hitler que “as políticas atuais de seu governo são contrárias às causas pelas quais tenho trabalhado”.¹⁶⁶

Durante o período em que Watson recomendava diplomacia, a Dehomag, como era conhecida a afiliada alemã da IBM, distanciou-se gradualmente de sua matriz. Os administradores, todos alemães, pressionaram a matriz em Nova York para lhes transferir o controle de votação, de modo que a Dehomag pudesse continuar a receber pedidos de produtos do governo alemão. A matriz recusou, mas aumentou o controle acionário local para 16 por cento, em uma tentativa de evitar a expropriação da empresa pelo governo. Vários gerentes da Dehomag

ingressaram no Partido Nazista, alegando mais tarde que fizeram isso para manter a companhia fora das mãos do governo. A IBM perdeu toda a influência sobre a Dehomag em 1941 e não recuperou o controle total até 1948. Logo após o fim da guerra, um representante da IBM visitou as instalações da Dehomag e soube que uma das máquinas da empresa tinha sido usada no campo de concentração de Dachau.¹⁶⁷

Os princípios e a lealdade de Watson e da IBM não estavam em questão, mas o julgamento do presidente tinha sido equivocado. Mais especificamente, a IBM estava lutando com as tensões típicas do modelo multinacional descentralizado. Elas se manifestaram novamente décadas mais tarde, em outra parte do mundo. Nos anos 1970, a IBM, juntamente com outras grandes empresas norte-americanas, viram-se sob pressão de grupos religiosos e de universidades para interromper os negócios com a África do Sul, cujo regime de governo discriminava os negros. A incerteza sobre como reagir — retroceder ou envolver-se para tentar promover a mudança — estava evidente nas declarações feitas pelo CEO Frank Cary no encontro anual da IBM em 1973: “A discriminação racial de qualquer tipo é contrária às políticas da IBM... Embora nossa presença de certa forma apoie o governo da África do Sul, acreditamos que não devemos partir, que somos uma força do bem no local e que falharíamos com nossos funcionários e acionistas se partíssemos.”¹⁶⁸ Quatro anos depois, Cary organizou um encontro histórico de líderes corporativos que criaram os chamados Princípios de Sullivan, um conjunto de diretrizes para empresas norte-americanas com negócios na África do Sul — diretrizes que visavam melhorar o destino dos negros sul-africanos. O documento foi depois revisado para preconizar o fim da segregação racial. Como o governo sul-africano não respondeu às recomendações, a IBM foi uma de 70 empresas que saíram do país. Ela vendeu a IBM África do Sul a um consórcio criado para beneficiar funcionários sul-africanos em 1987. No final, parcialmente por causa de pressões econômicas, a segregação racial desmoronou. Depois que o líder da resistência Nelson Mandela se tornou presidente da África do Sul, a IBM comprou de volta, gradualmente, 100 por cento da empresa.

Enquanto estes exemplos mostram as lutas que a IBM e outras multinacionais viveram, outras histórias mostram como a expansão global da empresa, em alguns países em desenvolvimento, teve efeitos positivos, como o de implantar a computação e elevar os padrões de vida. Por exemplo, embora a IBM não tivesse um escritório no Nepal em 1970, ela ajudou o reino montanhês a realizar seu primeiro censo computadorizado. Ravindra Marwaha, que foi gerente de vendas da IBM Índia na época e mais tarde se tornou gerente geral das operações na Índia, viajou em um pequeno avião até Catmandu e lançou as bases do projeto, que incluíam a primeira instalação de um computador no país. Não havia programadores de software, ele então montou um sistema para recrutá-los e treiná-los. “Nós conseguimos. A IBM teve uma influência extraordinária”, disse Marwaha.¹⁶⁹ Foi um marco tão grande para o governo do Nepal que as autoridades organizaram tudo para assinar o contrato em uma sala de um antigo palácio normalmente reservado para a assinatura de tratados.

Hoje, os críticos da globalização culpam as multinacionais por muitos dos males do mundo, inclusive irregularidades trabalhistas, degradação ambiental e corrupção governamental. Há muita munição para essas reclamações, mas, na verdade, esses problemas não devem ser entendidos como questões do bem ou do mal. Por si sós, as formas de organização econômica não são nem uma coisa nem outra. As perguntas mais úteis a fazer são estas: Como determinado tipo de organização política ou comercial administra as tensões em sua época? Quais formas de organização são ideais para criar, ao mesmo tempo, valor econômico em curto prazo, sustentabilidade organizacional em longo prazo e progresso social mais abrangente? A guinada da IBM nas duas últimas décadas, para se tornar o que ela chama de empresa globalmente integrada, oferece uma indicação bem ilustrativa de como essas perguntas serão respondidas no novo século.

NA ÉPOCA EM QUE LOU GERSTNER chegou à IBM, em 1993, a estrutura organizacional da empresa refletia o legado da companhia como uma multinacional

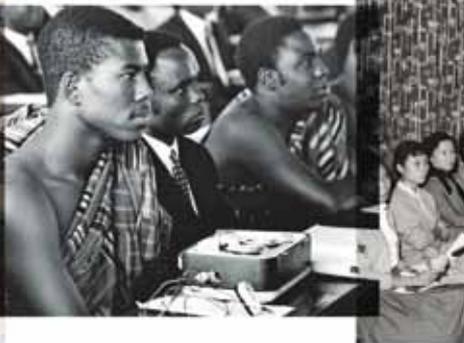


Itália, 1933



Brasil, 1952

Nigéria, 1965



Para fincar raízes, uma empresa precisa fazer mais do que abrir escritórios de vendas.

A IBM procurou criar forças de trabalho, conhecimento e habilidades locais, treinando os funcionários e clientes nos novos processos e tecnologias da Era da Informação.

clássica, com operações semi-independentes em aproximadamente 100 países. Tanto em termos de coerência interna da IBM quanto em termos de sua habilidade para se adaptar, a independência dessas subsidiárias se tornou um grande obstáculo. A empresa estava tão fragmentada quando Gerstner chegou que os todo-poderosos diretores regionais mantinham informações vitais em segredo, ocultando-as inclusive de seus superiores.

“Eu declarei guerra aos feudos regionais”, escreveu Gerstner em suas memórias, *Quem Disse que Elefantes Não Dançam?* No lugar deles, ele organizou a IBM em torno de equipes concentradas em uma dúzia de grandes setores. Alguns diretores ficaram tão preocupados que o advertiram de que ele estava destruindo a empresa. Isso não aconteceu. Deixando de ser uma empresa centrada no país e focada em produtos para se tornar uma organização global dirigida aos clientes, a IBM foi capaz de perceber problemas comerciais mais cedo e reagir mais rapidamente às mudanças nas necessidades dos clientes. Gerstner estava reintegrando a organização. E assim começou a transformação da IBM em algo diferente de uma empresa multinacional.

Embora esse novo formato de corporação ainda não estivesse definido, estava claro que a instituição das corporações precisava passar por grandes mudanças. O próprio Watson Jr. deu a Gerstner sua bênção para transformar radicalmente a empresa. Gerstner relata em seu livro que certa manhã, quando estava saindo de casa para ir ao trabalho, encontrou Watson, então com 79 anos, esperando-o sentado no banco traseiro de seu carro. Watson, que morava perto, estava agitado



Japão, 1959

Venezuela, 1952



Indonésia, 1950

enquanto os dois seguiam pelo caminho. Ele disse a Gerstner que estava irritado com o que tinha acontecido com a IBM e insistiu em que ele sacudisse a empresa “de alto a baixo”, escreveu Gerstner.¹⁷⁰

Gerstner o fez — ironicamente, porque decidiu *não* mudar a forma básica de organização da IBM. Remando contra a maré da sabedoria convencional, ele manteve a IBM unida em vez de permitir que ela se fragmentasse em um punhado de “filhotes”. Essa decisão foi a marca registrada de sua gestão. Em dois anos, depois de muita dureza, a IBM voltou à estabilidade financeira. Falando de Gerstner, Palmisano disse: “Sem ele, acho que não teríamos sobrevivido. Nós precisávamos de alguém obstinado e com capacidade analítica.”¹⁷¹

O estágio seguinte da transformação global veio poucos anos depois, em reação à revolução das comunicações. Em meados dos anos 1990, o surgimento da Internet e a distribuição de uma rede de cabos para comunicação de dados em todo o mundo começaram a intensificar a reglobalização do comércio mundial que já estava a caminho. Isso desencadeou uma grande e rápida guinada na economia global, o que começou a aparecer ao longo da década seguinte. Os engenheiros de Bangalore estavam fazendo o mesmo trabalho que seus colegas no Vale do Silício, mas por cerca de 20 por cento do custo. O mesmo ocorria com o trabalho de outros departamentos, inclusive contabilidade, atendimento ao cliente e até mesmo pesquisa científica. Essa revolução deu origem a uma nova força no mundo dos negócios. Empresas indianas arrojadas, inclusive Infosys, TCS e Wipro, ofereciam serviços terceirizados de alta qualidade por preços mais baixos do que

os oferecidos pela IBM e outras empresas de tecnologia ocidentais. Mais uma vez, a IBM se deparou com uma séria ameaça. O que chamou a atenção da empresa, especificamente, foi uma ousada previsão de Nandan Nilekani, um executivo da Infosys, de que as empresas indianas de serviços de tecnologia teriam o mesmo efeito sobre os gigantes de TI norte-americanos que a indústria automotiva japonesa teve sobre as três grandes montadoras de Detroit.¹⁷²

A previsão de Nilekani foi mais um motivo para a IBM se transformar em uma empresa globalmente integrada. A IBM começou rapidamente a contratar pessoas em países de baixo custo e agora emprega mais de 100.000 pessoas nos mercados emergentes. O impulso inicial foi responder ao desafio dos empreendedores indianos de serviços de tecnologia. “Se não deslocássemos o trabalho para países de baixo custo, não seríamos capazes de competir”, disse o diretor financeiro da IBM Mark Loughridge.¹⁷³ Mas havia um bônus adicional: a IBM descobriu que, abrindo seus escritórios em importantes centros populacionais ao redor do mundo, ela poderia envolver dezenas de milhares dos melhores e mais brilhantes jovens do planeta.

A abordagem da IBM ao conjunto de talentos da Índia foi sem precedentes em escala, mas não em princípio. A empresa reconheceu há muito tempo a importância de contratar pessoas brilhantes fora dos Estados Unidos. No final dos anos 1980, por exemplo, a Divisão de PCs começou a deslocar o trabalho de projeto e engenharia para um laboratório em Yamato, Japão, que tinha sido montado anos antes para desenvolver produtos especificamente para o mercado japonês. Com base em sua qualificação superior, os engenheiros de Yamato conquistaram a cobiçada missão de produzir para a IBM o primeiro Notebook ThinkPad no início dos anos 1990 — e quase todas as versões desde então. O gerente de engenharia Arimasa Naitoh e sua equipe se entenderam bem com o consultor de projetos da IBM Richard Sapper, que mora na Itália, e com a equipe de marketing de produtos nos Estados Unidos. Os japoneses se distinguiram pelo trabalho em grupo e pela colaboração global. Uma de suas revoluções de engenharia, trabalhando com Sapper, foi transformar o teclado do ThinkPad em uma porta fácil de abrir para as pessoas poderem atualizar comodamente os componentes internos.¹⁷⁴ Na época, os pequenos e leves notebooks eram terrivelmente difíceis de desenhar e projetar. “Era como os primeiros dias dos aviões”, disse Naitoh. “Tentar — e cair. Tentar — e cair. O ThinkPad era uma surpresa para todos nós. Ele estava voando, e sem cair.”

Na realidade, o ThinkPad acabou se tornando uma das marcas de notebook mais vendidas de todos os tempos — um triunfo de tecnologia, do design e da integração global.¹⁷⁵

Hoje, os cientistas das mais novas instalações de pesquisa da IBM na China e na Índia já estão contribuindo para avanços científicos. Os IBMistas em Nova Déli, Índia, por exemplo, desenvolveram tecnologias de rede e de reconhecimento de voz que tornam possível que analfabetos ou pessoas que não têm acesso a computadores usem qualquer telefone para definir ou usar sites ativados pela voz, algo que a IBM chama de Spoken Web. Usando esse sistema simples e intuitivo, os consumidores podem comprar comida ou receber aconselhamento médico, e os fazendeiros podem verificar o tempo e encontrar os melhores preços para suas colheitas. Agora, os pesquisadores estão trabalhando com executivos da IBM e empresas de telecomunicação para transformar suas tecnologias em negócios. “Com o tempo, isso poderia ter um enorme impacto em todo o mundo. É isso que está nos motivando”, disse Arun Kumar, pesquisador da IBM em Déli que trouxe a ideia da Spoken Web.¹⁷⁶

Os cientistas de Nova York trariam uma ideia revolucionária como essa? Talvez, mas não há dúvida de que pessoas com uma perspectiva diferente estavam em vantagem para perceber um novo uso de tecnologia que ajudasse a melhorar a vida de talvez um bilhão de analfabetos em todo o mundo.

As aventuras da IBM na Índia nos últimos anos demonstram as oportunidades de um imenso crescimento na receita para empresas globais nas nações emergentes. Shanker Annaswamy, que veio dos Sistemas Médicos da GE em meados de 2004 para chefiar as subsidiária da IBM na Índia, lembra-se de seu primeiro encontro com Palmisano, que visitou Déli naquele novembro. Annaswamy levou horas preparando uma apresentação. Nervosamente, ele tentou pegá-la quando ele e Palmisano se sentaram para um jantar de negócios no Hotel Taj Mahal, mas Palmisano o desencorajou. Ele já tinha lido a apresentação. Em vez disso, ele expôs suas grandes ambições em relação à Índia. Ele não queria apenas explorar o vasto conjunto de jovens universitários indianos que falavam inglês. Ele também queria que a IBM fosse a líder indiana em serviços, software e outras categorias importantes de produtos.¹⁷⁷

Essa estratégia se revelou muito bem-sucedida. Oferecendo dezenas de milhares de empregos aos indianos, a IBM se alinhou à agenda econômica nacional

do governo indiano. Adaptando serviços e produtos à Índia, ela logo se tornou líder em serviços tecnológicos, sobressaindo-se aos rivais locais e multinacionais. E isso também gerou ganhos em outros segmentos, inclusive servidores UNIX de alto desempenho e armazenamento externo em disco, segundo a empresa de pesquisas de mercado IDC.¹⁷⁸

A seriedade com que Palmisano observava o sucesso na Índia cresceu drasticamente em junho de 2006, quando ele abriu um encontro de altos funcionários da IBM longe da sede da empresa em Nova York — em um pavilhão construído no terreno do Bangalore Palace, no coração do equivalente ao Vale do Silício na Índia. Palmisano disse a uma multidão de 10.000 IBMistas que a empresa tinha expandido sua força de trabalho indiana de 9.000 para 43.000 em apenas dois anos e planejava investir US\$ 6 bilhões no país nos três anos seguintes.¹⁷⁹

Esse gigantesco reaparelhamento da corporação veio exatamente uma década após a empresa escapar por pouco da ruína. Para Palmisano, entretanto, aquele era apenas outro dia de trabalho. Desde que a reviravolta da IBM se consolidou, a empresa está em uma jornada de contínua reinvenção. A integração global foi uma grande peça disso — mas não a única peça. A companhia vendeu empresas de commodities, uma a uma, inclusive de unidades de disco, impressoras e computadores pessoais, ao mesmo tempo que reforçava os negócios de alto valor e lucratividade, como serviços tecnológicos, consultoria empresarial e software. “O que Sam fez é a parte mais difícil de fazer — pegar uma plataforma de sucesso e desenvolvê-la continuamente”, disse Gerstner. “Sam pegou uma empresa bem-sucedida e a tornou um sucesso ainda maior.”¹⁸⁰

Nada como a experiência de quase morte para fazer alguém prestar atenção e ver que o sucesso não é ponto pacífico. As lições de 1993 agora são parte da compreensão da IBM sobre si mesma. A empresa compreende que, em certo nível, não deve se ver como quem está no negócio de servidores, no negócio de software ou no de serviços tecnológicos. Em vez disso, ela está no negócio de inovação, em escala global — o negócio de fazer o mundo funcionar melhor. Essa autodefinição permeia sua estratégia Planeta Mais Inteligente e está presente na renovação contínua da própria IBM.

A ideia de Palmisano sobre a empresa globalmente integrada foi capturada em um artigo que ele escreveu para a edição de maio-junho de 2006 da revista política *Foreign Affairs*: “A empresa globalmente integrada que está surgindo é uma

companhia que molda sua estratégia, sua gestão e suas operações tendo em vista uma nova meta: a integração da produção e do fornecimento de valor em todo o mundo. As fronteiras de Estado definem cada vez menos os limites da prática ou do pensamento corporativo”, escreveu. De certa forma, o artigo proclamou a emancipação das corporações interligadas e sem fronteiras.

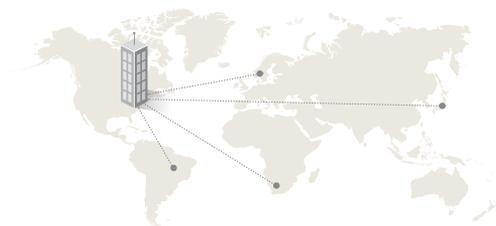
Mas uma coisa é traçar uma estratégia nova e arrojada e outra é fazê-la funcionar no dia a dia. Na IBM, o processo de se tornar uma empresa globalmente integrada está em andamento há meia década e nem de longe está pronto.

Palmisano lançou a remodelação global da IBM em meados de 2005, buscando aproveitar o sucesso anterior da empresa ao poupar US\$ 5 bilhões por ano em pontos ineficientes de sua cadeia global de fornecedores. A meta era combinar a reestruturação dos processos empresariais, a atualização tecnológica e a replantação do trabalho global para melhorar a qualidade e agilidade, além de incrementar os ganhos anuais de produtividade de 10 por cento para 15 por cento em todo o portfólio de serviços da empresa.¹⁸¹ Nos dois anos seguintes, a empresa pôs o plano em ação, deslocando o trabalho para países de baixo custo na Ásia, na América Latina e na Europa Oriental e estabelecendo gigantescos centros globais de fornecimento de serviços que eram capazes de servir os clientes — e unidades de negócios da própria IBM — em todo o mundo. Por exemplo, uma antiga fábrica da IBM em Hortolândia, Brasil, presta serviços a clientes globais que falam português, francês, espanhol e inglês. Os gerentes de prestação de serviços e os gerentes de projetos de consultoria usam sofisticadas ferramentas analíticas e bancos de dados on-line para identificar a melhor equipe para cargos abertos em projetos. Apenas para a área de Global Business Services da IBM, essas ferramentas já trouxeram grandes benefícios. O percentual de funcionários em disponibilidade — chamados de “reservas” — em determinado período caiu de 8 por cento para 3 por cento.¹⁸²

Gradualmente, a noção de serviços compartilhados se espalhou para outras partes da organização. Induzida por uma ideia surgida em um dos debates globais da empresa, a força de vendas criou os chamados Deal Hubs para ajudar vendedores em todo o mundo a consolidar e coordenar os vários processos exigidos para prestar serviços ao cliente assim que um contrato é assinado. Os grupos de tecnologia e consultoria combinaram-se para criar centros técnicos de excelência projetados para tratar de problemas específicos. Por exemplo, em 2008 a empresa

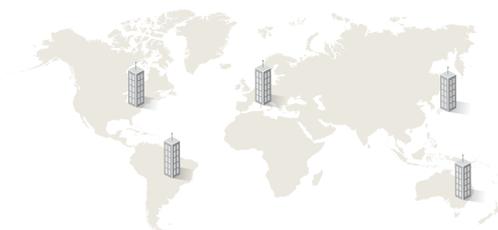
A Jornada Rumo à Integração Global

De meados do século XIX ao início do século XX:
a corporação internacional



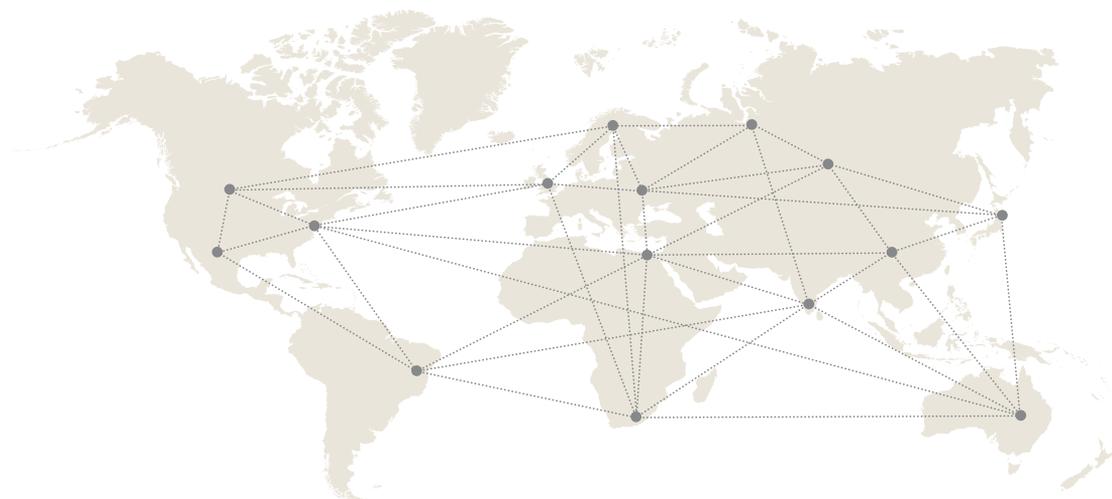
A maioria das operações se concentrava no país de origem, com vendas e distribuição no exterior.

Meados do século XX:
a corporação multinacional



A multinacional criava versões menores de si mesma em países ao redor do mundo e fazia pesados investimentos no local.

Século XXI:
a empresa globalmente integrada



Integrada por meio de valores e processos em comum, a empresa globalmente integrada coloca operações e funções em qualquer parte do mundo, com base no ambiente comercial, nas qualificações e nos custos adequados.

abriu um Centro Global de Excelência em Gestão de Recursos Hídricos em Amsterdã.¹⁸³ Em geral, a iniciativa de serviços compartilhados reduziu os custos anuais dessas tarefas de US\$ 16 bilhões em 2005 para US\$ 11,5 bilhões em 2010.¹⁸⁴

O mantra é “simplificação radical”. Nos próximos cinco anos, a IBM espera economizar US\$ 8 bilhões combinando a alocação do trabalho onde pode ser melhor executado, melhorias contínuas com o uso de ferramentas analíticas e concentrando suas oportunidades integradas em atividades de consultoria de alto valor.¹⁸⁵

Em sua corrida vertiginosa para se tornar uma empresa globalmente integrada, a IBM não está sozinha. Muitas corporações — inclusive algumas que são empresas internacionais há mais tempo até que a IBM — agora estão dando essa guinada. Vejamos o HSBC. Hoje, ele se refere a si mesmo como o “banco local mundial” — e está sendo literal. A empresa de serviços financeiros com 145 anos, que agora é uma das maiores instituições bancárias do mundo, formou-se originalmente em Hong Kong, como a Hong Kong and Shanghai Banking Corporation, mas atualmente é sediada em Londres e tem cerca de 8.000 escritórios em 87 países e territórios — inclusive uma filial nas pequenas Ilhas Cook, no Pacífico Sul. Dois dos principais executivos ficam em Hong Kong, inclusive o CEO Stuart Gulliver; três ficam em Londres. Na era da globalização, o HSBC tem resistido a todas as grandes mudanças que vêm afetando as corporações mundiais nos dois últimos séculos. Ele foi fundado para financiar o comércio crescente entre Europa, Índia e China. Em seguida, tornou-se internacional, abrindo gradualmente operações em outros países importantes. Agora, está se tornando realmente global — não só em escopo, mas também em filosofia.¹⁸⁶

QUANDO UMA EMPRESA CONTRATA PESSOAS TALENTOSAS em todo o mundo, um dos principais desafios é coordenar suas atividades — superando as diferenças de fuso horário, linguagem e cultura. Rogério Oliveira, ex-gerente geral da IBM América Latina, lembra-se como era quando o sistema de empresa globalmente integrada chegou ao Brasil em 2006. Na época, ele era o gerente regional. No início,

seu pessoal de prestação de serviços globais estava sendo pressionado de todos os lados por pedidos de grupos setoriais e produtos da IBM de todo o mundo. Eles não sabiam o que estava por vir e ele não sabia quantas pessoas contratar ou treinar.

Oliveira sentiu intensa pressão — especialmente perto do fim de cada trimestre. Ele tinha uma cota de vendas a atingir, mas ao mesmo tempo tinha de supervisionar esse novo fluxo de serviços prestados globalmente. “Eu me sentia como se estivesse sendo cortado em dois pedaços”, disse ele. Com o tempo, entretanto, surgiram novos sistemas de gestão e planejamento que tornaram a tarefa mais fácil. Além disso, disse ele, a cultura de empresa ajudava. “Você tem uma cultura e valores que são comuns a todas as pessoas da empresa. Isso torna mais fácil lidar com as pressões globais”, recordou.¹⁸⁷

Desde os primeiros tempos como empresa globalmente integrada, a IBM idealizou um sistema de gestão que abrange um grande conjunto de táticas. Entre elas, estão programas de treinamento de liderança, o uso do mais recente software de colaboração e a formação de equipes especiais com poderosos executivos globais, para ajudar os gerentes locais de países com mercado emergente a fazer grandes projetos decolarem.

Um exemplo: a IBM acionou 13 Global Engagement Teams (GET) entre 2008 e 2010 em países tão diferentes como Brasil, China, Turquia e África do Sul. Essas equipes de quatro ou cinco executivos monitoram gerentes regionais e os ajudam a criar relacionamentos com importantes clientes. Além disso, eles participam de uma ou mais iniciativas criadas para desenvolver as habilidades dos gerentes locais e trazer recursos globais da IBM para dar suporte a um país. Na África do Sul, por exemplo, Mark Hennessy, então CIO da empresa, ajudou os líderes locais a aconselhar as autoridades do governo sobre como projetar um sistema integrado de gestão financeira para reunir todos os órgãos do país. Ele aproveitou a rede de contatos da IBM para obter assistência dos principais arquitetos de software com expertise em projetar sistemas desse tipo. Isso tornou mais fácil para o governo levar seu projeto adiante. Em alguns meses, a IBM tinha obtido contratos para partes do sistema. “A equipe trouxe novas ideias através de novas conexões”, disse Katharyn White, vice-presidente de marketing da área de Global Business Services da IBM, que comandou a equipe GET sul-africana.¹⁸⁸

A maioria das grandes empresas oferece treinamento para desenvolvimento de liderança a poucas centenas de gerentes. A IBM, devido a sua equipe tão distribuída pelo mundo, percebeu que precisava desenvolver habilidades de gerenciamento de alto nível em toda a organização. Assim — em 2009 — ela criou um programa chamado Leadership Effectiveness and Development System, que usa ferramentas de análise de software para ajudar a identificar 60.000 funcionários com alto potencial. Esses IBMistas recebem aconselhamento na carreira e treinamento como líderes globais, e são colocados em uma lista usada para selecionar pessoas para cargos de gerência em qualquer lugar no mundo.¹⁸⁹

O trabalho que essas pessoas administram é diferente do que qualquer um de seus antecessores conduziam. Vamos ver como a IBM montou a versão mais recente do Lotus Symphony, seu pacote de aplicativos de software para PC. A partir de meados de 2007, as equipes de programação de software de Austin, no Texas; Raleigh, na Carolina do Norte; Pequim, na China; e Boeblingen, na Alemanha, começaram a trabalhar no programa. Pela primeira vez em sua história, a equipe de Pequim estava encabeçando um projeto global. Para estabelecer comunicação aberta e confiança entre pessoas que nunca tinham se encontrado pessoalmente, as equipes distribuídas usaram o aplicativo SocialBlue da IBM, sua versão interna do Facebook. Os programadores chineses estavam culturalmente condicionados a esperar instruções explícitas dos gerentes; então, Helen Dai, líder do projeto, nascida na China mas educada nos Estados Unidos, ensinou-os a ser mais proativos e a definir prioridades. “Eles logo estavam trabalhando como qualquer equipe de desenvolvimento trabalharia”, lembrou Michael Karasick, vice-presidente de um grupo de software da IBM que comandava na época as operações de desenvolvimento de software na China. O produto foi lançado em maio de 2008, no prazo e dentro do orçamento.¹⁹⁰

Ser um IBMista global não é só questão de capacidade. É também uma questão de cultura. A IBM tem uma tradição cultural muito forte na qual se apoiar — desde a luta de Watson pelas mulheres, minorias e portadores de deficiências ao pioneirismo de Watson Jr. com sua política de oportunidades iguais em 1954 e a uma grande variedade de programas lançados nos anos 1990. Eles se concentraram em eliminar do local de trabalho barreiras baseadas em raça e sexo,

de modo que as minorias e as mulheres se sentissem livres para expressar suas diferenças, em vez de tentarem se encaixar na cultura tradicional branca e machista. O resultado é bom: em 2010, a IBM foi classificada como número 1 na lista “Top 10 Companies for Global Diversity” (10 principais empresas da diversidade global), da DiversityInc. É a única empresa selecionada todos os anos pela *Working Mother Magazine* para fazer parte da lista “100 Best Companies” (100 melhores empresas) desde o lançamento da lista em 1985.¹⁹¹

Agora, em uma terceira onda, os gerentes de recursos humanos da empresa estão se voltando para questões interculturais e intergeracionais. Eles chamam isso de Diversidade 3.0, e isso abrange um wiki de Adaptabilidade Cultural no qual os funcionários podem contribuir e encontrar informações e recomendações sobre diferenças culturais nacionais e regionais. Eles também criaram uma ferramenta baseada na Web chamada Global Navigator que os IBMistas podem usar para selecionar um país e aprender formas de aprimorar suas interações com os colegas ou clientes que vivem nele.¹⁹²

NAS PRÓXIMAS DÉCADAS, a IBM espera continuar a se expandir e se integrar globalmente em ritmo acelerado — tanto junto aos clientes que atende quanto junto aos talentos que contrata. Ela montou uma unidade de negócios em 2008 para visar mercados emergentes e espera que seu percentual de receita nesses países cresça de 18 por cento naquele ano para aproximadamente 30 por cento em 2015, contribuindo com 50 por cento do crescimento da receita da empresa no período. Por exemplo, na África e no Oriente Médio, onde a empresa tinha apenas 10 filiais em 2000, em 2010 tinha 23 escritórios e espera aumentar esse número para 40 em 2015.¹⁹³

Alguns desses países são desafiadores para os negócios. A ideia é apostar que o investimento neles se pagará em anos ou até mesmo décadas a partir de agora. Tome-se o Iraque, por exemplo. A IBM começou a fazer negócios lá no ápice da guerra, em 2004. Takreem El-Tohamy, o egípcio que é gerente geral da IBM para África e Oriente Médio, lembra-se de ter viajado para Bagdá em um avião que mergulhou no aeroporto com as luzes desligadas, para não se tornar alvo de mísseis.

Ele vestia colete à prova de balas e um capacete sempre que se aventurava a sair do hotel para visitar clientes potenciais — e às vezes até dormia em um dispositivo de proteção. A primeira grande venda foi de computadores para a Universidade de Bagdá, cujo departamento de engenharia estava sofrendo com equipamento obsoleto. Como a “IBM está lá desde cedo, marcando presença e ajudando a definir a estratégia de TI no país, ela conquista os corações e mentes do povo”, disse El-Tohamy. “A longo prazo, este será um ótimo negócio para a IBM.”¹⁹⁴

Em países emergentes no Oriente Médio e na África, a IBM pretende primeiro estabelecer relações e vender e depois criar sedes em alguns desses “nós nacionais” de sua rede global de talentos. Seu contrato de 2010 para prestar serviços de gerenciamento de clientes e TI visando a expansão da Bharti Enterprises na África significa que a IBM vai prestar serviços em mais de uma dúzia de países, inclusive alguns nos quais nunca atuou anteriormente. Ela já tem um centro de fornecimento global com 1.000 pessoas na África do Sul e pretende usá-lo como base de treinamento para futuros funcionários na Nigéria e outros países com grandes populações e futuro econômico promissor.¹⁹⁵

Corporações ocidentais enfrentam desafios políticos espinhosos quando globalizam sua mão de obra. Milhões de empregos na indústria e na engenharia têm sido criados na Ásia e em outras áreas de baixo custo, e milhões de norte-americanos, japoneses e europeus ocidentais têm perdido seus cargos. Por exemplo, mais de 2 milhões de empregos na indústria norte-americana foram perdidos para a China entre 2001 e 2007, segundo o Instituto de Política Econômica dos EUA.¹⁹⁶ Carlota Perez, autora de *Technological Revolutions and Financial Capital: The Dynamics of Bubbles and Golden Ages*, convidou os governos e as empresas a se unirem e investirem em novas tecnologias e na formação de habilidades.¹⁹⁷

A IBM e alguns de seus irmãos corporativos estão atendendo. Nos Estados Unidos, a IBM criou centros de prestação de serviços tecnológicos em Dubuque, Iowa; East Lansing, Michigan; e Colúmbia, Missouri. Ela está ajudando seus funcionários a adaptar suas qualificações para os empregos do futuro e dando assistência às universidades para educar a próxima geração de trabalhadores do conhecimento. Além disso, a IBM juntou-se ao Estado de Nova York, à Universidade do Estado de Nova York em Albany e a parceiros corporativos para

estimular o desenvolvimento econômico centrado em nanotecnologia no norte do estado de Nova York, onde a empresa mantém uma de suas duas fábricas de chips. É um grande grupo de empresas, consórcios de pesquisa e instituições educacionais que, com suporte financeiro do estado, compartilham estabelecimentos de pesquisa, equipamento e ideias. As empresas que participam têm raízes em diversos países além dos Estados Unidos, inclusive Japão, Alemanha, Cingapura e Abu Dabi.¹⁹⁸ Essa aliança poderia tornar-se um modelo poderoso para a renovação econômica das economias desenvolvidas do mundo.

A aliança também demonstra que provavelmente a empresa globalmente integrada do futuro não se restringirá aos muros de uma empresa isolada — por mais agressiva que seja sua expansão no planeta. As empresas não só interligarão suas próprias operações amplamente distribuídas, mas se integrarão à comunidade global de negócios de todos os tamanhos, governos e universidades.

Esses tipos de esquemas prometem não apenas crescimento econômico, mas também uma contribuição significativa para a segurança e a ordem globais. Talvez Watson estivesse à frente de seu tempo com a “Paz Mundial via Comércio Global”. Ou talvez uma economia globalmente interligada seja algo mais do que mero comércio. Uma coisa está clara: as empresas só investirão em sistemas globais de produção se acreditarem que os países em que atuam estão a caminho de uma estabilidade duradoura. Ao mesmo tempo, elas não podem somente parar e esperar que os governos evitem as guerras, acabem com a corrupção e eduquem grandes massas pobres da população. A empresa globalmente integrada pode — na verdade, deve — ser uma força que ajuda a resolver esses problemas. Palmisano disse isso em seu manifesto na *Foreign Affairs*:

As autoridades do governo encontrarão nas empresas parceiros ansiosos por melhorar a educação e a assistência médica, proteger o comércio eletrônico e as vias do comércio mundial, treinar e capacitar os desabrigados e os desfavorecidos, enfrentar os problemas ambientais e as doenças infecciosas e atacar os inúmeros desafios trazidos pela globalização...

A mudança de corporações multinacionais para empresas globalmente integradas traz uma oportunidade para promover tanto o crescimento dos negócios quanto o progresso social. Mas traz problemas que são grandes e interconectados demais para serem resolvidos pela empresa sozinha ou apenas pelo governo.

Ser global tem significado muitas coisas diferentes ao longo de um século abarrotado de mudanças históricas. Mesmo assim, certas abordagens, habilidades e práticas subjacentes continuam essenciais e prometem continuar a ser na economia cada vez mais integrada do século XXI. As corporações modernas precisam de liderança nacional capaz de transformar as estratégias globais em práticas locais e vice-versa. Elas precisam abraçar a diversidade global — de pessoas, habilidades, ideias e recursos— e refletir a realidade de que as classes médias emergentes das antigas colônias mundiais são agora o motor de seu crescimento econômico e a fonte de novas gerações de inovadores. Elas precisam adotar sistemas de gerenciamento distribuído, horizontal, para cadeias de fornecimento cada vez mais interligadas, nas quais nenhuma organização pode determinar sua própria sorte. E precisam abraçar novas formas de desenvolvimento de lideranças para moldar uma nova geração de profissionais globais e cidadãos globais.

• • •

Como as Organizações se Envolvem com a Sociedade

Depois de uma crise econômica atingir o México em meados dos anos 1990, sua maior empresa de material de construção, CEMEX, cujo modelo de negócios sempre tinha sido B2B (Business to Business) decidiu começar a comercializar seus produtos diretamente para os milhões de mexicanos que construía ou reformavam suas casas. A ideia era que esse segmento talvez fosse mais estável do que outros em tempos de crise. A empresa colocou pesquisadores em campo para entrevistar proprietários e entender o mercado. Ela descobriu que, para vender a esse grupo de pessoas, muitas das quais eram pobres e viviam em pequenos barracos abarrotados, seria necessário inventar um novo modo de fazer negócios. Como resultado de seu trabalho, surgiu em 2000 uma iniciativa chamada Patrimonio Hoy, que significa algo como “propriedade hoje”.





**Uma nova economia global exige
um novo tipo de cidadão global.**

Uma das primeiras equipes do Corporate Service Corps da IBM abriu um novo caminho para unir treinamento de liderança e cidadania global. Ajudando a desencadear o desenvolvimento de negócios em Gana, em 2008, lá estavam (da esquerda para a direita): a especialista em processos comerciais Ritu Bedi, da Índia; o arquiteto tecnológico Pietro Leo, da Itália; a gerente da cadeia de fornecimento Julie Lockwood, dos Estados Unidos; o desenvolvedor de comunidades interativas John Tolva, dos Estados Unidos; o produtor de vídeo Charlie Ung, do Canadá; e o gerente de projetos Arindam Bhattacharyya, da Índia.



De 2008 a 2011, mil participantes do Corporate Service Corps foram acionados em 100 equipes em 24 países para trabalhar em projetos de desenvolvimento econômico voltados para a comunidade: **1.** Trabalhador têxtil em Gana, 2008. **2.** Membros do CSC Evelyn Bailey (esquerda), do Canadá, e Michele Grieshaber, dos EUA, na cidade de Ho Chi Minh, Vietnã, 2009. **3.** Clara Challoner Walker, do Reino Unido, membro do CSC, na cidade de Ho Chi Minh, 2009. **4.** O membro Dan Delos (esquerda), dos EUA, na cidade de Ho Chi Minh, 2009. **5.** Artesã em Gana, 2008.



6. O membro Charlie Ung, do Canadá, em Gana, 2008. 7. O membro Jordan Olivero (esquerda), dos EUA, em Chengdu, China, 2009. 8. Arindam Bhattacharyya, da Índia, durante treinamento de negócios, Gana, 2008. 9. Loja de hortifrúti na cidade de Ho Chi Minh, 2009. 10. Grieshaber na cidade de Ho Chi Minh, 2009. 11. O membro Guru Banavar (esquerda), da Índia, na cidade de Ho Chi Minh, 2009. 12. Cidade de Ho Chi Minh, 2009.

Por meio dessa iniciativa, a CEMEX começou a vender cimento e outros tipos de material de construção diretamente para os pobres, mas isso era apenas parte de uma solução completa que incluía serviços de logística, consultoria e financiamento. Geralmente, as famílias pagam US\$ 15 por semana, e o programa reduz o tempo de construção em 60 por cento e o custo em 35 por cento. Os chamados “promotores” locais, que vivem nas comunidades, vendem o pacote de material e serviços — semelhante ao que fazem as representantes autônomas dos produtos de beleza Avon. O programa começou como uma iniciativa comercial, mas os líderes da empresa logo perceberam que ele podia se transformar em muito mais: um modo de ajudar os mexicanos pobres a melhorar sua qualidade de vida e, no caso dos promotores, de colocar mais dinheiro no bolso. “Nós vimos que isso seria uma grande oportunidade de apresentar uma solução não apenas para as pessoas, mas também para o governo — reduzindo a pressão social e oferecendo às pessoas melhores moradias”, disse Israel Moreno, um veterano com 20 anos de CEMEX que administrou o Patrimonio Hoy desde o começo.

Desde então, o programa atendeu a 300.000 famílias mexicanas — ou aproximadamente 1,5 milhão de pessoas (a CEMEX expandiu o programa para Colômbia, Costa Rica, Nicarágua e República Dominicana). Ela está vendendo, pelo programa, 100.000 toneladas de cimento por ano no México. No entanto, o impacto ainda é pequeno. Moreno pretende, com o tempo, atender a 50 milhões de mexicanos. “Temos um longo caminho a percorrer”, disse ele.¹⁹⁹

O programa é só um exemplo, entre tantos hoje em dia, de empresas que começaram vendendo produtos e serviços para os 2 bilhões de pessoas em todo o mundo que, até agora, têm feito parte das economias informais locais — lutando para sobreviver com pouco trabalho e menos dinheiro. Desenvolvendo estratégias que tornam seus produtos acessíveis a esse mercado-alvo, embora lucrativo para elas, hoje em dia as empresas não só criam mercados, mas também criam a base de uma prosperidade maior para populações mais amplas e mercados muito maiores para seus produtos e serviços. “Esta é a maior oportunidade de crescimento que o mundo já viu”, disse o já falecido C. K. Prahalad, autor de *The Fortune at the Bottom of the Pyramid (A Riqueza na Base da Pirâmide)*.

A iniciativa Patrimonio Hoy também representa a vanguarda de uma importante guinada na forma de as corporações se envolverem com a sociedade.

Em vez de encarar a responsabilidade social corporativa como uma atividade secundária na qual as empresas se envolvem por culpa ou altruísmo, muitos líderes agora a veem, em suas manifestações mais recentes, como essencial a suas atividades comerciais e ao sucesso de sua empresa. Essa guinada, se totalmente realizada, poderia mudar não só a natureza das empresas, mas também a dos negócios propriamente ditos. “Nós temos o potencial para criar um capitalismo que é baseado em valores e coloca o objetivo de fazer a diferença no mundo no centro das operações comerciais”, disse Rosabeth Moss Kanter, professora da Harvard Business School e autora de *Supercorp: How Vanguard Companies Create Innovation, Profits, Growth, and Social Good (Supercorporação: como as empresas de vanguarda criam inovação, lucros, crescimento e bem-estar social)*.²⁰⁰

Por que aconteceu essa guinada? Pelo mesmo motivo que ocorreram outras guinadas nas empresas modernas: por causa das mudanças, durante o século passado, no modo de criar valor, de gerenciar pessoas e no modo de os negócios se tornarem globais. Agora as empresas também têm um relacionamento diferente com a sociedade — em grande parte pelo fato de o conceito de sociedade agora significar algo muito diferente do que já significou.

A partir da Renascença e alcançando o século XX, o conceito de sociedade referia-se amplamente às relações entre instituições políticas. Inicialmente, monarcas, nobres e líderes religiosos criavam suas regras para todas as pessoas em suas esferas de influência e controlavam os recursos econômicos da sociedade. O crescimento do capitalismo pôs em ação uma força nova e poderosa. No século XVII, a “mão invisível” do mercado (termo posteriormente criado pelo economista Adam Smith) era uma força progressiva que desafiava as velhas fontes de poder: a Igreja, o poderio militar do Estado e os regimes mercantis do comércio imperialista. Na verdade, à medida que o capitalismo cresceu em influência e em alcance global no século XX, ele rivalizou cada vez mais com o poder do Estado. Mesmo assim, os líderes empresariais geralmente não se achavam responsáveis por gerar benefícios sociais.

No despontar do século XXI, estamos em outro ponto de inflexão — um que provavelmente será tão importante quanto a guinada da sociedade feudal para a Renascença e o Iluminismo. A combinação de globalização, tecnologias digitais e autonomia dos cidadãos por meio do acesso a informações melhores e em maior

quantidade está criando o que a IBM chama de um Planeta Mais Inteligente. O funcionamento do mundo depende das relações entre vários sistemas globais interconectados: político, comercial, social e natural. Nosso planeta está se tornando um sistema de sistemas que ultrapassa as fronteiras de nações, indústrias, campos e disciplinas.

Assim, “sociedade” agora significa uma rede global de interesses interconectados, fundindo todos os tipos de atividades e finalidades humanas, inclusive as comerciais. E tanto o crescimento econômico quanto o progresso social dependem cada vez mais da capacidade de os governos, os líderes empresariais e os indivíduos trabalharem juntos para otimizar esses sistemas globais em prol da saúde, prosperidade e sustentabilidade do todo.

Na IBM, isso levou a uma crença de que agir de modo socialmente responsável não podia mais ser encarado como algo separado das atividades básicas da empresa. É encarado como um tipo semelhante de atividade — e igualmente essencial para o sucesso da companhia. Como Sam Palmisano disse na apresentação do Relatório de Responsabilidade Social Corporativa 2009 da IBM, “Lidar com os temas que desafiam o mundo atualmente — desde água tratada, melhor assistência médica, energia verde e melhores escolas até as cidades sustentáveis e vibrantes e o fortalecimento da força de trabalho e dos cidadãos — não representa uma escolha entre estratégia comercial e estratégia de cidadania. Em vez disso, representa a junção das duas coisas.” Em outras palavras, os sistemas de um Planeta Mais Inteligente — inclusive suas corporações — funcionam em um cenário compartilhado tanto de crescimento econômico quanto de progresso social, o patrimônio comum da humanidade. A empresa moderna não se envolve com a sociedade meramente pelo desejo de “fazer o bem”. Seus líderes fazem isso por causa do modo pelo qual o mundo funciona hoje em dia.

Com sua exposição na Feira Mundial de Nova York em 1964/65, a IBM pretendia mobilizar a imaginação de toda uma geração exibindo as possibilidades da tecnologia para fazer o mundo funcionar melhor.



Eles também o fazem por causa dos valores, da cultura e da mentalidade da próxima geração de pensadores, inovadores e funcionários. “A responsabilidade social está profundamente ligada aos valores da IBM”, disse Stanley Litow, vice-presidente de cidadania corporativa. “Ser socialmente responsável nos ajuda a atrair e manter os melhores talentos, pois é assim que se mantém a grandeza. A verdadeira responsabilidade social torna a empresa mais eficaz para nossos clientes. Ela minimiza o risco para a empresa e maximiza o retorno para os acionistas, para os funcionários e para a comunidade.”²⁰¹

Neste novo mundo, agora está claro que negócios e sociedade não estão separados e que nenhum dos dois pode ser otimizado sem o outro. Uma única empresa pode realmente mudar o mundo, pode levar ao progresso — da forma que Jeff O’Brien descreve no capítulo final de seu livro. Isso não significa que chegamos a algum estado idílico de unidade social e econômica. Na verdade, os novos desafios que enfrentamos podem ser até maiores do que os antigos.

A transformação da filantropia individual em empresa social foi de exploração gradual. A convicção de Watson de que a empresa tem uma responsabilidade social era pouco mais que uma intuição, sem modelos claros de gestão nem práticas comuns. A IBM e outras empresas voltadas para o futuro tiveram de construí-lo enquanto caminhavam. E elas estavam em conflito com as teorias econômicas dominantes. A sabedoria convencional sustentava que os negócios não tinham a capacidade nem mesmo o direito de perseguir o progresso social. Nessa versão, era responsabilidade moral de uma corporação servir aos interesses de seus acionistas. O economista Milton Friedman traçou os fundamentos dessa abordagem uma geração atrás. Ele escreveu: “Há uma e apenas uma responsabilidade social da empresa: usar seus recursos e envolver-se em atividades projetadas para aumentar seus lucros desde que ela... se empenhe em uma concorrência livre e aberta sem logro nem fraude.”²⁰²

Contudo, há uma crescente evidência de que essa visão tanto da economia quanto da sociedade já não descreve o mundo real. Na primeira década do século XXI, testemunhamos um padrão de crises sistêmicas que são inerentemente globais e também inerentemente econômicas e sociais, em esferas que vão do clima à alimentação, do varejo à segurança nacional, da energia às finanças. Quando o

mercado, a sociedade e o planeta se fundem, não existe essa coisa de não se intrometer na vida dos outros.

NA ÉPOCA DA FUNDAÇÃO DA IBM, essa visão do sistema era desconhecida. Mesmo a ideia de que a virtude cívica deveria ser expressa não só pelos indivíduos mas também pelas empresas era relativamente nova. O industrial norte-americano Andrew Carnegie, por exemplo, lutou para conciliar seus princípios com as políticas que adotou como CEO da maior siderúrgica do mundo. Pessoalmente, ele apoiava o direito de os trabalhadores se organizarem em sindicatos mas, quando a situação ficou crítica, ele mandou seu braço direito, Henry Clay Frick, esmagar os trabalhadores que estavam organizando o sindicato na usina da Carnegie Steel em Homestead, Pensilvânia.²⁰³ Isso resultou em uma batalha sangrenta entre os grevistas e a polícia privada contratada por Frick. Em livros e ensaios, Carnegie argumentou que a vida de um industrial deve ser cuidadosamente dividida em duas partes: seu papel como homem de negócios, quando ele se concentra na acumulação de bens, e seu papel como filantropo, depois que ele se aposenta, quando se concentra em doar bens a causas nobres. “No equilíbrio entre os dois papéis nós teremos um estado ideal, em que a riqueza excedente de poucos se tornará, no melhor sentido, a propriedade de muitos”, escreveu ele.²⁰⁴ Depois que Carnegie vendeu sua siderúrgica em 1901, além de fundar incontáveis escolas e bibliotecas públicas, ele estabeleceu um fundo de pensão para os aposentados da Carnegie Steel.

Em 1886, a Suprema Corte dos EUA concedeu às corporações os mesmos direitos dos cidadãos individuais sob os termos da 14ª Emenda da constituição norte-americana. No nível mais óbvio, isso foi simplesmente o reconhecimento de que as corporações já não eram braços do Estado, como tinham sido na era dos impérios mercantis, mas, em vez disso, sujeitos do Estado, a serem governados pelas mesmas leis seguidas pelos cidadãos. A analogia, entretanto, tinha implicações mais profundas. Se uma corporação tem alguns dos mesmos direitos legais de um cidadão, pode também ter algumas das responsabilidades morais ou sociais?

Watson, por exemplo, acreditava que sim. Ele não fazia distinção entre a responsabilidade da pessoa abastada e a responsabilidade da empresa. Embora Watson não se referisse ao caso de 1886 em seus textos, ele costumava argumentar que as empresas deviam agir como cidadãos responsáveis. Em alguns aspectos, ele estava adotando o legado do Movimento Progressista, mas aplicando-o à nova ciência da gestão de negócios. Os progressistas acreditavam que a ciência, a educação e um governo melhor poderiam tratar das fraquezas e das transgressões da sociedade. Eles ajudaram a eleger uma nova geração de líderes políticos que instituíram ondas e mais ondas de reformas, inclusive leis antitruste, normas que restringiam a especulação de mercado e regulavam a expansão do comércio mundial. Alguns grandes empresários caminharam lado a lado com os progressistas. Henry Ford, por exemplo, reconhecia que, dobrando o salário dos trabalhadores, ele poderia atrair e reter os melhores engenheiros e operários de montagem em Detroit. Ele também entendia que, pagando bons salários aos trabalhadores, os industriais criariam mercados de massa para os automóveis e outros itens de alto valor.

Na IBM, Watson também se tornou um reformista. As razões talvez estejam em sua carreira até aquele ponto, já que ele tinha enfrentado problemas na NCR. Depois de avançar profissionalmente com sua força de vendas, ele recebeu o pedido da direção da empresa para administrar uma subsidiária que vendia caixas registradoras usadas e funcionava sem ter de gerar lucro. Essa estratégia colocou alguns dos concorrentes da NCR para fora dos negócios e limpou o caminho para a empresa dominar o mercado em uma cidade após a outra. No final das contas, Watson foi um dos mais de 30 gerentes da NCR acusados de violar as leis antitruste e submetidos a julgamento. Ele foi considerado culpado, mas depois o veredicto foi anulado. Depois de uma série de discordâncias com o inovador e obstinado fundador da NCR, John Henry Patterson, Watson saiu da empresa em 1913.²⁰⁵

Watson sempre negou ter infringido a lei, embora os historiadores creiam que ele passou o resto da vida buscando a redenção —na verdade, mais do que a redenção—, apesar de nunca declarar isso publicamente. Ele era um homem com uma missão. Depois que foi contratado para administrar a recém-criada C-T-R, ele buscou posições elevadas em uma faceta dos negócios após a outra.

Em uma palestra que ele fazia para diversos públicos nos anos 1920 e 1930, ele disse: “Líderes empresariais não estão apenas ‘fazendo negócios’. Eles estão tecendo e entrelaçando toda a malha da civilização. Sua harmonia, seu padrão, seu desenho e seu mecanismo se devem à clareza de seu pensamento, sua engenhosidade, seus olhos voltados para o futuro, sua imaginação e seu caráter. Por essa razão, os líderes empresariais devem ser igualmente interessados e hábeis em todos os elementos que vão compor uma civilização que busque a paz, a prosperidade e a felicidade por meio da união dos esforços.”²⁰⁶

Watson e outros CEOs com ideias afins praticaram seus princípios de duas formas diferentes. Primeiro, eles desenvolveram a noção de retribuir à sociedade por meio de filantropia corporativa, modelada com base na filantropia privada de seus antecessores do século XIX. Em segundo lugar, eles se propuseram ser socialmente responsáveis entre suas quatro paredes, adotando práticas e políticas progressistas para seus funcionários.

Nas gestões dos dois Watsons, a IBM foi líder em filantropia corporativa e em política socialmente consciente. Resultado: no final dos anos 1980, a IBM estava contribuindo com quase \$200 milhões por ano para caridade em todo o mundo. Watson pai foi a consciência da empresa desde cedo e, conforme a IBM se expandia pelo mundo, também crescia a própria compreensão e preocupação de Watson para com os pobres e oprimidos de todo o mundo. Em 1950, ele viajou de navio à América Latina para visitar instalações da IBM. Estava marcada uma reunião na agitada cidade portuária de Buenaventura, na Colômbia. Lá, vestido formalmente com seu terno escuro e seu colete, ele passou após o almoço pelas ruas lamacentas e não pavimentadas da cidade com o veterano executivo da IBM Luis Lamassonne. Watson ficou chocado com a sujeira e a pobreza em que viviam as crianças de Buenaventura. Lamassonne lembrou-se de Watson ter-lhe dito: “Nós temos uma responsabilidade aqui. Nós temos de ajudá-las a obter educação e melhorar suas vidas.” Em resposta, Lamassonne criou um programa de ajuda às crianças dentro da IBM, que incluía aulas de costura nas quais as esposas de funcionários da IBM faziam roupas para crianças.²⁰⁷

Uma década depois, Thomas Watson Jr. adotaria a causa da igualdade racial. Fazia muito tempo que a IBM contratava pessoas de raça negra nas mesmas



Thomas Watson acreditava que as organizações comerciais tinham uma responsabilidade não somente com seus funcionários, mas também com as comunidades em que funcionavam. Quando ele passeou pelas ruas de Buenaventura, na Colômbia, com o executivo da IBM Luis Lamassonne em 1950, a pobreza que viu o atingiu pesadamente, dando origem ao programa da IBM para ajuda às crianças.

condições das de raça branca e em 1944 ela se tornou a primeira corporação a apoiar o United Negro College Fund. Em 1953, quando a IBM estava negociando com autoridades do governo em Kentucky e na Carolina do Norte para estabelecer fábricas lá, Watson Jr. lhes informou que planejava integrar inteiramente as instalações. Isso foi 11 anos antes de a Lei de Direitos Civis norte-americana declarar ilegal a segregação racial nas empresas, nas escolas e nos locais que serviam o público. “Eu disse a eles que não iria tolerar a postura de separados-mas-iguais em minha empresa, ‘e se vocês insistirem, eu levo as minhas fábricas para outro lugar’”, Watson recordou em 1990, em um encontro com J. T. Childs Jr., que na época chefiava os programas de diversidade na IBM.²⁰⁸ Para aumentar a pressão sobre os governos, Watson distribuiu uma carta aos gerentes da IBM estabelecendo formalmente a política da IBM de contratar pessoas sem considerar raça, cor ou credo, tornando-se a primeira empresa dos EUA a tomar uma atitude dessa espécie. Os jornais locais publicaram artigos sobre a carta. Os governadores recuaram e ambas as fábricas se abriram em 1956.²⁰⁹

A nação estava profundamente dividida na questão racial, mas a IBM se pronunciou repetidas vezes pelas oportunidades iguais. Em 1968, estimulada pelo Senador Robert Kennedy, a empresa estabeleceu uma fábrica para 300 funcionários no bairro pobre e predominantemente negro de Bedford-Stuyvesant, na cidade de Nova York. Era uma época em que muitas empresas estavam fechando fábricas nas áreas pobres dos centros das cidades.²¹⁰ A desigualdade também estava na mente de Watson quando ele escreveu um artigo opinativo para o *New York Times* em 1970. Citando o fato de que os não brancos tinham uma expectativa de vida seis anos menor que a dos brancos, ele defendeu a ideia do seguro de saúde universal. Ele tinha se oposto à ideia de medicina socializada quando o presidente Harry Truman a tinha proposto em 1949, mas depois mudou de opinião. “Nós precisamos trazer a totalidade da assistência médica norte-americana para todo o povo norte-americano”, escreveu. “Como somos a maior nação do mundo, creio que esse é o mínimo que podemos fazer.”²¹¹

Quando o assunto é proteção ambiental, a abordagem da IBM tem sido consistentemente ativa. Há aproximadamente 40 anos, Watson Jr. determinou que

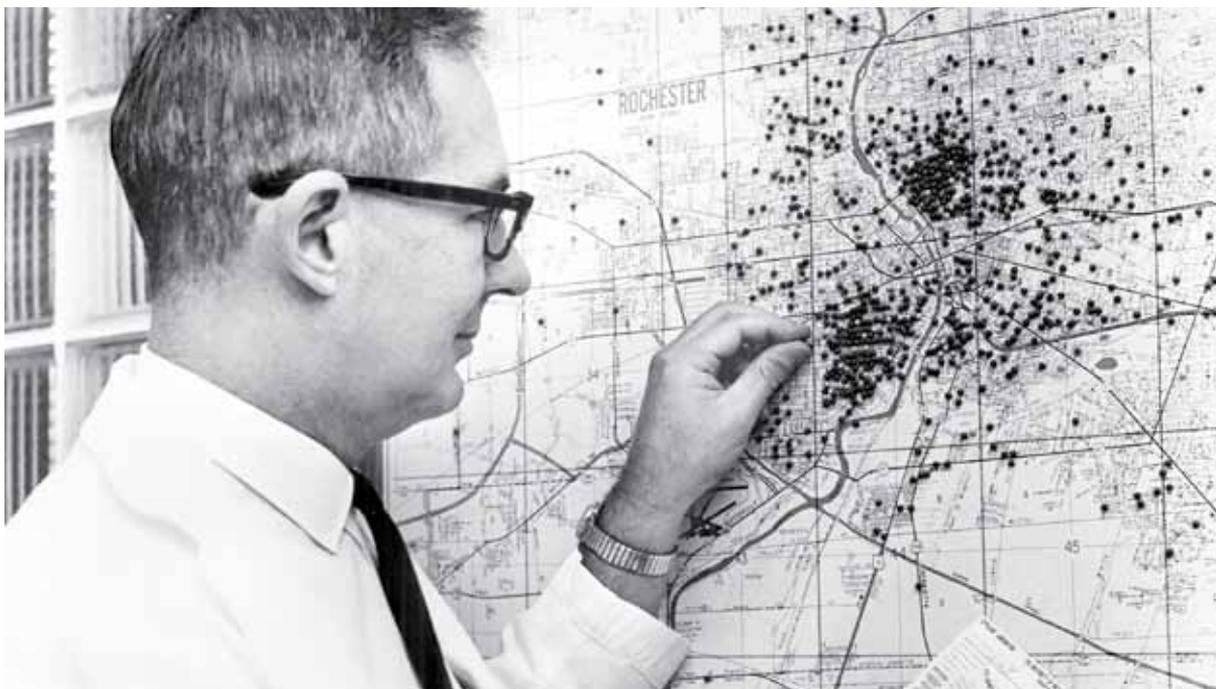
a IBM fosse um dos líderes na proteção do ambiente. Em 1978, depois que a empresa descobriu a contaminação do lençol freático em sua fábrica de Dayton, Nova Jérsei, ela implementou voluntariamente um programa que mandava que todas as fábricas investigassem e controlassem produtos que contaminassem o lençol, e isso foi muito antes da regulamentação que exigiu essas atividades. Por anos e anos, a IBM tem ampliado seu foco, do controle da poluição para a prevenção da poluição e para a inovação em prol do ambiente. Por exemplo, ela desenvolveu a tecnologia de Rede de Energia mais Inteligente para ajudar as concessionárias de eletricidade a administrar a energia com mais eficiência e adicionar fontes alternativas a seus sistemas, inclusive a eólica e a solar. “Uma boa gestão ambiental não é apenas um imperativo para as sociedades das quais fazemos parte; ela também faz muito sentido para os negócios”, disse Wayne Balta, vice-presidente de segurança de produtos e assuntos ambientais corporativos. “As empresas que não lidam adequadamente com suas responsabilidades sociais não são eficientes nem sustentáveis.”²¹²

A GUINADA PARA UMA SOCIEDADE E UMA ECONOMIA GENUINAMENTE GLOBAIS, que se acelerou drasticamente com o surgimento da World Wide Web, mudou o foco da empresa. A partir de meados dos anos 1990, os líderes da IBM começaram a pensar como uma empresa poderia contribuir mais eficazmente para ajudar o mundo a funcionar melhor — com mais eficiência, mais criatividade e mais sustentabilidade. Em vez de apenas dar dinheiro ou usar suas próprias políticas para dar o exemplo, a nova estratégia era liderar, com a tecnologia e a expertise da IBM, e se envolver diretamente no desenvolvimento social.

O primeiro alvo dessa abordagem ativista foi a educação. Apesar de seu êxito, os sistemas educacionais dos EUA e de outros países estavam sob uma tensão crescente. Em 1994 a empresa começou a trabalhar diretamente com os distritos escolares para melhorar a eficiência e a eficácia deles, envolvendo-se por fim com 25 distritos nos Estados Unidos e 12 em outros países, em uma iniciativa plurianual de \$75 milhões. Além disso, Gerstner organizou a cúpula National Education

Summit, ocorrida em 1996, que contou com a participação do presidente Bill Clinton, de numerosos educadores, grandes empresários e governadores de todos os 50 Estados norte-americanos. Foi o primeiro encontro de política educacional de grande escala convocado por uma corporação. E teve resultados. Quando os participantes saíram do encontro, tinham chegado a um consenso: para melhorar a educação pública, era preciso melhorar a noção de responsabilidade. Isso ajudou a inspirar os esforços que hoje continuam a avaliar o desempenho escolar e também iniciativas como as escolas públicas independentes.

Esse movimento da filantropia para a ação direta foi acelerado pela guinada da IBM rumo à agenda de um Planeta Mais Inteligente. A empresa está integrando suas estratégias sociais, de pesquisa e de negócios, e está a caminho de destinar 50 por cento de suas pesquisas à ciência e à descoberta do Planeta Mais Inteligente.²¹³ Ela está gastando bilhões de dólares para ajudar a desenvolver sistemas mais inteligentes para o governo, a educação, assistência médica, energia, alimentação, água e outros aspectos essenciais da infraestrutura da sociedade. Ela está aplicando tecnologias e recursos mais inteligentes às iniciativas sociais, de novas maneiras — como a World Community Grid, que aproveita o tempo livre dos PCs das pessoas para dar suporte a projetos de pesquisa que envolvem enorme quantidade de números, como o desenvolvimento de energia limpa, a descoberta de uma cura para HIV/AIDS e a formulação de variedades mais nutritivas de arroz, um alimento básico nas áreas pobres do mundo. E ela sistematizou e ampliou o voluntariado de uma forma pioneira, por meio do programa On Demand Community, que dá a mais de 150.000 funcionários e aposentados um conjunto avançado de ferramentas de software e informações que eles podem usar para aplicar sua expertise a fim de ajudar suas comunidades. Desde 2005, o programa registrou mais de 10 milhões de horas de trabalho voluntário. E a IBM continua entre os colaboradores corporativos mais generosos e socialmente responsáveis, doando um valor estimado em \$185 milhões em uma combinação de



A IBM tem enfrentado sistematicamente os enormes desafios de seu tempo – o que frequentemente envolve questões que permeiam toda a sociedade.

Por gerações, a IBM tem usado os dados para melhorar a assistência médica. Em 1969, a empresa ajudou o Dr. Stanley Patten Jr. (acima), do Strong Memorial Hospital de Rochester, Nova York, a correlacionar as ocorrências de câncer cervical com a pobreza urbana. Hoje, a saúde de bebês prematuros no Hospital for Sick Children, em Toronto, Canadá, é monitorada pelo Instituto de Tecnologia da Universidade de Ontário (representada nesta imagem extraída de um anúncio da IBM) usando-se pesquisa de lógica avançada e tecnologia de computação de fluxos da IBM.



dinheiro, produtos e serviços em 2009.²¹⁴ Ela contribuiu com mais de \$3 bilhões de 1986 a 2009.

NOS ÚLTIMOS ANOS, cada vez mais corporações têm procurado formas de integrar as atividades de seus negócios e seus esforços sociais — desde o compromisso da Salesforce.com para contribuir com 1 por cento do capital da empresa, 1 por cento de seus produtos e 1 por cento do tempo de seus funcionários para causas nobres,²¹⁵ até a ajuda da Coca-Cola para criar mais de 2.500 pequenos negócios que empregam mais de 12.000 pessoas e geram US\$ 500 milhões de receita anual em áreas de difícil acesso na África.²¹⁶

Na verdade, está ficando cada vez mais difícil dizer onde termina o interesse próprio de uma empresa e onde começa a sua responsabilidade social. A IBM formou seu Corporate Service Corps (CSC) em 2007 como um elemento de seu Global Citizen's Portfolio — um conjunto de inovações de políticas e programas, projetado para capacitar os IBMistas a serem de fato profissionais e cidadãos globais do século XXI. O CSC em particular empenha-se em desenvolver as habilidades e a experiência de uma nova geração de líderes. Ele organiza pequenos grupos de IBMistas com alto potencial e talentos diversificados e os envia a países em desenvolvimento para ajudar a traçar estratégias de desenvolvimento econômico, reforçar os serviços do governo e melhorar sistemas como os de transporte e saúde. Em 2010, a empresa enviou 430 líderes potenciais e 36 executivos em missões do CSC.²¹⁷

Em maio de 2010, a IBM enviou uma equipe de seis executivos a Katowice, na Polônia, para ajudar as autoridades do governo a desenvolver um plano para revitalizar não somente a cidade, mas também toda aquela região do país. Eles realizaram dúzias de entrevistas para levantar informações em toda a região antes de produzir uma série de recomendações. Durante uma entrevista coletiva no final das três semanas de visita da equipe, o prefeito de Katowice, Piotr Uszok, um engenheiro que entrou para a política depois que a Polônia se tornou uma

democracia, disse que sua visão sobre a IBM tinha mudado. Antes, ele só conhecia a empresa como uma respeitada líder em tecnologia. “Por causa deste programa, nós vimos a outra face da IBM”, disse. “Esta empresa não está concentrada apenas em seus próprios projetos tecnológicos e em fazer dinheiro, mas também ajuda as pessoas e os governos a funcionar melhor no mundo moderno.”

Fatos semelhantes estão ocorrendo em outros lugares. No Vietnã, membros de uma equipe do CSC delinearum um plano que poderia ajudar a Cidade de Ho Chi Minh a se tornar uma das mais avançadas da Ásia em termos tecnológicos. Em Gana, outra equipe ajudou os artesãos locais a comercializar seus trabalhos globalmente, por meio de um site, e conectou-os com importadores nos Estados Unidos e na Europa.

Essa experiência foi especialmente gratificante para um IBMista. Charles Ung, um produtor de vídeo da IBM que trabalha em Vancouver, no Canadá, foi refugiado do Camboja quando criança. Ele foi jogado de um barco por piratas no Mar da China Meridional, mas foi pego por seu pai, que pulou do barco para salvá-lo. Ung sabe como foi afortunado por sobreviver e se mudar para o Canadá com sua família. “Ir a Gana foi importante para mim. Eu queria fazer a diferença na vida de alguém, e a IBM me ajudou a realizar isso”, disse Ung.²¹⁸

A vontade de fazer a diferença na vida de outras pessoas é um impulso tão antigo quanto a própria humanidade e é a mola mestra da caridade. Hoje, contudo, podendo combinar o poder do capitalismo e o desejo de fazer o bem, as empresas, os governos e as empresas sem fins lucrativos têm oportunidades melhores para ter progresso em problemas aparentemente insolúveis, como a pobreza, a doença e a degradação ambiental. Um mundo mais próspero, saudável e ambientalmente equilibrado é um lugar melhor para fazer negócios, é claro, mas neste exato instante, na esteira da queda das empresas ponto-com e do desastre financeiro global, esse tipo de atividade também apresenta outra oportunidade para os negócios. “Nós podemos recuperar o papel dos grandes empresários como respeitados membros da comunidade”, disse Rosabeth Moss Kanter, de Harvard.²¹⁹

ESTE É O TEMPO DA EXPERIMENTAÇÃO E DA INVENTIVIDADE SOCIAL — tanto para as grandes corporações quanto para as formas emergentes de comunidades e negócios. Por exemplo, a companhia alimentícia global Danone formou um empreendimento conjunto em Bangladesh, com o Grameen Group. A nova empresa, chamada Grameen Danone Foods, produz iogurte nutritivo para crianças pobres de 3 a 8 anos — cerca de 14 milhões de pessoas. Porções infantis são vendidas por 5 e 7 centavos de dólar. Como um dos objetivos da empresa é reduzir a pobreza, ela adquire os ingredientes em fornecedores locais e usa mulheres empreendedoras do local como distribuidoras. É uma *empresa social* — um termo cunhado por Muhammad Yunus, fundador da Grameen e ganhador do Prêmio Nobel da Paz, para se referir a empresas que reinvestem seu lucro operacional para expandir as atividades em vez de destiná-lo aos acionistas.

Para a Danone, o empreendimento conjunto tem três objetivos. Ele ajuda a cumprir a missão da Danone no sentido de “trazer saúde nutrindo tantas pessoas quanto possível”. É uma fonte de inspiração e lições para outros projetos de empresas sociais em todo o mundo. E traz lições que a empresa pode usar em seus negócios tradicionais. Por exemplo, o empreendimento conjunto montou sua primeira fábrica em Bangladesh por um custo de apenas US\$ 700.000, em comparação com o custo mais comum de até US\$ 20 milhões para a Danone construir uma nova fábrica. “Administrar uma empresa social nos obriga a contestar nossos métodos usuais, explorando novas formas de fazer negócios”, disse Corinne Bazina, funcionária da Danone há 15 anos e diretora executiva do empreendimento conjunto Grameen Danone.²²⁰

Em um discurso na Chatham House britânica no início de 2010, Palmisano fez uma chamada à ação, incentivando os líderes empresariais e governamentais a se unirem para enfrentar os problemas do mundo e usar os recursos que hoje estão à sua disposição para criar um planeta mais inteligente. Seu discurso foi pragmático, concentrando-se em como criar sistemas mais inteligentes. Entretanto, ele estava inconscientemente fazendo ecoar a advertência de Thomas Watson nos anos 1920 de que os empresários não deveriam apenas fazer negócios; eles deveriam estar “tecendo e entrelaçando toda a malha da civilização”.²²¹ Graças, em grande parte, ao progresso da tecnologia e à evolução das instituições e relações sociais, o que inclui a empresa, os negócios e os governos modernos, nós agora temos um enorme conhecimento sobre como o mundo funciona de fato — muito mais do que na época de Watson. “Com esse conhecimento”, disse Palmisano, “podemos reduzir o custo e o desperdício, aumentar a eficiência e a produtividade e elevar a qualidade de tudo: nossos produtos, nossas empresas e até nossas cidades.”²²²

Visto desta forma, o envolvimento das empresas com a sociedade assume um caráter que é muito mais poderoso e sustentável do que o mero altruísmo. O engajamento social se torna a expressão definitiva de como uma empresa cria valor. Para si mesma, para seus clientes e para o mundo.

• • •

O choque financeiro ocorrido no fim de 2008 abalou as fundações dos sistemas bancários, do comércio e do mercado de capitais em todo o mundo, e seus efeitos serão sem dúvida sentidos por muitos anos. No entanto, ele é apenas uma manifestação de uma guinada mais profunda. Quer estejamos observando um ambiente natural ameaçado pela mudança do clima ou pela geopolítica do petróleo e outros recursos, ou observando ameaças à segurança vindas do terror ou do crime, podemos ver que as mudanças que tomaram forma no século passado precisam agora se aglutinar em um novo padrão de engajamento humano — em relação ao trabalho que fazemos, seja no comércio, na governança ou na vida cotidiana.

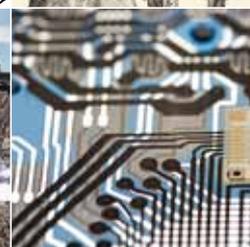
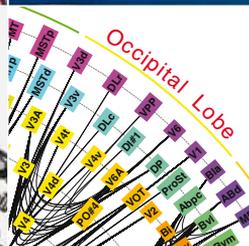
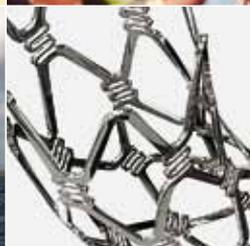
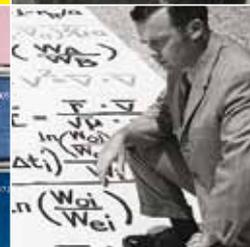
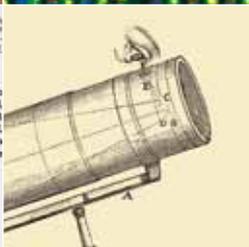
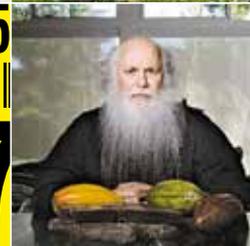
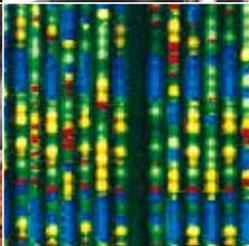
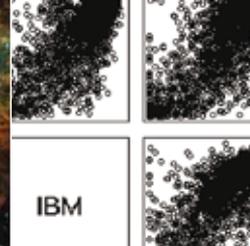
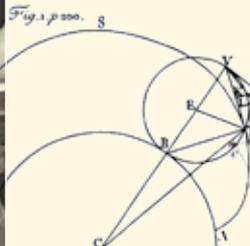
A partir de agora, o trabalho será global, o valor dele se baseará na qualidade do pensamento, o modo será colaborativo. As organizações que dominam as novas abordagens ao trabalho serão as que têm culturas próprias e duradouras. Isso será verdade independentemente do grau em que um negócio, uma comunidade ou um esforço seja local. Essa nova realidade significa que precisaremos desenvolver novos sistemas de governança e novas formas institucionais — para enfrentar os desafios de criar crescimento econômico e progresso social em nossos bens comuns compartilhados. A empresa moderna será um deles, edificada sobre as inovações do século passado.

Da mesma forma que os avanços tecnológicos tornaram o mundo menor, mais interconectado e mais dinâmico, o impacto das corporações sobre toda a sociedade cresceu enormemente nos últimos 100 anos. São poucas as coisas (entre elas a guerra, a revolução e a mudança climática) que podem afetar o todo da humanidade tão profundamente quanto as atividades das organizações que utilizam os talentos e recursos do mundo e os põem para trabalhar. Dessa forma, as empresas, juntamente com as universidades, os governos e as ONGs, podem ser uma força propulsora a favor do progresso — ou contra ele.

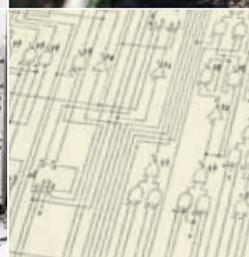
Cada organização tem de encontrar seu próprio caminho, mas os líderes da IBM acreditam que as pressões socioeconômicas do presente e as oportunidades comerciais do futuro afetarão a maioria das empresas, mais cedo ou mais tarde. Provavelmente mais cedo. Assim, a IBM prevê uma ampla guinada secular na forma de as empresas se definirem e funcionarem. E não basta apresentar as questões fundamentais, espreitar o futuro obscuro e adivinhar o que será exigido dos líderes e das organizações dentro de 10 ou 20 anos. Os líderes têm de estudar a evolução dos negócios, do capitalismo e da empresa moderna para compreender aonde eles estão indo. “O que assegura que teremos um futuro é o conhecimento do passado”, disse o documentarista Ken Burns.²²³

A empresa moderna continuará a evoluir no século XXI. Exatamente como fez quando passou a existir há 100 anos, ela será moldada por líderes que responderão de novas maneiras às questões fundamentais. Como a organização criará valor? Como comandará e motivará os funcionários? Como funcionará? E como se envolverá com a sociedade? Devido às forças promissoras que agora estão sendo liberadas, as melhores corporações do futuro têm uma oportunidade histórica de criar valor em todas as dimensões da aventura humana.

• • •



| | | |
|------------------|-------------------------------------|----------|
| 200 | 58.6934 | 6 |
| 4s ² | [Ar]3d ⁸ 4s ² | [Ar] |
| 0 | 7.6398 | 7 |
| F _{9/2} | 46 ¹ S ₀ | 47 |
| 1 | Pd | A |
| im | Palladium | S |
| 550 | 106.42 | 10 |



Mais de uma década depois de sua decisiva operação, Mike May ainda tende a fechar os olhos em longas conversas. É um hábito que ele desenvolveu nas semanas e meses depois de submeter-se a um tratamento experimental com células-tronco para recuperar a visão. Após 43 anos sem enxergar, May foi repentinamente confrontado com uma enorme quantidade de imagens que inundaram seu sistema de navegação e fizeram ruir sua compreensão do mundo. Mesmo cego, May era um cidadão independente, produtivo e autoconfiante. Então ele foi desnordeado pela visão.²²⁴

Tendo ficado cego aos 3 anos de idade devido a um estranho acidente químico, May passou décadas decifrando o mundo por meio de informações incompletas. Ele se tornou um exímio tecnólogo e inventor de um dispositivo de navegação GPS para deficientes visuais; um viajante entusiasmado; marido e pai de dois filhos; e um esquiador de nível internacional capaz de descer as encostas das montanhas a 105 km por hora. Recuperar a visão em um dos olhos (o dano no outro era irrecuperável) mudou tudo — e nem sempre da melhor maneira. Muitas situações do dia a dia ficaram muito difíceis de suportar. Os lábios das pessoas se movendo, expressões faciais retorcidas, gesticulação frenética — tudo isso dificultava a conversa. Esquiar tornou-se muito mais perigoso quando o processo foi complicado pela paisagem no pico das montanhas, pelo céu azul e ensolarado, pelas enormes sombras e pelas imagens de outros esquiadores. Então May começou a fechar os olhos para poder se concentrar. “Tenho certeza de que chegará o dia em que toda essa comunicação visual terá mais significado para mim”, escreveu May no *Guardian* pouco tempo depois da operação, “mas por enquanto é só perturbador”.²²⁵

Por mais impressionante que o procedimento fosse do ponto de vista médico, era só o começo de uma história incrível, narrada no popular livro *Crashing*

Through, sobre um homem que vai da autossuficiência à paralisia funcional e vice-versa.²²⁶ Não costumamos pensar na visão como um processo aprendido, porque ocorre muito no início da vida. No entanto, como demonstraram as angústias de May, ver é uma viagem por si mesmo. A sobrecarga não foi a única complicação. Os novos dados visuais desafiaram as percepções já consolidadas de May. O quebrar das ondas era particularmente desconcertante. Seus ouvidos lhe diziam que a beira do mar era agitada e assustadora; sua visão lhe dizia que ela era suave e tranquila.

May também precisou repensar o funcionamento do mundo. Ele sempre imaginou seu entorno em uma grade vetorial; a visão revelou uma realidade muito mais desorganizada. As autoestradas não vão de norte a sul e de leste a oeste; elas se curvam e se ondulam conforme o terreno. Em sua cabeça, ele havia desenhado diagramas de aeroportos inteiros para fazer os caminhos entre portões de embarque, escadas rolantes, esteiras de bagagem e filas de táxi. Esses mapas, contudo, revelaram-se lamentavelmente incompletos. Eles o orientavam sobre como ir de A a B, mas ignoravam grande parte da complexidade — as lojas, os sanitários, os caminhos alternativos e o caos organizado — que havia entre esses dois pontos.

May é um homem com muita energia e um desejo impressionante de fazer mais na vida do que apenas sobreviver. Mas ele também é uma metáfora. Todos nós lidamos com um bombardeio de visões. Os dados sobrecarregam nossos sistemas de navegação e desafiam nossas noções de como o mundo funciona. Bilhões de sensores, câmeras, microfones, telescópios, microscópios e telefones celulares estão constantemente capturando fluxos de informações sobre tudo o que acontece à nossa volta — os menores movimentos, as mais leves alterações na composição química, as atividades mais sutis nos pontos mais distantes do espaço, dentro de átomos e praticamente em tudo. May está em uma batalha permanente para reinterpretar o mundo com todos os sentidos. E nós também estamos.

Se conseguirmos descobrir o significado de todos os dados, os efeitos serão transformadores. Mais uma vez, May serve de exemplo. Da mesma forma que muitos pais orgulhosos, ele coloca sua esposa e seus dois filhos acima de tudo. Ele nunca imaginou que alguma coisa pudesse fazê-lo amar ainda mais sua família. Então, de repente, algo fez isso acontecer — foi o momento em que ele viu, pela



Após 43 anos de cegueira, Mike May submeteu-se a um tratamento de células-tronco para recuperar a visão. Essa arriscada operação deu certo, mas o resultado foi muito diferente do que ele imaginava. A capacidade de ver confundiu tudo, desnor-teou seu sistema de navegação e subverteu sua compreensão sobre como o mundo funcionava.

primeira vez na vida, a cor dos olhos de seus filhos e a beleza do sorriso de sua esposa.

O QUE A IBM FAZ? Esta é uma pergunta que muitos dos mais de 425.000 funcionários da empresa sem dúvida já fizeram.²²⁷ O reconhecimento da marca permanece forte em todo o mundo mas, desde a venda da divisão de computadores pessoais, ficou mais difícil explicar isso às pessoas. Os analistas financeiros e a mídia usam abreviações categóricas como “software e serviços”, “tecnologia da informação” ou “consultoria”. Embora tudo isso seja pelo menos parcialmente verdadeiro, eles dificilmente formam uma imagem completa da missão da empresa ao longo de um século. O presidente e CEO Sam Palmisano tem uma ideia de por que a pergunta pode ser tão difícil de responder. “Nós nunca nos definimos por um produto de sucesso. Desde o começo, os Watsons sentiram que a IBM sempre tivera um objetivo maior”, ele me disse na sede da empresa em Armonk, Nova York.²²⁸ “A IBM sempre teve uma cultura de inovação e de tomar atitudes profundas. Nós sempre tentamos fazer o mundo funcionar melhor. E isso certamente ainda é verdade hoje em dia.”

Os IBMistas fazem o mundo funcionar melhor. Isso é mais interessante do que “software e serviços”, mas só um pouco mais esclarecedor. Talvez seja útil citar alguns exemplos. No decorrer de um século, a IBM se posicionou como uma parceira de inovação para empresas e instituições em todo o mundo. A empresa possibilitou viagens espaciais e desenvolveu programas sociais, redes de energia mais inteligentes, sistemas de reserva de viagens e cadeias de fornecimento mais eficientes. Todos esses projetos — e centenas de outros — parecem ter a capacidade de fazer o mundo funcionar melhor. Mas o que os separa de, digamos, criar um smartphone mais atraente, o que, aos olhos de muita gente, certamente contribui para um mundo melhor?

É em parte uma questão de escala. As maiores realizações da IBM envolvem projetar e aperfeiçoar as arquiteturas variadas de nosso planeta. Existe um termo científico genérico para essas arquiteturas: sistemas complexos. Sistemas

complexos são imensamente complicados, mas não é por isso que têm este nome. Aqui, a palavra *complexos* é sinônimo de “imprevisíveis” — ou, pelo menos, não facilmente previsíveis. Sistemas complexos englobam milhares ou até milhões de partes interligadas cujas interações não são lineares e sim inesperadas. Trabalhando juntas, elas produzem resultados surpreendentes.

Você conhece um sistema complexo quando vê um. Na verdade, eles estão em todo lugar. Nós interagimos com dúzias deles a cada dia. Eles existem tanto na natureza quanto por criação humana e compõem a essência de nossas vidas. Um sistema cardiovascular é o trabalho conjunto que envolve um coração e os pulmões, veias, vasos capilares, sangue e substâncias químicas — todos eles sistemas complexos por si mesmos — que, por sua vez, cooperam com um sistema digestivo, um sistema nervoso e assim por diante, para produzir um resultado surpreendente: a vida animal. O trigo é uma combinação de raízes, caule, folhas, palha e semente em grão, juntamente com muitos componentes em nível molecular, todos eles interagindo com a luz do sol, o solo e a água para produzir a maior fonte de proteína vegetal do mundo. Um site de comércio eletrônico é a interface inicial de um complexo sistema de vendas a varejo que interage com uma cadeia de fornecimento, uma rede de energia e um sistema financeiro para entregar bens e serviços a clientes ao clique de um botão. O motor, os freios e o projeto de um carro; as estradas, as ciclovias, os pedestres e os semáforos; trens, ônibus e aviões — são todos componentes de um sistema de transportes altamente complexo que nos leva aonde queremos ir.

Todos nós gostaríamos que esses sistemas funcionassem melhor, mais eficientemente e de modo mais sustentável. Mas como colocar nossos braços e cérebros a serviço de algo tão vasto como, digamos, a educação? E mais: como descobrir uma forma de mudá-la? Um bom começo é determinar o que está errado. Infelizmente, só isso já envolve analisar uma enorme quantidade de variáveis a fim de avaliar o efeito de tudo, do pagamento e qualidade dos professores à idade dos livros escolares, às avaliações, à duração do dia e do ano letivos e até mesmo aos ciclos de sono e alimentação. No caso da saúde é ainda pior. Melhorar a saúde como um todo diminuiria a ineficiência e o inchaço de nosso sistema de

saúde (e vice-versa). Até mesmo acabar com um problema alarmante, como a obesidade infantil, liberaria recursos para melhorar outros aspectos do sistema. Mas de onde vem a obesidade? De um emaranhado de fatores, inclusive nutrição, condições econômicas, subsídios agrícolas, autoestima, propagandas, qualidade do transporte público, políticas de merenda escolar e o acesso a supermercados, seguro saúde e áreas de recreação.

Os seres humanos podem ser muito surpreendentes. Todos os dias nós combinamos observação e experiência para navegar em um mundo complexo. No entanto, estamos geralmente muito mais preocupados com os sintomas do que com as causas. Mesmo que houvesse tempo para entendermos algo tão complexo quanto o aquecimento global, nossa capacidade cerebral seria insuficiente para considerar as relações entre os padrões sazonais de tempo, a eficiência energética, a aerodinâmica, a degradação da calota glacial, o uso de pesticidas, o desempenho do mercado de ações e o rápido crescimento das algas. Nós não podemos destrinchar sistemas complexos em nossas mentes nem intuir o caminho para um mundo que funcione melhor. O computador, por si só, não é muito melhor. É inútil apenas conectar um supercomputador em um canto qualquer e esperar que ele faça um sistema complexo funcionar melhor. Computadores são processadores. Eles precisam ser fortalecidos com percepção, raciocínio, conhecimento e intuição. E, em poucas palavras, este é o negócio da IBM. Isso foi verdade por um século e continua sendo verdade hoje em dia.

Fazer o mundo funcionar melhor é desembaraçar e administrar a complexidade. Fazer isso — seja para transformar indústrias, mercados, sociedades ou a natureza — requer uma ciência séria. Curiosidade e experimentação, contudo, não são suficientes. A solução de problemas sistêmicos também requer uma combinação específica de grande ambição e profunda humildade — ambição necessária para enfrentar problemas aparentemente insolúveis e humildade suficiente para reconhecer que nenhuma entidade isolada pode fazer o mundo funcionar melhor, nem controlar um sistema complexo. O que estamos de fato abordando aqui é o progresso, que por definição é um bem comum.

Ao longo de mais de um ano, uma pequena equipe de pesquisadores e eu entrevistamos dúzias de cientistas, engenheiros, executivos e parceiros da IBM. Em

Somers, estado de Nova York, mergulhamos nos arquivos e estudamos a curva dos negócios da empresa. Não estávamos preocupados em saber como, quando ou se a IBM ganhou dinheiro. Em vez disso, nós nos concentramos em como e quando ela fez o mundo funcionar melhor. Considerando tanto o centenário da empresa quanto o grau de falha do sistema ao nosso redor, este parece um bom momento para esclarecer nossas descobertas.

Mudar é fácil. Acontece por si só. O universo, funcionando segundo as leis da seleção natural, é inerentemente inovador. O progresso, por outro lado, sendo uma forma de inovação praticada conscientemente pelo ser humano, é premeditado e difícil. Mas não é aleatório. O clima, o transporte, o sistema de saúde e o varejo talvez pareçam não ter nada em comum além da imprevisibilidade inerente. O que se vê, porém, é que há um caminho comum a seguir quando se tenta manipular qualquer sistema complexo. Nossa exploração revelou alguns passos importantes nesse caminho. Descobrimos como nossos antecessores lutaram para dar cada passo no caminho para o progresso e vimos como as novas ferramentas estão aumentando nossa capacidade de completar a jornada com mais rapidez, segurança e abrangência.

Até mesmo começar essa jornada exige inspiração, que pode vir de muitas fontes — de uma catástrofe ou de um momento repentino de luz, depois de 20 anos pensando no mesmo problema. Ela pode ser estimulada por uma ordem de serviço, um sonho ou uma proverbial pedra no sapato. Seja qual for a motivação para aperfeiçoar um sistema, o primeiro passo é sempre o mesmo: ver.

Ver não é apenas uma questão de fótons atingindo a retina. É uma questão de empregar todos os métodos disponíveis para reunir dados sobre uma situação. Qualquer sistema complexo produz volumes maciços de informação — sobre o que está funcionando, o que está quebrado, causa e efeito. Cada elemento comportamental, cada fenômeno é uma unidade de informação pronta para ser capturada: a marcha do tempo, os passos de seu escritório até a lanchonete, as rotações de uma bola no futebol, a energia radiante de uma explosão solar, os mililitros de óleo no chão da garagem, a taxa de contágio de uma gripe sazonal. Esses dados sempre existiram; o que está mudando é nossa capacidade de capturá-los.

Sem contexto, no entanto, os dados são apenas ruídos. Para serem úteis, eles precisam ser organizados. Isto é precisamente o que os mapas fazem. Um mapa nos diz onde estamos. Ele filtra as informações irrelevantes, revela padrões de comportamentos e apresenta uma ideia sobre o que explorar. Um mapa da galáxia mostra a proximidade da Terra em relação aos outros planetas e ao sol. Os calendários dividem a órbita terrestre em 365 partes iguais. O sistema decimal de Dewey classifica todo o conhecimento que existe em uma biblioteca. Temos organizado os dados em mapas há muitos milhares de anos. Hoje, os dados e as ferramentas de visualização em tempo real nos permitem criar mapas dinâmicos partindo de muitos pontos de vista, o que nos inspira não somente a explorar, mas também a pensar.

Um mapa mostra quando, onde e até mesmo como algo geralmente acontece. Entender é a chave para responder por quê. Por que, entre os planetas que conhecemos em nosso sistema solar, a Terra é o único capaz de suportar vida? Por que ela leva 365 dias para orbitar o sol? E, antes de mais nada, por que existe essa órbita? No processo de entender, nós seguimos cadeias de causa e efeito para determinar quais ações geram quais resultados. Na maior parte da História, esse processo desafiador, que pode atravessar muitas gerações e muitas disciplinas científicas, tem sido limitado ao método de tentativa e erro. Ultimamente, contudo, o processo foi acelerado por ferramentas mais avançadas, projetadas para ajudar a interpretar mapas, explicar comportamentos misteriosos e testar hipóteses na prática. É no entendimento que campos inteiros da ciência residem, que Prêmios Nobel são ganhos e que nasce a urgência.

Podemos entender por que algo acontece, mas isso não nos diz o que fazer a respeito. Sempre há muitos caminhos a seguir, e os pioneiros da História são os que escolhem os melhores caminhos. No meio da incerteza, eles encontram algo em que acreditar. Acreditar significa confiar na análise e estruturar o desejo de superar o status quo. Na História, aqueles que mais acreditam têm sido geralmente visionários carismáticos, capazes de transmitir suas convicções e mobilizar colaboradores com a força de sua personalidade. Ou com a força das armas. Em épocas mais recentes, essa convicção começou a se espalhar de outras formas, especialmente através do rigor do método científico. Ultimamente, os convictos

de todos os tipos se tornaram capacitados e estimulados por uma enorme variedade de modelos, simulações e outras ferramentas de visualização que permitem a todos nós prever com mais eficiência os resultados.

Por fim, o progresso exige pôr a sabedoria e a vontade para trabalhar. Mesmo sob consenso e com uma clara visão do futuro, é difícil agir em um sistema complexo. Tomar uma atitude não é um fenômeno isolado nem solitário. O progresso sustentável exige organização, cooperação, precisão e reação, porque nossos sistemas são vivos e respondem a qualquer intromissão nossa. Além do mais, “melhor” é um objetivo móvel. À medida que o mundo se torna menor, nossos sistemas complexos se tornam mais entrelaçados. Essa interdependência aumentou a probabilidade de que uma quebra em um sistema cause danos em outros. Ela também tornou mais difícil corrigir qualquer coisa isoladamente. Mas nós não estamos impotentes. Ferramentas de integração, colaboração e automação cada vez mais sofisticadas nos têm dado maior percepção sobre o comportamento do sistema e nos têm permitido intervir coletivamente, de modo mais dirigido e oportuno, para tornar os sistemas mais rápidos, eficientes e sustentáveis.

Esses passos, portanto, constituem um modelo de como fomentar o progresso: *ver; mapear; entender; acreditar e agir*. A IBM nunca usou este modelo para explicar seus negócios, mas, como se verá, ela — como muitas outras empresas, instituições e pessoas no século passado — tem seguido este caminho em sua meta de tornar o mundo melhor. Entre dezenas de cientistas e executivos a quem descrevemos este modelo, que chamamos resumidamente de *smuba* (que vem dos termos originais Seeing, Mapping, Understanding, Believing e Acting; afinal de contas, os IBMistas têm uma queda por acrônimos), praticamente todos o aceitaram como uma descrição útil de como o progresso sistemático ocorre. Alguns discordaram da ordem, outros discordaram dos limites. Alguns foram contra aplicar essa estrutura rigidamente demais. Mas é isso o que ocorre quando se debate uma ideia com um conjunto de participantes competentes e inteligentes. Vou tentar focar algumas dessas objeções e advertências ao longo deste ensaio.

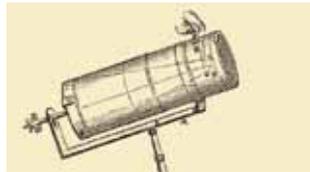
Contudo, antes de mergulharmos na exploração de mudanças em grande escala nos negócios, na sociedade e na tecnologia, vamos examinar um exemplo trivial de progresso: mudar de pista em uma via expressa. Uma pessoa está

Como Nós Dominamos Sistemas Complexos?

Seguindo um caminho perceptível:

Ver

Cada fenômeno é um conjunto de unidades de informação prontas para serem capturadas...



Por exemplo:

Criamos telescópios cada vez mais sofisticados para medir com precisão a localização e o movimento dos corpos celestes.

Mapear

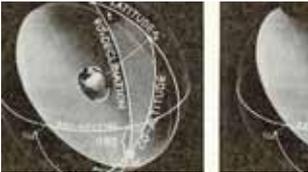
... e organizar na forma de um mapa compreensível...



Foi organizando essas medidas que criamos mapas detalhados de nosso sistema solar.

Entender

... que se torna a base para descrever e prever comportamentos complexos...



Esses mapas revelaram padrões comportamentais e nos estimularam a explorar e enunciar as leis que governam a astrofísica, a propulsão dos foguetes e a navegação espacial.

Acreditar

... inspirando confiança em que progredir é possível...



Um entendimento mais claro nos levou a crer que seria possível enviar três astronautas à lua — e trazê-los para casa em segurança.

Agir

e habilitar mentes inovadoras para projetar, criar, adaptar, otimizar e automatizar os sistemas do mundo.



Uma equipe de milhares de cientistas e engenheiros colaborou em uma missão histórica: Apollo 11.

dirigindo atrás de um caminhão muito lento e está louca para chegar em casa a tempo de jantar. Este é o tipo de problema que se resolve inconscientemente e muitos de nós enfrentamos diariamente, mas na verdade nós seguimos as etapas do smuba para fazer acontecer.

Ver: nós reunimos dados do retrovisor e dos espelhos laterais. Nós ouvimos o ronco da motocicleta que vem chegando por trás. Calculamos a distância até o caminhão, percebemos um espaço disponível em uma pista paralela e damos uma rápida olhada nos pontos cegos do carro. Mapear: nós organizamos os dados que já conhecemos —nossos mapas mentais— sobre as normas da estrada, o comportamento típico dos motoristas e motociclistas, a potência de nosso motor, a curva que se aproxima na estrada. Entender: nós combinamos as variáveis e avaliamos as condições que nos permitirão mover o carro com segurança para a pista adjacente e ultrapassar o caminhão. Acreditar: nós decidimos que, sim, temos tempo, potência e habilidade, e que portanto a hora de agir é esta. Agir: ligar a seta, verificar os dados pela última vez e executar o movimento.

Ultrapassar o caminhão não é atingir a meta. Para chegar em casa com a comida ainda quente, precisamos superar uma série de obstáculos. Como os componentes de qualquer sistema complexo, os carros em uma estrada estão em um estado constante de mudança e por isso exigem monitoramento contínuo. A cada vez que pensamos em fazer outro movimento, concluímos novamente o processo. É claro que as pessoas mudam de pista o tempo todo sem coletar informações ou, às vezes, sem nenhum conhecimento aparente das normas da estrada. Esse comportamento, porém, não é sustentável e portanto, para os fins deste ensaio, não representa progresso. Uma comida feita em casa (ou uma quentinha muito boa), isso é progresso.

O exemplo da mudança de pista no tráfego de uma via expressa ilustra outro ponto importante sobre nossas interações com sistemas complexos e dinâmicos. O caminho para o progresso não tem a ver com máquinas, tem a ver com decisões humanas. No caso da mudança de pista, nós temos várias ferramentas (o carro e seus espelhos, nossos ouvidos e nossos olhos), mas nós somos os agentes. As ferramentas e tecnologias estão aqui para nos ajudar, mas não estão dirigindo, mesmo que nós logo venhamos a ter automóveis que possam fazer exatamente isso. Quando esse dia chegar, isso só indicará que conseguimos controlar mais um sistema e liberar nossa capacidade de decidir para nos concentrarmos em desafios maiores.

• • •

Ver

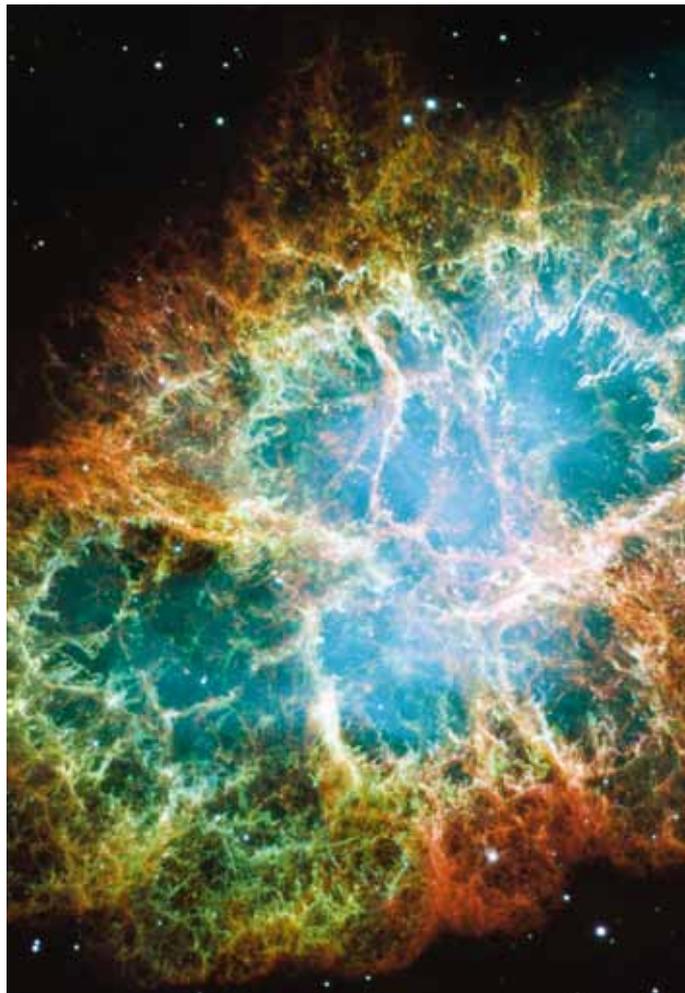
No inverno de 2010, uma equipe de físicos do National Institute of Standards and Technology (Instituto Nacional de Padrões e Tecnologia) de Boulder, Colorado, anunciou o relógio mais preciso do mundo. Baseado em um único átomo de alumínio, ele “puls” um trilhão de vezes em um piscar de olhos e compromete-se a errar apenas um segundo a cada 3,7 bilhões de anos. Isso é o dobro da precisão do recordista anterior e é inúmeras vezes melhor do que o mais avançado relógio de 2004.²²⁹

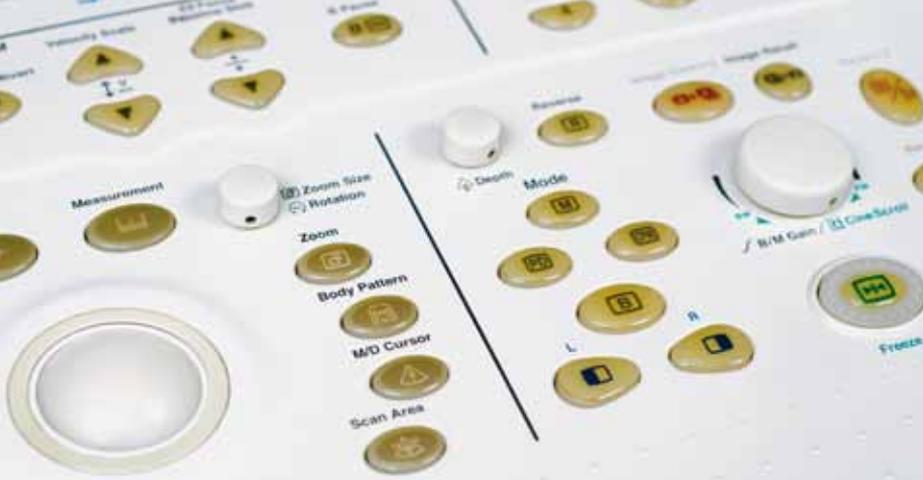
Por que nós precisaríamos desse tipo de aparelho? Oficialmente, ele é para atividades que dependam de uma precisão extrema, como navegação espacial, sincronização de redes de telecomunicações e, talvez um dia, dirigir sem usar as mãos.²³⁰ No entanto, a resposta mais honesta talvez fosse: a ser definido. O que nós realmente sabemos é que todo avanço científico começa com a conscientização. Nas palavras frequentemente atribuídas a William Thomson (também conhecido como Lord Kelvin), físico e matemático do século XIX: “Se você não pode avaliar, não pode aperfeiçoar.” E quanto mais precisa a avaliação, melhor ela é.





Os seres humanos sempre ansiaram ver com mais detalhes. Nós criamos um amplo conjunto de ferramentas, desde a câmera de filmar (à esquerda) até o telescópio Hubble (acima), para nos ajudarem a perceber o comportamento de nosso mundo.



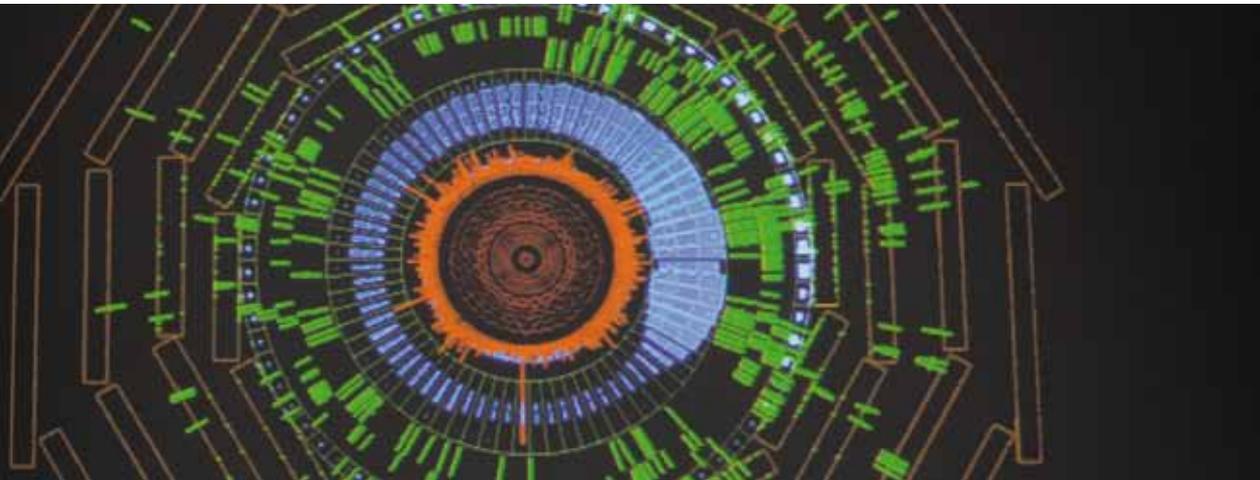


Um aparelho de ultrassom em 3-D revela cada dimensão de uma criança em gestação.





O Solenóide Compacto de Múons (acima), que é parte do acelerador de partículas LHC (Large Hadron Collider), registra colisões de partículas subatômicas de alta energia, gerando dados (abaixo) que os cientistas esperam que revelem as condições que existiam logo após o Big Bang.



Houve um tempo em que nossa capacidade de avaliar o mundo era limitada aos cinco sentidos naturais. Então começamos a inventar meios de aumentar nossa percepção sobre sistemas complexos criando ferramentas de visão — e desde então temos trabalhado constantemente para aumentar seu número, sua variedade e sua sofisticação. O caminho até os relógios atômicos pode remontar a milênios, desde os relógios mecânicos até os osciladores de quartzo e os relógios movidos a corda, pêndulos, ampulhetas e relógios de sol. Caminhos semelhantes podem ser traçados para ferramentas que apuram peso, composição química, movimento, velocidade, quantidade, atmosfera e praticamente qualquer outro fenômeno perceptível. Os primeiros termômetros mediam flutuações na temperatura, mas não em graus. Em 2009, uma equipe de pesquisadores do MIT-Harvard Center for Ultracold Atoms desenvolveu um termômetro que pode medir trilionésimos de grau acima do zero absoluto.²³¹ Microscópios, estetoscópios e telescópios nos permitiram investigar minuciosamente o interior e o exterior das coisas em detalhes cada vez maiores.

A tendência não é apenas a de obter mais precisão. Consiste também em novos tipos de ferramentas que nos permitem ver comportamentos e fenômenos que antes eram invisíveis. O século passado nos trouxe radar, sonar, lidar, o microscópio eletrônico e o microfone com condensador. As últimas décadas nos apresentaram avanços como GPS, identificação por rádio frequência (RFID), vídeo digital, giroscópios do tamanho de chips, imagens por ressonância magnética funcional (fMRI) e tomografia por emissão de pósitrons (PET), telescópios estratosféricos e até mesmo aceleradores de partículas de alta energia.

A IBM está no negócio de percepção visual desde antes de a empresa existir oficialmente — usando a tecnologia de tabulação com cartões perfurados, de Herman Hollerith, para registrar os dados do censo de 1890 nos Estados Unidos.²³² Quando Thomas Watson assumiu o controle da C-T-R em 1914, seus principais produtos, juntamente com os cartões perfurados, eram balanças comerciais e relógios — ferramentas de percepção visual.²³³ Ao longo do século, a IBM implementou uma família de ferramentas relacionadas, dos contadores de resultados de testes marcados a lápis e das fitas magnéticas ao Código Universal de Produto (UPC) — um código de barras agora generalizado que deu origem a

um novo sistema de controle de estoque e verificação de vendas — e ao microscópio de tunelamento, que deu a seus inventores, os IBM Fellows Gerd Binnig e Heinrich Rohrer, o Prêmio Nobel de Física em 1986.²³⁴

Desde então, os sensores se infiltraram em nossos sistemas, tanto os naturais quanto os criados pelo homem. Os chips de GPS e os acelerômetros rastreiam a localização e os movimentos a partir de nossos celulares. As etiquetas RFID fazem o mesmo com nossas cadeias de fornecimento, nossos chaveiros, tênis de corrida e animais domésticos. Existem farejadores de substâncias químicas nos aeroportos; sistemas de vigilância por vídeo digital nos departamentos de polícia e dispositivos de identificação biométrica nos ginásios. A IBM é apenas uma das dezenas de empresas que implantam esses sensores ao redor do mundo em locais tão diversos como estações de esqui, linhas de montagem, hospitais, hotéis de luxo, matadouros e depósitos. “Os sensores estão se tornando mais sofisticados e mais baratos de se fabricar e implantar”, disse Harry Kolar, distinguished engineer de soluções baseadas em sensores na Divisão de Pesquisa IBM.²³⁵ “Assim, eles estão proliferando — e captando muitos dados.”

Segundo a empresa de pesquisa de mercado iSuppli, aproximadamente 16 milhões de sensores de inércia e magnéticos (por exemplo, acelerômetros e bússolas) foram lançados em 2006 para uso em telefones celulares.²³⁶ Três anos mais tarde, as remessas alcançaram 436 milhões — um aumento de 27 vezes. A IC Insights estima que em 2014 o mercado de sensores semicondutores valerá perto de US\$ 6 bilhões.²³⁷

Enquanto isso, em 2010, o volume de dados capturados estava crescendo 60 por cento ao ano.²³⁸ Isso deveu-se em grande parte a esses sensores, mas não podemos esquecer a influência da Internet, que encoraja todos os que têm um telefone ou um teclado a contribuir. No terceiro trimestre de 2010, as pessoas em todo o mundo estavam postando no Twitter quase 64 milhões de vezes por dia, fazendo upload de mais de 90 milhões de fotos para o Facebook e enviando 50 bilhões de mensagens instantâneas.²³⁹ Segundo a empresa de pesquisas IDC, o volume total de informações digitais geradas anualmente ultrapassou o nível de zettabytes (um trilhão de gigabytes) pela primeira vez em 2010.²⁴⁰ Isso é equivalente

a todas as informações contidas em uma pilha de DVDs capaz de chegar à lua e voltar. Em 2020, estaremos capturando 35 zettabytes, uma pilha de DVDs chegando à metade do caminho até Marte.

O QUE HÁ EM TODOS ESSES DADOS? TUDO. Estamos percebendo o espaço exterior com detalhes antes inimagináveis. Programado para estar on-line em 2016, o Large Synoptic Survey Telescope (LSST) reunirá 140 terabytes de novos dados a cada cinco dias.²⁴¹ O projeto do maior telescópio existente hoje em dia precisou de uma década para reunir esse volume de dados astronômicos — praticamente o mesmo tempo necessário para detectar a oscilação na órbita de uma estrela, indicando a localização do Gliese 581g, conhecido como planeta “Goldilocks” (de zona habitável) por sua atmosfera semelhante à da Terra e aparente capacidade de suportar vida.²⁴² “Se ele fossem raros, não deveríamos ter descoberto um tão rapidamente e tão próximo”, disse Steven Vogt, astrônomo da Universidade da Califórnia em Santa Cruz.²⁴³ “Pode haver dezenas de bilhões desses sistemas em nossa galáxia.” Se houver, em breve encontraremos um novo planeta Goldilocks por semana. Neste meio tempo, o National Institute of Standards and Technology (Instituto Nacional de Padrões e Tecnologia) está construindo detectores para avaliar o que aconteceu no primeiro trilionésimo de trilionésimo de trilionésimo de segundo após o Big Bang.²⁴⁴ E a NASA está criando satélites minúsculos e baratíssimos, na esperança de abrir a pesquisa espacial para instituições educacionais e sem fins lucrativos.²⁴⁵

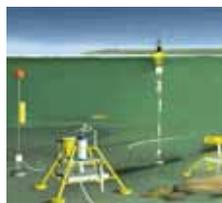
Estamos olhando toda a atmosfera. Nossos smartphones se tornaram a maior rede de sensores sem fio do planeta, capaz de monitorar o trânsito, a dispersão de agentes químicos e a propagação de tudo, desde infecções virais até espécies invasoras. Veículos não tripulados voam até o coração dos furacões.²⁴⁶ Uma rede de câmeras de vídeo colocadas nas copas das árvores, alimentadas por energia solar e projetadas por estudantes de 10 a 12 anos de idade em Tahoe City, Califórnia, envia vídeo em tempo real a uma central de computadores monitorada por guardas florestais.²⁴⁷ Mais de 300 sensores vão da ponte I-35 em Mineápolis inspecionam

a resistência do concreto, a distribuição da carga, a expansão, a contração, a corrosão, a temperatura e até mesmo ruídos estranhos.²⁴⁸ A companhia holandesa Microflown Technologies desenvolveu microfones do tamanho da cabeça de um palito de fósforo que são capazes de medir o movimento de partículas específicas de ar, identificar o modelo de um avião que se aproxima e distinguir vozes individuais em uma multidão.²⁴⁹ A Shell e a Hewlett-Packard criaram uma rede de sensores com milhões de nós para explorar petróleo no subsolo.²⁵⁰ A Intel e a Universidade da Califórnia, em Berkeley, colocaram sensores de poluição nas máquinas varredoras de ruas de São Francisco para fazer medições de monóxido de carbono, ozônio e óxido de nitrogênio em determinados quarteirões.²⁵¹ O gado e os cervos da Nova Zelândia agora estão identificados com chips RFID para reforçar a biossegurança e controlar doenças.²⁵² Muitas das vinícolas mais requintadas do mundo começaram a usar redes de sensores para monitorar o uso da água nas vinhas, o que está mudando seus antigos pressupostos sobre a aparência da planta quando ela está “com sede”. “Estamos treinando as pessoas para deixarem de confiar apenas em seus olhos”, disse Thibaut Scholasch, fundador da Fruition Sciences, da Califórnia, que instalou sensores em todo o Vale de Napa, “porque os olhos podem enganar.”²⁵³

Em nosso lazer, estamos observando atividades com um grau de detalhes que rivaliza com o de nossos videogames. O mais recente carro de Fórmula Um da McLaren usa sensores para prover a equipe de mecânicos com 300 tipos de informação que descrevem tudo, desde a frequência cardíaca do piloto até o desgaste do motor.²⁵⁴ A Vail Resorts, sediada no Colorado, usa chips RFID embutidos nos tickets de subida para controlar a quantos metros de altura os visitantes esquiaram em seis resorts nos EUA.²⁵⁵ A Nike+ permite que os corredores com iPods capturem cada passo dado e cada caloria queimada.²⁵⁶ Atualmente, todos os estádios da Major League Baseball (liga do beisebol profissional americano e canadense) estão equipados com sistemas de câmeras que identificam a velocidade, o break e a rotação de cada arremesso em 60 pontos entre a zona de arremesso e a base do bateador — abrindo uma nova janela sobre o beisebol tanto para os fãs quanto para os treinadores profissionais.²⁵⁷ Um sistema de vídeo em câmera



As etiquetas RFID se tornaram suficientemente pequenas — e baratas — para registrar os movimentos de nosso mundo nos mínimos detalhes. Elas rastreiam a infraestrutura, a produtividade, a autenticidade farmacêutica e até mesmo a localização de nossa comida entre a fazenda e o garfo.



Em uma colaboração entre a IBM e o Marine Institute da Irlanda, o projeto SmartBay usa boias carregadas de sensores para medir e coletar, sistematicamente, dados regionais em um dos mais hostis ambientes litorâneos do mundo. Esses dados têm potencial para reduzir a poluição, aumentar o estoque de pesca e aproveitar a energia marítima.

extremamente lenta da I-MOVIX usado nos Jogos Olímpicos de Verão 2008 em Pequim pode reprisar um vídeo instantaneamente a 10.000 quadros por segundo (400 vezes mais devagar que a velocidade normal), revelando contrações e espasmos em movimentos que parecem suaves a olho nu. O slogan da empresa é: “Quando o invisível aparece.”²⁵⁸

Estamos vendo perigos. O Marine Institute, da Irlanda, e a IBM implantaram boias carregadas de sensores na Baía de Galway para avaliar a poluição, a velocidade do vento, a temperatura do ar e da água, a umidade e a força das ondas.²⁵⁹ O FBI está desenvolvendo meios de identificar suspeitos pelas pegadas, pela geometria da mão e pelo modo de andar.²⁶⁰ A General Electric está trabalhando em sensores que mudam de cor quando expostos a diferentes produtos químicos.²⁶¹ Baseados na nanoestrutura de uma asa de borboleta, esses sensores talvez possam um dia ser anexados à roupa, colocados em edifícios ou espalhados pela natureza.

E estamos vendo o interior das coisas. Um cientista da Universidade da Califórnia em San Diego está imprimindo biossensores eletroquímicos em roupas de soldados para permitir que os médicos monitorem remotamente a pressão sanguínea e a frequência cardíaca.²⁶² Pesquisadores da Universidade Stony Brook projetaram um chip sensor que usa nanopartículas para detectar níveis de colesterol, diabetes e câncer de pulmão “cheirando” a respiração de um paciente.²⁶³ Pesquisadores da Universidade de Washington criaram pílulas-câmeras para escanear o esôfago.²⁶⁴ Um microchip alemão permite que os pesquisadores avaliem simultaneamente o efeito de 24 possíveis medicamentos contra o câncer nas próprias células do tumor de um paciente.²⁶⁵ O Beth Israel Deaconess Medical Center em Boston está usando um sistema híbrido de imagens de raios-X e tomografia computadorizada por emissão de fóton único, desenvolvido pela Philips para indicar a localização de infecções, fraturas e tumores. “Pela primeira vez, somos capazes de ver as imagens tridimensionais das funções metabólicas, juntamente com as imagens estruturais fornecidas pela tomografia computadorizada”, disse o médico Gerald Kolodny, do Beth Israel, ao *ScienceDaily*.²⁶⁶ “Juntos, eles nos permitem localizar e determinar com mais precisão a extensão da doença ou do trauma.”

O laboratório-em-um-chip da IBM, desenvolvido pela Divisão de Pesquisa IBM em Zurique, pode testar em minutos o sangue da vítima de um ataque do coração, prenunciando o dia em que os médicos executarão esses testes para descobrir rapidamente as melhores ações a serem tomadas.²⁶⁷ Ele pode testar até uma gripe pandêmica, câncer de seio e de próstata e a presença de vários venenos e toxinas. O transístor de DNA pode representar uma promessa ainda maior. Ele penetra moléculas de DNA por um poro do tamanho de um nanômetro, em um chip de silício, abrindo para cada ser humano a possibilidade de ter seu genoma sequenciado de modo rápido e barato.²⁶⁸ “Não existe 'um' genoma humano; há muitos”, disse o coinventor do dispositivo, Gustavo Stolovitzky, gerente do IBM Functional Genomics and Systems Biology Group (Grupo de Biologia de Sistemas e Genômica Funcional) no Watson Research Center em Yorktown Heights, Nova York.²⁶⁹

“Se pudermos criar sequenciadores rápidos e baratos, algo vai acontecer de interessante em termos de medicina genética”, disse Stolovitzky. “Esta é uma ideia que permitirá que nossos netos tenham medicina personalizada.”

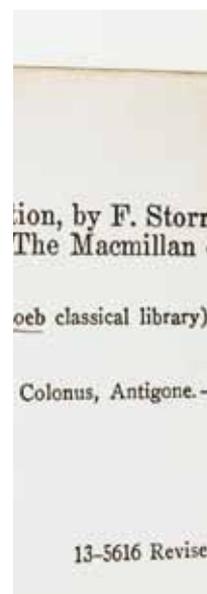
Juntas, essas ferramentas estão revelando um mundo que sempre existiu, mas que nunca pudemos ver inteiramente. Com efeito, estamos nos expondo a uma nova realidade. Os tecnófilos gostam de chamar isso de realidade aumentada. “A Internet tem mudado as coisas porque nos permite pensar com memórias compartilhadas. Nós agora podemos ter memória coletiva e pensar usando essa memória compartilhada”, disse o autor e desenvolvedor de jogos Jesse Schell, em sua palestra “Seeing”, no Evento de Realidade Aumentada de 2010. “A realidade aumentada nos permite ver com olhos compartilhados.”

• • •

Mapear

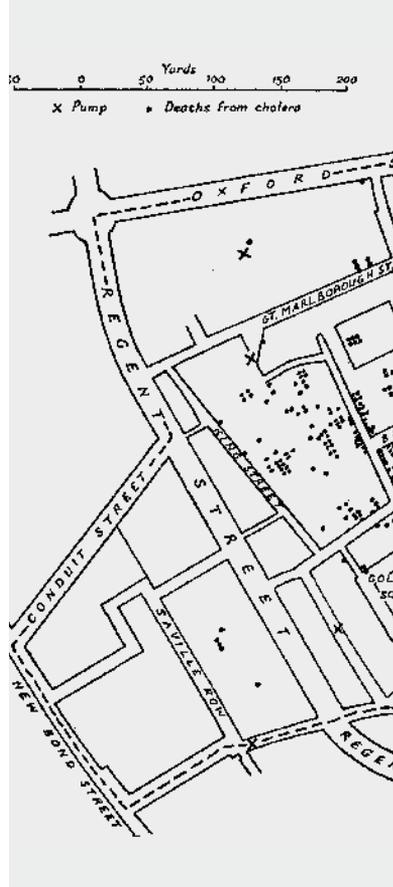
Meriwether Lewis e William Clark tinham seu próprio conjunto de ferramentas de visualização quando o presidente Thomas Jefferson os enviou em uma das mais famosas missões de mapeamento da História, do rio Mississippi ao que é hoje a cidade de Astoria, no Oregon. O ano era 1804 e, segundo a Lewis & Clark Fort Mandan Foundation, os homens levaram uma câmara escura para remontar as imagens da paisagem, um cronômetro para medir o tempo, um oitante para navegação celestial, lanternas de vela, sextantes, correntes de topografia, grafômetros e bússolas.²⁷⁰ Hoje, nós não pensamos em Lewis e Clark e em seu Corps of Discovery (o nome de sua expedição) como coletores de dados. Eles eram exploradores em uma campanha para mapear uma rota comercial até a Costa Oeste.

É uma diferença importante. O relacionamento entre os dados e um mapa é simbiótico. Sem dados, não há mapa. Sem um mapa, os dados são basicamente inúteis. Organizando as informações, os mapas revelam o contexto, a proximidade, o movimento e onde nós estamos, o que sabemos e o que falta aprender. Eles inspiram mais estudos e mais explorações, direcionam o desenvolvimento e a descoberta e estimulam a ação.

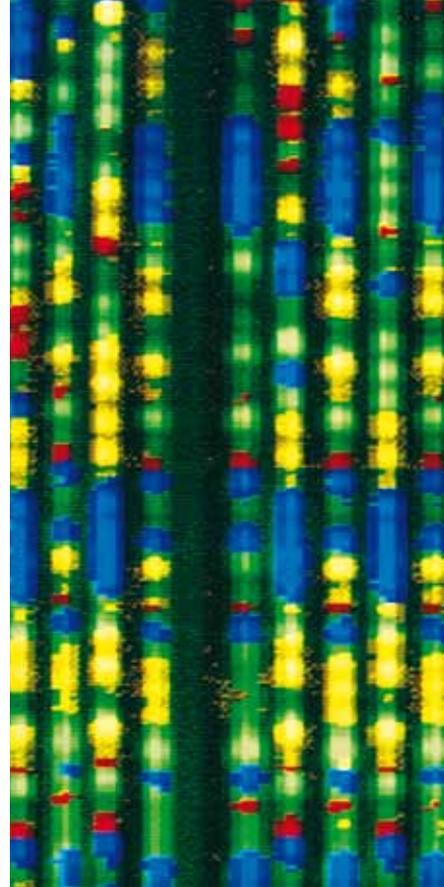




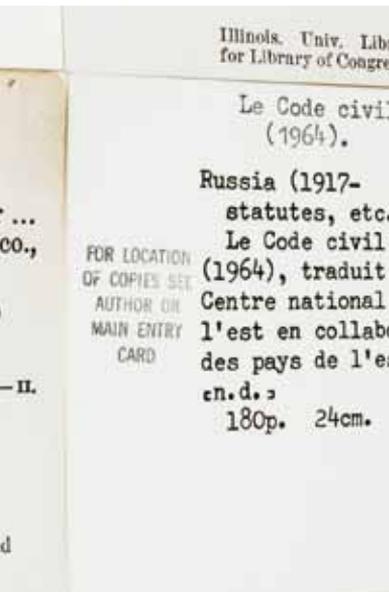
O mapa mundial de Ptolomeu mostrava nosso conhecimento de geografia tomando forma.



John Snow mapeou uma epidemia de cólera em Londres no século XIX e estabeleceu a base da teoria dos germes.



Criando um mapa do genoma humano, talvez tenhamos descoberto a chave para a medicina personalizada.



O sistema decimal de Dewey forneceu a base para a biblioteconomia.

| | | |
|-----------------------------|--|----------------|
| 200 4s ² 0 | 58.6934 [Ar]3d ⁸ 4s ² 7.6398 | 6: [Ar] |
| F _{9/2} 1 | 46 Pd Palladium 106.42 [Kr]4d ¹⁰ 8.3369 | 47 A |
| F _{9/2} c | 78 Pt | 79 A |

A tabela periódica organizou a relação entre os elementos e criou o alicerce de toda a química.



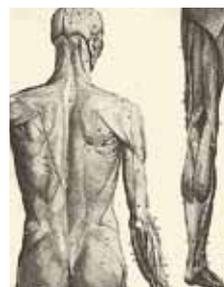
O mapa do site Ushahidi sobre o Haiti organizou mensagens de texto para localizar vítimas soterradas horas após o terremoto de 2010.

Quando ouvimos a palavra *mapa*, pensamos em geografia e talvez em política, mas os mapas, seja qual for sua paleta de cores ou seu nível artístico, são, em linhas gerais, um meio de expressar relações e registrar recursos. Recentemente, uma equipe de arqueólogos da Universidade de Zaragoza encontrou, em uma caverna espanhola, o que talvez seja o mapa mais antigo já criado, uma tábua de argila com marcações indicando um rio, uma montanha, cavernas adjacentes, cervos e um grupo de cabritos monteses. “Não sabemos com certeza o que se pretendia ao fazer a tábua, mas era claramente importante para quem habitava a caverna há 13.600 anos”, disse a pesquisadora Pilar Utrilla no London *Telegraph*.²⁷¹ “Talvez fosse para registrar áreas ricas em cogumelos, ovos de pássaros ou pedras usadas para criar ferramentas.” Nove mil anos depois, os sumérios usavam suas tábuas de argila como sistemas primitivos de inventário, representando povoados, estrelas, população e comércio para estabelecer a mais antiga civilização conhecida do mundo.

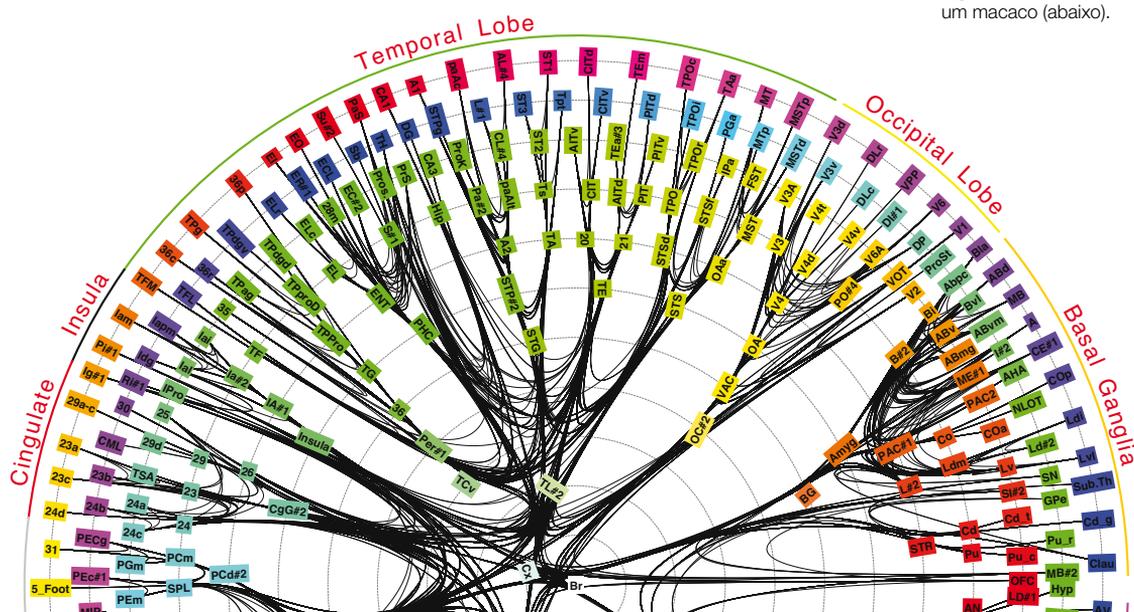
Para ser útil, qualquer mapa deve apresentar dados seletivamente. No esforço de separar os sinais dos ruídos, um cartógrafo decide onde se concentrar e o que omitir, o que significa que todos os mapas têm um ponto de vista. Cada mapa é um raciocínio. Os antigos espanhóis davam conselhos em seus primeiros mapas: coma aqui, durma ali. Em meados do século XIX, John Snow, agora considerado o pai da epidemiologia, apresentou um dos mais famosos raciocínios na história da criação de mapas, após realizar entrevistas de porta em porta e registrar uma enorme epidemia de cólera no mapa de uma região de Londres. Mais de 10.000 londrinos tinham morrido antes de Snow revelar uma concentração de casos ao redor de uma bomba de água na Broad Street. Até ele registrar sua descoberta, ninguém tinha percebido o padrão. Com o mapa na mão, as autoridades municipais desligaram a bomba e interromperam a epidemia.²⁷²

Nem todos os mapas organizam fenômenos extremos. Alguns dos mais importantes mapas da história defendem o melhor uso dos recursos. O sistema decimal de Dewey e a tabela periódica de elementos —que são mapas de conhecimento criados mais ou menos na época em que Snow fazia seu trabalho— são a base da biblioteconomia e da química. Um dos primeiros mapas modernos de recursos humanos foi criado pela Erie Railroad Company de Nova York em meados do século XIX. Sendo um organograma funcional que estabelecia responsabilidades, desde as da diretoria até as do passageiro, é amplamente creditada a ele a reviravolta na sorte da empresa, reforçando toda a indústria férrea e fornecendo a base do negócio moderno.²⁷³

Então, vem o censo. Apropriadamente, a primeira investida da IBM nos mapas veio em conjunção com sua primeira investida na visão. Os dados apresentados nos cartões perfurados para o censo norte-americano de 1890 não teriam valor não fosse a máquina de tabulação e classificação Hollerith, um computador primitivo, capaz apenas de contar e classificar os cartões.²⁷⁴ O interesse da empresa em organizar dados cresceu com toda a força desde então. Na primeira metade do século XX, a empresa se envolveu no projeto e na tabulação do recenseamento de dúzias de países, da Austrália à Suíça.²⁷⁵ Nos anos 1930, a IBM



Os mapas biológicos avançaram dos desenhos anatómicos artísticos como este antigo diagrama da musculatura (acima) para representações extremamente detalhadas de neurologia. Em 2010, pesquisadores da IBM traçaram a rede neural de 383 diferentes regiões do cérebro de um macaco (abaixo).



trabalhou com a Social Security Administration (o órgão de previdência social dos EUA) para organizar os arquivos de 26 milhões de trabalhadores norte-americanos.²⁷⁶ Nos anos 1960, os cientistas da IBM criaram o mapa mais preciso da órbita da lua.²⁷⁷ Donald Chamberlin e Raymond Boyce deram ao mundo uma nova plataforma de mapeamento quando inventaram a Linguagem Estruturada de Consulta, ou SQL, o software que tornou possível a maioria dos bancos de dados relacionais e agora uma das mais disseminadas e poderosas formas de mapeamento do mundo. Pouco depois do SQL, Mitch Kapor criou outra plataforma de mapeamento, o Lotus 1-2-3, um conjunto de planilha eletrônica, gráficos e banco de dados. E as investidas da IBM no mapeamento continuam hoje. Em meados de 2010, pesquisadores da IBM em Nova Déli, Índia, e San José, Califórnia, colaboraram para criar o que a *Popular Science* chamou de “o mais complexo mapa neurológico já visto”, diagramando as conexões da rede neural entre 383 diferentes regiões do cérebro de um macaco.²⁷⁸

OS MAPAS TÊM TIDO UM IMPORTANTE PAPEL em inspirar mudanças e moldar a sociedade. Eles também têm sido objeto de grande controvérsia. O poder de mapear é o poder de definir, e as pessoas lutam por esse tipo de poder. O Papa Alexandre VI estabeleceu uma linha de demarcação na América do Sul para diferenciar os territórios da Espanha e de Portugal, favorecendo fortemente a Espanha, sua terra natal, motivo pelo qual o Brasil é o único país sul-americano a falar português. Numerosas guerras têm sido travadas devido à localização das fronteiras. Entre elas está a chamada Guerra do Porco em 1859, entre os Estados Unidos e a Grã-Bretanha, pelas Ilhas San Juan no noroeste do Pacífico. E, é claro, o longo conflito entre a Palestina e Israel é, em última análise, sobre as linhas de um mapa.

Sabemos que nossos mapas talvez nunca sejam perfeitos. Mas também sabemos que algumas estruturas, algumas ideias e alguns mapas são melhores que outros. Alguns são tão bons que mudam a estrutura do conhecimento e o curso da história. Pense em quando o mapa heliocêntrico de Copérnico sobre o céu substituiu a representação de Ptolomeu na qual a Terra estava posicionada no centro do cosmo. Ou vejamos o Sabre, um sistema de reserva de passagens que a

IBM criou para a American Airlines 50 anos atrás. Fundamentalmente, era um mapa realmente bom — tanto que se tornou a base da viagem aérea moderna.

Em uma era de reservas via web e cartões de embarque via celular, é difícil imaginar que antes de 1960 uma dúzia de funcionários levava quase três horas para fazer a reserva de um assento em um avião. Hoje, um apoio para o braço que esteja livre parece um presente. Naqueles tempos, um em cada seis assentos da American Airlines ficava vazio devido a erros no registro das informações. A companhia aérea podia ver o inventário mas não conseguia associá-lo aos pedidos dos passageiros, o que causava reservas duplicadas e cancelamentos não registrados e corroía os lucros. No maior pedido comercial da empresa até aquela data, a IBM projetou o Sabre para reduzir o tempo médio das reservas para menos de três segundos, eliminar milhões de dólares de desperdício, melhorar a reputação do atendimento ao cliente da companhia e aumentar os lucros, permitindo que os corretores reservassem hotéis, aluguel de carros e voos de conexão.²⁷⁹

Uma rede de 1.100 agentes de passagens em 61 cidades inseria as papeletas correspondentes a cada voo em consoles ligados a máquinas de escrever. Cada agente podia ver, minuto a minuto, uma lista de todos os assentos disponíveis em 1.200 voos diários e fazer reservas com um ano de antecedência. Graças ao mais potente computador já implantado para uso civil até aquela data, os agentes também podiam segurar os assentos enquanto os clientes estavam ao telefone, quase eliminando o problema das reservas duplicadas. O sistema começou a lançar luz sobre os padrões de comportamento dos clientes, segmentando os passageiros por gênero e frequência de viagens, e começou a mostrar maneiras de programar os voos e rotas com mais eficácia, tendo como base a venda antecipada de passagens. O número de assentos vagos despencou de 16 por cento para 7 por cento, o equivalente a US\$ 13,5 milhões de lucro líquido.²⁸⁰ Em 1964, o Sabre tinha economizado para a American Airlines 30 por cento em custos trabalhistas.²⁸¹

O sistema serviu como base para sistemas de reserva semelhantes que a IBM desenvolveu para empresas como Pan Am, Delta, Braniff, Continental, Northeast, Eastern, Western Airlines e, mais tarde, TWA e United. Em 1976, o Sabre estava instalado em agências de viagens, permitindo que agentes independentes fizessem compra de passagens. Nos anos 1980, ele se tornou acessível aos consumidores por meio de sistemas on-line como CompuServe e GENie. Em 1996, Sabre se tornou

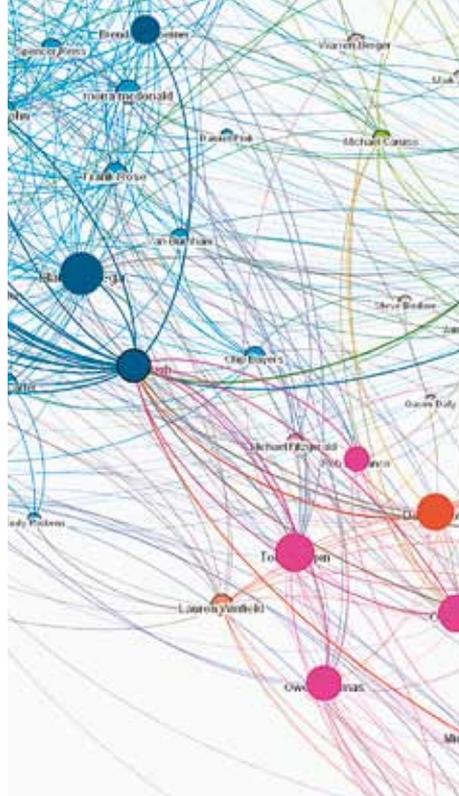


Fornecendo em tempo real o primeiro mapa da disponibilidade de assentos, o Sabre aumentou a lucratividade da American Airlines e reduziu o processo de compra de passagens de horas para minutos. Apresentado em 1959, ele prenunciava a era moderna das reservas de viagem pela web e teve um descendente, o Travelocity.

uma empresa independente e lançou o Travelocity.com, que trouxe os benefícios do sistema diretamente para o público.²⁸²

Hoje, o sistema Sabre inicial parece estranho em comparação com os mapas em tempo real possibilitados por computadores mais potentes e onipresentes, redes mais velozes e dados sem limitações. O advento de mapas gerados por GPS, como MapQuest e Google Maps, em meados dos anos 1990, significa que nunca mais precisaremos perguntar o caminho. Agora que esses mapas existem nos celulares, atualizando continuamente informações sobre o tráfego e acidentes, perdemos a clássica desculpa para chegar atrasados. No início de 2011, a empresa holandesa de navegação TomTom lançou o que ela chama de “o maior banco eletrônico de dados de tráfego da história mundial”. Ele abrange todas as redes de estradas europeias e norte-americanas e inclui mais de 3 trilhões de medições reunidas sobre a movimentação real dos veículos (com 3,5 bilhões acrescentadas diariamente), tornando possível analisar rapidamente o histórico do tempo de viagem e de velocidades em qualquer estrada, em qualquer período do dia.²⁸³ O varejista de calçados e vestuário Zappos.com exibe cada pedido, inclusive informações sobre estilos e destino, em um mapa aberto ao público no momento em que ele é processado.²⁸⁴ A Breathing Earth registra as taxas de nascimento e morte e acompanha a população em tempo real enquanto atualiza continuamente as emissões globais de dióxido de carbono (cerca de 100.000 toneladas durante o tempo que levei para escrever essa última frase).²⁸⁵

A Internet também aumentou consideravelmente a capacidade de acessar, interpretar e descrever dados brutos. Com mais de 10 milhões de artigos em 273 idiomas, a Wikipédia podia ser vista como um simples repositório de conteúdo, mas seu estoque de conhecimento organizado, interligado e on-line é na verdade um dos mais bem-sucedidos mapas de acesso livre que já surgiram, muito mais do que a soma de seus dados.²⁸⁶ O site de mapeamento de crises Ushahidi permite que qualquer pessoa reúna e mapeie dados via SMS, e-mail, correio de voz ou Twitter. Nas horas e dias após o terrível terremoto de 2010 no Haiti, o Ushahidi forneceu informações contextualizadas sobre (entre muitas outras coisas) os danos à infraestrutura, ameaças à segurança, incêndios, pontes destruídas, casos de vítimas soterradas e serviços disponíveis, fornecendo para os socorristas uma gama de informações sobre a devastação que nem uma legião de helicópteros ou de equipes



Os mapas atuais são dinâmicos, colaborativos e geralmente criados com uns poucos cliques no mouse. Por exemplo, os LinkedIn Maps descrevem graficamente as relações entre as ligações profissionais de um usuário (à esquerda), revelando padrões que não seriam óbvios em uma mera lista.

jornalísticas poderia igualar.²⁸⁷ “Os mapas dinâmicos fornecem um novo nível do que os militares chamariam de percepção circunstancial”, disse Patrick Meier, diretor de novas mídias e mapeamento de crises no Ushahidi. “Agora alguém pode dizer ‘Eu estava aqui, o que eu vi foi isto, esta é a minha história’, e isso é uma representação viva do que está acontecendo no mundo. Dizem que a pena é mais poderosa que a espada. Bem, um mapa pode ser mais poderoso do que a pena.”²⁸⁸

Com uns poucos cliques no mouse, o site de relacionamento LinkedIn permite que qualquer usuário crie um mapa de suas relações profissionais, revelando padrões que seriam imperceptíveis em uma mera lista. A recém-criada Yelp, sediada em São Francisco, utiliza as opiniões de milhões de gourmets e frequentadores de bares em dúzias de cidades norte-americanas para fornecer um mapa atualizado minuto a minuto que inclui avaliações de inúmeras pessoas sobre tudo, de médicos e encanadores a restaurantes e hotéis. Coma aqui, durma ali. No ano passado, o DoITT (Departamento de Tecnologia da Informação e Telecomunicações) da cidade de Nova York apresentou o mapa NYCityMap, baseado na web, que mostra tudo, desde a qualidade da infraestrutura até o emprego de incentivos fiscais. “Você pode saber o ano em que o edifício foi construído, a área e quaisquer infrações, ou até mesmo informações da inspeção

de um restaurante”, como disse Nicholas Sbordone, diretor de assuntos externos do DoITT, à *Government Technology*.²⁸⁹ “Há toda uma série de coisas que você pode fazer bastando olhar para lugares específicos.”

Em 2007, a IBM criou sua própria plataforma aberta de mapeamento. O projeto de pesquisa Many Eyes, baseado na web, fornece às massas ferramentas intuitivas de visualização de dados. Ele tem atraído um grupo diversificado de pessoas ansiosas por obter conhecimento (e emitir suas próprias opiniões) sobre dados públicos e particulares, inclusive uma comunidade de entusiastas da Bíblia interessada em explorar os relacionamentos entre personalidades do Novo Testamento. Eles traçaram os vínculos entre todos os nomes próprios, criando, com efeito, uma rede social bíblica. É um exemplo perfeito de como a combinação de dados prontamente disponíveis com um ambiente colaborativo encoraja as pessoas a examinar sob uma nova luz as coisas que lhes interessam. “A visualização de dados ganha vida por si própria quando se permite que as pessoas a explorem”, disse Joan DiMicco, gerente da Divisão de Pesquisa IBM que trabalha no projeto Many Eyes, no Laboratório de Comunicações Visuais de Cambridge, Massachusetts. “Elas a usam como um meio de expressão pessoal.”²⁹⁰

Um artigo de novembro de 2010 no *New York Times* destacou uma tendência entre os pesquisadores de ciências humanas, que estão usando cada vez mais essas ferramentas para, por exemplo, mapear digitalmente os campos de batalha da Guerra Civil norte-americana, na esperança de explicar a relação entre a topografia e a vitória, ou dissecar a influência das colaborações musicais nas jam sessions de jazz. Brett Boley, diretor digital do National Endowment for the Humanities, disse ao *Times* que uma enormidade de dados e de ferramentas de mapeamento de fácil utilização fará pelas ciências humanas o que já fez pelas ciências físicas e naturais.²⁹¹ “A tecnologia não tornou mais eficientes apenas a astronomia, a biologia e a física”, disse ele. “Ela permite que os cientistas façam pesquisas que simplesmente não poderiam fazer antes.” Tom Scheinfeldt, diretor executivo do Centro de História e Idade Média da Universidade George Mason, acrescentou que a pesquisa de ciências humanas se mudou para uma “era pós-teórica” ou “um ‘momento metodológico’ parecido com o final do século XIX e o início do século XX, quando os acadêmicos estavam preocupados em organizar e catalogar a inundação de informações provocada pelas revoluções na comunicação, nos transportes e na ciência.”

Nenhuma disciplina científica isolada se beneficiou mais de nossa capacidade de reunir e mapear dados do que a genômica. Quando o Departamento de Energia e os Institutos Nacionais de Saúde dos EUA iniciaram o Projeto Genoma Humano em 1990, as organizações formularam uma série de metas oficiais, inclusive a de identificar todos os aproximadamente 25.000 genes do DNA humano, sequenciando seus 3 bilhões de pares de bases químicas e armazenando as informações em bancos de dados.²⁹² A verdadeira meta, é claro — e o motivo para Craig Venter e a Celera Genomics entrarem na corrida para sequenciar o genoma —, era ao mesmo tempo mais sublime e mais oportunista. De um lado, a decodificação do genoma poderia revelar quem tem predisposição a certas doenças e sofrimentos e poderia dar margem a uma nova era de medicina personalizada. Do outro, a assistência médica baseada em genética também poderia desenvolver indústrias inteiramente novas e gerar bilhões de dólares em lucros.

“O primeiro passo era sintetizar o genoma, e esse processo levou quase 15 anos. Uma das coisas que descobrimos é que o DNA é realmente o software da vida”, disse Venter em junho de 2009, na abertura do UCSF Helen Diller Family Comprehensive Cancer Center. “Outra é que as médias não significam absolutamente nada. O modelo de dar o mesmo medicamento a um grande número de pessoas e só ter de trabalhar em um segmento da população... isso tem de mudar. A única limitação é o pouco que sabemos sobre como ler o genoma. Ter uma ou duas cópias não nos dá um novo conhecimento. Só nos dá a base para obter o conhecimento. Literalmente, dezenas de milhares de genomas serão feitos em futuro muito próximo. Nós seremos inundados pelas informações. O desafio é converter essas informações em entendimento.”

• • •

Entender

Dados refletem o comportamento. Mapas fornecem o contexto. A visão e o mapeamento, juntos, desenharam uma boa imagem de onde, o que, quando e até mesmo como. “Converter informação em entendimento”, como Venter colocou, é o processo de descobrir por quê. É seguir a corrente, desde a causa até o efeito. Essa busca pode facilmente ocupar o trabalho de toda uma vida. É onde residem todos os corpos da ciência. É insanamente demandante. O progresso replicável, sustentável, é impossível sem ela.

Há atalhos óbvios quando se usa o smuba. Podemos mudar de pista em uma estrada baseados em um rápido olhar por cima do ombro. Mesmo ao lidar com sistemas complexos, uma unidade de informação pode estimular a ação. Uma quebra no encanamento central inunda as ruas e coloca em risco um quarteirão inteiro — a primeira condição para a melhoria do sistema é consertar o cano. Em outras circunstâncias, um fragmento de contexto sugerirá uma linha de ação. O diagrama da cólera, de Snow, revelou um paliativo óbvio: fechar a bomba. No entanto, aprimoramentos sustentáveis exigem um conhecimento mais profundo do funcionamento de um sistema.





Qualquer modelo é uma tentativa de entender um comportamento complexo. Modelos físicos, como este planador testado pelos irmãos Wright, são inestimáveis, mas podem ser muito caros e é comum trazerem grandes riscos.

Fig. 1. p. 200. S

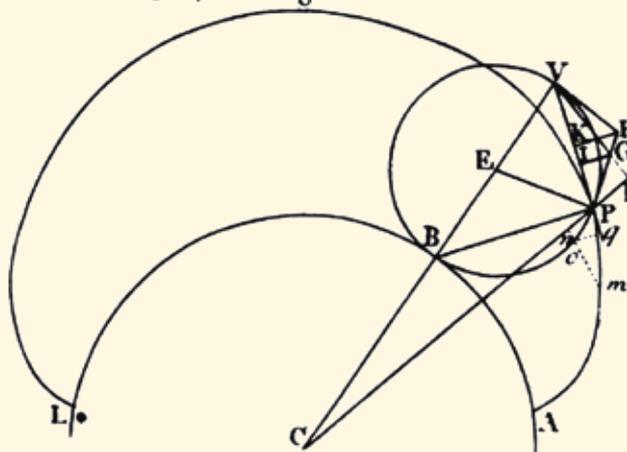
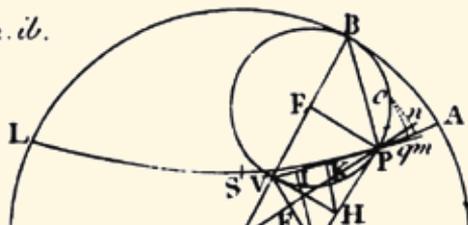
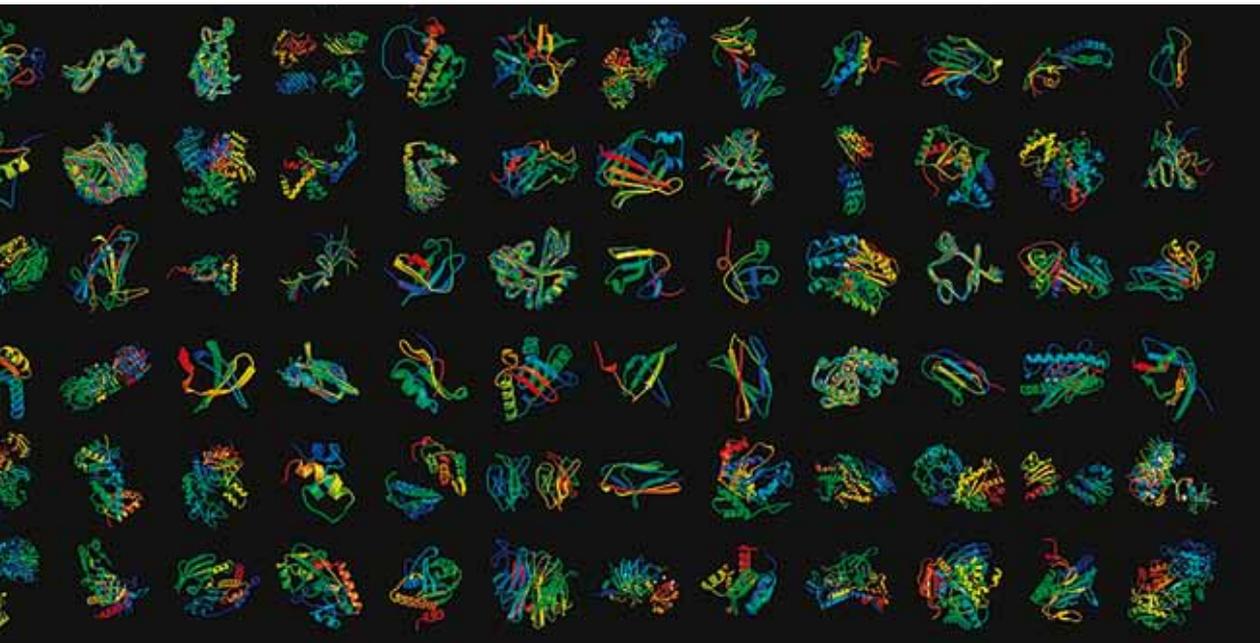


Fig. 2. ib.



Equações diferenciais como essas, baseadas nos Princípios de Newton, removem riscos, pois estabelecem relacionamentos e podem calcular estados futuros — mas são limitadas por nosso conhecimento matemático.



Graças a uma enorme força de processamento, as simulações agora permitem que os pesquisadores modelem comportamentos complexos repetidamente e determinem os prováveis resultados em uma escala antes impossível. A simulação do enovelamento de proteínas, acima, executada em um supercomputador no NERSC (National Energy Research Scientific Computing Center), mostra configurações de enovelamento para 156 proteínas diferentes.

Na mente de Snow, seu mapa revelou a água contaminada pelo esgoto como origem da cólera e isso serviu de exemplo para sua teoria ainda embrionária sobre a disseminação das doenças (via micro-organismos, transmitidos, nesse caso, pela água). Os funcionários municipais enxergaram o mesmo padrão em torno do poço, mas consideraram que aquilo era uma prova de que a doença se espalhava via miasma (ar contaminado). Eles tomaram a atitude correta pelo motivo incorreto porque não entenderam a causa. Evidentemente, Snow não desistiu. Ele continuou a desacreditar o miasma bem como a teoria da geração espontânea, de Aristóteles, e sua percepção se tornou a base da teoria dos germes. Hoje em dia, ele é lembrado pelo mapa da cólera, é verdade, mas seu verdadeiro lugar na história é como pai da epidemiologia. Esta história demonstra como um bom mapa pode ser poderoso mesmo que não explique muita coisa. O mapa de Snow deteve uma doença e muito provavelmente salvou milhares de vidas. Porém, o resultado do processo de entendimento de Snow — a teoria dos germes — é a pedra angular da medicina moderna e inquestionavelmente melhorou e salvou bilhões de vidas.

Agora vamos examinar como o processo de entendimento se manifestou em algumas importantes inovações e indústrias nos últimos cem anos — e vamos explorar como esse processo está sendo acelerado pelas novas ferramentas tecnológicas.

O geneticista norte-americano Norman Borlaug recebeu o Prêmio Nobel da Paz e, nos EUA, a Medalha Presidencial da Liberdade, a Medalha de Ouro do Congresso e a Medalha Nacional da Ciência, entre muitos outros, antes de morrer vitimado por um linfoma em 2009, aos 95 anos de idade. Seu trabalho no desenvolvimento de novas variedades de trigo de alto rendimento rendeu-lhe o apelido de “pai da Revolução Verde” e, de acordo com algumas avaliações, ele é responsável por salvar milhões de vidas e bilhões de quilômetros quadrados em terras cultiváveis.²⁹³ Mesmo postumamente, Borlaug continua uma figura polêmica por seu apoio a fertilizantes não orgânicos. Contudo, seu trabalho permanece como um dos grandes avanços científicos de todos os tempos. Por isso, é instrutivo examinar como seu processo de seguir uma cadeia de causa e efeito mudou a agricultura como a conhecemos.

Em 1944, quando Borlaug se juntou ao Cooperative Wheat Research and Production Program (programa cooperativo de pesquisa e produção de trigo) da

Fundação Rockefeller no México, várias pestes estavam destruindo as safras de trigo no mundo. A China, a Índia e o Paquistão estavam no limite de uma escassez em grande escala. O México sofreu três epidemias de ferrugem do colmo nos cinco anos anteriores à chegada de Borlaug. Aumentavam os temores de que a inanição em massa matasse centenas de milhões de pessoas e de que a Índia jamais conseguisse se sustentar. Em apenas três décadas, devido em grande parte ao trabalho de Borlaug, a Índia e o Paquistão se tornaram autossuficientes. Em 2001, a produção indiana de trigo havia mais do que quintuplicado, para 75 milhões de toneladas. O Paquistão viu conquistas semelhantes, aumentando a produção de 4,5 milhões para 22 milhões de toneladas. Bangladesh, Turquia, México e Zimbábue aumentaram em duas a quatro vezes sua produção.²⁹⁴

Em termos mais simples, Borlaug foi um Gregor Mendel contemporâneo. Foi Mendel que, no final do século XIX, abriu o caminho da genética moderna ao cruzar espécies de ervilhas esperando entender por que as características às vezes pulavam gerações. Em vez de ervilhas, Borlaug cruzou um trigo alto e esguio com variedades anãs japonesas para criar uma espécie menor e mais forte que pudesse reagir melhor aos fertilizantes, resistir às pragas e aumentar o rendimento, tudo isso sem desistir do aumento no peso do grão. Foi um trabalho exaustivo. Ele passou dias nos campos usando pinças para remover o estame das plantas, evitando assim a autopolinização. Ele cobriu as pontas para protegê-las do pólen trazido pelo ar e polinizou as plantas manualmente. Replantou repetidamente as sementes e sua descendência, até que as características dos “pais” começaram a aparecer, geralmente na quinta geração. A cada vez, ele mediu e registrou o peso e a altura da planta, o tamanho do caule, o conteúdo do grão, a maturidade na floração, a data da colheita, safra, cor, a abundância de sementes e uma grande quantidade de outras variáveis, como forma, altura e curvatura da folha.²⁹⁵ “Foi um exercício de logística extremamente complexo, e ele fez isso tudo antes da era dos computadores”, disse Noel Vietmeyer, ex-diretor sênior de programas da National Academy of Sciences que escreveu uma biografia de Borlaug.²⁹⁶ “Ele tinha milhões de plantas por estação, e se algumas delas não estivessem à altura das combinações que ele estava tentando obter, ele simplesmente as arrancava.”

Para aumentar a aquisição de dados, Borlaug iniciou um processo ao qual chamou de “shuttle breeding” (algo como “cultivo em circuito”), semeando duas



Norman Borlaug, pai da Revolução Verde, registra suas observações em um esforço para criar uma variedade de trigo mais saudável. Ele usava pinças para remover o estame das plantas e criar uma nova linhagem de trigo anão.

gerações de plantas em locais separados durante uma estação de plantio, sendo um dos locais a uma altitude aproximada de 2.200 metros, próximo à Cidade do México, e o outro mais próximo do nível do mar, a noroeste.²⁹⁷ Juntamente com o rendimento duplicado, o método de Borlaug criou involuntariamente uma variedade capaz de prosperar tanto em solo regado apenas pela chuva, com baixa fertilidade e em alta altitude, quanto em solo bem irrigado, com fertilidade mais alta e próximo ao nível do mar. Ele expôs as variedades a diferentes períodos do dia e diversas doenças — ferrugem do colmo e de folhas em um dos locais, ferrugem e manchas nas folhas no outro — para aumentar a viabilidade das plantas em todo o mundo. Os problemas de transporte, por si próprios, eram desencorajadores. “No início, praticamente não havia estradas. Ele precisava viajar 1.600 km, a apenas um mês de terminar a colheita em um dos locais, agrupar as sementes, limpá-las, tratá-las com fungicida, secá-las e então ir para o outro local e plantá-las antes que a estação terminasse”, disse Vietmeyer. “Era simplesmente terrível.”

Borlaug também encontrou desafios em sua forma de trabalhar. Vivendo em um mundo pré-digital, ele registrou os dados estatísticos em um fichário de três argolas. Um dia, no final da estação, ele e um colega fizeram uma pausa para almoçar. “Eles colocaram o fichário sobre uma pilha de folhas de trigo e um redemoinho de poeira o levantou no ar”, disse Vietmeyer. “As páginas foram levadas pelo vento — todo o trabalho do ano. Depois disso, Borlaug usou grandes livros presos com parafusos de metal.”

A pesquisa de Borlaug para determinar quais variáveis afetam o vigor e a produção seria obviamente beneficiada, e muito, por um laptop e uma planilha. Um mapa do genoma do trigo teria permitido que ele fizesse conexões em nível genético. Mas essas ferramentas chegariam tarde demais. “Ele nem sabia o que era DNA, que só foi descoberto em 1953. Ele havia processado 16 ciclos antes de saber que existia uma hélice dupla”, disse Vietmeyer. “Ele trabalhava apenas a partir da observação. Saber o que era um gene e onde ele estava, e ser capaz de transferi-lo, isso estava simplesmente além de sua imaginação.”

Os agricultores de hoje em dia não precisam imaginar. Nós sequenciamos muitos genomas de culturas agrícolas na última década, inclusive de uva, arroz, trigo, soja e canola. Em setembro de 2010, a fabricante de doces Mars Incorporated disponibilizou para o domínio público o genoma do cacau, após um esforço de

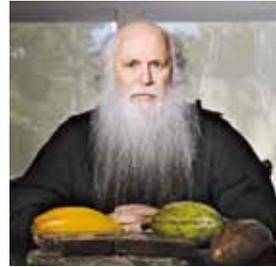
sequenciamento de dois anos de duração que envolveu a colaboração da IBM e vários parceiros acadêmicos e governamentais. Howard-Yana Shapiro, diretor geral de botânica e pesquisador externo da Mars, procurou a IBM inicialmente para obter ajuda, esperando que um genoma sequenciado auxiliasse a pesquisa para aumentar a produção do cacau — que produz os grãos de cacau, de onde vem o chocolate — e para evitar que ele se tornasse vítima de doenças.²⁹⁸

A revolução agrícola ignorou o humilde cacauzeiro. A produção total dobrou ao longo dos últimos 20 anos, aproximadamente, mas à custa de vastos trechos de florestas tropicais que foram arrasadas para plantar mais árvores. Enquanto isso, mais de US\$ 600 milhões do valor da safra são perdidos a cada ano para as doenças e para a seca. E a região da África Ocidental, que agora é responsável por 70 por cento da produção mundial de cacau, é considerada altamente suscetível a ataques de fungos, como o que destruiu a safra do Brasil nos anos 1980.²⁹⁹ Se isso acontecesse, talvez estivéssemos encarando a vida em um mundo sem chocolate.

A Mars tem um óbvio interesse em desativar essa bomba-relógio. Por isso, Shapiro decidiu seguir o exemplo de Borlaug. Ele não estava apenas interessado em descobrir a chave da resistência às doenças. Ele também queria encontrar um caminho para gerar árvores que produzissem chocolate da mais alta qualidade, que se adaptassem às mudanças do clima e aumentassem o rendimento, para benefício econômico dos fazendeiros de cacau em todo o mundo. Só há um problema: não há tempo para desvendar as relações entre os cacauzeiros, as condições climáticas de crescimento e o paladar humano. Borlaug não teve o benefício da tecnologia atual, mas pôde se dar ao luxo de trabalhar com uma planta de rápido crescimento. O cacauzeiro cresce lentamente. Desenvolver uma variedade nova da forma tradicional leva pelo menos uma década.

Shapiro sabia que, se mapeasse os 415 milhões de pares de base que formam o genoma do cacau e os liberasse para a comunidade científica, ele poderia acelerar o processo de compreender e estimular o desenvolvimento. Começando pelos laboratórios, ele imaginou que poderia reduzir para menos de três anos o tempo de gerar uma variedade nova. Mas primeiro ele precisaria de ajuda para criar um mapa.

Shapiro visitou as instalações de pesquisa da IBM em Almaden, onde se encontrou com o IBM Fellow e vice-presidente Mark Dean. “Foi uma das



Howard-Yana Shapiro, da Mars Incorporated, está usando um mapa do genoma do cacau para criar uma árvore resistente a doenças e com maior rendimento. E um chocolate mais saboroso.

conversas mais esclarecedoras que tive em toda a minha vida”, lembrou-se Shapiro. “Eu disse: ‘Nós precisamos de seu software de biologia computacional e reconhecimento de padrões. O da IBM é o melhor do mundo.’ Ele me olhou e respondeu imediatamente: ‘OK.’”

Dean reconheceu que o projeto era importante não só por seu significado cultural e econômico, mas também porque seria uma ferramenta de aprendizado. “O cacau é uma cultura muito frágil. É difícil de colher e precisa de condições quase perfeitas para crescer. A meta é determinar quais sequências afetam a produção, a tolerância à seca etc., e encontrar informações suficientes para tornar a planta mais sustentável”, Dean me disse pouco depois de o projeto ser anunciado.³⁰⁰ “Esperamos encontrar variantes que resistam mais a certas doenças. Por que esta variante é resistente e esta outra não? Também existe evidência de que os flavonoides do cacau trazem alguns benefícios à saúde. Esperamos descobrir por quê. Eu gostaria de descobrir uma variante que crescesse acima do Equador. Seria ótimo o cacau germinar na Flórida.”

Com a IBM a bordo, Shapiro reuniu uma equipe com alguns dos melhores botânicos, biólogos moleculares, geneticistas e cientistas da computação do mundo, vindos de entidades como Mars, Serviço de Pesquisa Agrícola do Departamento de Agricultura dos EUA, Universidade de Clemson, Universidade de Indiana, Universidade do Estado de Washington, Universidade da Califórnia, Davis, National Center for Genomic Resources, PIPRA, HudsonAlpha Institute e Roche. A “colaboração incomum”, como Shapiro a chama, anunciou o projeto em junho de 2008, com a meta de sequenciar o genoma em cinco anos. Em setembro de 2010, eles tinham terminado — três anos mais cedo. Agora é que vem a parte difícil. “O importante não é só o sequenciamento; é preciso analisar qual gene faz o quê”, disse Dean. Essa análise podia trazer enormes benefícios não só para o cacau. Abacaxis, por exemplo, também são sensíveis e poderiam se beneficiar. Da mesma forma, os mundos farmacêutico e financeiro. “Há muita semelhança nos métodos computacionais”, disse Dean.

Shapiro está pensando nas ramificações, que vão muito além da indústria ou de barras de chocolate mais gostosas. Ele vê uma linha pontilhada que vai do mapa do genoma do cacau até uma qualidade melhor de vida para os fazendeiros de cacau de todo o mundo. “Nós identificamos genes responsáveis pela resistência às

doenças, conteúdo de gordura, características do aroma e do sabor, eficiência no uso de nutrientes e arquitetura do cacauero, e estamos começando a entender as interações. Isso é transformar a ciência em ação”, disse ele. “Imagine se pudermos obter um rendimento três vezes maior com um terço das árvores. Nós vamos usar menos terras e diversificar as culturas da região. Um modelo de produção de cacau socialmente responsável e ambientalmente correto poderá ajudar a estabilizar as economias rurais da África Ocidental e da Ásia Oriental. Essa será uma revolução realmente verde.”

SE UM MAPA DESCREVE AS RELAÇÕES, o entendimento as interpreta. Esta dificilmente é uma prática reservada a pesquisadores científicos. Desde que o capitalismo existe, as empresas aspiram entender melhor seus clientes, e setores inteiros têm sido criados recentemente para ajudá-las, como os de gestão do relacionamento com os clientes, inteligência de negócios, gestão de processos comerciais e processamento analítico on-line. Algumas das maiores empresas tecnológicas do mundo, como HP, Oracle, SAP e SAS, têm interesses bem significativos aqui. A publicidade on-line e até mesmo a pesquisa na web resumem-se a conectar os clientes aos dados e, por isso, Google, Microsoft e Yahoo também devem ser incluídos. E a IBM, é claro, tem uma saudável presença. Na última década, a empresa demonstrou repetidamente sua convicção de que a análise de dados é a onda do futuro. Por isso, gastou mais de US\$ 12 bilhões para adquirir empresas com expertise em lógica de dados, como Cognos, Coremetrics, ILOG, Maximo, MRO Software, Netezza, SPSS e Unica.

Cada uma dessas empresas opera em um nicho diferente, mas todas têm algumas raízes, talvez um tanto surpreendentemente, na explosão de catálogos pré-Internet no final dos anos 1980 e início dos 1990 e em uma empresa chamada Fingerhut. “Era o começo. A Fingerhut aperfeiçoou o marketing de banco de dados. Eles diziam: ‘Se eu pegar todos os meus dados históricos, será que poderei combiná-los para criar um modelo capaz de prever quem estará propenso a comprar o quê?’”, disse Chidanand Apte, diretor de pesquisa lógica no Watson Research Center da IBM.³⁰¹ A Fingerhut começou a segmentar seu banco de dados e a enviar versões personalizadas de seus catálogos a clientes organizados em

25 categorias. Após alguma pesquisa, o classificador começou a perceber vínculos entre os hábitos de compra e o grau de solvência e aproveitou essa percepção para desenvolver ferramentas de avaliação de riscos e um negócio de cartão de crédito. (No final de tudo, a Federated Department Stores adquiriu a empresa de catálogos por US\$ 1,7 bilhão em espécie e em débito, principalmente pela força de sua operação de marketing de banco de dados.³⁰²)

A capacidade da Fingerhut para explorar seus dados e prever comportamentos futuros dificilmente teve precedentes. Os vendedores sempre usaram meros indícios para persuadir os clientes a comprar mais. O classificador, porém, esteve entre os primeiros a usar o tino comercial para alcançar milhões de clientes. Agora, empresas de todos os ramos estão criando modelos de comportamento dos clientes para fazer previsões em tempo real. A Amazon.com se diferenciou bem cedo dos outros varejistas eletrônicos ao recomendar itens com base em compras anteriores. (Se um comprador gostasse de *Viva La Vida*, da banda Coldplay, a Amazon podia recomendar o livro de Stief Larsson *The Girl with the Dragon Tattoo*.) O Bing, mecanismo de busca da Microsoft, analisa milhões de itinerários a cada vez que um cliente procura um voo e tenta estabelecer a probabilidade de o preço da passagem crescer.³⁰³ O site de namoro eHarmony examina o gosto e os hábitos de comunicação de 33 milhões de usuários para encontrar interesses compatíveis no campo romântico — e alega ser responsável por mais de 500 casamentos por dia, só nos Estados Unidos.³⁰⁴ O Musahino Red Cross Hospital em Tóquio analisa 400 características importantes da hepatite e já identificou mais de 100 padrões de infecção. Associando pacientes ao grupo apropriado, o hospital tem mais condições de recomendar tratamentos com medicação personalizada e assim aumentou as taxas de cura de 50 por cento para 77 por cento. A Netflix prevê como cada um de seus mais de 16 milhões de clientes classificará 100.000 filmes em uma escala de até cinco estrelas.³⁰⁵ O site de música Pandora examina 400 atributos musicais em centenas de milhares de músicas e os compara com milhões de informações dos ouvintes para criar dinamicamente rádios on-line personalizadas para 80 milhões de usuários.³⁰⁶ E a Zillow estuda 60 milhões de transações imobiliárias para determinar o valor de mercado de uma casa. A precisão de suas estimativas (Zestimates) varia muito e gera alguma controvérsia entre as comunidades de

corretores e avaliadores — o que demonstra a grandiosidade dessa tarefa e a força da ideia para transformar o status quo. “Estamos tentando retirar o véu do que sempre foi um mercado nebuloso e entender e prever para onde ele está indo”, disse Richard Barton, cofundador e presidente da Zillow.³⁰⁷ “Se a Zillow puder revelar os motivos pelos quais o mercado faz o que faz, nós poderemos fornecer um novo valor para os compradores e vendedores de casas.”

A modelagem não é somente para descobrir os desejos dos consumidores. Se lhe derem suficiente poder de processamento, ela pode mostrar às empresas como criar produtos e processos melhores. A Goodyear Tire & Rubber Company simulou e testou modelos virtualmente pela primeira vez em 2004, um processo que levou a um “turbilhão de novos pneus que resultou em lucros recordes”, segundo um relatório recente do National Science and Technology Council. A Alcoa, fabricante de alumínio, reprojeteu virtualmente as latas de bebidas e vários componentes das indústrias automotiva, aeroespacial e de construção. A Ping, fabricante de produtos para golfe, reduziu de 24 para 8 meses os ciclos de projetos e quintuplicou a produção, devido ao fato de trabalhar com modelos de previsão projetados pelo Laboratório Nacional Lawrence Livermore.³⁰⁸ Em 2009, a IBM começou a trabalhar com a ilha de Malta para implantar uma rede inteligente de água e energia, a primeira do mundo em escala nacional. Medidores inteligentes reduziram a carga fornecendo aos clientes, quase em tempo real, dados de seu consumo de água e energia e diminuíram o desperdício ajudando a localizar pontos de perda. Mas as concessionárias de água e energia do país também estão contando com os medidores para obter informação sobre os vínculos entre os padrões meteorológicos, o fluxo de turistas e a demanda geral. É sempre mais barato planejar o aumento do consumo do que reagir a eles. Isso é especialmente importante em uma ilha cuja energia é derivada exclusivamente de combustíveis fósseis importados e onde a metade da água consumida vem de água do mar tratada por um processo de osmose reversa com uso intenso de energia.

Os modelos de previsão também estão emergindo como ferramentas poderosas para prever rupturas. As indústrias gastam dezenas de bilhões de dólares por ano no pagamento de seguros.³⁰⁹ Saber quando e como um produto vai falhar não só pouparia dinheiro, mas também aumentaria a segurança dos funcionários

e clientes. É isso que uma empresa incubada, a Vextec, está tentando fazer. Parcialmente financiada pela DARPA (agência de projetos de pesquisa avançada do Departamento de Defesa dos EUA) e usando um banco de dados dos produtos plásticos, compostos, cerâmicos e metálicos conhecidos no mundo, a Vextec desenvolveu um modo de prever a durabilidade, o desempenho e o custo da vida útil de peças de máquinas. Isso é obtido entendendo-se o comportamento do material que as compõe. Trabalhando para clientes que vão da Marinha dos EUA a fabricantes de equipamento médico, a empresa simula as tarefas das pás de uma turbina, dos eixos dos automóveis e de outros componentes de máquinas para revelar como vários metais se comportam sob diferentes níveis de pressão. “O problema que todas as indústrias enfrentam é que os produtos saem da linha de montagem parecendo bons, mas falham muito cedo”, disse Loren Nasser, cofundador e CEO da empresa.³¹⁰ “O desenvolvimento de produtos sempre foi um processo de tentativa e erro. A falha gera repercussão negativa, custos de garantia, custos de recall e perda da confiança do consumidor. É isso que estamos tentando mudar.”

Há anos, o software CAD tornou o uso da simulação possível em computadores pessoais. Contudo, em vez de apenas golpear virtualmente uma raquete de tênis 250 mil vezes, a Vextec quebra a raquete em 250 milhões de partículas e simula a tensão em cada uma delas para cada uma das 250.000 raquetes que um fabricante fará em determinado ano. Os algoritmos básicos de simulação, exclusivos da empresa, são escritos em Fortran, a clássica linguagem de programação inventada na IBM nos anos 1950, porque, como disse Frank Priscaro, vice-presidente da Vextec, sobre o Fortran, “nada lida com matemática tão bem quanto ele — como os IBMistas mais antigos devem saber”.³¹¹

O negócio da Vextec baseia-se em uma biblioteca de materiais que foi digitalizada graças aos recentes avanços do processamento de computadores, como a computação em nuvem. Combine essas informações com os dados de uso de um cliente, e as ideias começam a surgir. “À medida que os fabricantes coletam mais dados sobre o que fizeram — de sensores, de análise estatística, dos perfis de uso —, nosso software lhes dá um meio para que eles façam sentido”, disse Priscaro. “Se você sabe quando um componente está prestes a falhar, você pode tomar atitudes para minimizar o impacto. Assim, coisas como a manutenção de uma companhia

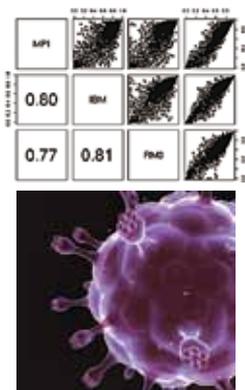
aérea serão muito mais eficientes, já que eles não terão de adivinhar quanto tempo as peças durarão nem as removerão antes da hora. Eles saberão.”

Alcoa. Amazon. eHarmony. Goodyear. Netflix. Vextec. Zillow. Essas empresas não parecem ter muitas coisas em comum. Entretanto, entre quatro paredes, elas e milhares de outras companhias empreendedoras estão tentando fazer a mesma coisa: achar o sentido de tudo o que um dia já foi considerado comportamento imprevisível. Coletando, organizando e analisando os dados gerados por sistemas complexos, elas estão decifrando a cadeia de causa e efeito, encontrando racionalidade e sentido no que sempre foi visto como caos.

NENHUM SISTEMA É MAIS MAL-ENTENDIDO e mais intrincadamente vinculado a nosso bem-estar do que o corpo humano. A IBM trabalha com muitas das empresas mencionadas acima e está empenhada em simular tudo, do clima de um lugar ao estoque de matéria-prima nuclear. No entanto, parte do trabalho mais interessante de modelagem da empresa está sendo feita para entender o que acontece dentro de nossos corpos. Fazer isso terá implicações óbvias em nosso bem-estar, mas sem dúvida também criará um efeito dominó em muitos sistemas independentes, da agricultura ao varejo e, é claro, à assistência médica.

Caracteristicamente, tratar de mais de 33 milhões de pessoas infectadas por HIV/AIDS tem envolvido tanto adivinhação quanto ciência. O controle dos sintomas exige uma combinação de três ou mais medicamentos antirretrovirais, um conjunto que é conhecido como coquetel de drogas. A combinação adequada de drogas, entretanto, varia conforme a progressão da doença na pessoa e também conforme a fisiologia do paciente e sua receptividade a certos produtos químicos. Até recentemente, só havia dois métodos comuns para adivinhar o coquetel mais eficaz. Testes fenotípicos envolvem a execução de testes *in vitro* em uma amostra de sangue para ver como o vírus reage a diferentes drogas. Essa abordagem é cara e exige equipamento especial e muito tempo, o que a relega basicamente à comunidade de pesquisas.

A abordagem clínica mais comum, o método genotípico, envolve comparar mutações de uma amostra de sangue com as pesquisas científicas publicadas e usar a combinação mais próxima para prescrever o coquetel. Este processo é ajustável,



A ferramenta EuResist, de modelagem via web, usa o maior banco de dados de HIV do mundo e três mecanismos de previsão para determinar a probabilidade (tabela acima) de um coquetel de drogas ser eficaz para um paciente. As recomendações personalizadas têm demonstrado uma precisão de mais de 76%, ultrapassando os especialistas humanos em 9 a cada 10 vezes.

mais barato e mais rápido do que os testes fenotípicos, mas só leva em conta o DNA do vírus. A ignorância sobre a interação medicamentosa e sobre os dados clínicos do paciente aumenta a chance de o médico prescrever a combinação errada, o que causa penosos efeitos colaterais e pode aumentar a já impressionante capacidade do vírus para desenvolver imunidade. “O problema agora é que o vírus HIV é muito esperto”, disse Yarden Peres, gerente de saúde e ciências biomédicas das instalações de pesquisa da IBM em Haifa, Israel.³¹² “Ele se reproduz e gera variantes que deixam de ser afetadas pelas drogas. Os médicos têm de ser muito cuidadosos para evitar que o vírus se torne resistente às drogas disponíveis.”

Peres está entre os vários pesquisadores da IBM que contribuem em um projeto de modelagem on-line chamado EuResist, que fornece aos médicos uma ferramenta para simular virtualmente várias combinações de drogas. Financiado originalmente pela União Europeia, o EuResist é agora uma colaboração sem fins lucrativos composta pelo Instituto Karolinska, pelo Instituto Max Planck, pela Universidade de Siena, pela Informa s.r.l. e pela Universidade de Colônia, com o apoio da equipe da Divisão de Pesquisa IBM de Haifa. O projeto usa o software DB2 da IBM para abrigar o maior banco de dados sobre HIV no mundo, abrangendo 50.000 registros de pacientes de AIDS de países como Alemanha, Bélgica, Espanha, Itália, Luxemburgo e Suécia desde 1996. “É crucial ter um grande banco de dados, porque os métodos analíticos exigem grandes conjuntos de informações”, disse Peres. “A ideia é explorar o conhecimento que existe nos dados e aprender com a experiência passada sobre quais tratamentos tiveram êxito e quais falharam.”

A ferramenta do EuResist acessível pela web permite que os médicos forneçam dados do paciente e recebam uma recomendação para preparar o coquetel ideal. As recomendações têm demonstrado uma precisão de mais de 76%, ultrapassando os especialistas humanos em 9 a cada 10 vezes. “O EuResist não supera apenas os outros sistemas de prognósticos; ele também supera os médicos especializados em HIV”, disse Peres.

Este é um bom momento para explicar como funciona um mecanismo de previsão como o EuResist. Primeiro, uma definição: qualquer modelo é uma

abstração da realidade, uma estrutura que ajuda nossas mentes a compreender o que está acontecendo em um sistema complexo. Em alguns casos, esses modelos são físicos, como um túnel de vento ou o protótipo de um produto. Há também modelos não físicos de previsão, como o usado pelo EuResist. Esses exigem menos em termos de esforço físico, material e tempo, mas exigem mais em termos de matemática.

Nós não precisamos de computadores para criar modelos de previsão. Antes da era dos computadores, um modelo de previsão englobaria um conjunto de fórmulas matemáticas, geralmente equações diferenciais, que descreveriam os componentes do sistema e as relações dinâmicas entre eles. Os cientistas resolveriam as equações com lógica, para obter predições sobre o comportamento. A Segunda Lei de Newton sobre o movimento, $F = ma$, é um exemplo familiar. Descrevendo a relação da força com a massa e a aceleração, ela nos permite prever estados futuros de um sistema físico. Então, se conhecermos a força propulsora e a massa de um foguete, por exemplo, poderemos prever sua aceleração — e, como resultado, sua localização ao longo do tempo.

Os modelos matemáticos do passado eram limitados pela necessidade de mantê-los simples o suficiente para serem resolvidos por meio da lógica. Mais recentemente, contudo, grandes volumes de processamento — na forma de um supercomputador ou de computação em nuvem — passaram a exigir menos elegância e ao mesmo tempo aumentaram a capacidade de entender cenários altamente complexos. “Nós podemos substituir com frequência a engenhosidade humana pela força bruta da CPU usando simulações no computador”, disse Peter Haas, um dos principais pesquisadores de modelagem e simulação da IBM em Almaden.³¹³ Como as regras subjacentes às simulações não são tão precisas, elas podem gerar resultados altamente improváveis. Executá-las repetidamente e tirar conclusões erradas, entretanto, podem levar a resultados antagônicos. “Antigamente, os matemáticos e estatísticos produziam fórmulas sofisticadas, mas hoje em dia podemos ficar gerando novos dados ou recriando amostras dos dados existentes com relativa simplicidade para fazer previsões em situações nas quais as técnicas analíticas não bastam. E quanto mais simulações eu faço, melhor fica a resposta que eu recebo.”

Como Haas percebeu, os computadores atuais não estão apenas processando dados do mundo real, eles os estão gerando. Para saber como isso acontece, visitei William Pulleyblank, um recém-aposentado pesquisador do Watson Research Center que começou uma nova carreira como professor de matemática na Academia Militar dos Estados Unidos, em West Point.³¹⁴ “Os computadores estão afetando a ciência e os negócios em duas áreas essenciais. Uma parte é quando você tem os dados para analisar”, disse ele. “A segunda parte é aquela em que você não tem muitos dados, mas tem de entender as coisas seja como for. É aí que a supercomputação costuma dar a maior contribuição.”

Algumas vezes nós não conseguimos obter os dados. Às vezes, obtê-los é perigoso demais, como ocorre quando se testam bombas nucleares com explosões reais. Outras vezes, esperar que os dados cheguem leva ao fracasso, como exemplo quando acompanhamos a disseminação de uma doença altamente infecciosa. E há vezes em que não podemos entrar nos espaços em que o comportamento está ocorrendo. Como exemplo, Pulleyblank contou a história do Blue Gene, o projeto de simulação do enovelamento de proteínas iniciado em 1998 que usava o supercomputador de mesmo nome Blue Gene/L e os princípios da dinâmica molecular.

Proteínas são a base de toda a biologia. Nossos corpos englobam vários sistemas — cardiovascular, respiratório etc. — que, por sua vez, são feitos de órgãos. Esses órgãos contêm células, que dependem de proteínas. Antes que as proteínas se juntem como parte da membrana de uma célula, por exemplo, filamentos de aminoácidos precisam se agrupar em uma forma tridimensional e se tornar uma proteína. Esse processo é chamado de enovelamento. Até recentemente, o enovelamento de proteínas era um mistério total, mas sabíamos que ele era importante porque conseguimos distinguir padrões que vinculavam a falha no enovelamento a todos os tipos de doenças, inclusive o mal de Alzheimer e muitos tipos de câncer. A razão para simular o enovelamento de proteínas, então, deveria ser óbvia. Se pudermos entender o processo, talvez possamos descobrir por que ele falha e aumentar nossa capacidade de prever e evitar essas ocorrências. Mas como compreender um processo que leva um milésimo de segundo e ocorre em escala molecular?

O Blue Gene usava 200.000 processadores e um tipo de simulação chamado dinâmica molecular, que permite aos algoritmos expressar as regras da biologia molecular, da física, da fisiologia, da química e de outros nichos da ciência para avançar no tempo e perceber como uma proteína vai da etapa A à B, à C e assim por diante. “Suponha que você queira saber como *Avatar* termina, mas eu só lhe dê os 60 primeiros fotogramas do filme e lhe diga que tudo acontece logicamente dali em diante. Você precisa reconstruir o filme quadro a quadro. É o que nós fazemos”, explicou Pulleyblank. Esses 60 fotogramas representam nosso conhecimento básico de biologia celular e subcelular. “Nós começamos sabendo quais átomos compõem a proteína e sabendo algo sobre as moléculas que a circundam. Observamos cada par de átomos e determinamos se eles atraem ou repelem uns aos outros. Determinar para onde vai um átomo depende das forças de todos os outros átomos presentes. Precisamos descobrir a força que cada um exerce e, com base nisso, prever onde esse átomo estará em seguida. Esse movimento tem de ser minúsculo — se você estuda etapas minúsculas, nada lhe escapa — e isso cria mais um quadro de meu filme.”

Em geral, uma grande proteína contém vários milhares de átomos. Para simular o comportamento da proteína no ambiente do corpo, ela precisa ser atirada virtualmente na água, o que exige calcular as interações de aproximadamente 32.000 átomos uns com os outros — o número combinado de átomos na proteína e as moléculas de água ao redor. Isso dá aproximadamente 1 bilhão de interações. Computar a interação de cada par de átomos requer 150 cálculos (ou operações de ponto flutuante). Portanto, ir de um quadro ao próximo (o que é chamado de passo no tempo) exige 150 bilhões de cálculos. Cada passo no tempo dura cerca de um femtossegundo, e há 200 bilhões de femtossegundos no milissegundo (aproximado) que uma proteína leva para enovelar. É uma enormidade de cálculos: 3×10 elevado à 22ª potência, para ser exato. “Não existe um nome que faça sentido para esse número”, disse Pulleyblank. “Seria necessário um quatrilhão de operações de ponto flutuante por segundo durante um ano inteiro para calcular isso. A propósito: a mesma proteína pode se enovelar de maneira diferente a cada vez. Por isso, nós gostaríamos de fazer isso milhares de vezes para cada proteína.”

O poder da computação cresceu claramente desde que o Blue Gene começou seu trabalho, da mesma forma que algumas das metodologias da dinâmica molecular. Os pesquisadores descobriram formas de simular proteínas em uma ou duas semanas, mas o Blue Gene é um grande exemplo de como começam as simulações. É muito mais fácil descobrir atalhos depois que sabemos o destino.

As simulações representam uma das ferramentas de conhecimento mais poderosas que já tivemos, como se vê no trabalho que os pesquisadores estão fazendo em todo o mundo. Pegue qualquer publicação especializada respeitada ou simplesmente leia com atenção a cobertura científica em um jornal local para encontrar amplas evidências de que os pesquisadores estão tentando entender os mistérios de nosso mundo por meio de simulações em computador. Os epidemiologistas estão usando dados do censo norte-americano de 2.000 para modelar e acompanhar a forma de as doenças infecciosas se propagarem entre 281 milhões de norte-americanos espalhados pelo continente.³¹⁵ Uma equipe de astrônomos está simulando as interações de 75.000 partículas de poeira dos primórdios do sistema solar com os planetas exteriores, o vento solar e a luz do sol para entender melhor os sistemas planetários distantes.³¹⁶ Os arqueólogos estão modelando o impacto de milhares de anos de atividade rural e pastoreio animal na erosão do solo.³¹⁷ Os meteorologistas estão modelando furacões com milhões de unidades de informação, inclusive a velocidade do vento, a temperatura e a umidade.³¹⁸ As autoridades policiais estão preenchendo estádios esportivos virtuais com 70.000 torcedores simulados para testar vários métodos de evacuação para casos de emergência ou de ataque terrorista.³¹⁹ O Instituto Federal de Tecnologia da Suíça recentemente anunciou a intenção de criar um projeto de modelagem de um bilhão de euros chamado Living Earth Simulator, para tentar prever tudo, dos ciclos econômicos às pandemias e às mudanças climáticas.³²⁰

E o envelhecimento de proteínas dá uma pista do que podemos simular em relação a nossos corpos. Estamos tentando prever a ocorrência de arteriosclerose e o enrijecimento das artérias modelando o fluxo de sangue pelo coração, com base em um bilhão de variáveis obtidas com pacientes reais.³²¹ Trabalhando com a Divisão de Pesquisa IBM, uma equipe de cientistas da École Polytechnique Fédérale de Lausanne (Escola Politécnica Federal de Lausanne), na Suíça, está desenvolvendo uma gigantesca simulação de um cérebro, chamada Blue Brain, na esperança de entender tudo, desde a atividade celular até as funções de mais alto nível, como a memória.³²² O projeto começou com o cérebro de um rato e a meta de simular o cérebro humano na década seguinte. Pulleyblank não vê um ponto final para essa tendência. “Observar o que uma única célula faz é incalculavelmente mais complexo do que o envelhecimento da proteína. E, se eu pudesse fazer uma célula, eu poderia simular um coração?”, disse ele. “Se eu pudesse fazer isso, eu poderia entender o efeito de um marca-passo a longo prazo em um órgão. Se eu pudesse fazer isso, talvez um dia pudesse observar você e simular o que acontecerá com seu corpo dentro de 10 anos.”

Trilhamos uma longa estrada desde que Norman Borlaug, arduamente, criou com suas próprias mãos variedades individuais de trigo. Trabalhando no mundo físico, ele fez conexões usando pinças, a força do corpo e da mente e uma determinação incansável. Ele nunca poderia prever as ramificações danosas de seu trabalho — com que liberdade o uso de pesticidas e fertilizantes baseados em petroquímica destruiriam sistemas inter-relacionados. Agora nós podemos. Nós podemos ver mais longe, mapear dados mais amplamente e entender as implicações de modo mais abrangente, tudo para prever esse efeito dominó e, em última análise, tornar nossas invenções mais sustentáveis.

• • •



Para levar o homem à Lua, foi preciso primeiro que um país inteiro acreditasse que isso era possível.



Progridir significa justificar sua posição. Os cidadãos de Estocolmo a princípio resistiram ao novo plano de redução do tráfego, mas isso foi antes da fase de experiência.



É comum o caminho da invenção para a inovação estar bloqueado até que alguém demonstre convicção bastante para ir até o fim, como foi o caso do primeiro stent coronariano.



Acreditar

O caminho para o progresso raramente é linear. Talvez seja útil visualizar o smuba como uma série de marchas em uma bicicleta de cinco velocidades. Ver é a primeira marcha que dispara o movimento para a frente. Sua utilidade nunca termina, mas, à medida que o cenário se altera, ela cede a vez às marchas seguintes. E é claro que engrenar qualquer marcha apenas uma vez não é suficiente. Coletar um dado não é o bastante para criar um mapa confiável. Pense no mapa de 1804 que Lewis e Clark criaram para Jefferson: era tão impressionante quanto incompleto. Para completar o mapa dos Estados Unidos foram necessárias décadas de coleta de dados adicionais. Acontece a mesma coisa durante o processo de entendimento.

Determinar a causa de um engarrafamento de trânsito poderia ser apenas uma questão de mapear alguns buracos na rua, mas, se a causa é externa ao sistema viário — digamos, a luz ofuscante do sol no final da tarde —, então o mapa precisa incluir informações sobre o ambiente, o que requer mais dados. O processo de entendimento destaca as deficiências do mapa, o que gera a necessidade de mais dados, e assim por diante.



Ao contrário de uma bicicleta, entretanto, o smuba geralmente não é impulsionado por um único agente. Alguns dos exemplos citados até agora envolvem a captura, o mapeamento e a análise de dados privados em nome do progresso, mas muitos deles não. Existe uma profusão de informações públicas aguardando para serem exploradas em busca de padrões, e existem pilhas de mapas analógicos e digitais prontos para serem interpretados e analisados. E haverá, certamente, muitas oportunidades para as pessoas convíctas e carismáticas fazerem as conexões depois que a árdua tarefa do entendimento estiver concluída.

Alguns dos maiores inovadores da História fizeram exatamente isso. Joseph Marie Jacquard não foi o primeiro a imaginar um sistema para mecanizar a tecelagem. Seu tear se baseou em invenções de décadas anteriores. Henry Ford não inventou o automóvel nem a linha de montagem; ele adotou e aperfeiçoou versões anteriores. Isso também é verdade no caso do tecnólogo e inventor mais hábil da História, Thomas Edison. Edison detém o crédito de mais de mil patentes norte-americanas, mas nós nos lembramos dele por seu papel no desenvolvimento de duas ideias que não foram suas: a lâmpada e a eletricidade. Imagina-se que pelo menos oito pessoas tenham chegado à lâmpada antes dele. “Foi uma grande invenção técnica, mas, a não ser que você tivesse um promotor como Edison, que sabia lidar com o mercado e promover o que estava fazendo, ela não teria acontecido. Ele aproveitou as primeiras oportunidades nos níveis técnico e social, e fez isso muito bem”, disse Grady Booch, cientista-chefe da IBM.³²³ “No caso da eletricidade, ele não esperou que ela acontecesse, ele a fez acontecer. Ele descobriu oportunidades de ganhar dinheiro vendendo os dinamos para produzir a eletricidade, bem como os fios e as lâmpadas — e foi assim que ele começou a eletrificar Nova York e outros lugares.”

Todo inventor tem uma história sobre o momento em que sua grande ideia surgiu. Nós devoramos essas histórias, talvez porque nos deem a esperança de também sermos tocados pela inspiração. Mas isso é óbvio. Qualquer pessoa pode ter uma grande ideia. Ao falar ponderadamente sobre seus êxitos, aqueles que conseguiram persistir em uma invenção até alcançar a inovação tendem a encarar a ideia real como um produto. Julio Palmaz, por exemplo, foi indicado para o Hall

da Fama dos Inventores pela criação do primeiro stent coronariano do mundo, um dispositivo que serve como sustentação para um vaso sanguíneo obstruído.³²⁴ A ideia do stent lhe surgiu enquanto ele ouvia um pronunciamento de Andreas Gruentzig, que realizou a primeira operação usando angioplastia com balão e falou francamente sobre as limitações do processo. O sucesso do stent não se deveu apenas ao fato de Palmaz estar no lugar certo na hora certa. Havia muitas outras pessoas ouvindo o discurso de Gruentzig. A ideia em si, produto surpreendente de um sistema complexo, estava pronta para emergir. Ela apareceria em algum outro lugar porque sua hora havia chegado. Não que qualquer pessoa pudesse capturá-la. Imaginar e preencher os detalhes de um dispositivo inteiramente novo capaz de sustentar paredes de artérias exigia criatividade e conhecimento técnico substanciais. No entanto, o fator decisivo no sucesso da ideia, na criação de uma indústria multibilionária, foi uma característica mais simplória: uma perseverança obstinada. “Minha ideia era simples. A maioria das pessoas diria: ‘Detestei. É a evolução óbvia da angioplastia, mas quem vai querer colocar um pedaço de metal em uma artéria?’”, disse o cardiologista argentino em sua vinícola do Vale de Napa, na Califórnia, a Palmaz Vineyards. “As inovações sempre enfrentam um negativismo racional. Não me deem crédito por trazer a ideia do stent. Alguém acabaria trazendo. Deem-me crédito por ter continuado nela. O mais importante foi minha persistência.”

Essa persistência é o resultado de acreditar de fato. Há muitas formas de crença, é claro, o que inclui imaginação, curiosidade, hipótese e intuição, e cada uma tem um papel importante na vida. A palavra crença é frequentemente usada como sinônimo de fé e associada à religião, mas não é desse tipo de crença que estou falando aqui. No duro trabalho de fazer o mundo funcionar melhor, acreditar é estabelecer uma evidência e permanecer nela — porque é isso que é preciso para apoiar e perseguir uma ideia até ela se realizar inteiramente. Essa capacidade exclusivamente humana é comum entre os heróis da História — pessoas que têm uma visão singular, energia e carisma. Mas ela pode ser estimulada.

O segmento de capital de risco é um mecanismo projetado para fomentar a crença. Particularmente no Vale do Silício, na Califórnia, mas também em todo o

mundo, as empresas de capital de risco oferecem um fórum para gerar, testar e implantar grandes ideias. Financiamento é, obviamente, uma imensa preocupação para inovadores ambiciosos, mas em seus melhores momentos esses financiadores fornecem mais do que dinheiro. Eles conectam os empreendedores a uma rede de recursos para inspirar confiança e ambição, ao mesmo tempo que preveem armadilhas e os desafiam. Em resumo, eles dão a esses empreendedores um local para testar e validar as crenças. O meio acadêmico, naturalmente, também pode servir como uma placa de Petri para as ideias que florescem entre colegas e ávidos pesquisadores de pós-doutorado. As universidades — de Harvard, MIT e Stanford a Cambridge, Oxford e McGill — têm demonstrado repetidamente que a combinação correta de sagacidade científica e tendência do mercado pode gerar inovações sistemáticas.

Edison projetou o que podia ser encarado como um ícone da cultura moderna da crença em tecnologia, o laboratório de pesquisas industriais de Menlo Park. Ele deu a seus pesquisadores multidisciplinares todas as ferramentas e todo o material imaginável e os incumbiu de trazer novas tecnologias para o mercado. Muitas das patentes creditadas a Edison vieram do trabalho realizado por seus funcionários. “Ele criou uma estrutura de laboratório que contava com muitas pessoas interessantes fazendo muitas coisas também interessantes”, disse Booch. “E, desde o primeiro caldeirão de ideias e dos primeiros experimentos das pessoas, todas essas inovações surgiam.”

A pesquisa corporativa e o desenvolvimento percorreram um longo caminho desde então. A antiga AT&T era conhecida por seus laboratórios de pesquisa. O PARC, um ícone da Xerox, ficou famoso por ter sido o berço do mouse de computador e da interface gráfica de usuário (GUI, Graphical User Interface), entre muitas outras inovações (provando novamente que o inventor nem sempre é o que mais acredita). Diversas empresas como 3M, Apple, Dow Chemical, Genentech, Google, Microsoft, Monsanto e Procter & Gamble gastaram bilhões em vários tipos de pesquisa e desenvolvimento de produtos. Só a IBM gasta aproximadamente US\$ 6 bilhões por ano em P&D.³²⁵ Cada empresa tem suas próprias ideias sobre a combinação de excelência na pesquisa científica e excelência

no desenvolvimento de produtos, bem como estratégias que descrevam quando estimular inovações e quando adquiri-las. Mas existe uma ideia universal que se pode extrair desses laboratórios: a invenção pode ser um resultado natural do método científico, mas a inovação incorpora mais do que a ciência — ela incorpora encorajamento, colaboração e integração.

Os pesquisadores dos nove laboratórios da IBM ao redor do mundo geraram mais de 5.800 patentes em 2010.³²⁶ No entanto, patentes não fazem o mundo funcionar melhor. Esses pesquisadores talvez acreditem que a aplicação da inteligência, do bom senso e da ciência pode melhorar as empresas, a sociedade e a condição humana, mas o progresso não é possível sem que essa crença contagie centenas de milhares de clientes, parceiros e colegas não cientistas. É por isso que John Kelly, vice-presidente sênior e diretor de pesquisa da IBM, tem certeza de que existe uma corrente constante de pesquisadores indo a campo e de pessoas não técnicas indo para os laboratórios.³²⁷ “Um grupo de meus pesquisadores está na Clínica Mayo trabalhando em assistência médica inteligente. Tenho pessoal nas margens do Rio Hudson, de botas, coletando dados das correntes. De certa forma, o laboratório está lá fora”, ele me disse. “As unidades de negócios dependem realmente das pesquisas para serem seus faróis. Elas dependem de nós estarmos por aí, tentando encontrar a próxima grande ideia.”

O CARISMA SEMPRE SERÁ UMA FERRAMENTA IMPORTANTE para convencer a tropa de que a mudança é possível. Porém, a tecnologia também pode ter um papel. Quanto mais precisamente calculamos e visualizamos as situações futuras potenciais, mais podemos minimizar os riscos e mais eficazes seremos para indicar o melhor caminho. As missões lunares da NASA dão um grande exemplo de como a tecnologia pode estimular o tipo de crença necessária para fazer algo monumental — e monumentalmente difícil.

Em 1961, o famoso discurso do presidente John F. Kennedy sobre o desafio de chegar à Lua disparou um esforço de enviar um norte-americano à Lua até o final da década. Em 20 de julho de 1969, o módulo lunar *Eagle*, de 15 toneladas,



O discurso do presidente Kennedy sobre o desafio de chegar à Lua foi a centelha para a missão Apollo 11. Mas um foguete lunar não decola para o espaço somente por inspiração. A NASA precisou dos computadores da IBM e de milhares de IBMistas no Mission Control para calcular inúmeros planos de voo, prever todos os cenários possíveis e se prevenir contra todas as complicações previsíveis. Foi esse trabalho nas trincheiras que fez todos acreditarem que a missão lunar era possível.

pousou com êxito como parte da missão Apollo 11. O que fez Kennedy acreditar que tal façanha era possível? Não importava o teatro da Guerra Fria. Sua convicção foi consequência, pelo menos em parte, do trabalho realizado décadas antes na Astronomical Calculator (calculadora astronômica) doada à Universidade de Colúmbia pela IBM em 1945. Uma década mais tarde, a IBM copatrocinou, juntamente com a Sociedade Astronômica Norte-Americana, o Thomas J. Watson Astronomical Computing Bureau — o primeiro centro de computação científica no mundo, que funcionou como um local para a comunidade astronômica do mundo inteiro trabalhar nas equações diferenciais do movimento planetário. Esse trabalho proporcionou a base para as missões Gemini e Mercury nos anos 1960, o que levou à missão Apollo.

O primeiro lançamento suborbital tripulado norte-americano, o *Mercury-Redstone 3*, durou apenas 15 minutos e contou com os computadores da IBM em terra para calcular as trajetórias adequadas do foguete e os roteiros de voo. A primeira missão lunar tripulada, em contrapartida, ultrapassou oito dias. Para garantir que a *Apollo 11* tivesse os melhores dados possíveis de navegação, os pesquisadores da IBM criaram uma nova efeméride lunar, mapeando as futuras posições da lua e sua órbita até o ano 2.000. Esses cálculos eram 10 vezes mais precisos do que qualquer um disponível anteriormente.³²⁸

A IBM projetou o Real-Time Computer Complex em Houston, também conhecido como Mission Control, e o Goddard Space Flight Center em Greenbelt, Maryland. Ambos os sistemas foram inspirados por antigos sistemas de controle em tempo real, inclusive o Sabre da American Airlines e o SAGE, sistema de alerta do início da era da Guerra Fria projetado para esquadrihar os céus em busca de bombardeiros soviéticos. O Mission Control apoiava-se em cinco computadores Sistema 360 Modelo 75 para monitorar todos os aspectos das condições e a posição do foguete e para detectar qualquer desvio do plano de voo em 120 bilionésimos de segundo. Todos os dados de correção de curso, órbita lunar, perda de comunicação, pouso lunar, decolagem, encontro entre o módulo de aterrissagem e a cápsula, e a descida final no Pacífico estavam pré-programados.³²⁹

Ao contrário das missões Gemini e Mercury, muito mais curtas, com a Apollo os computadores precisaram viajar também. O foguete Saturno V, com 3.500 toneladas e a altura de um edifício de 36 andares, era guiado por um computador de navegação conhecido como Instrument Unit (unidade de instrumentos). Construído por 2.000 IBMistas em Huntsville, Alabama, ele era um feito em termos de miniaturização e poder de computação, diferente de qualquer coisa que o mundo já vira. A IBM comprimiu o equivalente a um Sistema 360 Modelo 50 no tamanho de uma maleta alimentada por 144 watts de eletricidade — menos do que algumas lâmpadas exigem. A unidade calculou 500 rotas para a Lua, cada uma delas consistindo em 135 equações e 6.100 instruções; a unidade avaliava continuamente a atitude, a aceleração, a velocidade e a posição do foguete e emitia até 22 comandos de direção por segundo para garantir que os astronautas mantivessem a rota mais eficiente. A responsabilidade final da unidade antes de ser lançada ao espaço foi controlar a queima do foguete do terceiro estágio, arremessando o módulo de comando com Neil Armstrong, Michael Collins e Buzz Aldrin em direção à Lua.³³⁰

O que é que isso tem a ver com acreditar? Os 10 bilhões de instruções calculados durante o curso da missão Apollo 11 serviram como reforços constantes — garantias contínuas, momento a momento — de que aqueles três homens não só podiam realizar a viagem à Lua, mas também podiam voltar para casa em segurança.

Naturalmente, toda a tecnologia do mundo teria sido inútil sem a equipe de seres humanos reais, muitos dos quais eram IBMistas. Entre aqueles que mais acreditavam estava o IBMista Homer Ahr, que, em seu primeiro emprego ao sair da universidade, operou os computadores do Mission Control durante a viagem da *Apollo 11*.³³¹ Ele se lembra de ter ficado particularmente tocado pela famosa frase de Armstrong: Um pequeno passo para o homem, um salto gigantesco para a humanidade. “Ele retratou todos os pequenos passos que meus colegas e eu demos na direção daquele pequeno passo”, disse ele. “Porque foi realmente uma grande quantidade de pequenos passos.”

Ahr é uma prova viva de como uma equipe de seres humanos inteligentes e dedicados pode conseguir qualquer coisa. Ele é também a evidência de que não há

como prever todas as complicações potenciais. Se tivéssemos de acreditar com 100 por cento de certeza que todas as atitudes que tomamos seriam perfeitas, estaríamos condenados à estagnação. Porém, criando sistemas que estão vivos, podemos lidar com as crises conforme elas aparecem. Para provar seu ponto de vista, Ahr lembrou o desastre recente da *Apollo 13*, quando a equipe foi forçada a abortar a aterrissagem devido à ruptura de um tanque de oxigênio. “O que eles fizeram foi uma manobra que, antes daquela missão, não poderia ser computada pelo sistema em terra, não poderia ser orientada, não poderia ser recomendada nem transmitida para a tripulação executar”, disse ele, com os olhos marejados de lágrimas. “Nós pusemos aquele recurso no computador pela primeira vez na *Apollo 13*. E eu sei disso porque fomos meu colega e eu que fizemos isso.”

UMA MUDANÇA NO SISTEMA NÃO OCORRE UNILATERALMENTE. Ela envolve uma cidade. Ou um país. Uma sociedade inteira. Ou toda a humanidade. O que significa que envolve liderança. A liderança vem de várias formas. Às vezes é uma questão de convencer milhares de engenheiros de que eles podem conseguir alguma coisa que seus avós nunca poderiam imaginar. Às vezes é lançar uma ideia para deixá-la florescer. O computador pessoal é um grande exemplo. Depois de entrar no mercado de computadores pessoais há 30 anos, a IBM abriu sua arquitetura para o mundo e notoriamente decidiu que o negócio de software não valia a pena. Essa simples atitude pode ser encarada por alguns como um erro estratégico colossal — afinal de contas, ela entregou de mão beijada o negócio de sistemas operacionais à Microsoft, cuja divisão de Windows gera atualmente perto de US \$20 bilhões de receita anual. Mas foi, sem dúvida, bom para as atividades (e muito provavelmente positivo a longo prazo para a IBM) porque ela criou não só um produto, mas também todo um setor, dando origem à Microsoft bem como a fabricantes de clones e de periféricos, da Compaq à Dell.

“Se tivéssemos agido de modo mais reservado, ela nunca teria se tornado o que se tornou. E é engraçado como aquilo aconteceu, porque não fizemos necessariamente de propósito”, disse Dean, vice-presidente da IBM. “É como no passado, quando colocavam um diagrama esquemático na parte de trás dos

aparelhos de TV para o técnico poder consertá-los. Bem, nós pusemos o diagrama no manual de referência entregue com o PC. Assim, qualquer pessoa que quisesse construir uma cópia podia fazê-lo facilmente. Isso abriu as portas para que muitas pessoas não só criassem sistemas, mas criassem adaptadores, escrevessem programas... Isso realmente gerou uma grande plataforma sobre a qual se podia criar. Foi isso que provocou o sucesso.”

Em um mundo cada vez menor, os padrões se tornam até mais importantes como plataformas, segundo o ex-presidente e CEO da Intel, Craig Barrett. “Conforme as fronteiras vão ficando transparentes, quer você esteja administrando uma linha férrea ou uma conexão de banda larga que cruze a fronteira, você precisa ter algum grau de compartilhamento, e é isso o que os padrões garantem”, disse ele em uma entrevista no site da empresa.³³² “Todo o setor pode evoluir em torno de características comuns e inovar com base nelas.”

Barrett está falando sobre tecnologia da informação e eletrônicos de consumo, mas o sentimento é válido para todos os setores, as tecnologias e as sociedades. Ao estabelecer limites e restrições, os padrões, de modo um tanto paradoxal, estimulam as inovações colocando os desenvolvedores sob um denominador comum.

Edison sabia disso quando se desentendeu com Nikola Tesla sobre o uso de corrente alternada ou corrente contínua para padronizar a eletricidade. Um grupo de varejistas, fabricantes e instaladores usou o símbolo UPC para recriar setores inteiros. A certificação internacionalmente reconhecida para edifícios verdes conhecida como LEED proporciona a arquitetos e empreiteiros orientações comuns para estimular o projeto e o desenvolvimento de edifícios ambientalmente responsáveis e com eficiência energética. A padronização dos registros médicos eletrônicos é o primeiro passo necessário para projetar um sistema de saúde mais eficiente, eficaz e transparente — um que permita que os pacientes acessem seus próprios dados, que os médicos compartilhem resultados e que os administradores reduzam a papelada.

Outro grande aspecto da liderança vem do debate e, quando necessário, de se colocar a reputação — ou toda a carreira — em risco para defender algo em que valha a pena acreditar. Um dos mais celebrados sucessos recentes da IBM ocorreu



O diagrama esquemático do PC IBM original fornecia um conjunto de informações para que todos os empreendedores pudessem construir suas próprias máquinas. Essa atitude única estabeleceu um padrão — e principalmente revelou um enorme negócio —, gerando ao mesmo tempo muitos concorrentes e permitindo o nascimento de um novo setor.

em Estocolmo, Suécia. Em maio de 2009, escrevi para a *Fortune* sobre o sistema de taxaço para combater o congestionamento de trânsito na cidade.³³³ O sistema reduziu em 22 por cento o tráfego em Estocolmo e nos arredores, controlou as emissões em 14 por cento e melhorou a qualidade de vida no centro da cidade. As ruas se tornaram mais transitáveis para os pedestres, e os ônibus passaram a completar as rotas antes do horário programado. Chegar lá, entretanto, não foi fácil. O maior obstáculo não foi criar um sistema de cobrança quase perfeito, inventar novas tecnologias nem registrar carros. Foram os cidadãos de Estocolmo, que se recusavam terminantemente a pagar mais um imposto.

Diante dos dados da pesquisa mostrando que uma ampla maioria não queria o projeto, a câmara municipal anunciou um teste de sete meses, após o qual os cidadãos votariam em um referendo para determinar o destino do sistema. Gunnar Söderholm, um funcionário graduado da prefeitura, foi encarregado de supervisionar a implementação. De fato, ele e as demais lideranças de Estocolmo criaram um modelo muito grande e caro sabendo que talvez precisassem desfazer inteiramente. Era uma estratégia arriscada. Superestimar os recursos ou benefícios tecnológicos teria sido desastroso. A IBM se envolveu em cada etapa, produzindo uma campanha publicitária para explicar como o sistema funcionaria, projetando uma nova tecnologia de reconhecimento óptico de caracteres, alinhando integradores de sistemas e parceiros técnicos, e instalando um sistema de cobrança. Se os suecos detestassem o sistema de taxaço, não seria por estarem sendo cobrados erroneamente.

No final, o sistema superou as expectativas, e os cidadãos de Estocolmo votaram majoritariamente para continuar com seus dias menos congestionados. “Nós começamos com uma mesa vazia, projetamos o esquema, desenvolvemos uma logística, fizemos o piloto e o referendo — tudo em quatro anos”, disse-me Söderholm em uma sala de conferências barroca da Prefeitura, no local da solenidade anual do Prêmio Nobel. “Esse é um dos poucos exemplos de investimento em infraestrutura com retorno imediato.”

Em uma entrevista complementar dois anos mais tarde, Söderholm observou que os cidadãos de Estocolmo continuavam a favor do sistema de taxaço. Em uma

pesquisa realizada em novembro de 2010, dois terços dos que opinaram disseram apoiar o sistema. E Söderholm continua orgulhoso da realização do esquema e de seu preço de US\$ 450 milhões. “Qualquer outra infraestrutura para reduzir o tráfego de entrada e saída da cidade em 20 a 25 por cento teria custado pelo menos 10 vezes esse preço”, disse ele. “O imposto sobre congestionamento veio para ficar e agora faz parte da rotina diária.” Na verdade, está se espalhando. A segunda maior cidade da Suécia, Gotemburgo, planeja implementar um esquema semelhante a partir de 1º de janeiro de 2013.

A situação de Estocolmo demonstra o tipo de esforço necessário para persuadir a população em geral a aceitar qualquer modificação de comportamento sem compensação óbvia. É importante lembrar como nós enfrentamos a questão delicada da mudança climática. John Sterman, professor do MIT e especialista em modelagem, fez uma comovente convocação na conferência do Instituto Almaden no segundo trimestre de 2010, implorando que seus colegas trabalhassem com mais afinco para convencer o povo de que o aquecimento global é real e apresentando as consequências terríveis do fracasso. “Estamos deixando uma herança para nossos netos que será pobre e dilapidada”, disse ele, desacreditando inteiramente qualquer esperança de que uma equipe de cientistas nos salve com uma invenção bombástica no estilo do Projeto Manhattan. “O anseio por esse tipo de solução técnica é compreensível. Ao concentrar dinheiro e talentos suficientes nos desertos do Novo México, os cientistas criaram armas nucleares — comprovadamente as aplicações de ciência e tecnologia mais eficientes para afetar os resultados geopolíticos de nossa história. Assim, pode-se ver como é atraente um Projeto Manhattan para enfrentar a mudança climática. Mas pode não funcionar.”

No caso do armamento nuclear, o público não tem função (exceto a de sentir medo). No caso do aquecimento global, são nossas próprias atitudes que estão fazendo com que as calotas de gelo derretam, o nível do mar aumente, o clima se torne mais severo e terras férteis se transformem em poeira. A redução das emissões de gases do efeito estufa requer que milhões de pessoas reduzam suas pegadas de carbono, o que pode ser conseguido, por exemplo, comprando veículos mais eficientes, fazendo o isolamento de residências, usando transporte público e

apoiando leis que promovam a energia limpa e renovável. No entanto, muitos de nós não estão sequer convencidos de que existe um problema. A pesquisa anual da Gallup sobre questões ambientais mostrou, em 2010, que “48 por cento dos norte-americanos acreditam que a gravidade do aquecimento global é geralmente exagerada”, acima dos 31 por cento de 1997.³³⁴ Mudar isso, argumentou Sterman, exigirá não um projeto de pesquisa hermeticamente fechado, mas uma cruzada social — algo como um movimento de direitos civis que recorra a uma liderança distribuída para convencer as populações de que nosso atual modo de vida é insustentável.

Na verdade, é mais difícil do que isso. “Os danos causados pela segregação eram visíveis para qualquer um que olhasse”, disse Sterman. “Modelos em computador e gráficos do aumento projetado do nível do mar não provocam a mesma indignação que imagens de ativistas dos direitos humanos sendo espancados e atacados por cães policiais por causa da cor de sua pele.” Ao contrário do racismo, que desencadeou o movimento dos direitos civis, as causas e os efeitos da mudança climática não são óbvios. No caso da mudança climática, cada dia frio no verão ou cada nevasca parecem contestar a noção de uma atmosfera em aquecimento.

Este será o desafio de toda a nossa vida. Temos os meios para reunir dados irrefutáveis, destacar padrões que surgem em tempo real, entender cenários e estimular e demonstrar aos estrategistas políticos as consequências da inércia. (A IBM está trabalhando em um padrão de integração de modelos chamado SPLASH, que ajudará os pesquisadores a vincular dezenas de modelos envolvidos na simulação dos efeitos de sistemas imensamente complexos como a assistência médica e o clima.)³⁹⁵ Mas será que isso é suficiente para romper a complacência do público?

Como cientista, Sterman está atormentado. Como ser humano, ele continua cautelosamente otimista, achando que a população em geral acabará reconhecendo a enormidade do problema que estamos enfrentando. “Vamos ter de projetar nossos modelos de modo que eles tenham a urgência e o impacto que tivemos no movimento dos direitos humanos. Se fizermos isso (ênfasis não só a parte técnica, mas também o processo dessa mudança), poderemos enfrentar esses problemas.”

• • •

Agir

Agir — a última etapa do difícil processo de fazer o mundo funcionar melhor — deveria ser apenas uma formalidade. Se tivermos coletado e organizado todos os dados, estabelecido as relações de causa e efeito e convencido os interessados e a nós mesmos de que há um caminho melhor, bem, aí é só girar a chave.

Não há chave. Não há uma ação isolada que reverta a mudança do clima ou remova o desperdício de uma cadeia de fornecimento, ou elimine a obesidade, ou faça você chegar em casa a tempo para o jantar. Agir em um sistema é menos como acender a luz e mais como construir uma carreira. Arranjar aquele primeiro emprego ao sair da universidade está longe de ser suficiente. Uma carreira de sucesso exige aprendizado, reavaliação e reação contínuos. Se houvesse uma chave para o progresso — e bastasse conhecer o caminho e ter as ferramentas —, não haveria explosões de dutos de gasolina, céus carregados, economias em colapso, secas, incêndios florestais e pandemias. Todos nós estaríamos confortáveis, seríamos bem educados, ajustados, bem nutridos e passaríamos muito mais tempo com nossas famílias em nossas espaçosas casas com emissão de carbono neutralizada.

Mas não é bem o caso. Em vez disso, às vezes parece que as coisas estão piorando. A temperatura está aumentando, nossos vírus estão se tornando mais letais e os sistemas criados pelo ser humano estão se deteriorando rapidamente. Há uma escola de pensamento que diz que essa trajetória continuará, que a humanidade está presa ao destino desse pântano de sistemas complexos e que nada, exceto explodi-los, funcionará. “Mesmo com o avanço de nosso conhecimento, os acidentes e, portanto,





Onde começamos?



Reestruturar ou começar do zero?



Como chegar a um consenso?



O que é preciso para superar o status quo?



Que nível de risco é aceitável?



Dominar um sistema pode lançar luz sobre os outros?

as catástrofes potenciais são inevitáveis em sistemas complexos e estreitamente integrados, com possibilidades letais”, escreveu o sociólogo e teórico organizacional Charles Perrow em seu livro *Normal Accidents*.³³⁶ “Precisamos viver e morrer com seus riscos, exterminá-los ou reprojotá-los radicalmente.”

Isso não é útil nem realista. Consertar o planeta não é como uma reforma completa na casa. Não podemos alugar um espaço por seis meses e mudar para lá enquanto os especialistas constroem uma nova casa para nós. E nós humanos não somos particularmente de nos conformar com o status quo. Nossos ancestrais enfrentaram repetidas vezes os problemas insolúveis e a ruína “inevitável”. Abrimos com unhas e dentes nosso caminho para mais sabedoria, conforto e comodidade. Isso não pretende ser uma nota de otimismo, ao menos não somente. E não tem a ver com instinto de sobrevivência. Toda espécie — inclusive a humana, é claro — tem uma tendência inata a evitar a extinção, a projetar seus genes para o futuro, e esse instinto básico nos serve bem. Como seres humanos, nós também lutamos para fazer as coisas melhor. Alguns de nós são motivados pelo lucro; outros, pela glória; outros ainda, pelo altruísmo ou por uma intenção maior. Seja qual for a motivação, temos mostrado inúmeras vezes que não ficamos esperando preguiçosamente a ruína chegar.

Então, como fazer progressos de fato na escala de um sistema complexo? Agir em um sistema exige todas as habilidades desenvolvidas ao ver, mapear, entender e acreditar. Também adota a colaboração entre talento, parceiros, tecnologia e, mais uma vez, liderança. Os bons líderes são naturalmente ótimos comunicadores. Não é apenas uma questão de refinar uma frase. Um grande líder mostra às massas os dados e mapas que o levaram a entender e acreditar. A esta altura, não é surpreendente ouvir que a tecnologia está ajudando também neste aspecto. O medidor inteligente não é somente um exemplo de tecnologia que está dando às massas a capacidade de ver, mapear, entender — e alterar — seus hábitos. Quando uma ação comunitária é necessária, itens como calendários on-line, wikis, mensagens instantâneas, videoconferências e portais personalizados na web estão aumentando nossa capacidade de colaborar, reduzindo a perda de sinal em nossas comunicações e nos habilitando a prever consequências e contribuir com ideias. E nós agora temos a tecnologia para automatizar os sistemas do mundo — para perceber mudanças de comportamento à medida que ocorrem, avaliar o impacto e sugerir linhas de ação em tempo real.

Outra lição importante sobre agir: uma intervenção em um ponto preciso às vezes funciona melhor do que uma remodelação total. Se nós pudermos direcionar nossas ações para áreas específicas e cronometrar essas ações, poderemos obter o máximo de retorno com o mínimo de esforço. Agindo em partes de um sistema, podemos aprender lições sobre como fazer as mudanças funcionarem em escala mais ampla. Ou, melhor ainda, podemos deflagrar uma cadeia positiva de eventos que farão o sistema mudar a si mesmo.

Vamos tomar como exemplo um problema específico. A pobreza é ao mesmo tempo o sintoma da confluência de muitos sistemas deficientes e a causa de deterioração ainda maior nesses sistemas. Ela está entrelaçada com educação, emprego, serviços sociais, custo de vida, crime e assim por diante. Eliminar a pobreza é um objetivo admirável, mas irrealista. Não podemos demolir e reconstruir todos os sistemas integrados que contribuem para ela existir. Mas podemos combatê-la, um pouquinho a cada vez.

Por piores que as coisas tenham parecido no início do século XXI, não foram nada se comparadas à Grande Depressão. Naquela época, as coisas pareciam realmente desesperadoras. Não havia uma solução para endireitar a economia e garantir um futuro melhor para milhões de cidadãos empobrecidos, famintos e sofrendores. No final, muitos fatores tiraram os EUA da situação, inclusive a Segunda Guerra Mundial e os empregos criados pelo plano New Deal do presidente Franklin D. Roosevelt, mas talvez o maior fator isolado para assegurar a sustentabilidade daquelas mudanças tenha sido uma decisão de Roosevelt em 1935: a de fornecer uma rede de segurança social a 26 milhões de trabalhadores por meio da Social Security Administration, a agência norte-americana de previdência social.³³⁷ Ela não reduziu o desemprego nem aumentou a produção, mas estabeleceu um piso, o que limitou o escopo das oscilações na economia (ao menos em seu impacto em cada trabalhador). Nesse aspecto, foi uma intervenção clássica no sistema.

Na comemoração do 25º aniversário da implementação da Social Security, a ex-Secretária do Trabalho norte-americana Frances Perkins falou da assombrosa natureza da missão.³³⁸ “Era uma equipe improvisada. Não tínhamos dinheiro”, disse ela em um pronunciamento. “Parecia que não seria possível fazer.” (E muitos acreditavam que *não seria* feito.) Ela pegou emprestadas pessoas de outros departamentos, persuadiu alguns líderes das áreas tecnológica e econômica no



Em 1935, arquitetar um esquema de encargos sociais e reembolso para 26 milhões de trabalhadores era quase inimaginável. Mesmo assim, foi isso que a Secretária do Trabalho norte-americana Frances Perkins fez com “uma equipe improvisada e sem dinheiro”. O papel da IBM em reestruturar e implantar o sistema norte-americano de previdência social ajudou a estabelecer a confiança, entre os IBMistas, de que qualquer problema, independentemente de tamanho e novidade, poderia ser enfrentado aplicando-se inteligência, ciência e razão.

mundo a irem para Washington —muitos sem salário— e enfrentou os trabalhadores norte-americanos, que não estavam, compreensivelmente, nem um pouco entusiasmados com a ideia de extraírem um novo imposto de seus salários sem nenhum benefício imediato. Além disso, ela usou as melhores ferramentas disponíveis. “Lembro o dia em que Arthur Altmeyer, que na época era o primeiro assistente do Secretário do Trabalho, entrou em meu escritório e disse: ‘Sabe... Eu acho que conseguimos. Essas novas máquinas da IBM, acho que elas podem fazer isso’”, recordou ela, referindo-se à 077 Collator, uma máquina de cartões perfurados que foi inventada para o projeto. “Com aquele grupo realmente inventivo, nós descobrimos um modo de fazer.”

É fácil se sentir exausto com a sofisticação do projeto da Social Security em relação aos problemas que enfrentamos atualmente, mas é importante manter a perspectiva histórica. “O tamanho da empreitada não tinha precedentes. Já tinha havido projetos de contabilidade relativamente grandes nos quais as máquinas tabuladoras foram usadas, mas nada tão grande a ponto de administrar as contas de 26 milhões de trabalhadores”, disse Paul Lasewicz, arquivista corporativo da IBM em Somers, estado de Nova York.³⁹⁹ “A outra coisa que tornou a tarefa difícil foi o prazo curto. Eles tinham de concluir todo o processo em 16 meses: solicitar propostas dos fornecedores; definir processos e procedimentos; entrevistar, contratar e treinar mais de 2.000 funcionários; criar a infraestrutura; encontrar um edifício que suportasse o peso das máquinas e colocá-las em funcionamento; e então coletar e processar informações das folhas de pagamento de milhões de pessoas.”

Roosevelt chamou o sistema, que continua sendo uma parte importante do tecido da vida norte-americana atual, de pedra angular de sua administração. Levar a cabo um projeto daquela magnitude pôs a IBM no mapa. “Nós literalmente mudamos a vida de gerações e gerações de pessoas”, disse Lasewicz. “Foi um salto assombroso para nós em termos de visibilidade. Eles ganharam uma enorme credibilidade em uma época na qual o governo estava prestes a ter um imenso crescimento. A modernização da logística enquanto a nação se preparava para a Segunda Guerra Mundial —abastecendo e deslocando as forças armadas— exigia controle de números. Nosso equipamento se tornou parte integrante daquele esforço, da logística aos registros de pessoal e da pesquisa militar nos campos da balística ao cálculo de tabelas náuticas e astronômicas.”

O projeto teve um efeito ainda maior no espírito da empresa, cimentando a confiança e a motivação para enfrentar desafios realmente grandes. Ele mostrou que a inteligência, a razão e a ciência *podem* melhorar os negócios, a sociedade e a condição humana. “Os IBMistas gostam de pensar que o trabalho que fazem é importante para o mundo. Há esta ética do progresso guiando nossa forma de pensar”, disse James Cortada, membro do IBM Institute for Business Value e autor de dúzias de livros e artigos sobre a história e o gerenciamento de tecnologias da informação.³⁴⁰ “A cultura da empresa tem muito a oferecer para criar contribuições positivas para o mundo — o que acaba se revelando fonte de bons negócios.” Possibilitar a Social Security — “a maior operação contábil de todos os tempos” — não foi apenas uma intervenção nos sistemas socioeconômicos dos Estados Unidos. Foi também uma intervenção com grande impacto no sistema complexo conhecido como IBM.

COMO SISTEMAS DE SISTEMAS COMPLEXOS, as cidades são um bom lugar para procurar exemplos de como tornar o mundo melhor. Algumas cidades ao redor do mundo — como Dubuque, nos Estados Unidos; Paredes, em Portugal; e Incheon, na Coreia do Sul — estão tentando criar desde o início uma arquitetura inteiramente nova ou modificar tudo de uma só vez. Sem dúvida, elas darão lições importantes sobre como o mundo se urbaniza em uma velocidade vertiginosa, especialmente nos países em desenvolvimento. Para a maioria de nós, porém, o progresso vem gradativamente.

No município de Alameda, na Califórnia (EUA), a pobreza ainda é um grande problema. O órgão de serviço social, sediado em Oakland, fornece tudo: de auxílio-alimentação a assistência social, auxílio a portadores de deficiência, moradia e orfanato a 13 por cento da população. O diretor assistente do órgão, Don Edwards, não tem como alterar os fatores macroeconômicos que contribuem para a situação do município, mas tem uma visão única da rede de segurança social e começou recentemente a mudar a única coisa que ele pode controlar.³⁴¹

Em 2005, a Califórnia emitiu um relatório classificando em último lugar o serviço social de Alameda, entre todos os municípios do estado. Apenas 12 por cento dos clientes estavam participando dos exercícios de formação profissional, um óbvio pré-requisito para receber os benefícios. O mau desempenho estava

pondo em risco o financiamento, mas para Edwards o sistema significava muito. Ele cresceu em uma área pobre de Indianápolis com seus dois irmãos, a mãe e a avó. Apesar dos recursos limitados da família, a avó de Edwards costumava receber crianças menos afortunadas para oferecer uma comida quentinha, instilando no neto um senso de responsabilidade para ajudar os outros. Depois de um período no Wells Fargo Bank e no serviço de saúde Kaiser Permanente, Edwards deixou o setor privado para ampliar os sonhos de sua avó.

Vistas em retrospecto, as fontes dos problemas dos serviços sociais de Alameda parecem óbvias. Cada um dos 2.200 assistentes sociais do órgão estava lidando com 600 clientes. Há apenas cinco anos, os registros de casos eram frequentemente arquivados em pastas de papel cobertas de post-its. Havia uma enormidade de dados analógicos e anedóticos nesses arquivos, mas nenhum modo fácil de extrair esses dados. E os departamentos não estavam conectados, de maneira que não havia controle institucional sobre o desempenho do programa, a eficácia do sistema, o uso dos clientes, desperdício nem fraude. “Éramos ricos em dados e pobres em informação. Sabíamos que muitas pessoas que recebiam benefícios não estavam participando dos programas, mas não sabíamos até que ponto estávamos mal”, explicou Edwards em seu escritório em Oakland, de onde se vê um terminal de ônibus da Greyhound. “Eu não queria só ver as coisas globalmente; queria que os próprios trabalhadores também vissem o que estava acontecendo. Se não pudermos dar algum poder a eles, nós mesmos não teremos poder nenhum.”

Sua experiência em operações bancárias e em seguros ensinou a Edwards que havia ferramentas tecnológicas para tratar desses problemas. Ele passou três anos procurando a ferramenta certa antes de se decidir por um pacote da IBM chamado Serviço de Relatórios Integrados de Serviços Sociais (SSIRS - Social Services Integrated Reporting Service), que combina um banco de dados com vários tipos de software de lógica e de modelagem. Ele usou toda a credibilidade e persuadiu seus chefes a permitir que ele testasse um pacote de US\$ 1,3 milhão — uma soma quase inconcebível para um órgão tão carente de dinheiro.

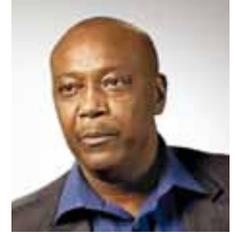
Edwards testou o sistema em dois departamentos e começou imediatamente a identificar padrões. Alguns eram simples: nomes idênticos com dois ou mais

registros na Social Security e pessoas que vinham recebendo benefícios mas moravam fora do estado. Erros na entrada de dados ou fraude? Provavelmente ambos. E também havia clientes recebendo pagamentos simultaneamente como clientes e profissionais de saúde. O SSIRS também monitorava continuamente o sistema. Em vez de confiar em relatórios do mês anterior feitos por um fornecedor externo, Edwards agora tinha relatórios que eram “não somente em tempo real, mas totalmente precisos”, fornecendo informações instantâneas muito mais confiáveis sobre o desempenho do órgão em qualquer momento.

Nesse ponto, o SSIRS começou a falar por si. “Nós o colocamos na mesa dos executivos e dissemos: ‘Com isso aqui vocês podem trabalhar.’ É como as antigas lojas de animais costumavam fazer: leve este filhote para casa e, se não gostar dele, a gente pega de volta”, disse-me Edwards, com uma gargalhada. “Não é como a astronáutica. É uma coisa de tocar o ser humano. Se você puder fazer isso, não vai só conseguir a adesão deles, vão te encomendar mais. Nós deixamos de ter chefes céticos e passamos a ter defensores.”

Segundo um relatório independente, o sistema vai gerar perto de US\$ 25 milhões em benefícios diretos e indiretos, incluindo a redução de pagamentos a mais e a melhora na produtividade dos assistentes sociais.³⁴² E o desempenho continua a melhorar. Toda vez que mudamos de pista na autoestrada, temos de executar o processo smuba de novo. Mas o sistema de Alameda equivale a mapear todos os carros na estrada, prevendo onde eles estarão em dado momento e recomendando toda ação necessária para assegurar que todos cheguem em casa para jantar. “É preditivo e proativo”, disse Edwards, “como o soro da verdade.”

Edwards nunca pretendeu economizar o dinheiro do órgão; ele queria fazer o melhor uso de seu orçamento para servir melhor os clientes. E agora ele se tornou um teórico de sistemas dedicado a levar seus métodos a agências irmãs, permitindo que os trabalhadores da cidade acompanhem os residentes de Alameda nos sistemas para prever suas necessidades e interromper quando estiverem se desviando para caminhos perigosos. “Como identificar crianças que deveriam ter auxílio-alimentação mas não têm? Crianças sob custódia que costumam matar aulas e correm o risco de entrar no sistema criminal juvenil”, disse Edwards.



A ameaça, feita pela Califórnia, de cortar o financiamento dos serviços sociais do município de Alameda incentivou o diretor assistente Don Edwards a reformular o sistema, mas sua verdadeira motivação veio de sua avó, que o ensinou ainda novo a ajudar os outros.

“Como podemos identificá-las e intervir? Devíamos ser capazes de salvar uma criança de uma vida de crimes.”

EM SEU PRODUTIVO TRABALHO, *A Cidade na História*, o historiador e filósofo de ciência e tecnologia Lewis Mumford considera que as cidades bem-sucedidas ao longo do tempo davam oportunidade econômica, tinham um núcleo religioso e ofereciam uma combinação de cultura, tecnologia e produção.³⁴³ No século passado, muitos estudantes de sistemas complexos (destacando-se Jane Jacobs, pupila e eventual nêmesis de Mumford) passaram a ver a cidade como uma intervenção especial da humanidade nos sistemas de nosso planeta (em termos smuba, podemos chamar de nossa ação característica). Não é por acidente que ambas as palavras “cidade” e “civilização” derivam da mesma raiz latina: *civis*. A história humana é, em resumo, a história da urbanização. Sem as cidades, não haveria lei nem indústria, nem cultura, nem progresso.

Mas, antes de mergulharmos ainda mais no assunto, vamos examinar um componente essencial desse sistema de sistemas complexos e algo que toda cidade de sucesso se prepara para obter: a segurança de seus cidadãos. Antigamente, garantir a segurança significava erguer muralhas nas fronteiras e alocar sentinelas. Agora, talvez signifique projetar um sistema para impedir o crime antes que ele ocorra.

Em meados de 2005, o Departamento de Polícia de Memphis, sob a liderança do chefe Larry Godwin, iniciou uma parceria com a Universidade de Memphis chamada Blue Crush (Crime Reduction Utilizing Statistical History) para organizar os dados sobre o crime e criar mapas de áreas de tensão na esperança de estancar essa ferida aberta. “Memphis tem desafios reais. Tínhamos 26 por cento de nossa população abaixo da linha da pobreza, 50 por cento classificáveis como baixa renda e um departamento de polícia claramente instável”, disse W. Richard Janikowski, diretor do Centro de Pesquisa e Criminologia Comunitária da universidade.³⁴⁴ “O prefeito estava demitindo chefes de polícia num piscar de olhos, um após o outro, até encontrar Larry Godwin.”

O projeto Blue Crush é só um em muitos exemplos de departamentos de polícia recorrendo aos dados para ajudar na luta contra o crime. Somente nos EUA, as cidades de Nova York, Filadélfia, Los Angeles e Baltimore implantaram sistemas semelhantes na esperança de entrarem na era do policiamento preditivo. Isso requer mais do que apenas abrir as torneiras dos dados. Significa criar uma nova

cultura. Para os pesquisadores, as respostas sempre estão nos dados. Eles tendem a ver os departamentos de polícia como baús de tesouros. Para os oficiais de polícia, os pesquisadores são insistentes, exigentes, improdutivos e egoístas. Atravessar essa linha divisória em Memphis envolveu “ir aos policiais e aos comandantes, explicar qual era a estratégia, aonde pretendíamos chegar e tentar obter informações”, disse Janikowski. “Organizações policiais não gostam de mudanças. Mas nós temos de atrair o pessoal que está em ação.”

Os pesquisadores tinham de aprender a pensar e se comunicar como policiais. “Os policiais detêm muito conhecimento em suas mentes. Eles podem dar uma olhada nos dados e dizer: ‘Ah, é... tem um problema de roubo aqui, e eu sei que há uns ladrões que moram não muito longe; nós já os prendemos há um tempo atrás’”, disse Janikowski. “É a combinação dessa capacidade humana para análise, memória e entendimento com a automação que produz os resultados mais eficazes.”

Mesmo depois que o departamento concordou em cooperar, a capacidade de convencer continuou importante em cada etapa. Todos nós guardamos alguns dados conosco, e isso não é diferente nos órgãos públicos. No início, a polícia só queria fornecer informações resumidas, como o total de assaltos com agravantes. Os pesquisadores queriam mais, mais e mais. “Nós podíamos argumentar que era preciso examinar um conjunto importante de variáveis, inclusive sociodemográficas, como os níveis de pobreza. Isso é transformar os policiais em solucionadores de problemas. Leva tempo. Não é um processo mágico”, disse Janikowski. “Toda vez que se consegue uma colaboração, leva-se um tempo para a confiança surgir. Às vezes a coisa esquentava, mas, quando se cria essa confiança, dá para sobreviver à gritaria.”

Em 2008, Memphis implantou em toda a cidade o centro dedicado ao crime em tempo real, usando um sistema analítico SPSS, que permite que os policiais em ação usem PDAs para submeter relatórios e recuperar informações imediatamente. O sistema mapeia os incidentes em tempo real e, ao mesmo tempo, incorpora dados não tradicionais, permitindo que a polícia entenda, por exemplo, os vínculos entre roubos de carros e pancadas de chuva, ou a execução de hipotecas e a atividade criminosa ligada às drogas.

Nos quatro anos após o início do programa, o crime foi reduzido em quase 30 por cento, número que inclui uma redução de 15 por cento nos crimes violentos.³⁴⁵ “Isso nunca tinha acontecido”, disse Godwin.³⁴⁶ “Mas nós fizemos alguns programas-piloto e, quando nos demos conta, estávamos prendendo

pessoas com armas e drogas. Nós mudamos nossa forma de trabalhar. Sabe, eu nunca sonhei que isso seria tão promissor.”

Agora, em fevereiro, Godwin anunciou que iria se aposentar no segundo trimestre. O sistema que ele defendeu, no entanto, continuará. O chefe de polícia Dave Martello disse ao jornal *Commercial Appeal*, de Memphis, que o Blue Crush será o legado de Godwin. “O que esse projeto fez foi dar a muitos policiais a oportunidade de serem os policiais que sempre sonharam ser, trancafiando os maus elementos e fazendo a diferença na comunidade”, disse Martello.³⁴⁷

À medida que o sistema amadurece, os membros da força policial vão se sentindo cada vez mais confortáveis em comandar essa evolução. “Agora estamos vendo comandantes fazerem sua própria pesquisa de melhores práticas, trazendo novas ideias, dizendo ‘Vamos tentar isto’ ou ‘Eu li isto’ ou ‘O que isto significa para mim?’”, disse Janikowski. “Isto é mudança organizacional.”



O progresso tem ramificações. Na Public Utility Commission Wastewater Enterprise de São Francisco, o superintendente John Powell está prenunciando uma nova era de manutenção preditiva. A realização de seu sonho reduzirá os custos, mas também mudará a formação de sua equipe.

NÓS TEMOS AS FERRAMENTAS. Nós conhecemos o caminho. Então, o que mais um ambicioso transformador do mundo deveria saber antes de começar? Preparar-se para se surpreender. Os sistemas estão sempre evoluindo, sempre crescendo e, por mais bem projetados que sejam, sofrendo desgastes ininterruptamente. Qualquer alteração neles terá ramificações nas infraestruturas de apoio. O progresso não afeta todas as partes da mesma forma.

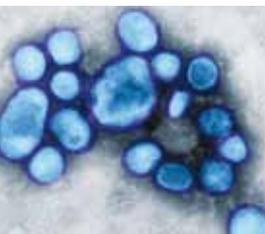
A empresa de tratamento de esgoto de São Francisco instalou sensores ao longo de 1.600 quilômetros de tubulação, mapeou todo o sistema e implantou o software analítico Maximo, da IBM, para monitorar as condições, o fluxo, o volume, a vibração, o aquecimento e o desempenho dos dutos. “O esgoto é um dos ambientes mais corrosivos do mundo. Se você constrói um reservatório, ele será facilmente destruído pelo esgoto”, disse John Powell, superintendente e gerente de ativos da SFPUC Wastewater Enterprise, que trata aproximadamente 95 milhões de galões de água servida em um dia seco, e perto de 400 milhões de galões de água servida e escoamento durante uma tempestade.³⁴⁸

Há vinte anos, gerenciar os efeitos da corrosão significava alocar uma equipe de mecânicos para consertar incessantemente os canos e peças quebradas. Essa foi a era da manutenção reativa. Desde então, a empresa de Powell fez a transição para o modo de manutenção preventiva: as peças agora são sistematicamente

substituídas com base na expectativa de sua vida útil. É menos dispendioso e mais eficiente, mas ainda não é ideal, porque as peças são substituídas com base na média. A meta de Powell é abrir uma era de manutenção preditiva — o equivalente industrial à medicina personalizada ou ao policiamento preditivo. “Nós montamos um modelo de risco que diz quais partes da cidade estão em estado de falha”, disse Powell. “A manutenção preventiva é boa, mas a preditiva é realmente o caminho a trilhar. Eu quero que os meus mecânicos preencham ordens de serviço quando souberem que algo vai quebrar.”

Uma mudança desta natureza não é indolor. A composição da equipe de Powell já se transformou. Mecânicos experientes em consertar tubulações quebradas passaram a auxiliar engenheiros mecânicos capazes de monitorar, interpretar e ajustar o sistema. À medida que suas ambições básicas se consolidarem, as forças da transparência e da automação continuarão a alterar a composição da equipe de Powell. Ele e todos os líderes precisam antever os conjuntos de habilidades necessárias para incrementar a produtividade e reduzir ao mínimo o tempo de inatividade no futuro. Os trabalhadores, por sua vez, precisam descobrir, pelo menos, como manter seus empregos nesta nova realidade. Também há questões orçamentárias práticas a se considerar. Os negócios pressupõem certo nível de quebra e reservam dinheiro — eliminando assim a insegurança — para lidar com isso. Mas de qual orçamento vem o dinheiro quando decidimos consertar algo antes que quebre? Talvez precisemos inventar novas metodologias de contabilidade para fomentar uma era de manutenção preditiva (ou de medicina personalizada, por falar nisso).

Seguir o caminho smuba também tem outras implicações de longo alcance. Parte do desafio da era dos chamados Big Data (grandes dados) está em extrair o significado de todas as informações disponíveis. Outra parte está em determinar o que deve ficar fora de alcance. Em um mundo opaco, nós desfrutávamos de um escudo natural de privacidade e segurança. Em um mundo transparente, nós mesmos temos de criar os muros. Isso pode estar parcialmente ligado à tecnologia, mas também é uma questão de costume cultural. O WikiLeaks é um grande exemplo. Muitas pessoas acham que divulgar o conteúdo de conversas privadas é um crime. Outras, com a mesma paixão, acham que a luz do sol, principalmente se incide sobre o governo, é um grande desinfetante. A História pode se lembrar deste site denunciador como bom ou ruim, mas ele terá ajudado a estabelecer um



Sabendo como interromper a propagação do H1N1, ganhamos conhecimento que vai além do comportamento das pandemias. Deter a transmissão das doenças pode revelar os segredos para estimular a propagação de ideias, tolerância e até mesmo felicidade.

precedente. A segurança dos dados talvez seja uma preocupação ainda maior. Dizem frequentemente que a tecnologia é benigna. Então, o progresso também é. Ao longo deste ensaio, escrevi sobre pessoas que estão empenhadas em capturar, organizar e analisar dados em nome de uma mudança positiva. Cada exemplo representa dezenas ou até centenas de outros ao redor do mundo — pesquisadores, empreendedores e servidores públicos, que trabalham dessa forma para fazer o mundo funcionar melhor. Mas sempre haverá forças nefastas que usarão o processo para o mal. À medida que as ferramentas de percepção se tornarem mais baratas e mais fáceis de encontrar, os desonestos se tornarão mais competentes em coletar dados que não deveriam acessar ou em gerar dados falsos, mas convincentes. Os mapas sempre conferiram poder a seus donos, independentemente de suas motivações, e agora criá-los é mais fácil do que nunca. Conforme as simulações ganharem reconhecimento como ferramentas para estimular a confiança, nós vamos, sem dúvida, conhecer modelos cada vez mais engenhosos e enganadores projetados para vender más ideias — mais ou menos como algumas pessoas de Wall Street venderam créditos “subprime” à sociedade.

Em um registro mais positivo, implementar o progresso pode ser imensamente lucrativo. No final de 1936, a IBM calculava que as especificações do Social Security Act, a lei norte-americana de previdência social, tinham criado uns 20.000 negócios em potencial. No final de 1937, a receita foi de 48 por cento a mais do que em 1935, e em 1939 foi 81 por cento maior.³⁴⁹ O simples fato de resolver um problema extremamente difícil consolidou a IBM como a companhia à qual recorrer quando havia grandes problemas a enfrentar ou grandes sonhos a realizar — uma reputação que continua até hoje. Qualquer entidade que demonstre capacidade similar de resolver problemas aparentemente incontroláveis (inclusive segurança dos dados e questões de privacidade) vai certamente gerar sua própria aura.

E abrir novas portas. Como qualquer cientista de pesquisa destacará, desenterrar um sistema complexo pode lançar luz sobre formas de transformar os outros. Às vezes as correlações são claras. Aprendendo a antever a transmissão de variedades de gripe perigosas como o subtipo H1N1, ganhamos conhecimento sobre a disseminação de várias outras pandemias e epidemias. Entretanto, entender uma doença também pode aumentar nossa compreensão sobre fenômenos sistêmicos que não são tão obviamente relacionados. Para interromper a

propagação do H1N1, colocamos os infectados em quarentena e instruímos os sintomáticos a cobrir a boca e ficar em casa. Com a educação, tomamos atitudes semelhantes em direção oposta. Queremos encorajar a propagação do conhecimento. Algumas de nossas maiores instituições são projetadas, ou pelo menos foram transformadas, para isolar os mais sensíveis e restringir a interação às mentes consideradas capazes de “contrair” grandes ideias. Para infectar as futuras gerações, colocamos essas grandes ideias on-line e nas bibliotecas. E daí? Talvez não aconteça nada. Ou talvez interromper a doença seja o oposto de fomentar ideias. Afinal de contas, a doença e o conhecimento têm o mesmo vetor: nós. Talvez, então, deter o H1N1 revele formas de criar um sistema escolar melhor ou um ambiente de negócios que estimule a criatividade. Talvez aprender a controlar sintomas negativos como a obesidade nos mostre como encorajar ações positivas como o exercício. Aprendendo a encorajar o exercício, podemos usar essa tática para encorajar, quem sabe, a tolerância? A generosidade? Pode ser que, se reduzirmos os atritos no comércio, isso nos ensine não só a eliminar a fraude, mas também a aumentar a segurança e o bem-estar. Os cientistas se alimentam desse tipo de descoberta. Porém, qualquer mente curiosa pode descobrir padrões sistêmicos com a combinação correta de ferramentas, oportunidade e experiência. E o sucesso só faz aumentar a ambição. Don Edwards é um grande exemplo. Aprender a interligar os departamentos desconectados de sua agência pode ter mostrado a ele a forma de conectar a polícia, os bombeiros, o transporte, a educação e os sistemas de água e energia na grande cidade hipercente e hiperconectada de amanhã. Na pior das hipóteses, sua experiência intensificou grandemente o desejo de tentar.

É importante destacar novamente que os sistemas complexos nos quais estamos trabalhando não são estáticos. Eles reagem às nossas intervenções. Isso me faz voltar ao tema das cidades. De um lado, foi a cidade que capacitou os seres humanos a se tornarem a grande espécie dominante do planeta e fez de nós o grande antagonista contra a pequena espécie dominante do planeta, as bactérias. Porém, como o escritor Steven Johnson mostra em *O Mapa Fantasma*, seu livro sobre John Snow e a epidemia de cólera em 1854, foi a própria cidade que fez crescer drasticamente a reprodução da bactéria concentrando os fornecedores de alimentos: os moradores.

Nós então ajustamos a forma de controlar essa nossa criatura: a cidade. Nós tivemos de intervir em nossa própria intervenção. O mapa de Snow, a teoria dos germes e a então nova ciência da epidemiologia eram isso. A boa notícia para os seres humanos, na visão de Johnson, é que a cidade continua muito poderosa como um mecanismo de progresso — uma máquina smuba, por assim dizer. Sim, no início nós ajudamos a bactéria, mas ela nos ajudou mais.

O mais importante é que o progresso é um processo iterativo, dinâmico. Você vê, mapeia, entende, acredita e age — e então os sistemas da natureza e da sociedade reagem a seus atos. Você então tem de ver, mapear, entender, acreditar e agir de novo. E assim por diante.

Muitas das pessoas com quem falei enquanto fazia pesquisa para este ensaio nasceram sabendo tudo isso. São pensadores de sistemas com uma inclinação para reconhecer similaridades entre dilemas aparentemente únicos e seguindo constantemente o caminho smuba. Assim que eles dominam um problema complexo, seguem para o próximo grande desafio, sempre curiosos, sempre confiantes, sempre motivados. Essa ambição e essa capacidade são onipresentes na IBM, permitindo que a empresa tenha sucesso em inúmeros setores e ataque uma série de problemas. Muitas empresas criam e operam negócios de sucesso com base em apenas um princípio smuba — ajudando os clientes a coletar ou organizar todos os dados disponíveis, por exemplo. Já a IBM está presente em cada passo do caminho. Isso talvez não seja resultado de um projeto visionário, ou talvez seja. Em ambos os casos, os negócios da empresa refletem as etapas do progresso. É quase certamente por isso que ela continua a atrair algumas das mais refinadas mentes do mundo para pensar em como criar aviões movidos a energia elétrica e células fotovoltaicas supereficientes; para reimaginar a educação; para desafiar os líderes do programa de TV *Jeopardy!* como um modo de entender as excentricidades da linguagem humana; para combater a poluição; para produzir sistemas mais confiáveis e econômicos de assistência médica; e para resolver os muitos problemas modernos que têm surgido como subprodutos da época, do crescimento da população, da improvisação e das boas intenções.

Por que parar aí? Talvez seja impossível construir um novo mundo de alto a baixo, mas podemos criar ferramentas melhores para melhorar o mundo que temos. Imagine se o primeiro aplicativo nativo da era da complexidade fosse criado especificamente para fazer o mundo funcionar melhor. É nessa direção que

estamos caminhando, segundo Dario Gil, diretor de programas da Divisão de Pesquisa IBM.³⁵⁰ “Precisamos de um novo conjunto de ferramentas que nos permita enfrentar os problemas emergentes que nunca tínhamos imaginado. Precisamos desenvolver computadores que não sejam avaliados pelos MIPS [milhões de instruções por segundo], nem pela memória, mas pela capacidade de nos ajudarem a chegar aos resultados que buscamos. Nós conseguimos fazer o que queremos fazer?”, Gil me perguntou. Imagine sistemas de computador que sejam tão emergentes quanto os problemas que eles procuram resolver. “Nós os chamamos de ‘sistemas aprendizes’.”

Os sistemas aprendizes aumentarão nossa capacidade de reunir, organizar e analisar dados de todos os tipos e, ao mesmo tempo, reduzir o atrito entre as etapas do caminho de tornar o mundo melhor. O resultado será a obtenção de previsões mais dinâmicas e eficazes sobre a melhor linha de ação para eliminar a fraude, dominar a pobreza, melhorar a educação, erradicar as doenças, reduzir o desperdício, estimular comportamentos sustentáveis, prolongar vidas ou chegar em casa a tempo para o jantar em família que tanto almejamos.

Segundo Gil, esses sistemas aprendizes também mudarão a sociedade de outra maneira. Dando-nos todas as ferramentas para participar de uma revolução, muito do que hoje é visto como um processo científico será liberado e democratizado. “Quantas pessoas podiam fazer cálculos quando isso exigia destreza no ábaco? Muito poucas. Agora, quantas pessoas podem fazer cálculos? É quase o mundo todo”, disse Gil. “Hoje, quantas pessoas podem coletar dados de um modo estatisticamente significativo, ordená-los, estabelecer hipóteses e formular uma ação que leve a um bom resultado? Um número muito pequeno, mas, se esse processo for transformado em algo que possa ser repetido, todos nós poderemos usar as ferramentas do método científico para fazer algum progresso — e será aí que a esperança de progredir dará um grande salto.”

Tornar o mundo melhor nunca foi fácil. E melhorar é um alvo móvel. É inspirador, porém, saber que há um caminho a seguir e ferramentas para ajudar a acelerar a jornada. Porque, no final das contas, gerenciar a complexidade é muito mais do que o modelo de negócios da IBM. É a meta coletiva da humanidade para melhorar nossa qualidade de vida. A meta de todos nós.

• • •

“**H**á algo de grandioso na visão, algo quase bíblico, que pode fazer pensar que ela é um mecanismo que não precisa de nenhum recurso auxiliar.” Mike May sentou-se diante de mim, do outro lado da mesa, em um café ao ar livre perto do Ferry Building em São Francisco, refletindo sobre sua jornada de uma década desde que uma cirurgia com células-tronco restaurou sua visão. “No início, eu não pensei de fato nessa coisa toda. Eu já estava muito ocupado com uma complexa sobrecarga de informações e pensava: ‘O que é que eu faço?’”

A cirurgia de May foi um procedimento eletivo que era novo e, ao mesmo tempo, o único possível naquelas circunstâncias. Ele tinha o perfil adequado, mas entrar na fila não seria a escolha óbvia da maioria das pessoas dotadas de visão. Cego, ele tinha uma vida plena e proveitosa. A cegueira era parte de sua identidade. E embora o procedimento experimental oferecesse possibilidades fascinantes, só trazia 50 por cento de chance de sucesso. Mesmo assim, o êxito exigiria tomar um poderoso medicamento imunodepressor que ajudaria a evitar a rejeição do novo olho, mas também minaria severamente seu sistema imunológico e aumentaria muito a probabilidade de contrair várias doenças, inclusive câncer. Valia realmente a pena arriscar a vida para enxergar?

No final, May decidiu ver e, embora o processo de entender novamente o mundo não tenha sido nada tranquilo, ele agora está livre da medicação e na maior parte do tempo aproveitando a vida com a visão. Chegar a esse ponto exigiu uma epifania. “Eu tinha toda essa entrada de dados visuais e estava tendo que processá-los, mas não estava me saindo bem. Eu pensava que só precisava de mais prática, mas a prática não ajudou de fato”, May falou.

Três anos após a cirurgia, o periódico científico *Nature Neuroscience* publicou um texto afirmando que a visão de May nunca iria melhorar.³⁶¹ O texto concluía que o cérebro dele tinha perdido a plasticidade; ele estaria preso para sempre ao caos visual. Isso o fez reagir de um modo que a ciência não considerava possível. “Foi impressionante. Naquele ponto, era como se eu quisesse provar que eles estavam errados. Eu precisava acreditar. Sempre se dá um jeito”, disse ele. “Acreditar é a ponte crítica absoluta que você tem de cruzar. Eu decidi que tinha de ser mais analítico. Eu tinha de pensar na visão como uma ferramenta e usá-la em conjunto com minhas outras ferramentas.”

Agora May, como as outras pessoas, tem mais ferramentas do que nunca à sua disposição. Nesta manhã, ele foi de sua casa à estação Amtrak em Davis, na Califórnia, a cerca de 100 quilômetros de São Francisco, e então fez baldeação para um trem de passageiros do sistema BART em Richmond. Na chegada a West Oakland, os funcionários esvaziaram o trem devido a um incidente na estação Embarcadero de São Francisco. Ele pensou em pegar um táxi para atravessar a Bay Bridge e me encontrar, mas isso seria o mesmo que desistir.

Ele consultou o serviço iBART Live no iPhone para ver um mapa em tempo real da localização dos trens e simplesmente decidiu pegar o trem seguinte, que, segundo o aplicativo, chegaria logo. Chegou. Ele subiu a bordo. O trem passou pela estação Embarcadero e o deixou a vários quarteirões de nosso ponto de encontro. Quando voltou ao nível do chão, May indicou Embarcadero como seu destino em um dispositivo de navegação GPS que ele inventou para auxiliar deficientes visuais e isso o levou à nossa mesa.

“Foi uma ótima combinação”, disse, “de tecnologia e engenhosidade humana.”

• • •

Agradecimentos

Os autores gostariam de agradecer a Paul Lasewicz por seu expressivo conhecimento e sua valiosa orientação na pesquisa sobre a história da IBM; a Mike Wing pelo apoio editorial constante e cuidadoso; a Teresa Yoo e Elizabeth Schaefer por suas opiniões e seu interesse ao conduzir este projeto do início ao fim; a Jon Iwata e Keith Yamashita pela orientação na formação dos temas; a Pennie Rossini e Janet Byrne pelo cuidado escrupuloso na edição do texto e na confirmação dos fatos; e a dezenas de antigos e atuais IBMistas por suas contribuições. Por fim, somos gratos a Curt Schreiber e à equipe da VSA por terem dado expressão visual às ideias de nossos textos.

Kevin Maney agradece a Steve Wildstrom, Russ Mitchell e Emerson Pugh por sua ajuda na pesquisa e organização da história da computação; e a Dag Spicer, curador do Computer History Museum, por seu aconselhamento ao longo de todo o caminho.

Steve Hamm agradece a Nicholas Donofrio, executivo aposentado da IBM, pela orientação e pelos estudos acadêmicos; a Erik Brynjolfsson pelas ideias sobre criação de valor; e a Rosabeth Moss Kanter e ao já falecido C. K. Prahalad por seus pontos de vista sobre o engajamento corporativo na sociedade.

Jeff O'Brien agradece a Stuart Luman por seu eterno esforço e entusiasmo; a Sabrina Clark, Carl DeTorres, Heui Jin Jo, Nicolas Maitret, Susana Rodriguez e dezenas de pesquisadores e engenheiros do Instituto Santa Fé, do MIT e da IBM — especialmente a Don Eigler, Laura e Peter Haas, e a Bill Pulleyblank — por sua ajuda na formatação do smuba; e agradece a Heather, Hugo e Henry, por tudo.

Notas

- 1 Margaret Martonosi (professora, Universidade de Princeton), entrevistada por Russ Mitchell para Kevin Maney, junho de 2010.
- 2 Marine Institute, "SmartBay Environmental Monitoring System Installed in Galway Bay", press release, julho de 2010, <http://www.marine.ie/home/aboutus/newsroom/news/smartbaymonitoringsysteminstalledingalwaybay.htm>; IBM, "IBM and Marine Institute Ireland Netting Results in Galway's 'SmartBay' Project", press release, 16 de março de 2009, <http://www-03.ibm.com/press/us/en/pressrelease/26922.wss>.
- 3 Geoffrey B. Austrian, *Herman Hollerith: Forgotten Giant of Information Processing* (Nova York: Columbia University Press, 1982), 50–70; Paul Ceruzzi, *A History of Modern Computing* (Cambridge, MA: MIT Press, 1998), 26.
- 4 "Robert William Bemer", The History of Computing Project, última alteração em 17 de março de 2010, http://www.thocp.net/biographies/bemer_bob.htm.
- 5 M. J. Underwood, "Shoebbox—A Voice Responsive Machine", *Datamation* 8 (1962): 47; "IBM Shoebbox", IBM, material acessado em maio de 2010, http://www-03.ibm.com/ibm/history/exhibits/specialprod1/specialprod1_7.html.
- 6 "Human Language Technologies", Divisão de Pesquisa IBM, acessado em dezembro de 2010, <http://www.research.ibm.com/hlt/html/history.html>.
- 7 David Nahamoo (IBM Fellow), entrevistado por Kevin Maney, 22 de junho de 2010.
- 8 George Laurer (antigo engenheiro da IBM), entrevistado por Russ Mitchell para Kevin Maney, junho de 2010.
- 9 *The Trumpeter*, "ASCO's Dual-system RAMAC", outubro de 1960, IBM Archives, Somers, NY.
- 10 James W. Cortada, *Before the Computer: IBM, NCR, Burroughs, and Remington Rand and the Industry They Created, 1865–1956* (Princeton, NJ: Princeton University Press, 2000), 142.
- 11 "A few facts about IBM storage", IBM, acessado em fevereiro de 2010, http://www-03.ibm.com/ibm/history/exhibits/storage/storage_facts.html.
- 12 J. M. Fenster, "How Bing Crosby Brought You Audiotape", *Invention & Technology* 10 (Edição de Outono, 1994): 58.
- 13 R. Bradshaw and C. Schroeder, "Fifty years of IBM innovation with information storage on magnetic tape", *IBM Journal of Research and Development* 47, no. 4 (2003): 373.
- 14 *Ibid.*
- 15 Arquivo Magnetic Tape, IBM Archives.
- 16 M. E. Wolf, "The R&D bootleggers inventing against the odds", *IEEE Spectrum* 12 (julho de 1975): 38.
- 17 Arquivo RAMAC, IBM Archives.
- 18 Robert Dennard (IBM Fellow), entrevistado por Kevin Maney, maio de 2010.
- 19 Sally Adee, "Thanks for the Memories", *IEEE Spectrum* 46 (maio de 2009): 48; IBM, "IBM Moves Closer to New Class of Memory", press release, 10 de abril de 2008, <http://www-03.ibm.com/press/us/en/pressrelease/23859.wss>; Kevin Maney, "Every move you make could be stored on a PLR", *USA Today*, setembro de 2004; Stuart Parkin (IBM Fellow), entrevistado por Kevin Maney, maio de 2010.
- 20 Kevin Maney, *The Maverick and His Machine* (Hoboken, NJ: John Wiley & Sons, 2003), 359.
- 21 *Ibid.*, 415.
- 22 Memorando de G. M. Amdahl, "Logical Equations for ANS Decoder", 13 de dezembro de 1955, Computer History Museum, <http://archive.computerhistory.org/resources/text/IBM/Stretch/pdfs/06-06/102632244.pdf> (acessado em abril de 2010); Frank da Cruz, "A Chronology of Computing at Columbia University", Universidade de Columbia, Laboratório Watson, última alteração em 28 setembro de 2010, <http://www.columbia.edu/acis/history/transcripts>, John Backus (ref. no.: X3715.2007), Charles Branscomb (ref. no.: X5548.2010), Richard Case (ref. no.: X3777.2006), Paul Castrucci (ref. no.: X4943.2009) e Grace Hopper (ref. no.: X5142.2009), Oral Histories Online, Computer History Museum, acessado em dezembro de 2010, <http://www.computerhistory.org/collections/oralhistories/>.
- 23 "IBM 704 Electronic Data Processing Machine Manual of Operation", 1955, IBM Archives.
- 24 "The Chip That Jack Built", Texas Instruments, acessado em maio de 2010, <http://www.ti.com/corp/docs/kilbyctr/jackbuilt.shtml>.
- 25 Peter Capek e Bruce Shriver, "Just Curious: An Interview with John Cocke", *Computer* 32 (novembro de 1999): 34.
- 26 "Tribute to Seymour Cray", IEEE Computer Society, acessado em junho de 2010, <http://www.computer.org/portal/web/awards/seymourbio>.
- 27 "The Supercomputer at Los Alamos", IBM, acessado em maio de 2010, <http://www-03.ibm.com/systems/deepcomputing/rr/>.
- 28 "Blue Gene", Divisão de Pesquisa IBM, acessado em maio de 2010, http://domino.research.ibm.com/comm/research_projects.nsf/pages/bluegene.index.html.
- 29 Juan B. Cuvillo et al., "Toward a Software Infrastructure for the Cyclops-64 Cellular Architecture", CAPSL Technical Memo 55, Universidade de Delaware, Newark, DE, 2004.
- 30 "The History of Superconductors", Superconductors.org, última alteração em outubro de 2010, <http://www.superconductors.org/History.htm>; Lisa Hernandez, "The Exascale Supercomputer: 10 Million Cores in 2020", *ConceivablyTech*, 23 de setembro de 2010, <http://www.conceivablytech.com/2997/products/the-exascale-supercomputer-10-million-cores-in-2020/>.

- 31 John W. Backus e Harlan Herrick, "IBM 701 Speedcoding and Other Automatic-Programming Systems", 106 (documento apresentado no Symposium on Automatic Programming for Digital Computers, Office of Naval Research, Washington, DC, maio de 1954); Backus and Hopper, Oral Histories Online; Steve Lohr, "John W. Backus, 82, Fortran Developer, Dies", *New York Times*, 19 de março de 2007.
- 32 Backus, Oral Histories Online.
- 33 E. F. Codd, *The Relational Model for Database Management: Version 2* (Reading, MA: Addison-Wesley, 1990), 12.
- 34 Edward Hurley, "Q&A: An insider's view of CICS' development", *SearchDataCenter.com*, 16 de setembro de 2004, <http://searchdatacenter.techtarget.com/news/1156274/QA-An-insiders-view-of-CICS-development>.
- 35 Bruce Weber, "Swift and Slashing, Computer Topples Kasparov", *New York Times*, 12 de maio de 1997; Feng-hsiung Hsu, *Behind Deep Blue: Building the Computer That Defeated the World Chess Champion* (Princeton, NJ: Princeton University Press, 2002), 68.
- 36 Clive Thompson, "What Is IBM's Watson?", *New York Times Magazine*, 20 de junho de 2010.
- 37 David Ferrucci (membro da Divisão de Pesquisa IBM), entrevistado por Kevin Maney, maio de 2010.
- 38 John Markoff, "Computer Wins on 'Jeopardy!' Trivial, It's Not", *New York Times*, 16 de fevereiro de 2011.
- 39 Ray Kurzweil, "The Significance of Watson", *Kurzweil, Accelerating Intelligence* (blog), 13 de fevereiro de 2011, <http://www.kurzweilai.net/the-significance-of-watson>.
- 40 Maney, *The Maverick and His Machine*, 331–332; "Calling signals for the Army", *Popular Mechanics* 82 (agosto de 1944): 56.
- 41 Richard Canning, em depoimento para Jeffrey Yost, agosto de August 2002, Charles Babbage Institute Center for the History of Information Processing, University of Minnesota, MN.
- 42 Bob Braden (cientista de computação), entrevistado por Russ Mitchell para Kevin Maney, maio de 2010.
- 43 Larry Smarr (diretor e fundador, California Institute for Telecommunications and Information Technology), entrevistado por Russ Mitchell para Kevin Maney, maio de 2010.
- 44 Vint Cerf para a lista de correio eletrônico Interesting-People, 30 de setembro de 2000, <http://www.interesting-people.org/archives/interesting-people/200009/msg00052.html>.
- 45 Dennis Jennings, entrevistado por Andreu Veà Baró, 28 de novembro de 2007, Who is Who in the Internet World, Palo Alto, CA.
- 46 Al Weis (antigo funcionário da IBM), entrevistado por Russ Mitchell para Kevin Maney, junho de 2010.
- 47 "Data, data everywhere", *Economist*, 25 de fevereiro de 2010, <http://www.economist.com/node/1555743>.
- 48 Maney, *The Maverick and His Machine*, 150; "Columbia University Professor Ben Wood", Universidade de Colúmbia, última alteração em abril de 2009, <http://www.columbia.edu/acis/history/benwood.html>.
- 49 Cruz, "A Chronology of Computing at Columbia University", <http://www.columbia.edu/acis/history/>.
- 50 "IBM 1401 System 50th Anniversary", vídeo no YouTube, 125, Computer History Museum comemora o aniversário do 1401 em 10 de novembro de 2009, publicado em 19 de novembro de 2009, pelo ComputerHistory, <http://www.youtube.com/watch?v=FVsX7aHNENo>.
- 51 Backus, Oral Histories Online.
- 52 Emerson Pugh, L. R. Johnson e J. H. Palmer, *IBM's 360 and Early 370 Systems* (Cambridge, MA: MIT Press, 1991), 113–174.
- 53 "Timesharing: A Solution to Computer Bottlenecks", vídeo no YouTube, 28, repórter científico do MIT John Fitch no Centro de Computação do MIT em uma entrevista com Fernando J. Corbató, professor de ciência da computação do MIT, em 9 de maio de 1963, publicada em 7 de janeiro de 2010, <http://www.youtube.com/watch?v=Q07PhW5sCEk>; John McCarthy, "Reminiscences on the History of Time Sharing", Universidade de Stanford, 1983, <http://www-formal.stanford.edu/jmc/history/timesharing/timesharing.html>; Martin Campbell-Kelly e Daniel Garcia-Swartz, "Economic Perspectives on the History of the Computer Time-Sharing Industry, 1965–1968", *Annals of the History of Computing*, IEEE 30 (janeiro–março de 2008): 16.
- 54 Bill Lowe (ex-vice-presidente, IBM), entrevistado por Bob Cringely, *Triumph of the Nerds*, PBS, junho de 1996; David Sanger, "Philip Estridge Dies in Plane Crash; Guided IBM Personal Computer", *New York Times*, 5 de agosto de 1985.
- 55 Charles Seife, *Decoding the Universe* (Nova York: Viking Penguin, 2006), 56–87.
- 56 Brenda Dietrich (IBM Fellow), entrevistada por Kevin Maney, maio de 2010.
- 57 Kevin Maney, "Amazon's new direction: Point, click, make a product to sell to the world", *USA Today*, 21 de novembro de 2006.
- 58 Eric Horvitz (cientista, Microsoft Research), entrevistado por Liane Hansen, "Meet Laura, Your Virtual Personal Assistant", NPR, 21 de março de 2009.
- 59 Sam Palmisano (CEO, IBM), entrevistado por Kevin Maney, maio de 2010.
- 60 1910 *US Census, Populations of Cities*, Bureau de Recenseamento dos EUA (Washington, DC), 188, <http://www2.census.gov/prod2/decennial/documents/36894832v3ch2.pdf>.
- 61 *Census 1920*, Bureau de Recenseamento dos EUA (Washington, DC), 4, <http://www2.census.gov/prod2/decennial/documents/36894832v3ch2.pdf>.
- 62 *Relatório da Computing-Tabulating-Recording-Company*, 31 de março de 1912, IBM Archives.
- 63 Richard Tedlow (professor, Universidade de Harvard), entrevistado por Steve Hamm, 2004.
- 64 Sam Palmisano (CEO, IBM), entrevistado por Steve Hamm, 6 de maio de 2010.

- 65 Masaaki Sato, *The Honda Myth: the Genius and His Wake* (Nova York: Vertical, 2006), 69–81.
- 66 Jeffrey Smith (executivo, Honda America), em entrevista e e-mail com Steve Hamm, outubro de 2010.
- 67 Honda, “Summary of 2010 CEO Speech”, press release, 20 de julho de 2010, <http://world.honda.com/news/2010/c100720Mid-Year-CEO-Speech/index.html>.
- 68 John P. Kotter e James L. Heskett, *Corporate Culture and Performance (Desempenho e Cultura Corporativa)* (Nova York: Free Press, 1992), 11.
- 69 Thomas J. Watson Jr., *A Business and Its Beliefs (Uma Empresa e Seus Credos)*. (Nova York: McGraw-Hill, 1963), 5.
- 70 Maney, *The Maverick and His Machine*, 145.
- 71 “The Man Proposition” (A Proposta do Homem), 25 de janeiro de 1915, IBM Archives.
- 72 Peter Drucker (consultor de gestão), entrevistado por Kevin Maney, 2002.
- 73 *Business Machines*, 6 de outubro de 1932, IBM Archives.
- 74 IBM Archives.
- 75 Ibid.
- 76 Lisa Gable, recursos humanos da IBM, mensagem de e-mail a Steve Hamm, 2 de novembro de 2010.
- 77 Patrick Toole (antigo executivo da IBM), de um notebook que lhe foi dado por C. L. Reeser, 11 de janeiro de 2010.
- 78 Patrick Toole, entrevistado por Steve Hamm, 11 de janeiro de 2010.
- 79 John R. Opel (ex-CEO da IBM), entrevistado por Steve Hamm, 7 de janeiro de 2010.
- 80 James Birkenstock (antigo executivo da IBM), entrevistado por Kevin Maney, 11 de dezembro de 2000.
- 81 Notas datilografadas da conversa de Thomas J. Watson com executivos da IBM, 18 de novembro de 1929, IBM Archives.
- 82 Maney, *The Maverick and His Machine*, 138.
- 83 Ibid., 155.
- 84 Fita de áudio da escola de executivos da IBM, 8 de novembro de 1955, IBM Archives, fita 1.
- 85 Ibid., fita 2.
- 86 Dick Wright, “1991 biography of Thomas Watson Jr.”, IBM Archives.
- 87 *Business Machines*, 25 de outubro de 1957, IBM Archives.
- 88 Beth Kowitz e Kim Thai, “World’s Best Companies for Leaders”, *Fortune*, última alteração em 19 de novembro de 2009, http://money.cnn.com/galleries/2009/fortune/0911/gallery.leadership_top_ten.fortune/index.html.
- 89 *Business Machines*, 29 de janeiro de 1963, IBM Archives.
- 90 Michael Cronin (executivo, IBM), entrevistado por Steve Hamm, 20 de outubro de 2010.
- 91 Chuck Boyer, *The 360 Revolution* (Armonk, NY: IBM, 2004), 32, ftp://ftp.software.ibm.com/s390/misc/bookoffer/download/360revolution_040704.pdf.
- 92 Frederick Brooks (antigo executivo da IBM), entrevistado por Steve Hamm, abril de 2004.
- 93 Watson Jr., *A Business and Its Beliefs (Uma Empresa e Seus Credos)*, 34.
- 94 Rachel Konra, “IBM and Microsoft: Antitrust Then and Now”, *CNET News*, 2 de junho de 2000, <http://news.cnet.com/2100-1001-241565.html>.
- 95 Nicholas Donofrio (antigo executivo da IBM), entrevistado por Steve Hamm, 23 de julho de 2010.
- 96 Louis V. Gerstner (ex-CEO da IBM), entrevistado por Steve Hamm, 5 de janeiro de 2011.
- 97 Bernard Meyerson (IBM Fellow), entrevistado por Steve Hamm, 18 de janeiro de 2010.
- 98 Palmisano, entrevistado por Steve Hamm.
- 99 Paul Hemp e Thomas A. Stewart, “Leading Change When Business Is Good”, *Harvard Business Review* (dezembro de 2004): <http://hbr.org/2004/12/leading-change-when-business-is-good/ar1>.
- 100 Jon Iwata (executivo, IBM), entrevistado por Steve Hamm, janeiro de 2010.
- 101 Diane Brady, “The Immelt Revolution”, *BusinessWeek*, 28 de março de 2005.
- 102 John F. Akers (ex-CEO da IBM), entrevistado por Steve Hamm, 16 de dezembro de 2010.
- 103 Palmisano, entrevistado por Steve Hamm.
- 104 J. Randall MacDonald (executivo, IBM), entrevistado por Steve Hamm, 18 de janeiro de 2010.
- 105 Clipping de um jornal não identificado, IBM Archives.
- 106 *Current Employment Statistics, de 1950 a 2007*, Bureau de Estatística do Trabalho dos EUA (Washington, DC, março de 2008); “USA Statistics in Brief—Employment”, Bureau de Recenseamento dos EUA, acessado em 1º de outubro de 2010, <http://www.census.gov/compendia/statab/2010/files/employ.html>.
- 107 Michael S. Christian, “Human Capital Accounting in the United States: 1994–2006,” *Survey of Current Business* (junho de 2010): 31.
- 108 Will Hamlin e Max Eulenstein, “A Retrospective Look at U.S. Productivity Growth Resurgence” (apresentação, Economics 161, Pomona College, 3 de fevereiro de 2009).
- 109 Erik Brynjolfsson (professor, MIT), entrevistado por Steve Hamm, 6 de outubro de 2010.
- 110 Barry Jaruzelski e Kevin Dehoff, “The Global Innovation: How the Top Innovators Keep Winning”, *Strategy + Business*, 3 de novembro de 2010, <http://www.strategy-business.com/article/10408?gko=08375>.

- 111** Michael H. Zack, "Rethinking the Knowledge-Based Organization", *Sloan Management Review* 44, no. 4 (Edição de Verão, 2003): 67.
- 112** Computer Science and Telecommunications Board, *Funding a Revolution: Government Support for Computing Research* (Washington, DC: National Academies Press, 1999), 1, 139.
- 113** "Thomas A. Edison & the Menlo Park Laboratory", Museu Henry Ford, acessado em 13 de janeiro de 2011, <http://www.hfmfgv.org/exhibits/edison>.
- 114** Fita de áudio da escola de executivos da IBM, 8 de novembro de 1955, IBM Archives, fita 1.
- 115** Ibid.
- 116** "IBM's Intellectual Property History", divisão de licenciamento e propriedade intelectual, IBM.
- 117** *Business Machines*, 4 de janeiro de 1935, IBM Archives.
- 118** Jean Ford Brennan, *The IBM Watson Laboratory at Columbia University* (Armonk, NY: IBM, 1971), <http://www.columbia.edu/acis/history/brennan/index.html>.
- 119** Herb Grosch (antigo cientista da IBM), entrevistado por Steve Hamm, janeiro de 2010.
- 120** Gardiner Tucker (antigo executivo da IBM), entrevistado por Steve Hamm, 20 de agosto de 2010.
- 121** Gerd Binnig (antigo executivo da IBM), entrevistado por Steve Hamm, 17 de novembro de 2010.
- 122** Robert Buderl (escritor), entrevistado via e-mail por Steve Hamm, 11 de novembro de 2010.
- 123** "NSF and the Birth of the Internet", National Science Foundation, última alteração em 10 de julho de 2008, http://www.nsf.gov/news/special_reports/nsf-net/textonly/index.jsp.
- 124** Computer Science and Telecommunications Board, *Funding a Revolution*, 1, 139.
- 125** National Science Foundation, *Japan Hopes to Double Its Government Spending on R&D*, NSF 97-310, (Arlington, VA: NSF, 13 de junho de 1997), <http://www.nsf.gov/statistics/issuebrf/sib97310.htm>.
- 126** IBM, "IBM Seeks to Build the Computer of the Future Based on Insights from the Brain", press release, 20 de novembro de 2008, <http://www-03.ibm.com/press/us/en/pressrelease/26123.wss>.
- 127** Home page de Leonard Kleinrock, "Leonard Kleinrock's Personal History/Biography: the birth of the Internet", última alteração em 9 de março de 2005, http://www.lk.cs.ucla.edu/personal_history.html.
- 128** Gartner, "Gartner EXP Worldwide Survey of Nearly 1,600 CIOs Shows IT Budgets in 2010 to be at 2005 Levels", press release, 19 de janeiro de 2010, <http://www.gartner.com/it/page.jsp?id=1283413>.
- 129** Gartner, "Gartner Reveals Five Social Software Predictions for 2010 and Beyond", press release, 2 de fevereiro de 2010, <http://www.gartner.com/it/page.jsp?id=1293114>.
- 130** Andrew McAfee, *Enterprise 2.0: New Collaborative Tools for Your Organization's Toughest Challenges* (Cambridge, MA: Harvard Business Press, 2009), 211.
- 131** Francisco D'Souza (CEO, Cognizant), entrevistado por Steve Hamm, 2009.
- 132** Anita Williams Woolley e Christopher F. Chabris, "Evidence for a Collective Intelligence Factor in the Performance of Human Groups", *Science* 330, no. 6044 (29 de outubro de 2010): 686-688.
- 133** MIT News, "Study Finds Small Groups Demonstrate Distinctive 'Collective Intelligence' When Facing Difficult Tasks", press release, 30 de setembro de 2010, <http://web.mit.edu/press/2010/collective-intel.html>.
- 134** Linda Sanford (executiva, IBM), entrevistada por Steve Hamm, 2 de fevereiro de 2010.
- 135** Página de eventos InnovationJam da IBM, acessada em 13 de janeiro de 2011, <https://www.collaborationjam.com>.
- 136** Palmisano, entrevistado por Steve Hamm.
- 137** Thomas W. Malone, *The Future of Work: How the New Order of Business Will Shape Your Organization, Your Management Style and Your Life* (Cambridge, MA: Harvard Business Press, 2002), 4.
- 138** Ibid., 93.
- 139** C. K. Prahalad e Venkat Ramaswamy, *The Future of Competition: Co-Creating Unique Value with Customers (O Futuro da Competição: Como Desenvolver Diferenciais Inovadores em Parceria com os Clientes)* (Cambridge, MA: Harvard Business Press, 2002), 49-52.
- 140** IBM, "IBM and Danish Hospital Pioneer Smarter Patient Records to Improve Patient Care", press release, 10 de março de 2009, <http://www-03.ibm.com/press/us/en/pressrelease/26870.wss>.
- 141** Palmisano, entrevistado por Steve Hamm.
- 142** IBM, "IBM Analytics Streamlines Processes for Russian Prosecutor General's Office", press release, 8 de abril de 2010, <http://www-03.ibm.com/press/us/en/pressrelease/29843.wss>.
- 143** John Kelly (executivo, IBM), entrevistado por Steve Hamm, 15 de julho de 2009.
- 144** Henry Chang (pesquisador, IBM), entrevistado por Steve Hamm, agosto de 2009.
- 145** Spencer Ante, *Creative Capital: George Doriot and the Birth of Venture Capital* (Boston, MA: Harvard Business School Press, 2008), xiii, xviii.
- 146** WilmerHale, *2009 Venture Capital Report*, 2, 4.
- 147** Pierre Haren (executivo, IBM), entrevistado por Steve Hamm, novembro de 2009.

- 148 A. G. Lafley, "P&G's Innovation Culture", *Strategy + Business* (Edição de Outono, 2008), http://www.strategy-business.com/media/file/sb52_08304.pdf.
- 149 Rishab Aiyer Ghosh, *Study on the: Economic impact of the open source software on innovation and competitiveness of the Information and Communications Technologies sector in the EU*, (Maastricht, Holanda: UNU-Merit, 20 de novembro de 2006), 50.
- 150 Henry W. Chesbrough, "The Era of Open Innovation", *MIT Sloan Management Review* (Edição de Primavera, 2003), <http://sloanreview.mit.edu/the-magazine/articles/2003/spring/4435/the-era-of-open-innovation/?type=x&reprint=4435>.
- 151 Raymond M. Wolfe, *U.S. Businesses Report 2008 Worldwide R&D Expense of \$330 Billion*, NSF 10-322, (Arlington, VA: National Science Foundation, maio de 2010), <http://www.nsf.gov/statistics/infbrief/nsf10322/nsf10322.pdf>.
- 152 Linus Torvalds e David Diamond, *Just for Fun: The Story of an Accidental Revolutionary* (Nova York: Harper Collins, 2001), 158.
- 153 Robert Le Blanc (executivo, IBM), entrevistado por Steve Hamm, 19 de novembro de 2010.
- 154 Robert Sutor (executivo, IBM), entrevistado por Steve Hamm, outubro de 2009.
- 155 Bureau de Estatística do Trabalho dos EUA, "Preliminary Multifactor Productivity Trends, 2009", press release, 6 de outubro de 2010, <http://www.bls.gov/news.release/prod3.nr0.htm>.
- 156 IBM University Relations, informações fornecidas por Timothy Willeford, 21 de outubro de 2010.
- 157 IBM, "Roche and IBM Collaborate to Develop Nanopore-Based DNA Sequencing Technology", press release, 1º de julho de 2010, <http://www-03.ibm.com/press/us/en/pressrelease/32037.wss>.
- 158 Chad Peck (pesquisador, IBM), entrevistado por Steve Hamm, 6 de maio de 2010.
- 159 John Micklethwait e Adrian Wooldridge, *The Company: A Short History of a Revolutionary Idea* (Nova York: Random House, 2003), 17–28.
- 160 Bruno Di Leo (executivo, IBM), entrevistado por Steve Hamm, 5 de outubro de 2010.
- 161 N. R. Kleinfeld, "IBM to Leave India and Avoid Loss of Control", *New York Times*, 16 de novembro de 1977.
- 162 Shyam Aggarwal e Ravi Marwaha (antigos executivos da IBM), entrevistados por Steve Hamm, novembro de 2010.
- 163 Aggarwal, entrevista.
- 164 *New York Times*, "Arbitration Asked for World Issues", 18 de janeiro de 1939.
- 165 *New York Times*, "'No War,' Says Hitler to American Caller", 30 de junho de 1937; *New York Times*, "Thomas J. Watson Is Decorated by Hitler", 2 de julho de 1937.
- 166 *New York Times*, "1937 Hitler Decoration Is Returned by Watson", 7 de junho de 1940.
- 167 Memorando intitulado "Germany", 16 de novembro de 1945, 3, Biblioteca Fales, Universidade de Nova York, IBM European Business Archive.
- 168 IBM Archives.
- 169 Marwaha, entrevista.
- 170 Louis V. Gerstner, *Who Says Elephants Can't Dance? Leading a Great Enterprise Through Dramatic Change (Quem Disse que Elefantes Não Dançam? Os Bastidores da Recuperação da IBM)* (Nova York: Harper Collins, 2002), 37.
- 171 Palmisano, entrevistado por Steve Hamm.
- 172 Mark Loughridge (executivo, IBM), entrevistado por Steve Hamm, 21 de dezembro de 2010.
- 173 Loughridge, entrevistado por Steve Hamm.
- 174 Steve Hamm, *The Race for Perfect: Inside the Quest to Design the Ultimate Portable Computer* (Nova York: McGraw-Hill: 2008), 75–78.
- 175 Arimasa Naitoh (executivo, Lenovo), entrevistado por Kenji Hall, 2 de maio de 2007.
- 176 Arun Kumar (pesquisador, IBM), entrevistado por Steve Hamm, 29 de janeiro de 2010.
- 177 Shanker Annaswamy (executivo, IBM), entrevistado por Steve Hamm, 28 de maio de 2010.
- 178 "IBM Market Share in India" (apresentação, IBM Índia, junho de 2010).
- 179 Manjeet Kripalani, "IBM's India Pep Rally", *BusinessWeek*, 6 de junho de 2006.
- 180 Gerstner, entrevista.
- 181 Robert Moffat, "Services Competitiveness" (apresentação no IBM Investor Day, 7 de maio de 2007), <http://www.ibm.com/investor/events/analyst0507/presentation/part6/part6.pdf>.
- 182 IBM Global Technology Services, *The Road to a Smarter Enterprise* (Armonk, NY: IBM, outubro de 2010), <ftp://public.dhe.ibm.com/common/ssi/ecm/en/ciw03076usen/CIW03076USEN.PDF>.
- 183 IBM, "IBM Establishes Global Center of Excellence for Water Management in the Netherlands", press release, 1º de fevereiro de 2008.
- 184 Bill Creighton (executivo, IBM), entrevistado por Steve Hamm, 29 de outubro de 2010.
- 185 Mark Loughridge, "Financial Model" (apresentação de Mark Loughridge no IBM Investor Day, 12 de maio de 2010), <http://www.ibm.com/investor/events/analyst0507/presentation/part10/part10.pdf>.
- 186 "About HSBC", HSBC, acessado em 13 de janeiro de 2011, <http://www.hsbc.com>; Brendan McNamara, e-mail para Steve Hamm, 9 de dezembro de 2010.
- 187 Rogerio Oliveira (executivo, IBM), entrevistado por Steve Hamm, 2007.

- 188** Katharyn White (executivo, IBM), entrevistado por Steve Hamm, 10 de março de 2010.
- 189** Ted Hoff (executivo, IBM), entrevistado por Steve Hamm, 24 de fevereiro de 2010.
- 190** Michael Karasick (executivo, IBM), entrevistado por Steve Hamm, março de 2010.
- 191** Gable, e-mail.
- 192** Ron Glover (executivo, IBM), entrevistado por Steve Hamm, 14 de janeiro de 2010.
- 193** Loughridge, apresentação.
- 194** Takreem El-Tohamy (executivo, IBM), entrevistado por Steve Hamm, 6 de outubro de 2010.
- 195** Bruno Di Leo (executivo, IBM), entrevistado por Steve Hamm, 5 de outubro de 2010.
- 196** Robert E. Scott, *Costly Trade With China*, 188 (Washington, DC: Economic Policy Institute, maio de 2007), <http://www.epi.org/publications/entry/bp188/>.
- 197** Carlota Perez (escritora), entrevistada por Steve Hamm, 2007.
- 198** Steve Hamm, "Radical Collaboration", *BusinessWeek*, 30 de agosto de 2007.
- 199** Israel Moreno (executivo, CEMEX), entrevistado por Steve Hamm, setembro de 2010; relações públicas da CEMEX, e-mail para Steve Hamm, 29 de setembro de 2010.
- 200** Rosabeth Moss Kanter, "Enduring Principles of Changing Times" (palestra), Fundação Long Now, São Francisco, 9 de novembro de 2007, transcrição e áudio em Flash, http://fora.tv/2007/11/09/Rosabeth_Moss_Kanter.
- 201** Stanley Litow (executivo, IBM), entrevistado por Steve Hamm, 11 de janeiro de 2010.
- 202** Milton Friedman, "The Social Responsibility of Business Is to Increase Its Profits", *New York Times Magazine*, 13 de setembro de 1970.
- 203** John Steele Gordon, "The Sunny Steel Baron and His Bootstraps Fortune", *New York Times*, 30 de outubro de 2006, http://www.nytimes.com/2006/10/30/books/30gord.html?ref=andrew_carnegie&pagewanted=print.
- 204** Andrew Carnegie, "Wealth", *North American Review* 148, no. 391, (junho de 1889): 653.
- 205** Maney, *The Maverick and His Machine*, 24–25.
- 206** Thomas J. Watson, *Think: The First Principle of Business Ethics* (Waynesboro, VA: University of Science and Philosophy, 2003), 80.
- 207** Luis Lamassonne (antigo executivo da IBM), entrevistado por Steve Hamm, 8 de janeiro de 2010.
- 208** Ted Childs (antigo executivo da IBM), entrevistado por Steve Hamm, janeiro de 2010.
- 209** "Policy letter #4", 21 de setembro de 1953, IBM Archives.
- 210** Richard E. Mooney, "IBM Plans 300-Worker Plant in Slums of Bedford-Stuyvesant", *New York Times*, 18 de abril de 1968.
- 211** Thomas J. Watson Jr., "The Right to Life", *New York Times*, 19 de dezembro de 1970.
- 212** Wayne Balta (executivo, IBM), entrevistado por Steve Hamm, 21 de maio de 2010.
- 213** Mark Dean (executivo, IBM), entrevistado por Steve Hamm, outubro de 2010.
- 214** Robin Willner (executivo, IBM), entrevistado por Steve Hamm, outubro de 2010; Willner, e-mail para Steve Hamm, 25 de outubro de 2010.
- 215** "Integrated philanthropy. The 1/1/1 model", Salesforce.com, acessado em 13 de janeiro de 2011, <http://www.salesforce.com/company/foundation>.
- 216** Jane Nelson et al., *Developing Inclusive Business Models* (Cambridge, MA: Harvard Kennedy School, 2009), http://www.hks.harvard.edu/m-rcbg/CSRI/publications/other_10_MDC_report.pdf.
- 217** Willner, entrevista.
- 218** Charles Ung (produtor de vídeo, IBM), entrevistado por Steve Hamm, 20 de janeiro de 2010.
- 219** Rosabeth Moss Kanter (professora, Universidade de Harvard), entrevistada por Steve Hamm, 18 de outubro de 2010.
- 220** Corinne Bazina (executiva, Danone Grameen), entrevistada por Steve Hamm, outubro de 2010.
- 221** Watson, *Think*, 80.
- 222** Sam Palmisano, "Welcome to the Decade of the Smart" (palestra), Chatham House, Londres, 12 de janeiro de 2010, <http://www.ibm.com/ibm/sjp/speeches.html>.
- 223** "Ken Burns: Citizen of the West", PBS, acessado em 13 de janeiro de 2011, <http://www.pbs.org/weta/thewest/program/producers/burns.htm>.
- 224** Mike May (presidente e CEO, Sendero Group), entrevistado por Jeffrey O'Brien, junho de 2010.
- 225** Mike May, "Mike May regains his sight after 43 years of blindness", *Guardian*, 26 de agosto de 2003.
- 226** Robert Kurson, *Crashing Through: A True Story of Risk, Adventure, and the Man Who Dared to See* (Nova York: Random House, 2007).
- 227** IBM, *Relatório Anual de 2010*, acessado em dezembro de 2010, <http://www.ibm.com/annualreport/2010/>.
- 228** Palmisano, entrevistado por Jeffrey O'Brien, maio de 2010.
- 229** National Institute of Standards and Technology, "NIST's Second 'Quantum Logic Clock' Based on Aluminum Ion Is Now World's Most Precise Clock", press release, 4 de fevereiro de 2010, http://www.nist.gov/pml/div688/logicclock_020410.cfm.

- 230** Quinn Norton, "How Super-Precise Atomic Clocks Will Change the World in a Decade", *Wired*, 12 de dezembro de 2007, http://www.wired.com/science/discoveries/news/2007/12/time_nist.
- 231** "Super Cool Atom Thermometer: New, Reliable Ways of Measuring Extreme Low Temperatures", *ScienceDaily*, 8 de dezembro de 2009, <http://www.sciencedaily.com/releases/2009/12/091207173626.htm>.
- 232** "Hollerith Tabulator and Sorter Box", IBM, acessado em dezembro de 2010, http://www-03.ibm.com/ibm/history/exhibits/attic/attic_071.html.
- 233** "1900s", IBM, acessado em dezembro de 2010, http://www-03.ibm.com/ibm/history/history/decade_1900.html.
- 234** "1986", IBM, acessado em dezembro de 2010, http://www-03.ibm.com/ibm/history/history/year_1986.html; "The Nobel Prize in Physics 1986", Nobelprize.org, acessado em dezembro de 2010, http://nobelprize.org/nobel_prizes/physics/laureates/1986/.
- 235** H. R. Kolar (arquiteto-chefe, IBM Systems and Technology Group), entrevistado por Jeffrey O'Brien, agosto de 2010.
- 236** iSuppli, "Shipments of Cell Phone Motion Sensors to Rise Fivefold by 2014", press release, 4 de maio de 2010, <http://www.isuppli.com/MEMS-and-Sensors/News/Pages/Shipments-of-Cell-Phone-Motion-Sensors-to-Rise-Fivefold-by-2014.aspx>; Jérémie Bouchaud (analista-chefe, iSuppli), mensagem de e-mail para Stuart Luman, 27 de maio de 2010.
- 237** Rob Lineback (analista sênior de pesquisa de mercado, IC Insights), mensagem de e-mail para Stuart Luman, 26 de maio de 2010.
- 238** John Gantz e David Reinsel, *The Digital Universe Decade—Are You Ready?*, International Data Corp., maio de 2010, <http://idccdocserv.com/925>.
- 239** "Twitter, now 2 billion tweets per month", *Royal Pingdom* (blog), 8 de junho de 2010, <http://royal.pingdom.com/2010/06/08/twitter-now-2-billion-tweets-per-month/>; "Amazing facts and figures about Instant Messaging (infographic)", *Royal Pingdom* (blog), 23 de abril de 2010, <http://royal.pingdom.com/2010/04/23/amazing-facts-and-figures-about-instant-messaging-infographic/>; "Facebook: Facts & Figures for 2010", *Digital Buzz Blog*, 22 de março de 2010, <http://www.digitalbuzzblog.com/facebook-statistics-facts-figures-for-2010>.
- 240** John Gantz e David Reinsel, *The Digital Universe Decade—Are You Ready?*, 2.
- 241** "Data, data everywhere", *Economist*, 25 de fevereiro de 2010, <http://www.economist.com/node/15557443>.
- 242** NASA, "NASA and NSF-Funded Research Finds First Potentially Habitable Exoplanet", press release, 29 de setembro de 2010, http://www.nasa.gov/topics/universe/features/gliese_581_feature.html.
- 243** Universidade da Califórnia, Santa Cruz, "Newly discovered planet may be first truly habitable exoplanet", press release, 29 de setembro de 2010, <http://news.ucsc.edu/2010/09/planet.html>.
- 244** NIST, "NIST Super-Sensors to Measure 'Signature' of Inflationary Universe", press release, 5 de maio de 2009, http://www.nist.gov/pml/quantum/cmb_050509.cfm.
- 245** "NASA announces new satellite initiative", *Space Daily*, 1º de março de 2009, http://www.spacedaily.com/reports/NASA_announces_new_satellite_initiative_999.html.
- 246** "NASA Lightning Research Happens in a Flash", *Terra Daily*, 10 de agosto de 2010, http://www.terradaily.com/reports/NASA_Lightning_Research_Happens_In_A_Flash_999.html.
- 247** Jaymi Heimbuch, "Forest Guard Sets Up Solar Powered Warning System for Forest Fires", *Planetgreen.com*, 29 de fevereiro de 2010, <http://planetgreen.discovery.com/tech-transport/forest-guard-solar-warning.html>.
- 248** "Minneapolis Bridge Reopens Following Last Year's Deadly Collapse", *NewsHour*, PBS, 17 de setembro de 2008, http://www.pbs.org/newshour/bb/science/july-dec08/bridgereopens_09-17.html#_jmp0.
- 249** Jim Nash, "Super listening device hears and identifies any sound", *DVICE* (blog), 9 de março de 2010, <http://dvice.com/archives/2010/03/super-listening.php>; "Acoustic Vector Sensors", Microflown Technologies, acessado em dezembro de 2010, <http://www.microflown-avisa.com/acoustic-vector-sensors/>.
- 250** Greg Lindsay, "HP Invents a 'Central Nervous System for Earth' and Joins the Smarter Planet Sweepstakes", *Fast Company*, 15 de fevereiro de 2010, http://www.fastcompany.com/1548674/hp-joins-the-smarter-planet-sweepstakes#_jmp0.
- 251** Agam Shah, "Intel Measures Air Quality With Sweepers", *IDG News*, 10 de julho de 2008, http://www.pcworld.com/businesscenter/article/148205/intel_measures_air_quality_with_sweepers.html; "Deployments", Common Sense, acessado em dezembro de 2010, <http://www.communitysensing.org/deployments.php>.
- 252** "RFID for All of New Zealand's Cattle and Deer by 2011", *RFID Update*, 5 de junho de 2008, <http://www.rfidjournal.com/article/articleview/6991/1/565/>.
- 253** Thibaut Scholasch (fundador, Fruition Sciences), entrevistado por Jeffrey O'Brien, julho de 2010.
- 254** Owen Slot, "Technology from Formula One to be used in Surrey healthcare trial", *Times de Londres*, 1º de abril de 2010, http://www.timesonline.co.uk/tol/sport/formula_1/article7083337.ece.
- 255** "Epic Mix", Vail Resorts Management Company, acessado em dezembro de 2010, <http://www.snow.com/epicmix/home.aspx?intcmp=SN00009>.
- 256** "Nike+ Dashboard", Nike, acessado em dezembro de 2010, http://nikerunning.nike.com/nikeos/p/nikeplus/en_US/plus/#!/dashboard/.

- 257 "Sportvision: Baseball", Sportvision, acessado em dezembro de 2010, <http://www.sportvision.com/base-pitchfx.html>.
- 258 "SprintCam Live V2.1", I-Movix, acessado em dezembro de 2010, <http://i-movix.com/en/products/sprintcam-live-21>.
- 259 IBM, "IBM and Marine Institute Ireland Netting Results in Galway's 'SmartBay' Project", press release, 16 de março de 2009, <http://www-03.ibm.com/press/us/en/pressrelease/26922.wss>; "A mirror in the sea", *Economist*, 5 de novembro de 2010, http://www.economist.com/blogs/babbage/2010/11/sensors_multiply_ocean_too.
- 260 "Emerging Biometrics", FBI Biometric Center of Excellence, acessado em dezembro de 2010, http://www.biometriccoe.gov/Modalities/Emerging_Biometrics.htm.
- 261 "Wearable RFID sensors to detect airborne toxins", *Printed Electronics World*, 19 de fevereiro de 2010, http://www.printedelectronicsworld.com/articles/wearable_rfid_sensors_to_detect_airborne_toxins_0002050.asp.
- 262 Jacob Bush, "Biosensors in Brief", *Highlights in Chemical Technology*, 25 de março de 2010, http://www.rsc.org/Publishing/ChemTech/Volume/2010/05/biosensors_in_briefs.asp.
- 263 Stony Brook University, "New Sensor Nanotechnology Developed by Stony Brook University Researchers Simplifies Disease Detection", press release, 29 de setembro de 2010, http://commcgi.cc.stonybrook.edu/am2/publish/General_University_News_2/New_Sensor_Nanotechnology_Developed_by_Stony_Brook_University_Researchers_Simplifies_Disease_Detection.shtml.
- 264 "Camera in a Pill Offers Cheaper, Easier Window on Your Insides", *ScienceDaily*, 25 de janeiro de 2008, <http://www.sciencedaily.com/releases/2008/01/080124161613.htm>.
- 265 "Sensor Biochips Could Aid in Cancer Diagnosis and Treatment", *Physorg.com*, 22 de outubro de 2009, <http://www.physorg.com/news175412440.html>.
- 266 "New Hybrid Imaging System Allows Pinpoint Locating of Problems", *ScienceDaily*, 9 de janeiro de 2007, acessado em dezembro de 2010, <http://www.sciencedaily.com/releases/2007/01/070108153030.htm>.
- 267 "IBM Scientists Reinvent Medical Diagnostic Testing", IBM, acessado em dezembro de 2010, http://www.zurich.ibm.com/news/09/lab_on_a_chip.html.
- 268 "DNA Transistor", IBM, acessado em dezembro de 2010, https://researcher.ibm.com/researcher/view_project.php?id=1120.
- 269 Gustavo Stolovitzky (gerente, genômica funcional e biologia dos sistemas, Divisão de Pesquisa IBM), entrevistado por Jeffrey O'Brien, fevereiro de 2009.
- 270 "Washington City to Fort Mandan", The Lewis and Clark Fort Mandan Foundation, acessado em dezembro de 2010, <http://lewis-clark.org/content/content-article.asp?ArticleID=3018>.
- 271 Fiona Govan, "World's oldest map: Spanish cave has landscape from 14,000 years ago", *Telegraph*, 6 de agosto de 2009, <http://www.telegraph.co.uk/news/worldnews/europe/spain/5978900/Worlds-oldest-map-Spanish-cave-has-landscape-from-14000-years-ago.html>.
- 272 Stephen Johnson, *The Ghost Map (O Mapa Fantasma)* (Nova York: Riverhead Trade, 2007).
- 273 Alfred D. Chandler, *Strategy and Structure: Chapters in the History of the American Industrial Enterprise* (Boston: MIT Press, 1969), 22.
- 274 "Hollerith tabulator and sorter," IBM, acessado em dezembro de 2010, http://www-03.ibm.com/ibm/history/exhibits/vintage/vintage_4506V2139.html.
- 275 Ken W. Sayers, "A Summary History of IBM's International Operations 1911–2006", 2ª ed., 26 de outubro de 2006, IBM Archives.
- 276 "1930s", IBM, acessado em dezembro de 2010, http://www-03.ibm.com/ibm/history/history/decade_1930.html.
- 277 "Federal Systems Division, Lunar Landing Special", *IBM News*, 24 de julho de 1969, IBM Archives.
- 278 Amara D. Angelica, "IBM scientists create most comprehensive map of the brain's network", *Kurzweil, Accelerating Intelligence* (blog), 28 de julho de 2010, <http://www.kurzweilai.net/ibm-scientists-create-most-comprehensive-map-of-the-brains-network>.
- 279 Duncan G. Copeland, Richard O. Mason e James L. McKenney, "Sabre: The Development of Information-Based Competence and Execution of Information-Based Competition", *IEEE Annals of the History of Computing* 17, no. 3 (1995): 30–55; Robert V. Head, "Getting Sabre Off the Ground", *IEEE Annals of the History of Computing* 24, no. 4 (2002): 32–38.
- 280 Walt Rauscher (vice-presidente, vendas e atendimento ao passageiro, American Airlines), discurso para a Public Relations Society of America, New York Hilton Hotel, 10 de novembro de 1966, 9h30min, Sabre box, IBM Archives, 27.
- 281 "Sabre history", Sabre Holdings, acessado em dezembro de 2010, <http://www.sabre-holdings.com/aboutUs/history.html>.
- 282 Copeland, Mason e McKenney, "Sabre: The Development of Information-Based Competence and Execution of Information-Based Competition".
- 283 TomTom International, "TomTom Makes the Largest Historic Traffic Database in the World Available for Governments and Enterprises via its Online Web Portal", press release, 24 de janeiro de 2011, http://licensing.tomtom.com/WhyTeleAtlas/Pressroom/PressReleases/TA_CT047806.
- 284 "Mappos—The Zappos Real-Time Order Map", Zappos.com, acessado em dezembro de 2010, <http://www.zappos.com/map/#>.

- 285** David Bleja, "Breathingearth—CO₂, birth & death rates by country, simulated real-time", Breathingearth, acessado em dezembro de 2010, <http://www.breathingearth.net>.
- 286** "Our Projects", Wikimedia Foundation, acessado em dezembro de 2010, http://wikimediafoundation.org/wiki/Our_projects#Wikipedia.
- 287** "About us", Ushahidi, acessado em dezembro de 2010, <http://www.ushahidi.com/about>.
- 288** Patrick Meier (diretor de novas mídias e mapeamento de crises, Ushahidi), entrevistado por Jeffrey O'Brien, fevereiro de 2011.
- 289** Hilton Collins, "New York City's Digital Map Puts In-Depth GIS Data a Few Clicks Away", *Government Technology*, 18 de novembro de 2010, <http://www.govtech.com/e-government/New-York-City-Digital-Map.html>.
- 290** Joan DiMicco (gerente de pesquisa, IBM), entrevistado por Jeffrey O'Brien, março de 2011.
- 291** Patricia Cohen, "Digital Keys for Unlocking the Humanities' Riches", *New York Times*, 16 de novembro de 2010.
- 292** "Human Genome Project Information", Department of Energy Office of Science, acessado em dezembro de 2010, http://www.ornl.gov/sci/techresources/Human_Genome/project/about.shtml.
- 293** Gregg Easterbrook, "Forgotten Benefactor of Humanity", *Atlantic Monthly* 279, no. 1 (1997): 75–82; Norman Borlaug, discurso de aniversário do Nobel no Instituto Nobel, Oslo, Noruega, "The Green Revolution Revisited and the Road Ahead", 26 de setembro de 2002.
- 294** Leon Hesser, *The Man Who Fed the World* (Dallas: Durban House Publishing, 2008), 28; Norman Borlaug, "Preface", em S. Rajaram e G. P. Hettel, eds., *Wheat Breeding at CIMMYT: Commemorating 50 Years of Research in Mexico for Global Wheat Improvement*, Wheat Special Report No. 29 (México, D.F.: CIMMYT, 1995), iv–vi.
- 295** Hesser, *The Man Who Fed the World*, 44–45; Noel Vietmeyer, *Borlaug*, vol. 2 (Lorton, VA: Bracing Books, 2009), 101.
- 296** Noel Vietmeyer (escritor), entrevistado por Stuart Luman para Jeffrey O'Brien, outubro de 2010.
- 297** Hesser, *The Man Who Fed the World*; Vietmeyer, *Borlaug*, 67–86.
- 298** Howard Yana-Shapiro (diretor de equipes globais, Mars Inc.), entrevistado por Jeffrey O'Brien, novembro de 2010.
- 299** Mars, "MARS, USDA-ARS, and IBM Unveil Preliminary Cacao Genome Sequence Three Years Ahead of Schedule", press release, 15 de setembro de 2010, <http://www.mars.com/global/news-and-media/press-releases/news-releases.aspx?SiteId=94&Id=2460>.
- 300** Mark Dean (Fellow e vice-presidente, IBM), entrevistado por Jeffrey O'Brien, fevereiro de 2009.
- 301** Chidanand Apte (gerente sênior, lógica de dados, IBM), entrevistado por Jeffrey O'Brien, maio de 2010.
- 302** Leslie Kaufman, "Federated Department Stores to Buy Fingerhut", *New York Times*, 12 de fevereiro de 1999.
- 303** "Our Technology and Data", Bing Travel, acessado em dezembro de 2010, <http://www.bing.com/travel/about/ourTechnology.do>.
- 304** "About eHarmony", eHarmony, acessado em dezembro de 2010, <http://www.eharmony.com/about/eharmony>.
- 305** "Press kit", Netflix, acessado em dezembro de 2010, <http://www.netflix.com/MediaCenter?id=5379>; Netflix, "Netflix Passes 10 Million Subscribers, With 600,000 Net Additions Since the First of the Year", press release, 12 de fevereiro de 2010, <http://netflix.mediaroom.com/index.php?s=43&item=307>.
- 306** "About the Music Genome Project", Pandora, acessado em dezembro de 2010, <http://www.pandora.com/corporate/mgp>; M. G. Siegler, "You Are On Pandora: Service Hits 60 Million Listeners, Adding Users Faster Than Ever", *TechCrunch*, 21 de julho de 2010, <http://techcrunch.com/2010/07/21/pandora-stats>.
- 307** Richard Barton (cofundador, Zillow), entrevistado por Jeffrey O'Brien, setembro de 2010.
- 308** "Goodyear Puts the Rubber to the Road with High Performance Computing", Council on Competitiveness, acessado em dezembro de 2010, <http://www.compete.org/publications/detail/685/goodyear-puts-the-rubber-to-the-road-with-high-performance-computing/>; "High Performance Computing Drives a 'Can-Do' Attitude at Alcoa", <http://www.compete.org/publications/detail/495/high-performance-computing-drives-a-can-do-attitude-at-alcoa>; "PING Scores a Hole in One with High Performance Computing", <http://www.compete.org/publications/detail/684/ping-scores-a-hole-in-one-with-high-performance-computing>.
- 309** "Warranty Claims & Accruals in Financial Statements", *Warranty Week*, acessado em dezembro de 2010, <http://www.warrantyweek.com>.
- 310** Loren Nasser (CEO e cofundador, Vextec), entrevistado por Jeffrey O'Brien, junho de 2009.
- 311** Frank Priscaro (vice-presidente, Vextec), entrevistado por Jeffrey O'Brien, agosto de 2010.
- 312** Yardena Peres (gerente, sistema de saúde e ciências biomédicas, IBM), entrevistada por Mat Honan para Jeffrey O'Brien, agosto de 2010.
- 313** Peter Haas (membro, Divisão de Pesquisa IBM), entrevistado por Jeffrey O'Brien, setembro de 2010.
- 314** William Puleyblank (professor, pesquisa operacional, Academia Militar dos Estados Unidos), entrevistado por Jeffrey O'Brien, julho de 2010.
- 315** "Census Data Aid Disease Simulation Studies", *ScienceDaily*, 1º de abril de 2010, <http://www.sciencedaily.com/releases/2010/03/100331141015.htm>.

- 316** "Dust Models Paint Alien's View of the Solar System", *ScienceDaily*, 26 de setembro de 2010, <http://www.sciencedaily.com/releases/2010/09/100923111528.htm>.
- 317** "Advanced Geographical Models Bring New Perspective to Study of Archaeology", *ScienceDaily*, 17 de maio de 2010, <http://www.sciencedaily.com/releases/2010/05/100514094838.htm>.
- 318** "Supercomputer Reproduces a Cyclone's Birth, May Boost Forecasting", *ScienceDaily*, 23 de julho de 2010, <http://www.sciencedaily.com/releases/2010/07/100721121701.htm>.
- 319** "Evacuating 70,000 Sports Fans in Less Than an Hour? Rehearse It With 70,000 Avatars", *ScienceDaily*, 12 de abril de 2010, <http://www.sciencedaily.com/releases/2010/04/100410160121.htm>.
- 320** "Europe's Plan to Simulate the Entire Planet", *The Physics arXiv Blog*, 30 de abril de 2010, <http://www.technologyreview.com/blog/arxiv/25126/?a=f>.
- 321** "3-D Model of Blood Flow by Supercomputer Predicts Heart Attacks", *ScienceDaily*, 24 de maio de 2010, <http://www.sciencedaily.com/releases/2010/05/100520102913.htm>.
- 322** "About the Blue Brain Project", École Polytechnique Fédérale de Lausanne, acessado em dezembro de 2010, <http://bluebrain.epfl.ch>.
- 323** Grady Booch (cientista-chefe, IBM), entrevistado por Stuart Luman para Jeffrey O'Brien, agosto de 2010.
- 324** Julio Palmaz (cardiologista), entrevistado por Jeffrey O'Brien, junho de 2010.
- 325** IBM, *Relatório Anual de 2010*.
- 326** IBM, "IBM Earns Most U.S. Patents for 17th Consecutive Year; Will Offer Licenses to Patent Portfolio Management Know-How", press release, 12 de janeiro de 2010, acessado em dezembro de 2010, <http://www-03.ibm.com/press/us/en/pressrelease/29168.wss>.
- 327** John Kelly (diretor e vice-presidente sênior, Divisão de Pesquisa IBM), entrevistado por Jeffrey O'Brien, março de 2009.
- 328** "Federal Systems Division, Lunar Landing Special", *IBM News*.
- 329** Ibid.
- 330** Ibid.
- 331** Homer Ahr (programador aposentado, IBM), entrevistado por Errol Morris, outubro de 2010.
- 332** "Craig Barrett on the Importance of Global Standards", Intel, acessado em dezembro de 2010, <http://www.intel.com/standards/execqa/qa0904.htm>.
- 333** Jeffrey M. O'Brien, "IBM's Grand Plan to Save the Planet", *Fortune*, 4 de maio de 2009.
- 334** Gallup, "Americans' Global Warming Concerns Continue to Drop", press release, 11 de março de 2010, <http://www.gallup.com/poll/126560/americans-global-warming-concerns-continue-drop.aspx>.
- 335** Paul Maglio (gerente, Smarter Planet Service Systems, Divisão de Pesquisa IBM) e Peter Haas (membro, Divisão de Pesquisa IBM), entrevistados por Jeffrey O'Brien, agosto de 2010; "SPLASH: Smarter Planet platform for Analysis and Simulation of Health", IBM, acessado em dezembro de 2010, <http://www.almaden.ibm.com/asr/projects/splash>.
- 336** Charles Perrow, *Normal Accidents* (Princeton, NJ: Princeton University Press, 1999), 354.
- 337** "Legislative History: 1935 Social Security Act", Social Security Administration, acessado em dezembro de 2010, <http://www.ssa.gov/history/35actinx.html>.
- 338** "Social Security Anniversaries: 25th Anniversary Article from OASIS", Social Security Administration, acessado em dezembro de 2010, <http://www.ssa.gov/history/25annoasis.html>.
- 339** Paul Lasewicz (arquivista corporativo, IBM), entrevistado por Jeffrey O'Brien, agosto de 2010.
- 340** James Cortada (membro, Instituto IBM de Negócios Corporativos, e escritor), entrevistado por Jeffrey O'Brien, junho de 2010.
- 341** Don Edwards (diretor assistente, departamento administrativo e financeiro, Alameda Social Services Agency), entrevistado por Jeffrey O'Brien, maio de 2010.
- 342** "ROI Case Study: IBM SSIRS, Alameda County Social Services Agency", Nucleus Research, agosto de 2010, <http://nucleusresearch.com/research/roi-case-studies/roi-case-study-ibm-alameda-county-social-services-agency>.
- 343** Lewis Mumford, *The City in History: Its Origins, Its Transformations, and Its Prospects (A Cidade na História: Suas Origens, Transformações e Perspectivas)* (Nova York: Harcourt Brace Jovanovich, 1961).
- 344** W. Richard Janikowski (diretor, Centro de Pesquisa e Criminologia Comunitária, Universidade de Memphis), entrevistado por Stuart Luman para Jeffrey O'Brien, agosto de 2010.
- 345** IBM, "Memphis Police Department Reduces Crime Rates with IBM Predictive Analytics Software", press release, 21 de julho de 2010, <http://www-03.ibm.com/press/us/en/pressrelease/32169.wss>.
- 346** Larry Godwin (diretor, Departamento de Polícia de Memphis), entrevistado por Stuart Luman para Jeffrey O'Brien, agosto de 2010.
- 347** Amos Maki, "Memphis Police Director Larry Godwin Says He'll Retire in April", *Commercial Appeal*, 25 de fevereiro de 2011.
- 348** John Powell (superintendente, SFPUC Wastewater Enterprise), entrevistado por Jeffrey O'Brien, julho de 2010.
- 349** Lasewicz, entrevista.
- 350** Dario Gil (diretor de programas, Divisão de Pesquisa IBM), entrevistado por Jeffrey O'Brien, janeiro de 2011.
- 351** Ione Fine et al., "Long-term deprivation affects visual perception and cortex", *Nature Neuroscience* 6, no. 9 (2003): 915-16.

Créditos das Fotografias

| | |
|--|--|
| Ad Hoc Committee/GS1 US Inc. | 33 |
| Armstrong, Neil/Star Buzz LLC | 245, 255 |
| ARPANET | 95 |
| Balibouse, Denis/Reuters/Corbis | 244, 261 |
| Biblioteca Britânica | 245, 269 |
| Biblioteca do Congresso dos EUA | 244 |
| Biblioteca Presidencial John F. Kennedy | 245, 255, 302 |
| Burnett, David/Contact Press Images | capa, 244, 255, 296 |
| Butler, Paul/Facebook/AFP/Getty Images | 98–99 |
| CERN | 261 |
| Child, Martin | 78 |
| Coffrini, Fabrice/AFP/Getty Images | 245, 255, 261 |
| Computer History Museum | 25 |
| Comstock | 44 |
| De La Guardia, Helena | 83 |
| Deschere, Patrick | 244 |
| Digital Vision | 245, 255 |
| Escritório de Direitos Autorais dos Estados Unidos . | 50, 176, 177 |
| Família Lamassonne | 234 |
| Faris, Randy/Corbis | 244 |
| Fotog | 245 |
| Freund, David | 244, 269 |
| Gamma-Keystone via Getty Images | 244, 313 |
| Hagley Museum and Library | 75 |
| Hasbun, Gabriela | 244, 283 |
| Hulton Archive/Stringer/Getty Images | 245, 259 |
| IBM | 63, 83, 84, 89, 223, 224–225, 244, 245, 290 |
| IBM Archives | capa, 14–15, 25–27, 29, 44, 47, 56, 69, 73, 75, 91, 93, 95, 104, 106–107, 112–113, 121, 123, 134, 135, 143, 144–145, 150, 151, 169, 178–179, 182, 194, 199, 200–201, 208–209, 229, 237, 244, 245, 255, 273 |
| IHS iSuppli/Telematics Research Group, Inc. | 29 |
| Image Source/Corbis | 245 |
| Instituto Norman Borlaug | 245, 282 |
| Jeopardy Productions Inc. | capa, 83 |
| Johnson & Johnson | 244, 296 |
| Layvous, Najeeb/Photo Researchers Inc. | 244, 260 |
| LinkedIn | 245, 275 |
| Mars Inc. | 244, 283 |
| May, Mike/Sendero Group | 244, 247 |
| MedicalRF.com/Corbis | 244, 290 |
| Modha, Dharmendra e Raghavendra Singh/Procedimentos da National Academy of Sciences dos Estados Unidos da América, 2010,107:13485-13490 | 271 |
| Moodboard/Corbis | 245, 311 |
| Morgan, Hank/Rainbow/Science Faction/Corbis | capa, 244, 269 |
| Motion Theory | 237 |
| Muybridge, Eadweard/Stringer/Getty Images .. | capa, 245, 259 |
| NASA/NOAA/SPL | capa, 244, 311 |
| NASA | 244, 245, 254, 255, 311 |
| Ogilvy & Mather/Nick Quinn/Wizz | 296 |
| Ogilvy & Mather/Radical Media | 84 |
| Philadelphia Print Shop | 244, 254 |
| Powell, John | 320 |
| Rakusen, Monty | 244, 311 |
| Reilly, Fran e James Ryan/Marine Institute | 244, 245, 266 |
| Richards, Mark . | capa, 21, 27, 37, 41, 46, 59, 74–75, 103, 154–155 |
| Sanogo, Issouf/AFP/Getty Images | 244 |
| Schwere, Frank/Bransch | 163 |
| Science Source/Photo Researchers | 279 |
| Smalling, Mark/Universidade de Illinois em Urbana-Champaign. | 269 |
| Smalling, Mark | 53 |
| Spears, Dieter | 44 |
| SSPL | 244, 259 |
| Starush/Fotolia | 260 |
| Streshinsky, Ted/Corbis | 244, 282 |
| Sutch, Dennis | 244, 305 |
| Taiwan High Speed Rail Corporation | 34 |
| Telematics Research Group, Inc. | 29 |
| Time & Life Pictures/Getty Images | 59, 244, 245, 259 |
| Universidade de Cambridge | 244, 254 |
| Universidade de Columbia | 72 |
| Uploader, Siyavula/Connexions Education | 244, 269 |
| Ushahidi | 245, 269 |
| Visuals Unlimited/Corbis | 245, 322 |
| Vlasov, Yurii, com Solomon Assefa, William Green, Folkert Horst, Alexander Rylakov, Clint Schow/Divisão de Pesquisa IBM. . | 66 |
| Weinberger, David | 23 |
| Wesemann, Ingmar | 244, 265 |

Índice Remissivo

- A**
- acesso aleatório, sistemas de
 estoque com 43
 DRAM 48
 RAMAC 47
- Adams, Douglas 80
- África do Sul, IBM na 206
 Princípios de Sullivan e 206
- afro-americanos, na IBM 151
 com Watson, T., Jr., na questão
 de oportunidade social 234
- Aggarwal, Shyam 204
- Agência de Projetos de Pesquisa
 Avançada (ARPA) 92-94
 ARPANET 94, 95, 96
 desenvolvimento
 de TCP/IP e 96-97
 sistemas de tempo
 compartilhado e 117
- Ahr, Homer 303-304
- AI. *Ver* inteligência artificial
- álgebra booleana 122
- Akers, John 165
- Alameda, Califórnia, órgão
 de serviço social em 315-317
 SSIRS e 316-317
- Aldrin, Buzz 303
- Alemanha 205-206, 220, 266, 290
- Alexandre VI (Papa) 272
- Allen, Paul 119
- Almaden Research Center 50
- Altmeyer, Arthur 314
- Amazon.com 124
 exploração de dados 286
- American Management Association 156
- American Standard Code for
 Information Interchange (ASCII) 28
- American Stores Company 38
- América Latina, IBM na 203-204
- Anantharaman, Thomas 80
- Andreessen, Marc 97
- Annaswamy, Shanker 211
- antitruste, litígio
 IBM e 159
 contra Watson, T. 232-233
- aplicações acadêmicas das 104-105
 máquinas de escrever elétricas e,
 combinação de 26-27
- Apollo 11. Ver também* missões
 lunares 303-304
- Apollo 13. Ver também* missões
 lunares 304
- Apple 19, 131
 iPad 35, 127
 iPhone 35, 101, 125
 iPod, armazenamento
 na memória do 49
 tela sensível ao toque
 (touch screen), tecnologia 35
- Apple II 119
 processadores no 62
 VisiCalc, programa 80, 119
- a Proposta do Homem 149-150
 para ambos os sexos 149-150
- Apte, Chidanand 285
- aritmética de ponto flutuante 60
- armazenamento, da memória
 cartões perfurados 38-40
 com núcleos magnéticos 36-37
 definição do 49
 DRAM 48
 em discos,
 desenvolvimento do 43, 44, 45, 47
 em fita magnética 41, 42-45
 estado sólido 50-51
 limites de capacidade do 130-131
 monolítico 62
- armazenamento de dados.
Ver armazenamento, da memória
- armazenamento de estado sólido,
 da memória 50-51
- armazenamento em tambor
 magnético 43
- Armazenamento Escalar Conectado
 à Rede (SONAS) 130
- Armstrong, Neil 303
- ARPA. *Ver* Agência de Projetos
 de Pesquisa Avançada
- ARPANET 94, 95, 96-97, 184
 Internet e, como precursora da 94
 TCP/IP e 96-97
- arquitetura, tecnologia
 da informação 102-127
 1401, sistema de
 computador, e 106, 106-109
 aplicações acadêmicas da 104-105
 computação em nuvem 125-127
 informação como
 ciência e 122-124
 PCs 119-121
 Sistema 360, computador 109-115
 tempo compartilhado
 sistemas de 26-28, 116-118
- Arquitetura de Rede de Sistemas
 (SNA) 97
- ASCII. *Ver* American Standard Code
 for Information Interchange
- Ashton-Tate 120
- Aspray, William 76
- automóveis, sistemas de reconhecimento
 de voz em 29-31
- Avatar* 50
- ação em sistemas complexos,
 no domínio da 255, 310-325
 em programas de
 segurança pública 318-320
 em questões de saúde 322-323
 em serviços sociais 315-317
- B**
- Babbage, Charles 24
- Backus, John 61, 70, 75, 107
Ver também Fortran programação da
 Máquina de Processamento Eletrônico
 de Dados da série 700, por 71-72
- Bailey, Evelyn 224
- Balta, Wayne 235
- Banavar, Guru 225
- bancos de dados 77-78
 aplicações municipais de 78
 relacionais 77-78
- bancos de dados
 relacionais 47, 77-79, 272
- Bardeen, John 60
- Barrett, Craig 305-306
- Barton, Richard 287
- BASIC, linguagem de programação 79
- Bazina, Corinne 240
- Bedi, Ritu 223
- Bednorz, Georg 66-67, 179
- Bell, Daniel 170
- Bell Laboratories da AT&T, como modelo
 de pesquisa para a IBM 178
- Bell Labs 19, 60-61, 104
 desenvolvimento do
 transistor nos 60
- Bemer, Bettie 28
- Bemer, Bob 27-28
- Berners-Lee, Tim 97
- Bezos, Jeff 124
- Bharti Airtel 192
- Bhattacharyya, Arindam 223, 225
- Biblioteca do Congresso dos EUA 49
- Bing 286
- Binnig, Gerd 178, 178, 263
- Birkenstock, James 40, 152
- BlackBerry 101
- Blue Crush, programa 318-319

- Blue Gene 65, 130, 292–294
 enovelamento de proteínas
 com o 292–293
- Bobley, Brett 276
- Boca Raton, Flórida 118–120
- Booch, Grady 298
- Borlaug, Norman 280–282, 282, 295
Ver também Revolução Verde
 shuttle breeding 281–282
- Boyce, Raymond 78, 272
- Braden, Bob 92
- Branca de Neve e os
 Sete Anões 111, 157
- Branscomb, Chuck 107–108
- Brasil, IBM no 215–216
- Brattain, Walter 60
- Breathing Earth 274
- Broad Street, cidade de Nova York 134
- Brooks, Frederick, Jr. 110–111, 157
- Bryce, James 55, 174
- Brynjolfsson, Erik 171
- Buderi, Robert 180
- Bureau de Pesquisa
 Educacional Colegial 175
- Bureau de Recenseamento dos EUA,
 aplicações de cartão perfurado
 para o 23, 39
- Bureau de Recenseamento *Ver* Bureau
 de Recenseamento dos EUA, aplicações
 de cartão perfurado para o
- Burns, Ken 243
- Burroughs 111
- A Business and Its Beliefs*
[Uma Empresa e Seus Credos]
 (Watson, T., Jr.) 160
- Bux, Werner 97
- C**
- C++, linguagem 79
- C, linguagem 79
- cacaueiro, projeto do
 genoma do 282–285
- CAD, software 288
- Calculadora Eletrônica de Sequência
 Seletiva (SSEC) 70, 175
- Campbell, Murray 80
- Campbell-Kelly, Martin 76, 117
- Canning, Richard 92
- capital de risco 190
 criança como elemento de sistemas
 complexos e 300
- capital humano, valores
 mundiais do 170–171
- capitalismo, crescimento do 227–228
- Carnegie, Andrew 231
- cartões perfurados
 20–21, 23–25, 25, 28
 influências do projeto nos 23, 23–24
 eletricidade e, desenvolvimento da,
 como influência sobre 23, 23–24
 memória das instituições nos 39–40
 armazenamento da memória e 38–40
 processo dos 24–25
 programa de Previdência Social,
 aplicações dos 40
 aplicações no censo
 dos EUA 23, 39, 40
- Cary, Frank 119, 158, 180–181, 206
- CDs 44
- Celera Genomics 277
- CEMEX 222, 226
 Patrimônio Hoy como
 iniciativa da 222, 226–227
- centros de prestação de serviços
 tecnológicos 219
- Cerf, Vinton 94, 96
- 077 Collator 314
- Cheruzzi, Paul 108
- Chamberlin, Donald 78, 272
- Chang, Henry 189
- Chesbrough, Henry 193
- Childs, J. T., Jr. 234
- chip de memória.
Ver chip de memória 1103
- chip de memória 1103 (DRAM) 48
- chips de computador
 processador 4004 62
 memória monolítica em 62
- ChipTest 80
- Chouinard, Yvon 146
- CICS. *Ver* Customer Information
 Control System
- “cidade mais inteligente”, contrato 130
- ciência da informação 122
- ciência de serviços na IBM,
 como campo de estudo 195
- circuitos integrados,
 desenvolvimento de 61–62
 na IBM 62
- The City in History [A Cidade na História]*
 (Mumford) 318
- Clark, William 268
- Clinton, Bill 236
- Clube Cem por Cento 145, 152
- COBOL, linguagem de codificação 76
- Cocke, John 62
- Codd, E. F. “Ted” 77–78
- codificação, como linguagem 72–80
 BASIC 79
 FLOW-MATIC 75
 Fortran 61, 68–69, 73–76, 107
 Pascal 79
 speedcoding 72
 SQL 78
 Unix, sistema operacional 75, 79
 para sistemas de edição de texto 80
- Cognizant 2.0 185
- Cognizant Technology Solutions 185
- colaborações, valor econômico das
 com clientes 187–189
 com governos 181–184
 com universidades 181–184
 globalização como
 influência nas 194–196
 iniciativa da IBM 188–189
 Internas 184–187
 para mapeamento genômico 284
- Collins, Michael 303
- Collins, Oliver 170
- The Coming of the Post-Industrial
 Society [A Chegada da Sociedade
 Pós-Industrial]* (Bell) 170
- Commercial Appeal* 320
- Companhia Britânica das
 Índias Orientais 198
- Companhia Holandesa das
 Índias Orientais 198
- Compaq Computer 120
- compartilhamento de informações.
Ver informação
- CompuServe 273
- computadores, desenvolvimento de
Ver também arquitetura, tecnologia da
 informação; computador ENIAC;
 cartões perfurados;
 supercomputadores, desenvolvimento
 de; transistores; máquinas de
 escrever; UNIVAC I, computador;
 válvulas eletrônicas
 computação em nuvem 125–127
 durante a Guerra Fria 57
 aplicações futuras 128
 rede de 88, 90–94,
 95, 96–97, 100–101
 sistema 1401 106, 106–109

- painéis de plugues em 70–71
 velocidade como fator
 em 61, 65–67
 Sistema 360, computador 109–115
 válvulas eletrônicas em 57–60
- computadores pessoais (PCs) 119–121
Ver também Apple
 aplicações comerciais dos 121
 desenvolvimento de software
 para 80, 120
 DRAM como influência nos 48
 Internet e 121
 início do desenvolvimento
 dos 115–116
 MITS Altair 8800 119
 TRS-80 119
 venda dos negócios de 212, 248
- Computador Pessoal
 (IBM) 120–121, 158
 esquema original do 305
 ThinkPad 210
- computador Watson 82, 83, 85–86
 tecnologia DeepQA no 82, 84–86, 131
- Computação Biometáforica,
 na Divisão de Pesquisa IBM 196
 computação em nuvem 124–127
 questões de segurança 133
 computação sob demanda 125
Computerworld 27
- Computing-Tabulating-Recording-
 Company (CTR) 19, 39
Ver também International
 Business Machines
 mudança do nome
 da empresa de 19
 Watson, T. na 19, 136
- Computing Scale Company of
 America 168
- comutadores 72
- conexão por meio da tecnologia.
Ver rede, tecnologia da informação e
 conhecimento organizações
 baseadas em 170–172
 governos como 172
 Internet como 172–173
 meio acadêmico como 172
- Control Data 114
 tempo compartilhado,
 computadores 117
- Cooley, Hank 111
- Corbató, Fernando 115–116
- Corporate Culture and Performance*
[Desempenho e Cultura Corporativa]
 (Kotter/Heskett) 148
- Corporate Service Corps (CSC) 223–225
 desenvolvimento de 238
 em Gana 239
- corporações *Ver também* multinacionais,
 corporações, IBM como
 como organizações baseadas em
 conhecimento 170–171
 criação de valores das 139–140
 cultura das 142–167
 desenvolvimento de,
 na era moderna 137–138
 direitos dos cidadãos para as 231
 filantropia das 233–234
 globalização como
 influência sobre 138–140
 globalização e, como
 influência sobre 198–221
 modelos multinacionais de 203
 responsabilidade social
 das 140, 222–241
 valor econômico nas,
 criação de 168–197
- Corps of Discovery 268
- Cortada, James 315
- Corte Suprema. *Ver* Suprema Corte
 dos EUA
- Crashing Through* (May) 247
- Cray, Seymour 64–65
- Cray-1, supercomputadores 64–65
- crença como elemento de sistemas
 complexos, no domínio da
 255, 297–309
 atenuação de risco e 302–304
 capital de risco e 300
 missões lunares como
 exemplo de 302–303
 P&D e 300–301
 qualidades de liderança como
 influência sobre 306–307
- crise financeira de 2008. 242–243
- Crosby, Bing 40–41
 desenvolvimento da fita
 magnética e 41
- CSC. *Ver* Corporate Service Corps
- CTR. *Ver* Computing-Tabulating-
 Recording-Company
- 4004, chip do processador 62
- 407, painel de controle 73
- cultura das corporações 142–166
Ver também valores das corporações
 gerenciamento de crise como
 parte da 153–154
 Honda Motor Company 142–147
 Princípios Básicos como, na IBM
 8, 149–150, 161–164, 217
 sustentabilidade da 148
 valores como parte
 da 139–140, 147–152
- Cummins, T. L. 200
- Customer Information Control System
 (CICS) 78–79
- Cyclops64, sistema 65–66
- código aberto, software de 192–194
 Eclipse 194
 investimento da IBM no 193–194
 Linux 192–195
- códigos de barras 32–35
 patentes de 32
 UPC 33, 33–34
- Código Universal do Produto
 (UPC) 33–34, 262
 estilos propostos de 33
- D**
- Dai, Helen 217
- DARPA. *Ver* Defense Advanced
 Research Projects Agency
- Data Communications System. 26–27
- Datamation* 29
- Deal Hubs 213
- Dean, Mark 283–284
- Deep Blue, programa 81
- DeepQA, tecnologia 31, 127
 computador Watson 82, 84–86, 131
 software de linguagem 132
- Deep Thought, programa 80–81
- Defense Advanced Research Projects
 Agency (DARPA) 184
 financiamento da Vextec pela 288
- Defense Calculator 57–58
- Delos, Dan 224
- Dennard, Robert 47, 47–48, 50
Ver também transistores
 esboços em um caderno 46
- Denneau, Monty 65
- Dersch, William 29–30
Ver também Shobox
- desenvolvimento de produto 180–181
- Des Plaines, Illinois 78
- Dewey, sistema decimal de, como
 sistema de mapeamento 269, 271
- Dickinson, Arthur Halsey 55, 174
- Dietrich, Brenda 123–124
- Difference Engine 24
- Digital Equipment Corporation 189
- Di Leo, Bruno 204
- DiMicco, Joan 276
- disco rígido, unidades de 44
- discos, desenvolvimento de, para
 armazenamento da memória
 43, 44, 45, 47

- em San José, Califórnia 43, 45
 pilha de 45
 tipos de unidades. 44
- discos flexíveis. 44
- diversidade, programas
 na IBM. 217–218, 234
Ver também afro-americanos,
 na IBM; mulheres
- Donofrio, Nicholas. 159
- Doriot, Georges. 189
- Dragon Naturally-Speaking, software. 30
- DRAM. *Ver* memória dinâmica
 de acesso aleatório
- Drucker, Peter. 149
- Décima Quarta Emenda 231
- E**
- e-business, estratégia da IBM. 158
- East Fishkill, Nova York 111
- Eckert, J. Presper. 54, 70
Ver também ENIAC, computador
- Eckert, Wallace 105, 175
- Eclipse. 194
- Edison, Thomas. 174, 298
- edição de texto, sistemas de. 80
- Edwards, Don. 315–317, 317, 323
 SSIRS e. 316–317
- El-Tohamy, Takreem. 218–219
- Elastic Compute Cloud 124
- Electromatic Typewriter Company. 26
 compra da. 27
- Elographics 35
- empresa globalmente integrada. 140,
 207, 209–213, 214, 215–216, 220–221
- Endicott, Nova York. 40
 Systems Service Engineering,
 turma. 142–143
- Engelbart, Douglas 29
- Engineering Research Associates 43, 57
- Engines of Tomorrow [Mecanismos
 do Amanhã]* (Buden) 180
- ENIAC, computador
 54–55, 70, 107, 132
 em tempo de guerra,
 desenvolvimento do 54
 no período pós-guerra 55
 tecnologia de válvula
 eletrônica no. 59
- entendimento de sistemas complexos,
 no domínio do 255, 278–295
 com exploração de dados. 286–287
 com modelagem 287–292
 com o Blue Gene. 292–294
- em genômica 282–285
 em pesquisa de HIV/AIDS 289–290
 Newton, *Princípios de*, e. 279
 simulações e 279, 294
- Era da Informação. 171–172
Ver também tecnologia da informação
 IBM como influência na 179–180
- Esaki, Leo 178
- Estocolmo, Suécia. 306–307
- estoque, sistemas de 31–34
 acesso aleatório. 43
 armazenamento da memória e 38–39
 códigos de barras em 32–35
 desenvolvimento de. 32
 just-in-time. 33
 UPCs em. 33, 33–34
- Estridge, Philip "Don". 119
- Ethernet 100
- EUA, Forças Armadas.
Ver Forças Armadas, EUA
- EuResist, ferramentas
 de modelagem. 290, 290–291
- Evans, Bob 109, 110
- exploração de dados. 286–287
 aplicações corporativas de. 286–287
- F**
- fabricação do Sistema 360
 sob o comando de. 114–115
- Facebook 98–99, 184–185, 263
- Fairchild Semiconductor 61
- Fast Company*. 130
- Feira Mundial de 1958. 145
- Feira Mundial de 1962. 29
- Feira Mundial de 1964/1965 228
- feiras mundiais, IBM nas. *Ver* as feiras
 mundiais específicas
- Ferrucci, David 82, 84
Ver também DeepQA, tecnologia;
 computador Watson
- filantropia corporativa.
Ver filantropia das corporações
- filantropia
 das corporações 222–241
- Fingerhut. 285–286
 exploração de dados. 286
- fitas magnéticas 41, 41–45
 3M e 42
 Crosby e 41
 discos de alumínio e 43; 45
 IBM 726 42
 para a Força Aérea dos
 Estados Unidos 42–43
- Flint, Charles 19, 39, 168
- FLOW-MATIC, linguagem
 de codificação 76
- Ford, Henry 232, 298
- Foreign Affairs* 212–213, 220–221
- FORmula TRANslating System.
Ver Fortran
- Forrester, Jay. 58, 60
Ver também Whirlwind
- Fortran 61, 68–69, 73–76, 107
 evolução das linguagens de
 computador a partir do. 74–75
 versões aperfeiçoadas do 74
 como linguagem protegida. 76
- Fortran II 74–75
 sub-rotinas no 74
- Fortune* 109, 156, 306
- The Fortune at the Bottom of the Pyramid
 [A Riqueza na Base da Pirâmide]*
 (Pralhad). 226
- Força Aérea. *Ver* Força Aérea dos
 Estados Unidos
- Força Aérea dos Estados Unidos
 desenvolvimento da fita
 magnética para 42–43
 sistemas de estoque com
 acesso aleatório para. 43
- Forças Armadas, EUA
 desenvolvimento da fita
 magnética para 42–43
 IBM e, confiança dos militares na,
 durante a Segunda Guerra
 Mundial 55
 sistemas de estoque com acesso
 aleatório para 43
 uso do Radiotype pelas. 90–91, 91
- Fox, Phil 38
- Frick, Henry Clay 231
- Friedman, Milton 230
- Frizzell, Clarence 57
- Functional Genomics and Systems
 Biology Group 267
- fusões e aquisições. 190–191
- The Future of Competition
 [O Futuro da Competição]*
 (Pralhad/Ramaswamy). 188
- G**
- Gamma, computadores. 107–108
- Gana, IBM em. 239
- Garcia-Swartz, Daniel 118
- Gates, Bill 118–119
- General Electric 114
 tempo compartilhado,
 computadores 117
 sob o comando de Welch 164

- General Motors 153
- GENie 273
- genoma
colaborações 284
cultura agrícola 282
do cacaueteiro 282–285
humano 269, 277
Projeto Genoma Humano 277
- genoma de culturas agrícolas 282
- geometria fractal 123, 180
- Gerstner, Lou. 159–160, 190, 206–209
mantendo a empresa unida
sob o comando de 208–209
melhorando a educação pública
sob o comando de 236
- The Ghost Map [O Mapa Fantasma]*
(Johnson, S.) 323
- Gil, Dario 324–325
- Global Business Services, área,
IBM 213
- Global Engagement Teams 216
- globalização 138–140, 198–221
análise crítica da 207
colaborações influenciadas
pela 194–196
coordenação das atividades 215–218
expansão das corporações como
resultado da 138
mudanças na estrutura organizacional
visando a 207–215
revolução nas comunicações
como influência sobre 209
viabilidade econômica local e,
como equilíbrio econômico. 203
- World Wide Web como
influência sobre 235
- Goddard, William 45
- Gomory, Ralph 169, 180–181
- Google Maps. 274
- Gore, Al. 96
- Government Technology* 276
- governos, colaborações corporativas
com. 181–184
- Grande Depressão, a. 313
IBM durante. 152–154, 202
- Griehaber, Michele. 224–225
- Gruentzig, Andreas 299
- Guardian* 246
- Guerra do Porco em 1859. 272
- Guerra Fria, desenvolvimento de
computadores durante a 57
- Gulliver, Stuart 215
- H**
- H1N1, transmissão do. 322–323
- Haas, Peter 291
- Haddad, Jerrier 57
- Haren, Pierre 191
- Harvard Business Review* 164, 166
- Hennessy, Mark. 216
- Heskett, James 148
- hierarquias flexíveis 187
- hipertexto, desenvolvimento do. 97
- A History of Modern Computing*
(Ceruzzi). 108
- Hitler, Adolf 205
- HIV/AIDS, pesquisa de 289, 290
software DB2 na 290
modelagem EuResist para 290, 290
- Ho Chi Minh, cidade de.
Ver Vietnã, IBM no
- Hollerith, Herman.
. 23–26, 39, 168, 173–174, 262
Ver também cartões perfurados;
influências do projeto da Tabulating
Machine Company, nas máquinas de
cartões perfurados. 23, 23–24
- Hollerith, Máquina de tabulação
e classificação 271–272
- Honda, Soichiro. 142–147
- Honda Motor Company. 142–147
- Honda Vay 146–147
- Honeywell 114
- Hopper, Grace Murray
. 27, 61, 70, 75, 107
Ver também UNIVAC I, computador
desenvolvimento pioneiro de
programação de computadores. 71
- Horvitz, Eric 126
- Hsu, Feng-hsiung 80
- Hsu, Lewis N. T. 200
- Huntsville, Alabama. 303
- Hursley, Reino Unido 79
- I**
- IBM-Harvard Mark 1, computador. 56
- IBM. *Ver* International Business Machines
- IBM Fellows. 154–155
- IBM World Trade Corporation 203
- Ibuka, Masaru 61
- ILOG 191
- Immelt, Jeffrey 164
- Índia, IBM na. 204–205, 209–212
expansão do emprego na 210–212
- reação às corporações
tecnológicas locais. 209–210
- informação
captura da 17
como ciência 122–124
compartilhamento da. 17
valor da 122
- InnovationJam. 186
- inovação, valor econômico da. 189–194
aberta 191–194
capital de risco e 190
por meio de aquisições 189–191
- inovação aberta, valor
econômico da 191–194
World Wide Web como
influência sobre. 192
- inspeção profunda de pacotes 133
- Instituto IBM de Negócios
Corporativos 315
- Intel Corporation 19, 62
desenvolvimento da DRAM 48
desenvolvimento do
microprocessador 119
- inteligência artificial (AI) 80–82, 84–86
ChipTest. 80
computador Watson 82, 83, 84–86
Deep Blue, programa. 81
DeepQA, tecnologia. 31, 127
Deep Thought, programa. 80–81
influência cultural na. 85–86
lógica avançada de
negócios e 81–82
xadrez e. 80–81
- inteligência coletiva 185–186
- International Business Machines (IBM)
1401, sistema de
computador 106, 106–109
afro-americanos na 151, 234
aplicações acadêmicas para a, com as
primeiras máquinas
tabuladoras. 104–105
a Proposta do Homem. 149–150
Bell Laboratories da AT&T, como
modelo de pesquisa para a 178
Branca de Neve e os
Sete Anões e 114, 157
bureaus de serviços. 144–145
“cidade mais inteligente”,
contratos 130
ciência de serviços na,
como campo de estudo 195
colaborações acadêmicas 182–184
colaborações internacionais. 180
Computador Pessoal. 120–121, 158
Computação Biometeorológica na. 196
computação sob demanda 125
confiança dos militares na, durante a
Segunda Guerra Mundial 55

- corporação multinacional,
 transformação em 203–207
 CSC 223–225, 238
 CTR e, mudança do nome
 da empresa para 19
 códigos de conduta
 nos negócios 156–157
 desenvolvimento de circuitos
 integrados na 62
 desenvolvimento de código
 de barras na 32–35
 desenvolvimento do
 microprocessador 62, 64–66
 Divisão de Sistemas Avançados 29
 durante a Grande Depressão 152–154
 Eclipse e, investimento no 194
 ecossistema Linux e,
 investimento no 193–194
 em Gana 239
 equipes internacionais
 de pesquisa 210–211
 Era da Informação influenciada
 pela 179–180
 estratégia de e-business da 158
 evolução da 141
 expansão internacional da 202
 Fortran como linguagem
 protegida 76
 funcionários portadores
 de deficiências na 151
 fusões e aquisições e 190
 General Motors como modelo
 de negócios para a 153
 Global Business Services, área 213
 Global Engagement Teams 216
 história de inovação da 176–177
 iniciativa dos colaboradores 188–189
 InnovationJam 186
 instalações de pesquisa 180
 Laboratório de Tecnologia
 Avançada de Silício 181
 Many Eyes, plataforma 274
 Marine Institute e 266, 266
 Máquina de tabulação e classificação
 Hollerith da 271–272
 na Alemanha 205–206
 na América Latina 203–204
 na Feira Mundial de 1958 145
 na Feira Mundial de 1962 29
 na Feira Mundial de 1964/1965 228
 na Polónia 238–239
 na África do Sul 206
 na Índia 204–205, 209–212
 no Brasil 215–216
 no Iraque 218
 no Japão 210
 normas de vestuário da 152
 no Vietnã 224–225, 239
 os três magos na 178
 patentes da
 174–175, 176–177, 180, 301
- patos selvagens na 160
 “Pense” como slogan
 da empresa 11, 19, 138, 168, 170
 Planeta Mais Inteligente
 agenda 127, 195, 236
 plataformas de mapeamento da 276
 política de portas abertas na 151–152
 presença internacional da 200–201
 primeiros sistemas
 de mapeamento 271–272
 princípios básicos da 148, 217
 Princípios Básicos
 da 8, 149–150, 161–164, 217
 PROFS 88–89
 programa de desenvolvimento
 de executivos 154–156
 programas de diversidade
 na 217–218, 234
 progresso social na força
 de trabalho 151
 projetos pioneiros 188
 proteção ambiental e,
 como responsabilidade social 235
 questões antitruste da 150
 reconhecimento da marca da 248
 recrutamento de mulheres 149–152
 reinvenção contínua da 165
 reorganização da 153–154
 reorganização da
 estratégia de produtos 157–159
 Sabre, sistema de reserva 273–274
 Sistema 360, computador 109–115
 Sistema 370, computador 117
 sistemas de reconhecimento
 de voz 29–31
 sistemas internacionais de prestação
 de serviços para a,
 estabelecimento de 213
 Social Security e, projeto e
 implantação da 313, 313–314
 software de código aberto e,
 investimento em 193–194
 SSIRS 316–317
 vencedores do Prêmio Nobel na 180
 World Trade Corporation 203
- International Time Recording
 Company 168
- Internet
 ARPANET como precursora da 94
 aumento da captação de dados
 como resultado da 263, 274
 como organização baseada
 em conhecimento 172–173
 demanda exponencial pela 100
 desenvolvimento do hipertexto
 para a 97
 novos modelo de negócios na 138
 PCs e 121
 redes sem fio 101
 TCP/IP no desenvolvimento
 inicial da 96
- Internet das Coisas 126
 iPad 35, 127
 iPhone 35, 101, 125
 iPod, armazenamento na memória do 49
 Iraque, IBM no 218
 Ito, Takanobu 146
 Iwata, Jon 161
- J**
 Jacobs, Jane 318
 Jacquard, Joseph Marie 23–24, 298
 Janikowski, W. Richard 318–320
 Japão, IBM no 210
 Jefferson, Thomas 268
 Jennings, Ken 83, 85
 Jensen, F. Normann 200
 Jeopardy! 17, 31
 computador Watson no 82, 83, 85–86
 Jogos de Decisões de Alta
 Administração, programa 156
 Johansen, Arne 200
 Johnson, Reynold 43
 Johnson, Steven 323
 just-in-time, sistemas de estoque 33
- K**
 Kahn, Robert 94, 96
 Kanter, Rosabeth Moss 227, 239
 Kapor, Mitch 272
 Karasick, Michael 217
 Karmarkar, Narendra 122–123
 Kelly, John, III 188, 301
 Kemeny, John 79
 Kennedy, John F. 302, 302
 Kennedy, Robert 234
 Kierkegaard, Soren 160
 Kilby, Jack St. Clair 61
 Kirk, Charles 54
 Kneivel, Walter 145
 Kolar, Harry 263
 Kolodny, Gerald 266
 Kotter, John 148
 Kumar, Arun 211
 Kurtz, Thomas 79
 Kurzweil, Ray 67, 86
- L**
 Laboratório de Tecnologia Avançada
 de Silício 181

- Lafley, A. G. 192
- Lamassonne, Luis 233–234, 234
- LANs *Ver* redes locais
- Large Hadron Collider 261
- Large Synoptic Survey Telescope 264
- Lasewicz, Paul 314
- Laster, Tom 151
- Laurer, George 32
- Lawrence Livermore, Laboratório Nacional. 130
- Leach, Ruth 144, 151, 151
- Leadership Effectiveness and Development System 217
- Learson, T. Vincent 110
- LeBlanc, Robert 194
- Lego 188
- lei de Brooks 111
- Lei de Direitos Civis 234
- Lemmon, Walter 90
- Leo, Pietro. 223
- Lewis & Clark Fort Mandan Foundation 268
- Lewis, Meriwether 268
- liderança, qualidades de 306–307
- Lindbergh, Charles 104
- linguagem, software de, com tecnologia DeepQA. 132
- linguagem de computadores. *Ver* codificação, como linguagem
- Linguagem Estruturada de Consulta (SQL) 78, 272
- LinkedIn, mapeamento no 275
- Linux, ecossistema investimento da IBM no 193–194 como código aberto. 192–195
- Litow, Stanley 230
- Living Earth Simulator 294
- Lockwood, Julie 223
- logística, modernização da 314
- Lotus Development 120 software da 190
- Lotus Symphony 217
- Loughridge, Mark 210
- Lowe, Bill. 118–121
- Lynott, John 45
- lógica, tecnologia da informação e 66–87 *Ver também* codificação, como linguagem
- Al 80–82, 84–86
- álgebra booleana 122
- codificação como linguagem 72–80
- comunicação entre computadores. 82
- computadores de 72
- desenvolvimento da programação 70–71
- velocidade, em computadores. 66–67
- lógica avançada de negócios. 81–82
- M**
- MacDonald, Randy 166
- Machines Bull 107–108, 114
- Malone, Thomas 187
- Mandel, Michael 195
- Mandela, Nelson 206
- Mandelbrot, Benoît 123, 123, 169, 180
- Many Eyes, plataforma 276
- Manzi, Jim. 190
- mapeamento de sistemas complexos, no domínio do 254, 268–277
- aplicações em caso de desastre. 269
- com a Máquina de tabulação e classificação Hollerith 271–272
- genoma humano 269, 277
- legado social do. 272
- LinkedIn 275
- para a biologia humana 271
- para a Social Security. 272
- para o sistema decimal de Dewey 269, 271
- plataformas IBM para. 276
- Sabre, sistema de reserva 273–274
- tabela periódica de elementos. 269, 271
- teoria dos germes, primórdios 269, 270
- MapQuest 274
- Marine Institute (Irlanda), IBM e 266, 266
- Marshall Field's 40
- Martonosi, Margaret 22
- Marwaha, Ravindra 207
- Massachusetts Institute of Technology (MIT) 28
- Mauchly, John 54, 70
- May, Mike 246–248, 247, 326–327
- McAfee, Andrew 185
- McCarthy, John 115–116
- McEnroe, Paul. 32–33
- McGroddy, James 181
- medidores inteligentes. 126, 312
- Meier, Patrick. 275
- Memorex. 114
- Memphis, Tennessee, programas de segurança pública em 318–320
- memória, armazenamento *Ver* armazenamento, da memória
- memória, tecnologia da informação e 36–51 *Ver também* armazenamento, da memória
- cartões perfurados e 38
- DRAM 48
- fitas magnéticas e 41, 41–45
- institucional 39–40
- monolítica. 62
- núcleo magnético. 36–37
- sistemas de estoque e 38–39
- transistores. 47–48
- unidades de disco e. 43, 44, 45, 47
- memória das instituições. 39–40
- memória de núcleos magnéticos. 36–37
- desenvolvimento de. 43
- memória dinâmica de acesso aleatório (DRAM)
- chip de memória 1103 48
- e sua influência nos PCs 48
- memória monolítica 62
- metal-óxido-semicondutor (MOS), transistores 47
- Metcalfe, lei de 173
- Metcalfe, Robert 100
- Meyerson, Bernard 160
- Microflow Technologies 264–265
- microprocessador 8088. 120
- microprocessadores. *Ver também* transistores
- para modelagem do clima 64–65
- desenvolvimento 62, 64–66
- 8808 119–120
- Intel, desenvolvimento de. 119–120
- Power6 63
- RISC 62, 64
- SPARC 64
- microscópio de tunelamento (STM). 178, 178–179, 262–263
- Microsoft 119
- desenvolvimento de software para PC 120
- Minnesota Mining & Manufacturing (3M). 42
- missões lunares. 302–303
- computadores Sistema 360 e 303
- MIT. *Ver* Massachusetts Institute of Technology

- MITS Altair 8800 119
 modelagem, de sistemas
 complexos 287–292
 clima 64–65, 294
 de previsão 287–288
 EuResist 290, 290–291
 matemática 291–292
 para pesquisa
 de HIV/AIDS 289–290
 software DB2 290
 modelagem do clima 65, 294
 modelagem matemática 291–292
 modelos de produtos
 Ver os modelos específicos
 Moore, Gordon 61
 Moore, lei de 61, 66, 131
 Moreno, Israel 226
 Morita, Akio 61
 MOS, transistores Ver metal-óxido-
 semicondutor (MOS), transistores
 Mosaic, navegador 97
 MOS Technology 6502 62
 mouse 29
 Movimento Progressista 232
 mulheres, recrutamento de,
 na IBM 149–152, 150
 multinacionais, corporações
 IBM como 203–207
 integração global das 214
 modelos de 203
 na Alemanha 205–206
 na América Latina 203–204
 na África do Sul 206
 política governamental como
 influência nas 205–207
 Mumford, Lewis 318
 Musahino Red Cross Hospital 286
 MySpace 184
 máquinas de escrever 26–29
 Ver também máquinas
 de escrever elétricas
 elétricas 26–29
 máquinas de escrever elétricas 26–29
 máquinas tabuladoras,
 combinação de 27
 Selectric, modelos 26, 26–28
 máquinas tabuladoras 26
 Müller, Alex 66–67, 179
 Müller, Hans 97
N
 Nahamoo, David 31
 Naitoh, Arimasa 210
 Napster 188
 Nasser, Loren 288
 National Cash Register
 Corporation 168, 174
 National Institute of Standards
 and Technology 258, 264
 National Science
 Foundation 96, 182, 193
Nature Neuroscience 327
 NCR 114
 negócios sociais 240
 Netflix 188
 exploração de dados pela 286
 Netscape Communications 125, 193
 Newton, *Princípios de* 279
New York Times 75, 81, 86, 234, 276
 Nielsen, Valder 200
 Nilekani, Nandan 209
 Nokia 131
Normal Accidents (Perrow) 312
 Noyce, Robert 61
 NSFNET 96
 Nuance 30
 NYCityMap 275–276
O
O Guia do Mochileiro das Galáxias
 (Adams) 81
 Oliveira, Rogério 215–216
 Olivero, Jordan 225
 Olivetti 114
 On Demand Community 236
 Opel, John 151–152
 Oracle 78, 285
 os três magos, na IBM 178
P
 P&D. Ver pesquisa e desenvolvimento
 pacote(s) 93–94
 comutação 93–94
 inspeção profunda de pacotes,
 como medida de segurança 133
Pai, Filho & Cia. [Father, Son & Co.]
 (Watson, T., Jr.) 158
 Palmaz, Julio 299
 Palmisano, Sam 128,
 141, 159–166, 188, 220–221, 228
 na responsabilidade social das
 organizações 240–241
 no reconhecimento
 da marca IBM 248
 Princípios Básicos,
 atualização dos 161–164
 reorganização global sob
 o comando de 211–215
 sistemas internacionais de prestação
 de serviços sob o
 comando de 213
 PalmPilot 35
 Pandora 286
 Parkin, Stuart 50–51
 racetrack, desenvolvimento do
 armazenamento 50, 51
 Pascal 79
 Patagônia 146
 patentes, solicitações da IBM
 174–175, 176–177, 180, 301
 patos selvagens, na IBM 160
 Patrimônio Hoy 222, 226–227
 Patten, Stanley 237
 Patterson, John Henry 233
 “Paz Mundial via Comércio
 Global” 205, 220
 PCs. Ver computadores pessoais
 Peck, Charles “Chad” 196
 “Pense”, como slogan
 da IBM 19, 138, 145, 168
 popularidade do 170
 Peres, Yardena 290
 Perez, Carlota 219
 Perkins, Frances 313, 313–314
 Perrow, Charles 312
 pesquisa, valor econômico da 173–180
 Ver também pesquisa e desenvolvimento
 aplicações médicas da,
 para HIV/AIDS 289–290
 equipes internacionais 210–211
 para maior velocidade dos
 computadores 66
 Watson, T., Jr. e 175, 178–179
 pesquisa e desenvolvimento (P&D) 193
 Ver também inovação aberta, valor
 econômico da
 crença como elemento de sistemas
 complexos e, como
 símbolo da 300–301
 Piore, Emanuel 178
 Planeta Mais Inteligente,
 programa 127, 195, 212, 236
 pobreza 315–317
 Polônia, IBM na 238–239
Popular Electronics 119
Popular Science 272

- Poughkeepsie, Nova York . . . 41, 57, 110
- Powell, John 320, 320–321
- Power6, microprocessador 63
- Prahalad, C. K. 188, 226
- Princípios Básicos como filosofia corporativa 8, 149–150, 161–164
atualização recente dos 161–164
definidos por funcionários 164
na ValuesJam 162
- Princípios de Sullivan 206
- Priscaro, Frank 288–289
- processador 801 62, 64
- processamento, tecnologia da
informação e 52–67
circuitos integrados e,
desenvolvimento de 61–62
desenvolvimento
do microprocessador 62, 64–66
- Procter & Gamble 192, 300
- produtividade de multifatores 195
- Professional Office Systems
(PROFS) 88–89, 184
- PROFS Ver Professional Office Systems
- programa de desenvolvimento
de executivos, IBM 154–156
Jogos de Decisões de Alta
Administração 156
- programas de segurança pública,
sistemas complexos de 318–320
Blue Crush 318–319
- progresso 253
- Projeto Genoma Humano 277
- Projeto Manhattan 172
- projetos pioneiros, IBM 188
- proteção ambiental 235
- proteínas, enovelamento
de 279, 292–293
- protocolos. Ver transmission control
protocol/Internet protocol
- Prêmio Nobel, vencedores do,
na história da IBM 180
- Pulleyblank, William 292–293, 295
- Q**
- Quem Disse que Elefantes Não
Dançam?* (Gerstner) 208
- quântica, computação 132
- R**
- racetrack, armazenamento
da memória 50, 51, 126
- Radio Industries Corporation 90
- Radiotype 90–92
aplicações para as Forças
Armadas dos EUA 90–91, 91
- Raleigh, Carolina do Norte 32, 217
- RAMAC.
Ver Random Access Memory-AC
- Ramaswamy, Venkat 188
- Random Access Memory-AC
(RAMAC) 47
unidades de disco 44
- RCA 32–33, 54, 109, 114
- Real-Time Computer Complex 302
- realidade aumentada 267
- reconhecimento da marca, da IBM 248
- reconhecimento de caracteres,
sistemas de 34
- reconhecimento facial,
tecnologia de 34
- rede, tecnologia da informação
e 88–101
Ver também Internet
- ARPA 92–94
- ARPANET 94, 95, 96
entre computadores
. 88, 90–94, 95, 96–97, 100–101
- Ethernet 100
- conjuntos de protocolos
individuais 94–95
- LANs 97, 100
- comutação de pacotes 93–94
- com PROFS 88–89, 184
- SNA 97
- desenvolvimento de TCP/IP
para 96–97
- com sistemas de tempo
compartilhado 93, 93
- financiamento do governo
dos EUA para 96, 172
- Wi-Fi 160
- Rede de Energia mais Inteligente,
tecnologia 235
- redes locais (LANs) 97, 100
- Ethernet 100
- tecnologia Token Ring 100
- redes sem fio
na Internet 101
- Wi-Fi, rede 125, 160
- Reduced Instruction Set Computer
Ver RISC, processadores
- registros-índice 60
- Relatório de Responsabilidade
Social Corporativa 2009*, IBM 228
- Remington Rand 39, 57, 107, 153
Ver também UNIVAC I, computador
- Research in Motion 131
- BlackBerry 101
- Resnikoff, Bob 106
- responsabilidade social,
das corporações 141, 222–241
filantropia corporativa
como 233–234
incentivos econômicos
para 238–239
para sistemas educacionais 236
evolução da 230
para Palmisano 240–241
para Watson, T., Jr. 233
para Watson, T.
. 232–233, 234, 240–241
- Revolução Verde 280
- RFID, etiquetas 263, 265
usos de 265
- Riggins, Ben 78
- RISC (Reduced Instruction Set Computer)
processadores 62, 64
modelo 801 62, 64
no desenvolvimento de consoles
de jogos 64
- SPARC 64
- risco, atenuação de 302–304
- Ritchie, Dennis 79
- Rochester, Nathaniel 42–43
- Rohrer, Heinrich 178, 178, 263
- Roosevelt, Franklin D. 153, 313–314
- Rutter, Brad 82, 83, 85
- S**
- Sabre, sistema de reserva 273–274, 302
- Sanford, Linda 186
- San Jose Mercury News* 47
- San José, Califórnia
. 29, 43, 45, 50, 144, 180, 272
desenvolvimento de unidades
de disco em 45
- Sapper, Richard 210
- Satellite Systems International 120
- Sbordone, Nicholas 276
- Scheinfeldt, Tom 276
- Schell, Jesse 267
- Scholasch, Thibaut 265
- ScienceDaily* 266
- Segunda Guerra Mundial (2ª Guerra)
IBM durante a,
crise econômica da 202, 313
confiança dos militares na
IBM durante a 55, 90, 107
- 2ª Guerra Ver Segunda Guerra Mundial

- segurança
na computação em nuvem 133
inspeção profunda de pacotes..... 133
- seguro de saúde universal 234
- 603, Multiplicador Eletrônico 56
- 604, Calculadora e Perfuradora
Eletrônica 56–57
resposta dos clientes 56–57
- Selectric, máquinas
de escrever 26, 26–28
em sistemas de tempo
compartilhado..... 27
projeto das 27–28
teclas/caracteres adicionais na 28
terminal 2471 28–29
- sensores (sentidos), tecnologia
da informação e 20–35
aplicações zoológicas dos 22
em cartões
perfurados 20–21, 23–25, 25
em máquinas de escrever
elétricas 26–29
em sistemas de estoque 31–34
em sistemas de reconhecimento
de voz 29–31
na tecnologia de
reconhecimento facial 34
popularidade crescente dos 22
sistemas de reconhecimento
de caracteres 34
sistemas de reconhecimento
facial 34
sistemas de vigilância
por vídeo 34–35
tela sensível ao toque
(touch screen), tecnologia 35
ZebraNet e 22
- sensores 263–267
aplicações ecológicas dos 35
aplicações municipais 126
aplicações no transporte 34
de inércia 263
em sistemas de vigilância
por vídeo 34–35
magnéticos 263
projeções de mercado para 263
químicos 23
toque 22–23
- sensores de inércia 263
- sensores de toque 22–23
- sensores magnéticos 263
- sensores químicos 23
- Sequoia, supercomputador 130
- Serviço de Relatórios Integrados sobre
os Serviços Sociais (SSIRS) .. 316–317
- serviços sociais,
sistemas complexos de 315–317
- setor aeronáutico. *Ver* Sabre,
sistema de reserva
- setor alimentício, sistemas de
estoque do 31–34
- Shannon, Claude 122
- Shapiro, Howard-Yana. 282–285, 283
Ver também cacaueroi,
projeto do genoma do
- Shockley, William 60
- Shoebox 29–31
marcos de palavras com a 30
- shuttle breeding 281–282
- 701, Máquina de Processamento
Eletrônico de Dados
(computador) . 42, 57–58, 107, 110
tubos de Williams no 58
- 701, sistema, como abordagem
de projeto 57–58
Defense Calculator 57–58
- 702, Máquina de Processamento
Eletrônico de Dados 16
- 704, Máquina de Processamento
Eletrônico de Dados 60
aritmética de ponto flutuante e... 60
registros-índice no 60
- 726, modelo
(unidade de fita magnética) 42
- simulações, no entendimento
de sistemas complexos 279, 294
- Sistema 360, computador 109–115
desenvolvimento do 109–115
estatística dos primeiros
pedidos do 111
influência do, no setor 114
impacto duradouro na IBM... 109–110
missões lunares e 303
Modelo 40 62
família de produtos do 112–113
atrasos na entrega do 111
SLT no 111
SPREAD e 110–111
suporte de Watson, T. Jr.,
ao 109–110, 157
- sistema 360/91 92, 102–103
na ARPANET 95
problemas de comunicação no 99
- Sistema 370, computador 117
Modelo 145 62
- Sistemas 110
- sistemas complexos 249–251
Ver também modelagem, de sistemas
complexos
ação em, no domínio
da 255, 310–325
crença como elemento de como
forma de destreza. 255, 297–309
- em serviços sociais 315–317
entender, como forma de
destreza 255, 278–295
geração de dados em 251–252
mapeamento de,
no domínio do ... 254, 268–277
modelagem de 287–292
para segurança pública ... 318–320
solução de problemas em 250
ver, como forma
de destreza 254, 258–267
- sistemas de prestação de serviços
para tecnologia 219
sob o comando de Palmisano 213
- sistemas de reconhecimento
de voz 29–31
Ver também Shoebox
em automóveis 29–31
em smartphones 30
padrões de voz e,
no desenvolvimento de 30
sistema DeepQA 31
software ViaVoice para 30
- sistemas de sistemas 194
- sistemas de vigilância por vídeo... 34–35
- Skytop Lodge 154–156
- Sloan, Alfred 153
- SLT. *Ver* Tecnologia de Lógica Sólida
- Smarr, Larry 94–96
- smartphones 101, 125–126
- sistemas de reconhecimento
de voz em 30
- Smith, Adam 227
- smuba. *Ver* ação em sistemas
complexos, no domínio da; crença
como elemento de sistemas complexos,
no domínio da; mapeamento de
sistemas complexos, no domínio do;
visão de sistemas complexos, no
domínio da; entendimento de sistemas
complexos, no domínio do
- SNA. *Ver* Arquitetura de Rede
de Sistemas
- Snow, John 270, 323
epidemia de cólera e,
mapeamento da 269
- SocialBlue, aplicativo 217
- Social Security (Previdência Social)
aplicações do cartão perfurado na .. 40
mapeamento do sistema 272
papel da IBM no projeto e
desenvolvimento da .. 313, 313–314
- Social Security Act 153, 322
- sociedade, como conceito 227–228
- capitalismo e 227–228
- Söderholm, Gunnar 306–307

- software
- código aberto 193–194
 - DB2, na pesquisa de HIV/AIDS 290
 - Dragon Naturally-Speaking 30
 - linguagem natural. 132
 - Lotus Development 190
 - ViaVoice. 30
- Somers, Nova York 314
- SONAS. *Ver* Armazenamento Escalar Conectado à Rede
- SONAS 131
- Sony 19, 61
- SPARC, chips de microprocessador 64
- Spectra 70, sistemas de computador 114
- speedcoding 73
- Sperry Rand 114
- Spicer, Dag 108
- SPLASH, padrão de integração. 309
- SPREAD. *Ver* Systems Programming, Research, Engineering and Development
- SQL. *Ver* Linguagem Estruturada de Consulta
- SSEC. *Ver* Calculadora Eletrônica de Sequência Seletiva
- SSIRS. *Ver* Serviço de Relatórios Integrados sobre os Serviços Sociais
- Sterman, John. 307–309
- Stevens, Louis. 45
- STM. *Ver* microscópio de tunelamento
- Stolovitzky, Gustavo 267
- Sun Microsystems. 64
- Supa, Michael 151, 151
- supercomputadores, desenvolvimento de. 64–65
- Cray-1 64–65
 - financiamento do governo dos EUA para 96
 - Sequoia 130
- supercondutores 66–67
- aplicações médicas dos. 67
- Supercorp: How Vanguard Companies Create Innovation, Profits, Growth, and Social Good* (Kanter) 227
- superestrada da informação 96
- Suprema Corte dos EUA. 231
- Sutor, Robert. 194
- Sybase 78
- Systems Programming, Research, Engineering and Development (SPREAD) 110–111
- T
- tabela periódica de elementos, como sistema de mapeamento . 269, 271
- Tabulating-Recording-Company . 39, 168
- TCP/IP. *Ver* transmission control protocol/Internet protocol
- tear de Jacquard 23, 23–24
- Technological Revolutions and Financial Capital: The Dynamics of Bubbles and Golden Ages* (Perez). 219
- tecnologia da informação 17
- arquitetura como pilar da. 102–127
 - conexão/rede como pilar da 88–101
 - crescimento da produtividade como resultado da 171
 - em cartões perfurados 20–21, 23–25, 25
 - em máquinas de escrever elétricas 26–29
 - em sistemas de estoque 31–34
 - em sistemas de reconhecimento de voz 29–31
 - lógica como pilar da. 68–87
 - memória como pilar da 36–51
 - processamento como pilar da 52–67
 - seis pilares da 18
 - sensores como pilar da 20–35
- tecnologia de diagnóstico inteligente. . 86
- tecnologia de gestos. 127
- Tecnologia de Lógica Sólida (SLT) . . . 111
- Tedlow, Richard. 137
- telas sensíveis ao toque
- tecnologia Apple 35
 - início do desenvolvimento das. 35
- Telegraph* 270
- Telex 114
- tempo compartilhado, sistemas 26–28, 116–118
- Ver também* virtualização
 - acessibilidade dos 117–118
 - ARPA e. 117
 - Control Data. 117
 - Data Communications System 26–27
 - entre computadores. 93, 93
 - General Electric 117
 - máquinas de escrever Selectric nos. 27
 - para o MIT 28
- teoria dos gemes, primórdios, mapeamento de. 269, 270
- terminal 2741, em máquinas de escrever Selectric. 28–29
- Tesla, Nikola 306
- Texas Instruments 61
- THINK*, revista 145, 170
- ThinkPad, notebook 210
- ThinkPad 701 27
- Thompson, John 190
- Thompson, Ken. 75, 79
- Thomson, William 258
- Time* 16, 58, 117
- Token Ring, tecnologia 100
- Tolva, John 223
- TomTom, sistema de navegação 274
- Toole, Patrick. 151
- Torvalds, Linus. 193
- transistores 63
- circuitos integrados nos. 61–62
 - início do desenvolvimento dos. 47–48, 60
 - MOS 47
 - no sistema de computador 1401 . . . 108
 - tamanho dos 66
- transmission control protocol/Internet protocol (TCP/IP) 96–97
- transportes, uso de sensores no setor de 34
- 3M. *Ver* Minnesota Mining & Manufacturing
- TRS-80, computador pessoal 119
- Truman, Harry 57, 235
- Tucker, Gardiner 178
- Turing, Alan 80, 122
- Twitter 263, 274
- U
- ultrassom em 3-D 260
- Ung, Charlie 223–224, 239
- unidades de disco 44
- United Negro College Fund 234
- UNIVAC I, computador 27, 47, 57, 107
- código de programação do 71
 - FLOW-MATIC, codificação. 76
- Universidade de Colúmbia, centro pioneiro de computadores na 105
- universidades, colaborações corporativas com. 181–184
- Unix, sistema operacional 75, 79
- 1401, sistema de computador 106, 106–109
- desenvolvimento do 108
 - legado do 109
 - popularidade imediata do. 108–109
 - transistores no. 108

- versão primitiva de dispositivo móvel 106
- UPC. *Ver* Código Universal do Produto
- Ushahidi 269, 274–275
- Uzok, Piotr 238–239
- Utrilla, Pilar 270
- V**
- Vale do Silício, Califórnia 181–182
- valor econômico, criação de, com o conhecimento 168–196
- conhecimento como fator de 170–172
- durante a Era da Informação 171–172
- futuro da 196
- integração das aquisições como parte da 191
- lei de Metcalfe para 173
- produtividade de multifatores e 195
- via aquisições inovadoras 189–191
- via colaborações acadêmicas 181–184
- via colaborações de clientes 187–189
- via colaborações do governo 181–184
- via colaborações globais 194–196
- via colaborações internas 184–187
- via desenvolvimento de produtos 180–181
- via funcionários 186–187
- via inovação aberta 191–194
- via pesquisa 173–180
- valores das corporações 139–140, 147–152
- ValuesJam 162
- velocidade, em computadores 61, 65–67
- pesquisa e desenvolvimento como fator de 66
- semicondutores e 66
- supercondutores e 66–67
- tamanho do componente como fator de 66
- temperatura como fator de 66–67
- Venter, Craig 277
- VEPCO. *Ver* Virginia Electric Power Company
- Vextec 288–289
- ViaVoice, software de voz 30
- Vietmeyer, Noel 281–282
- Vietnã, IBM no 224–225, 239
- Virginia Electric Power Company (VEPCO) 78–79
- virtualização 117–118
- VisiCalc 80, 119
- visão de sistemas complexos, no domínio da 254, 258–267
- ferramentas de 260
- Vogt, Steven 264
- von Neumann, arquitetura 132
- von Neumann, John 132
- válvulas eletrônicas 57–60
- no computador ENIAC 59
- no 701, Máquina de Processamento Eletrônico de Dados 58
- tubos 52–53
- W**
- Walker, Clara Challoner 224
- Wang, An 43
- desenvolvimento da memória de núcleos magnéticos 43
- Watson, Arthur “Dick” 110, 200
- The Watson Dynasty [A Dinastia Watson]* (Tedlow) 137
- Watson, Thomas, Jr. 16, 40, 54, 157
- computador Sistema 360 e 109–110, 157
- códigos de conduta nos negócios sob o comando de 156–157
- desenvolvimento da fita magnética sob o comando de 42–43
- desenvolvimento dos primeiros computadores sob o comando de 55–56
- divisões de pesquisa sob o comando de 175, 178–179
- emprego de afro-americanos sob o comando de, como questão de oportunidades iguais 234
- na responsabilidade social das corporações 233
- no seguro de saúde universal 234
- no sucesso corporativo 148–149
- reorganização da estratégia de produtos sob o comando de 157–159
- Watson, Thomas (Sênior) 10–11, 135, 145, 160
- acusações de truíste contra 232–233
- Electromatic, compra da 27
- expansão internacional sob o comando de 202
- Hitler e, mau julgamento das intenções de 205
- na CTR 19, 136, 262
- na responsabilidade social das corporações 232–233, 234
- na *Time* 16
- “Paz Mundial via Comércio Global” 205, 220
- “Pense” e 11
- princípios baseados no mérito, como filosofia da IBM 150
- Princípios Básicos de 8, 149–150, 161–164, 217
- Wood e 104–106, 127
- Weidenhammer, Wayne 42
- Weis, Al 97, 100
- Welch, Jack 164
- Whirlwind 58, 60
- memória de núcleos no 60
- Whitcomb, Richard 144
- White, Katharyn 216
- Whole Foods Market 146
- Wi-Fi, rede 160
- WikiLeaks 321
- Wikipédia 185, 274
- Winger, Wayne 41
- Wirth, Niklaus 79
- Wladawsky-Berger, Irving 125
- Wood, Ben 104, 104–106, 122, 127, 175
- máquinas tabuladoras e, aplicações acadêmicas das 104–105
- Woodland, Norman 32
- Woolley, Anita Williams 186
- World Community Grid 236
- World Wide Web 97, 121
- Ver também* Internet
- globalização influenciada pela 235
- hipertexto, método de vinculação 97
- inovação aberta influenciada pela 192
- X**
- xadrez, AI e 80–81
- Xerox PARC 19
- Y**
- Yelp 275
- Yoktown Heights, Nova York 81, 85, 154, 180, 267
- YouTube 185
- Yunus, Muhammad 240
- Z**
- Zack, Michael 171
- Zappos.com 274
- Zillow 286–287
- Zilog Z80 62
- Zurique, Suíça 178

Sobre os Autores

Steve Hamm é jornalista há 30 anos. Antes de se juntar ao departamento de comunicações corporativas da IBM como redator e produtor de vídeo, foi redator sênior da revista *BusinessWeek* e passou duas décadas cobrindo o setor de computadores, primeiramente no Vale do Silício e depois em Nova York. É o autor de *Bangalore Tiger* e *The Race for Perfect*. Ele vive em Pelham, Nova York, com sua esposa e seu filho.

Kevin Maney é o autor de *Trade-Off: Why Some Things Catch On, and Others Don't*, *The Maverick and His Machine: Thomas Watson Sr. and the Making of IBM* e *Megamedia Shakeout*. Ele foi repórter, editor e colunista no *USA Today* por 22 anos e editor adjunto da revista *Portfolio*, da *Condé Nast*. Ele tem sido colaborador das revistas *Fortune* e *Wired*, da *Atlantic*, NPR e da *ABC News*. Vive em Centreville, Virgínia.

Jeffrey M. O'Brien é editor sênior das revistas *Fortune* e *Wired*. Seu trabalho se destacou em *The Best of Technology Writing*, *The Best American Science and Nature Writing* e *The Best American Science Writing*. Mora com a esposa e dois filhos em Mill Valley, Califórnia.