

CHRISTOPHER EVANS

O PODEROSO micro

A Revolução do
Computador



O PODEROSO MICRO

A Revolução do Computador

O que podem realmente os micro-computadores fazer? Perdido em meio a uma literatura sobre o assunto já vasta para a realidade tecnológica do nosso País, o cidadão comum não sabe, de fato, que poderes atribuir ao micro com que lhe acenam, como há algumas décadas lhe acenavam com o automóvel e há pouco — há pouquíssimo tempo — com todas as benesses e aventuras proporcionadas pelo vídeo-cassete.

A grande vantagem que O PODEROSO MICRO — A Revolução do Computador, que a Editora Forense-Universitária lança agora no Brasil, é a de responder de forma simples às questões que a maioria levanta sobre este tão poderoso parceiro, que veio para ficar e modificar profundamente as nossas vidas.

Escrito em 1978 e publicado em 1979, o livro do Dr. Christopher Evans — brilhantemente prefaciado pelo jor-

OPODEROSO
micro

CHRISTOPHER EVANS

**O PODEROSO
micro**

**A Revolução do
Computador**

Tradução de

Raul de Sá Barbosa

Revisão Técnica

Thomaz Edison Goulart do Amarante



FORENSE-UNIVERSITÁRIA
Rio de Janeiro

Primeira edição brasileira: 1983
Traduzido de: The Mighty Micro
Copyrigh © Christopher Evans 1979

Tradução de: Raul de Sá Barbosa
Revisão Técnica de: Thomaz Edison Goulart do Amarante
Capa: Rimsky

Reservados os direitos de propriedade desta edição pela
EDITORA FORENSE-UNIVERSITÁRIA
Av. Erasmo Braga, 227 – Gr. 309 – RJ

O livro do Dr. Christopher Evans é uma das mais arriscadas e fascinantes aventuras nestes dias: prever o futuro na área da eletrônica. Tão rápido e acelerado é o desenvolvimento dos fatos que as previsões podem errar por léguas de distância, ou acertar no alvo — com muito pouca frequência.

The Mighty Micro (O Poderoso Micro) provou que a futurologia do Dr. Evans tinha um foco muito bem calibrado. Posto em circulação em 1979, o livro poderia ter se tornado evidentemente obsoleto pela velocidade com a qual as coisas estão acontecendo no mundo dos computadores. Ao contrário, a prática confirmou algumas das suas teorias e sugere que as outras não são meras especulações. O Dr. Evans estava no caminho certo, e provavelmente continuará acertando nas previsões para um futuro mais distante.

Querem um exemplo concreto? Em 1978 o mundo ainda fervilhava com as conseqüências do primeiro choque do petróleo e estava mergulhando no segundo. Lembra-se de como os preços cresceram? Basta recordar que o Brasil tinha uma fatura de 400 ou 600 milhões de dólares por conta do óleo bruto que importava e agora está com mais de 9 bilhões por ano, sem ter aumentado substancialmente o consumo.

A década de 70 foi a década do choque do petróleo, que determinou a transferência de enormes quantidades de dinheiro para os produtores no Oriente Médio e em outras regiões do mundo e progressivamente empobrecer os consumidores. Óleo era a palavra mágica. O grande magneto. O ponto de partida para todas as especulações sobre o futuro. Um talismã. Um assunto inevitável.

Foi nesse período que o Dr. Evans apontou sua luneta para a frente e previu que as companhias produtoras de computadores eletrônicos deveriam aumentar em escala crescente o seu faturamento. Dentro de algum tempo essas empresas estariam ameaçando a posição das grandes “corporations” petroleiras no volume de negócios. E fatalmente disparariam para uma posição de destaque nas listas das “grandes” da Fortune.

O que aconteceu? Veja-se o fenômeno Apple. Do fundo de uma garagem em um subúrbio de Los Angeles dois engenheiros partiram para montar uma pequena empresa dedicada à eletrônica digital com o resultado da venda de um Volkswagen. Cedo a Apple tornou-se a mais fantástica his-

tória de sucesso da nossa época, passando a figurar na lista das 500 maiores da Fortune em um tempo recorde. Nenhuma companhia até hoje conseguiu performance semelhante.

No ano passado, de fato, a Apple estava no 411º lugar na lista da Fortune em faturamento, na frente de empresas conhecidas como a Bausch & Lomb, a Sonoco, a Moore McCormack Resources e outras, considerando-se a lista dos maiores faturamentos. Melhor que isso, porém, a Apple conquistou o 201º lugar na lista pelo lucro líquido, deixando para trás 290 outras grandes companhias como a National Steel, a Celanese, a Singer, a Owen Corning Glass, a Uniroyal e outras.

Sucesso comparável encontra-se no caso da IBM, com números ainda mais fantásticos. A IBM tornou-se a primeira empresa do mundo em renda líquida, pulando na frente da poderosa Exxon (Esso americana). O que é singular no caso da IBM versus Exxon é o fato de que a empresa de computadores conseguiu uma renda líquida de 4 bilhões e 409 milhões de dólares partindo de um faturamento quase três vezes menor que o da Exxon. Por outras palavras, enquanto a Exxon vendia 97 bilhões de dólares para realizar um lucro de 4,1 bilhões, a IBM faturava 34 bilhões para lucrar mais que a empresa petroleira. Sua capacidade de gerar bons resultados comparando-se dólar contra dólar faturado foi quase três vezes superior.

Em resumo: o grande negócio deste fim de século já não é petróleo. É tecnologia. E o Dr. Evans acertou plenamente em suas previsões.

Em algumas, porém, ele errou. Os fatos foram mais rápidos que sua espantosa imaginação. O Poderoso Micro refere-se às “enciclopédias inteligentes” que apareceriam no fim da década de 80. Elas não precisaram esperar tanto tempo e já estão disponíveis.

O que é e como funciona uma “enciclopédia inteligente”?

Imagine uma caixa do tamanho de uma caixa de sapatos. Corte essa caixa em quatro. Tome um dos módulos e compare o tamanho resultante com o tamanho que ocupa um disco de armazenamento de dados. Nesse espaço já é possível colocar informações equivalentes a vários volumes de enciclopédias. O acesso a esses dados é feito em frações de segundos. É possível para um microcomputador hoje em dia “ler” todas as informações de uma enciclopédia de vários volumes, ou escrever e armazenar dados equivalentes em pequenos discos magnéticos (ou óticos) em um espaço de tempo dezenas de vezes menor — ou eventualmente centenas — que o gasto por você para ler este prefácio. Cabeças leitoras e gravadoras especiais e novas tecnologias de gravação estão permitindo que se desenvolvam sistemas de consulta a “bibliotecas eletrônicas” com enorme rapidez. Logo apareceram ou estão aparecendo companhias dedicadas a explorar este ramo de

negócio e não tardará muito você verá anúncios desse tipo: "consulte o nosso sistema de informação eletrônica através do telex ou de uma linha telefônica; ligue o seu micro para a maior biblioteca do mundo. . ." etc.

O Poderoso Micro prevê para 1990 o início do fim da idade da industrialização com o pleno ingresso do mundo na idade da tecnologia avançada. Este é outro ponto que deve ser qualificado. O Poderoso Micro foi escrito partindo de visões de um cientista engajado com seu meio ambiente, isto é, uma sociedade já desenvolvida e industrializada.

Em países em desenvolvimento, como o Brasil, é discutível se chegaremos à década de 90 com todas as barreiras da industrialização superadas. O subdesenvolvimento que caracteriza enormes segmentos da nossa indústria, do nosso interior, da nossa agricultura são obstáculos de difícil transposição. Transportado para o nosso meio ambiente, o mundo profético do Poderoso Micro pode não se concretizar inteiramente. Há quem defenda barreiras à importação de tecnologia em benefício do desenvolvimento de uma tecnologia autóctone. Isso pode significar o congelamento de algumas estruturas e o retardamento do ingresso do Brasil na mesma esfera de tecnologia aplicada nos países altamente industrializados. É uma opção que terá de ser feita em bases políticas delicadas e hoje em dia está gerando uma enorme polêmica. Até que ponto uma sociedade como a nossa, marcada por problemas ainda não resolvidos de higiene, saúde, alimentação e outros pode investir da mesma forma que as nações industrializadas em sofisticados ramos da tecnologia eletrônica? O Poderoso Micro deve ser lido nesse contexto. Nesse sentido, ele é uma ferramenta importante, ou interessante, para confrontar parâmetros de desenvolvimento de sociedades e culturas.

Noenio Spinola*

* Noenio Spinola é editor da Info, a Revista de Informática do grupo Jornal do Brasil, da Brasil S/A, revista de economia do JB e do Video-texto da Editora JB. Trabalha também como editorialista econômico do JB. Advogado e Jornalista, Spinola foi editor de vários jornais e revistas. Entre 1976 e 1981 foi correspondente do Jornal do Brasil em Washington, Moscou e Londres. Cobriu como correspondente o conflito do Afeganistão (onde esteve três vezes), a guerra do Iran e do Iraque em frentes de batalha e acompanhou de Moscou toda a crise da Polônia. Em Londres dedicou-se a estudar a aplicação da eletrônica em sistemas de informação. Trabalha com um Apple II Europlus e um IBM PC, que comprou quando foram lançados no mercado. "Viver sem eles é para mim, hoje, praticamente impossível — afirma —. Como é que vocês acham que eu teria tempo para escrever em um único dia um prefácio de um livro, três editoriais, cuidar do fechamento de duas revistas e coordenar a edição de um video-texto?"

SUMÁRIO

Prefácio	1
INTRODUÇÃO: A Revolução do Computador	11
PARTE I: O PASSADO	
1 Os que Tecem Números	17
2 Os Computadores Começam a Funcionar	30
PARTE II: O PRESENTE	
3 Começa a Revolução	47
4 As Molas do Crescimento	57
PARTE III: O FUTURO A CURTO PRAZO: 1979-1982	
5 Maquininhas e Quebra-galhos	69
6 Consequências Políticas, Econômicas e Sociais	85
PARTE IV: O FUTURO A MÉDIO PRAZO: 1983-1990	
7 Já no Exponencial	97
8 A Morte da Palavra Escrita	100
9 O Declínio das Profissões	107
10 Sobre Dinheiro e Crime	125
11 Sobre Trabalho e Robôs	135
PARTE V: INTERLÚDIO DAS MÁQUINAS INTELIGENTES	
12 A Natureza da Inteligência	149
13 A Máquina Pode Pensar?	167
14 A Caminho da Máquina Ultra-Inteligente	182
PARTE VI: O FUTURO A LONGO TERMO: 1991-2000	
15 A Evolução da Máquina Inteligente	193
16 Questões Sociais e Políticas	197
17 Questões Científicas e Psicológicas	212
18 Algumas Questões Bizarras	223
EPÍLOGO: ... Rumo ao Desconhecido	232
Sugestões de Leitura	235
Índice	237

PREFÁCIO

Em *O Poderoso Micro* (*The Mighty Micro*), o Dr. Christopher Evans se dispôs a traçar a evolução de tendências tecnológicas e a especular sobre o seu futuro. Ele sabia que o livro exigiria atualização, e logo depois de publicado, pois é tal o ritmo da Revolução do Computador que, em muitos casos, há apenas o espaço de alguns meses entre uma inovação e outra. Estamos agora no fim do Futuro a Curto Prazo (1979-82), discutido na Parte III desta obra, e o momento é ideal para uma reavaliação. Faz dois anos [Robin Webster escrevia em 1981] que *O Poderoso Micro* foi publicado, e outros três ou pouco mais que foi escrito. Quantas das predições do Dr. Evans se cumpriram?

Uma coisa é certa: os computadores* são hoje parte da nossa vida, e raros são os dias em que a gente não se dá conta disso, de um modo ou de outro. Chips operam hoje em máquinas de lavar, de escrever, em equipamento de vídeo, automóveis, relógios; e novos usos estão sendo inventados para eles a todo momento. Uma criança que não possui uma calculadora (de sofisticação inimaginável há poucos anos ainda) é uma *avis rara*, e milhões de crianças possuem também brinquedos eletrônicos da maior complexidade. Há computadores de bolso que podem ser programados com a simples linguagem básica de computador. E há maquininhas que traduzem, tentando pelo menos, com galhardia, socorrer o perplexo turista. Passou o tempo dos simples jogos de *ping-pong* e tênis pela televisão. Hoje existem jogos de computador que exercitam a capacidade física e mental da 'vítima' até o limite máximo. Tudo isso está predito na Parte III de *O Poderoso Micro* — e, na verdade, o valor dos computadores para o lazer e a diversão provou ser ainda muito mais lucrativo para as empresas especializadas do que o Dr. Evans previra.

* 'Computador' é vernaculização do termo inglês *computer*, 'aquele que calcula', de uso internacional desde a década de 1950 no sentido em que Evans e Webster o empregam nesta obra: de computador eletrônico. 'Computar' vem do latim *computare*, 'contar', 'calcular'. (N. do T.)

No capítulo “Maquininhas e Quebra-galhos”, o Dr. Evans descreve um jogo conhecido como *Lunar Lander* (pp. 69-84). Ao tempo em que ele escrevia, tratava-se, talvez, de um dos mais avançados jogos de computadores a fazer uso dos gráficos então concebidos. Dê o leitor uma busca pelas lojas, agora. Terá muita sorte se conseguir um exemplar do *Lunar Lander*. O jogo surgiu e desapareceu. Jogos que perdem seu sentido de desafio não duram muito num ambiente de intensa competição comercial. *Space Invaders* (Invasores do Espaço), talvez o jogo de computador de maior sucesso, ficou tão vulgarizado que perdeu todo atrativo. Jogos que falam ao jogador, como que para tornar a tarefa de ganhar mais difícil ainda, estão ficando populares agora, assim como o uso de exibições de cor. O tempo da Revolução do Computador é tão acelerado quanto o Dr. Evans anunciara: em 1979, quando saiu a primeira edição de *O Poderoso Micro*, o próprio conceito de tais jogos parecia ao leigo coisa de ficção científica. Hoje, muitos deles podem ser jogados num computador doméstico que custa pouco mais que cem libras esterlinas.

Para continuar falando por um momento de “maquininhas e quebra-galhos”: a noção de um carro equipado com computador embutido já não parece tão estranha (pp.69-84). Muitos fabricantes vendem hoje automóveis com computador no painel de instrumentos. Eles verificam a condição do motor, detectam problemas com o sistema elétrico, alertam para defeitos dos freios, e podem, se consultados, computar a que distância fica determinada destinação e se a gasolina que há no tanque basta para chegar lá. Poucos carros têm instrumentos que falam, por enquanto. Mas há velocímetros que avisam se o motor está sendo forçado, enquanto outros instrumentos dão o alarme se a temperatura do motor se aproxima do setor vermelho e mandam apertar o cinto de segurança ou trancar a porta do lado do passageiro.

Tais coisas estão à disposição do público já algum tempo, mas vários fatores têm contribuído cumulativamente para que elas não explodam no mercado. Os custos, por exemplo, não baixaram tão depressa quanto o Dr. Evans imaginou. Só os modelos mais caros (ou experimentais) são oferecidos com computadores no painel de instrumentos, e vai levar um ano ou dois para que o comprador comum dê com eles como parte do equipamento *standard*. Não por falta de perspicácia por parte dos técnicos, mas porque a recessão econômica que aflige o mundo atrasou algumas das predições perfeitamente acuradas do livro.

No capítulo sobre “Consequências políticas, econômicas e sociais”, o Dr. Evans discutiu o potencial de crescimento das empresas de computa-

dores (pp.85-94). Em 1979, a gigantesca companhia de computadores (pp.85-94) IBM estava em sétimo lugar da lista das 500 maiores empresas do mundo publicada pela revista *Fortune*, e a imensa General Motors ocupava o cume, aparentemente inexpugnável. Agora, três anos depois, a história é outra. General Motors passou, de maneira mortificante, para o terceiro lugar — e não foi substituída no pináculo pela IBM. Vergada ao peso dos seus problemas financeiros e administrativos é, hoje, número oito. Ao invés, as companhias petrolíferas, que subiram na classificação com o enorme aumento do preço do óleo no mercado internacional, estão no topo. Número um nas 500 de *Fortune* é, agora, Exxon (Esso no Reino Unido) e número dois, Mobil.

Exxon já não é só uma empresa de petróleo. Vendo o perigo que existe em apenas achar e vender petróleo, diversificou suas atividades, ocupando-se também de fontes alternativas de energia, e, o que é mais importante, de eletrônica e computadores. Essa linha do negócio é ainda incipiente mas tudo indica que vai crescer rapidamente na década de 1980.

Mas e a IBM? Em tudo, exceto em detalhes menores, tornou-se um fornecedor de computadores personalizados. . . algo de há muito desejado mas tido longamente por impraticável. A IBM desistiu de dominar um só negócio (viu-se, de fato, forçada a desistir), que era o fornecimento de grandes computadores — , e entrou em mercados completamente novos. Pequenas empresas podem hoje satisfazer a maior parte das suas necessidades com um Computador Pessoal IBM, que se vende no comércio a retalho por um preço entre £ 750 e £ 3.000. Modelos semelhantes de outros fabricantes, podem custar até menos — por volta de £ 600.

Era fácil predizer que todo negócio que emprega mais do que um pugilo de funcionários já não poderia funcionar com eficiência sem um computador ao fim do Futuro a Curto Prazo, mas outro aspecto do crescimento que nos parecia (a quase todos nós), em 1979, pura ficção científica, é o surto do computador doméstico ou pessoal (pp.69-84). Este tipo de computação costumava ser chamado 'de faça você mesmo computação' porque muitos dos sistemas eram construídos em casa, usando material improvisado ou conjuntos encomendados pelo correio. Ora, nenhum talento especial é hoje necessário para operar qualquer um dos inúmeros computadores pessoais oferecidos à venda, e milhões de pessoas já fazem isso. A previsão é de que o valor total desse mercado ultrapasse 1.5 bilhão de dólares em 1981. Um desses computadores pessoais, o Sinclair ZX81, custa c. £ 70 e tanto pode ser pedido por mala direta como comprado em

livrarias. Mais de 200.000 computadores da marca Sinclair já foram vendidos (principalmente no Reino Unido), e o entusiasmo do público não parece estar arrefecendo.

A BBC, por exemplo, criou seu próprio computador, associada a uma pequena companhia chamada Computadores Acorn. Será vendido com uma série de televisão que deve ir ao ar no começo de 1982. No seu modelo mais simplificado, o computador da BBC custará £ 230 e dará ao usuário até gráficos em cor. Eventualmente, discos e toda espécie de acessórios poderão ser adquiridos também. Há uma década, os sobressalentes disponíveis, mesmo para os computadores grandes, deixavam muito a desejar — a situação era tão ruim que o Dr. Evans imaginou que não poderia melhorar por muitos anos ainda. Hoje, no entanto, há milhares de pacotes de *software* (programa ou conjunto de programas que podem simplesmente ser introduzidos no mecanismo alimentador de um computador e utilizados imediatamente) à disposição do público usuário. Em alguns casos custam apenas uma ninharia. A IBM, principalmente, faz um enorme esforço para criar a maior variedade possível de *software* para o seu Computador Pessoal. A companhia oferece bônus aos membros do seu pessoal que produz *software* para o sistema. E pela primeira vez dirigiu-se a fornecedores particulares, independentes, de *software* para pacotes especiais de contabilidade e administração de empresas. Decidiu, até, romper com os métodos tradicionais de *marketing* e está vendendo o Computador Pessoal no balcão, em grande número de lojas nos Estados Unidos.

O Dr. Evans tinha reservado o Futuro a Médio Prazo (1983-1990) para alguns acontecimentos significativos.

Nesse período, predisse ele, haverá um rápido deslocamento do uso do papel como principal meio de comunicar informações e maior ênfase passará a ser dada ao desenvolvimento de redes de computadores — nacionalmente e internacionalmente — com satélites de comunicação. Tais redes já existem e estão sendo ampliadas. Satélites de comunicação estão sendo lançados e, com o ônibus Columbia hoje em operação, é provável que o custo de um satélite diminua na próxima década.

Já é rotina que indivíduos e empresas em todo o mundo se liguem a redes de computadores para desenvolverem seus próprios programas, para ter acesso a bancos de dados, repletos de informação especializada, ou apenas para estabelecer comunicação com outros usuários da rede. Uma vantagem imediata disso é que, tornando possível fazer tudo o que se precisa fazer no escritório, em casa, ou num terminal, há menos necessidade

de viajar — ou, para homens de negócios, de viajar para o exterior. Muita gente já trabalha assim, e a tendência é que isso continue. Outros profissionais, escritores por exemplo, instalam processadores de palavras em casa para produzirem documentos mais longos* e, uma vez familiarizados com as máquinas, uma volta à máquina de escrever manual é vista com alguma apreensão. Alguns escritores já nem se dão ao trabalho de produzir um texto, ao final. Envia ao editor seu artigo ou conto no próprio disco, ou numa cópia do disco em que está gravado magneticamente. O editor o insere num sistema compatível com o primeiro e edita o trabalho como for preciso. O Dr. Evans intitulou seu capítulo “A Morte da Palavra Impressa” — mas *O Poderoso Micro (computador)* está sendo composto e impresso da maneira tradicional, com papel e tinta, e não há sinais de que isso vá mudar em futuro próximo. Por que não vimos ainda a primeira versão do microlivro descrito nas páginas 100-106? As implicações dessa predição ainda são válidas. Só o *timing* é que não está certo. Para o resto da década, em curso de 1980, à medida que a demanda vai crescendo, máquinas menores e especializadas irão surgindo para oferecer mais rápida e mais fácil informação.

No capítulo sobre “O Declínio das Profissões”, o Dr. Evans discute como os computadores terão papel relevante no trabalho de médicos, advogados, peritos contadores, professores, etc. Hoje mesmo os computadores já são encontrados em hospitais e começam a aparecer cada vez mais freqüentemente em escritórios de advogados e de guarda-livros. Mas é no campo educacional que o Dr. Evans predisse que eles teriam seu maior impacto. Usados como auxiliares do ensino, já prestam inestimáveis serviços às crianças com dificuldade em geografia, química, inglês, além de estimularem a sua imaginação. Mesmo num momento em que o governo britânico põe toda sorte de obstáculos ao aumento da despesa pública, a maior parte das escolas do Reino Unido tem planos de instalar um computador nos próximos anos. Adolescentes expostos aos computadores logo reagem positivamente aprendendo como as máquinas funcionam — sua lógica, elementos de eletrônica, e como redigir suportes de programação (*software*). Não é também incomum que jovens escolares formem suas próprias companhias e negociem *software* de sua lavra.

Muitas autoridades educacionais da Inglaterra mantêm sessões especiais nas manhãs de sábado de modo a que as crianças que demonstram talento especial para lidar com computadores tenham oportunidade de

* O presidente Jimmy Carter está escrevendo as suas memórias em um aparelho destes (N. do T.)

passar mais tempo com eles. E uma outra novidade fez sua aparição: o acampamento de computador. Os pais mandam os filhos para um desses lugares por duas semanas, em média. Ali se familiarizam com o *know-how* dos computadores e têm oportunidade de encontrar outras crianças interessadas no mesmo assunto. Ao lado disso, há as atividades comuns de acampamento, passeios a cavalo, natação, tênis. Tais campos de férias têm enorme sucesso nos EUA e começam a surgir no Reino Unido e em outros países.

Outra mudança de esperar no Futuro a Médio Prazo — e cujos primeiros sinais já são visíveis — é o crescente uso de cartões de crédito plásticos que contêm seus próprios microprocessadores. Muitos países já os utilizam, se bem que em base experimental. O furto de um desses cartões não faria sentido, de vez que só o dono tem o número de código que abre as suas facilidades. Para ser usado, o cartão é posto num terminal especial capaz de ler a sua memória, e o dono é então instruído no sentido de acionar o número de código. Se tudo está correto, e se o negócio é fazer uma compra, a compra pode prosseguir. Cartões especiais que debitam a despesa na conta bancária do usuário também já se encontram em fase experimental. Essa conta corrente é verificada pelo computador cada vez que o cartão é usado; se há fundos suficientes, a transação se completa e a importância é debitada imediatamente.

Crimes de computador, perpetrados por pessoal habilitado contra sistemas bancários de computação ou companhias comerciais, são objeto de acesa polêmica. Algumas fontes estimam as perdas anuais a isso atribuíveis *em várias centenas de milhões de dólares*. As técnicas existentes para detectar tais atividades não são de todo fidedignas. E causa preocupação que o crime organizado se tenha interessado tão depressa pelo assunto. Mas como o Dr. Evans predisse, as polícias do mundo já se armam com a nova tecnologia e começam a dispor de especialistas em computação para combater essa espécie de delito.

Fica, então, patente que, a não ser nas miúças, as predições do Dr. Evans para o Futuro a Curto Prazo se realizaram; e que estamos já adiantados no rumo do Médio Prazo. O Dr. Evans morreu em 1979, pouco depois da publicação de *O Poderoso Micro*. Se vivo estivesse, não há dúvida de que desejaria rever e atualizar o seu livro. Optou-se, porém, pela conservação do texto tal qual veio a lume: profético, muitas vezes provocativo, de muitas maneiras controverso. Trata-se inegavelmente do notável testemunho de um dos cientistas de computador mais imaginosos e mais prescientes do nosso tempo. Que ao terminar, por exemplo, a secção sobre o Fu-

turo a Curto Prazo, o leitor atente para o fato de que o texto foi escrito em 1978. O que então parecia *ficção* científica é hoje *fato* científico. Nenhum vivente deste último quartel do século XX pode permitir-se ignorar o que o Dr. Evans tinha a dizer sobre o futuro da humanidade.

Robin Webster
novembro de 1981

O PODEROSO MICRO

O Impacto da Revolução do Computador

INTRODUÇÃO

A Revolução do Computador

Este livro trata do futuro. Não de algum futuro distante, que nós e nossos descendentes possamos ignorar ditosamente; mas de um futuro iminente, cujo progresso pode ser planejado com alguma precisão. De um futuro que envolve a transformação da sociedade mundial em todos os níveis, e que embora comece devagar logo ganhará aceleração com um ímpeto subitâneo. Um futuro largamente moldado por um só e surpreendente desenvolvimento tecnológico cujo impacto só agora começa a ser sentido. Refiro-me, naturalmente, ao computador.

Os computadores serão mencionados freqüentemente neste livro; e embora muita gente não goste de ler a respeito deles ou até de pensar neles, por serem simplesmente complexos demais para o fácil entendimento, nenhum conhecimento técnico ou discernimento especial será necessário para acompanhar a argumentação apresentada. Tratei resumidamente da história dos computadores. Afinal, é campo fascinante e largamente desconhecido para a maioria das pessoas. Mas também porque o conhecimento da sua evolução desde os primeiros dias até hoje ajuda a entender a natureza do seu inevitável desenvolvimento futuro. Parte I é, então, o passado dos computadores, Parte II, o seu presente. Nela examino o estado atual da tecnologia de computadores e algumas das pressões colossais que já impelem a evolução dos computadores numa espiral ascendente. As partes restantes são devotadas ao futuro — a curto, médio e longo prazo. E o fato de que não me atreva a fazer predições para além do ano 2000 — que está apenas a vinte e um anos de distância, — mostra em que ritmo as coisas se movem nessa área. É na presente secção, em que devotei um capítulo à natureza da inteligência, seu significado nos animais e no homem, e sua realização final nas máquinas — que trataremos também do mundo transformado.

Ameaças — ou promessas — de que o mundo esteja em processo de transformação não são, de nenhum modo, incomuns, e a raça humana como um todo lhes dá pouca atenção. Avisadamente, aliás. E segue no seu

ramerrão, planejando, se é que planeja alguma coisa, como enfrentar a crise, a catástrofe ou um novo milênio quando ele, na verdade, se materializar. Na verdade, eventos suficientemente radicais para superar a imensa inércia — social, econômica, psicológica — da população da terra tendem a ser extremamente raros. Mesmo guerras globais afetam apenas uma pequena percentagem em grau de fato significativo, e o mesmo se pode dizer, sem faltar à verdade, das fomes, inundações, terremotos e praticamente tudo o mais que se possa pensar. Mas tem havido tendências globais de profundo e duradouro significado mesmo que só a longo termo. A descoberta das técnicas da navegação é um exemplo; e a invenção da imprensa, outro. Mais recente, de muito maior alcance e muito mais rápida na velocidade com que desencadeou seus efeitos, foi a Revolução Industrial.

É quase impossível superestimar a extensão e o significado dessa virada na vida da humanidade, ocorrido por ter o homem encontrado meios de suplementar e amplificar a potência dos seus músculos com a maquinaria. De súbito, ficou possível realizar feitos de força literalmente sobre-humana, executar tarefas de duração interminável sem necessidade de qualquer pausa para descanso. Nenhum país do mundo permaneceu intocado pelos efeitos dessa mudança; e aqueles que, como a Inglaterra, tomaram parte ativa nos seus estágios inovativos, tornaram-se, e em escala global, opulentos e poderosos.

Há quatro importantes aspectos da Revolução Industrial que precisam ser identificados e considerados, porque serão da maior relevância para o seguinte momento decisivo do qual a humanidade se aproxima rapidamente: a Revolução do Computador. O primeiro desses aspectos diz respeito à escala e escopo da mudança: a Revolução trouxe consigo imensas alterações em todos os terrenos, afetando o indivíduo, sua família, seus vizinhos, seu ambiente de vida e de trabalho, suas roupas, comida, lazer; seus ideais políticos e religiosos, sua educação, suas atitudes sociais, sua expectativa de vida e até a sua maneira de nascer e de morrer. O segundo aspecto é a velocidade em que tais alterações se processaram, que foi extrema, remodelando a face da sociedade em menos de um século. O terceiro aspecto tem a ver com a inevitabilidade do processo: uma vez em marcha, a Revolução prosseguiu sem dó nem piedade no seu crescimento dinâmico. E nenhuma força, nenhum homem, nenhuma combinação de homens, poderia fazê-la arripiar caminho. Mesmo os esforços tentados para moderar o seu impacto e dirigir a sua força para áreas capazes de oferecer proveito duradouro para a humanidade ao invés de simplesmente aumentar a afluência universal não tiveram importância.

Finalmente, o quarto aspecto — que é talvez o mais interessante de todos: ninguém — certamente ninguém que pudesse fazer qualquer coisa a respeito — previu o seu momentoso advento. Só os Luditas, que temiam uma perda de afluência com a adoção das máquinas, pareceram ter um vislumbre do que estava para acontecer.

Expliquei esses aspectos de maneira um tanto formal, mas é que eles têm muito que ver com a Revolução do Computador, na qual passamos da amplificação e emancipação da potência dos músculos para a amplificação e emancipação da potência do cérebro. Como ocorreu com a Revolução Industrial, esta vai ter um impacto abrangente e esmagador e vai afetar todo ser humano na Terra em todos os aspectos da sua vida, seja ele homem ou mulher. E, de novo como a outra revolução, esta será galopante, embora breve; e sua força talvez esteja gasta, não em 150 anos, mas em vinte e cinco. Em terceiro lugar — observem, de novo, o paralelo — uma vez em marcha será impossível frear esta Revolução, por motivos que vamos considerar por miúdo.

Mas há um ponto essencial de diferença: enquanto a idade vitoriana da máquina começou, ganhou ímpeto e, na verdade, quase terminou seu curso antes que muita gente se tivesse dado conta do que acontecera, nós, dos últimos anos da década de 1970, temos o dom da presciência, a faculdade de compreender — se bem que não por muito tempo — a espantosa modificação que o homem está a ponto de impor a si mesmo. Este livro é uma tentativa de predizer a natureza da mudança, e de dar o sinal da sua iminência e inevitabilidade. Talvez o tempo já seja por demais curto para que nos preparemos para o futuro — mas pouco tempo é sempre melhor que nenhum.

PARTE I

O PASSADO

CAPÍTULO 1

Os que tecem números

De certo modo, os computadores têm uma história muito curta — não mais do que vinte e cinco anos. Mas, por outro lado, seu uso remonta, na verdade, à primeira ocasião em que o homem apanhou umas poucas pedras* ou rabiscou marcas no chão como lembretes. O que ele estava fazendo era utilizar uma unidade física ou uma série para representar números ou quantidades, e a essência dos computadores é justamente essa: um número ou uma quantidade pode ser representada por uma *coisa física*, seja ela um seixo, uma conta ou um arame, um sinal num pedaço de papel, uma rodinha mecânica, um relê elétrico, uma válvula eletrônica ou uma área submicroscópica de material magnetizado. Uma vez que números podem ser expressos desse modo, torna-se possível manipulá-los e levá-los a representar diferentes números ou quantidades. Isso, por sua vez, significa que torna-se possível construir uma máquina para executar essas manipulações. O que cumpre entender — e é tudo que o leitor precisará saber sobre a composição física dos computadores para entender este livro e acompanhá-lo até o fim — é que, enquanto números são abstratos em certo sentido, na verdade são todos eles expressáveis como unidades físicas ou quantidades apreciáveis, e desde que se escolham as quantidades físicas certas é possível calcular com elas e armazená-las por tempo determinado.

Um exemplo grosseiro de armazenagem e cálculo é o odômetro de um automóvel. Aqui a quilometragem é expressa por uma fileira de números numa janela, e esses refletem as posições de um conjunto de rodas dentadas por detrás deles. Essas rodas (cada uma tem dez dentes) registram décimos de quilômetros, quilômetros, dezenas de quilômetros e assim por diante. Sem dúvida, tudo isso parece de um óbvio ululante mas insistire-

* É sabido que a palavra 'cálculo' deriva do latim *calculus*, 'pequena pedra' ou 'seixo'. (N. do T.)

mos num nível simples: quando rodam, as rodas do carro fazem girar as rodas dentadas, e uma sequência de unidades ‘décimos de quilômetro’ aparece na janela; cada vez que o carro anda um quilômetro, há uma revolução completa das rodas dentadas. E quando uma revolução se conclui, uma pequena alavanca do lado da primeira roda toca um dos dentes da roda que marca os quilômetros próxima dele, fazendo que *essa* roda gire por sua vez de um décimo de revolução, e o número apropriado de quilômetros fica exposto na janela. Depois de dez movimentos desses, ela também fez uma volta inteira e aciona a roda dos dez quilômetros, junto dela, e assim por diante. A alavanca que passa a mensagem de uma roda dentada à seguinte equivale, naturalmente, ao ‘transporte’ na aritmética de papel e lápis.

O que acabamos de descrever é uma calculadora simples, mecânica, a qual (a) contou distâncias em unidades decimais, (b) somou décimos de quilômetros para fazer quilômetros e quilômetros para fazer dezenas de quilômetros, e (c) exibiu sua ‘resposta’ de modo a que um ser humano pudesse ler. Estritamente falando, trata-se de um ‘somador’, — não sabe multiplicar ou dividir, embora possa ‘diminuir’ se o cidadão puser o automóvel em marcha-a-ré. Quando o carro está parado, o odômetro ‘se lembra’ da quilometragem coberta.

Seria um erro dar a impressão de que esses solavancos metálicos representam o *modus operandi* dos modernos computadores, mas o exemplo do odômetro servirá para apresentar o conceito central de máquinas que contam números e fazem alguma coisa com eles; e isso, como eu já disse, é tudo o que cumpre ao leitor entender.

É claro que houve calculadoras antes da invenção do odômetro de automóvel. O exemplo clássico de um engenho desses é o ábaco, de que se tem notícia pelo menos há cinco mil anos. O ábaco não passa de uma coleção de contas enfiadas numa série de bastonetes ou fios metálicos, e a posição das contas em relação a uma extremidade ou a outra da armação indica o seu número. Os diversos níveis da armação denotam diferentes partes da soma a ser calculada, e a computação se faz movendo as contas para a frente ou para trás segundo certas regras. Há gente que fica habilíssima na manipulação dos ábacos, e seu uso só muito recentemente desapareceu no Japão.*

Parte do estímulo para desenvolver dispositivos como o ábaco — em

* Nos bazares da Índia e da Indonésia são ainda de uso corrente, como tive ocasião de comprovar. A palavra ‘ábaco’ provém do grego *abax* ou *abakos*, para ‘tábua’, ‘tábula’ ou ‘tábua de calcular’. (N. do T.)

certa época uma grande variedade de tipos estava em uso ao mesmo tempo em todo o mundo — vem da dificuldade que o homem tem de fazer cálculos com papel e lápis. Imagine-se um método de multiplicar os seguintes numerais romanos:

CCXXXII vezes XLVIII

O problema é ainda maior com a notação chinesa antiga, mas quando traduzido em numerais arábicos, a soma se torna 232 vezes 48, e a coisa toda muda de aspecto. E não simplesmente por estarmos familiarizados com os algarismos arábicos; eles são, de fato, muito mais fáceis de calcular, e as sociedades que os adotaram logo que surgiram em cena — e que incluíam toda a Europa a oeste da Rússia — não só se libertaram do uso do ábaco para qualquer operação que escapava um pouco ao trivial como também abriram caminho para que os seus sábios se alçassem a níveis de matemática acima do alcance dos que ficaram tolhidos pelos métodos primitivos de notação.

Mas mesmo os algarismos arábicos não esgotam o esforço do cálculo. À medida que as sociedades medievais se foram tornando mais complexas e dependentes de trocas econômicas, os cálculos que tinham de ser produzidos rotineiramente cresceram e cresceram. E produzi-los era trabalho enfadonho e muitas vezes difícil para o indivíduo comum, o qual, diga-se de passagem, era, àquele tempo, analfabeto de pai e mãe em matéria de números. Mesmo as pessoas educadas não eram instruídas nas matemáticas rudimentares como parte do currículo básico, e embora houvesse empresários às voltas com tabuadas de todo tamanho — 24 vezes 24, por exemplo, — a melhor solução era contratar ‘matemáticos’ profissionais que se encarregassem de mastigar os números para eles. De qualquer maneira, era impossível trabalhar por mais de uma hora seguida sem que o cansaço e o erro se insinuassem nos cálculos, de modo que é perfeitamente compreensível que a invenção da régua de cálculo na segunda metade do século XVII fosse saudada com gritos de alegria.

A régua de cálculo, que teve vida ativa por mais de três séculos antes de ser consignada ingloriamente ao lixo em meados da década de 1970 (quando surgiram as calculadoras de bolso), foi uma invenção que derivou naturalmente da descoberta dos logaritmos pelo escocês John Napier.*

* O nome também foi cunhado por ele, do grego *lógos*, ‘palavra’, ‘razão’, e *arithmós*, número. Os logaritmos naturais de Napier e do suíço Jobst Bürgi, diferem dos decimais, do inglês Henry Briggs, adotados na maior parte das tábuas. (N. do T.)

Os logaritmos, como muito menino de colégio sabe — ou pelo menos costumava saber, porque os logaritmos, como as régua de calcular e outras muletas do cálculo, estão sendo varridos pelo vento da história — são tábuas de números que simplificam enormemente a multiplicação e a divisão de rotina. A cada número positivo — descobriu Napier — corresponde um outro (seu 'logaritmo'), e a relação entre eles é tal que a multiplicação de quaisquer dois números é conseguida pela *soma* dos seus logaritmos, a divisão, pela *subtração* dos seus logaritmos. A dificuldade é que se têm de converter os números aos seus respectivos logaritmos localizando-os em tábuas e, uma vez feita a soma, reconvertê-los a números reais, também arrolados em tábuas antilogaritmicas. Mesmo assim, o processo é infinitamente mais simples que a multiplicação e divisão.

Uma vez que os logaritmos são versões comprimidas dos seus números originais, as pessoas chegaram à conclusão de que, convertendo-os em segmentos numa escala ou régua, a multiplicação e a divisão poderiam ser feitas pela adição ou subtração de duas medidas na escala (régua). Com esse ponto como base, o conceito da régua de cálculo salta aos olhos, por assim dizer, e, com ele, a idéia de uma máquina como auxiliar para o cálculo. Curiosamente, a idéia não passou pela cabeça do próprio Napier. Mas ele teve outra idéia brilhante, que foi dispor tábuas de multiplicação nas faces de um conjunto de cilindros rotativos de madeira.* Bastava torcer os cilindros apropriados (cada um dos dez dígitos tinha o seu) para somar ou subtrair quaisquer números pintados nas faces expostas. O maquinismo era montado numa bela caixa de pau com instruções na tampa, e ficou conhecida como 'Ossos de Napier' (*Napier's Bones*). Os tipos de cálculos que se podiam fazer com eles eram, com efeito, extremamente triviais — desses que todo mundo faz hoje de cabeça —, e o fato de que tal máquina tenha sido inventada e que vendesse como bolinhos quentes é testemunho do miserável estado da educação matemática na época.

A primeira máquina capaz de executar funções aritméticas apareceu um quarto de século depois dos logaritmos, e não fez o menor uso da descoberta de Napier. Seu inventor foi Blaise Pascal, filho de um coletor francês. Esse prodigioso gênio matemático, que deixou marca profunda na ciência e na filosofia do século XVII, desenhou a sua calculadora mecânica ainda adolescente — talvez por ter visto o pai atravessar noites em claro fazendo as contas que eram seu ganha pão. Hoje a maquininha de Pascal parece pouca coisa, um conjunto de engrenagens e rodas em vários

* E também de marfim ou osso — donde o nome 'Ossos de Napier', que, sem a explicação, seria ininteligível. (N. do T.)

eixos, mas *era* a primeira calculadora do mundo. Discavam-se os números que deviam ser somados, o que fazia com que o mecanismo interno girasse apropriadamente. Uma vez composto o último número, o resultado, que, naturalmente, expressava apenas as novas posições das rodas dentro da máquina, apareciam numa janelinha. A máquina ficou conhecida como a *Pascaline* e todo mundo se maravilhou, como devia. Uma engenhoca que era capaz de somar! Podia subtrair, também, incidentalmente, embora fosse preciso reajustar alguma coisa dentro dela para que ‘contasse às avessas’. Com um pouco mais de esforço, podia multiplicar por uma série de adições repetidas, ou dividir (por subtrações repetidas) — e era assim que a maioria das calculadoras mecânicas operava até recentemente.

A engenhosidade do invento consistia no fato de haver Pascal descoberto como uma máquina podia executar a tarefa de ‘transportar’, problema que tinha de ser resolvido para poder computar números acima de 10, e o princípio é o mesmo usado no odômetro. A *Pascaline* era, em princípio, infalível, e como teria sem dúvida dado cabo do aborrecimento sem fim de fazer contas, algumas máquinas chegaram a ser construídas e postas à venda. Mas não apareceu comprador. A razão é simples e ainda hoje impede que muitas empresas adotem computadores. Ninguém tinha dúvida de que as *Pascalines* funcionariam. Mas os empregados dos fregueses em potencial temiam perder o emprego se as máquinas se generalizassem e dessem bom resultado. Essa atitude é interessante como precursora da atual resistência à automatização e à computação, mas não foi, a rigor, o fator mais importante.

É um dos dogmas básicos do capitalismo que o lucro é o primeiro objetivo a perseguir. Se os homens de negócio do tempo de Pascal tivessem sentido que a invenção representava considerável economia para as suas firmas, eles teriam adquirido grande número de *Pascalines* e posto na rua os operários e contadores recalcitrantes. Mas uma *Pascaline* era um instrumento caro, e embora seus custos de funcionamento fossem iguais a zero, concerto e manutenção seriam dispendiosos. Em contrapartida, os empregados e guarda-livros eram extremamente baratos e, naturalmente, faziam todo o serviço, ao passo que as máquinas só faziam parte dele. A única justificativa para a compra de uma *Pascaline* seria facilitar a vida dos contadores. Mas por que um patrão gastaria bom dinheiro com eles? Assim, a brilhante invenção foi um fiasco econômico, se não científico.

Os empresários podem ter rejeitado a primeira calculadora mecânica do mundo, mas os cientistas não podiam fazer isso, e um dos primeiros a inspecionar um exemplar em operação e a pensar maduramente sobre o assunto foi Gottfried Leibniz. Nascido na Saxônia em 1646, logo depois

de ter Pascal armado uma das suas somadoras, Leibniz tinha sido também uma criança prodígio que, com a idade de dez anos, fazia versos em grego e em latim; como adolescente, dominava os fundamentos da lógica formal. Percebeu logo que o ponto fraco da máquina de Pascal era a maneira laboriosa pela qual executava multiplicações e divisões. Ora, uma calculadora mecânica realmente útil teria de operar segundo princípios diferentes.

Leibniz solveu o problema introduzindo um novo tipo aperfeiçoado de roda multiplicadora, dotada de nove dentes de diversos comprimentos. Era uma idéia brilhante e, de fato, funcionou. Se alguém desmontar uma das calculadoras eletromagnéticas da década de 1960, que hoje acumulam pó em muitas escolas e laboratórios de pesquisa, verá como a invenção sobreviveu incólume trezentos anos. Não há dúvida de que tenha acelerado toda espécie de cálculos comuns, ao contrário da máquina de Pascal, que se limitava a facilitá-los um pouco. Se Leibniz tivesse insistido e fabricado algumas de suas máquinas, elas poderiam ter ‘pegado’. Mas ele se enfadou logo do projeto e passou a tratar de outras coisas. Dentre essas coisas estava a notação do cálculo diferencial. O filósofo namorou ainda — e de maneira angustiante para o historiador, que é obrigado a imaginar o que teria acontecido se esse *flirt* tivesse desabrochado em paixão — a aritmética binária.

A maioria dos cálculos se faz segundo os princípios da aritmética decimal. Começamos a contar de 0 a 9 e depois recomeçamos tudo, fazendo preceder os mesmos dígitos do número 1, depois dos nº 2, 3, etc. Em outras palavras, empregamos um máximo de dez símbolos, inclusive zero, e compomos todo e qualquer número permutando esses mesmos símbolos. O que pode parecer uma espécie de elaboração do óbvio, mas é necessário agir assim, de vez que muita gente está convencida de ser essa a maneira natural, ou a única maneira, de contar. Mas o que haverá de tão especial em dez? Por que não um sistema baseado no oito? Se este fosse adotado, por exemplo, teríamos só oito símbolos e contaríamos assim: 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 20, etc. O que mostra que, embora habitualmente se conte em dezenas, esse é apenas um dos modos — dentre muitos, inumeráveis outros modos, — pelos quais sistemas aritméticos podem ser construídos. Todos os matemáticos estão perfeitamente a par desse fato; já o estavam, na verdade, ao tempo de Leibniz e de Pascal, mas a maioria deles, convencida das virtudes do sistema decimal, não via motivo suficiente para mudá-lo. Por algum tempo, Leibniz teve mais que um interesse passageiro por um sistema de contar que é dos mais antigos da humanidade — o sistema binário. Aqui, só dois números básicos são usados, 0 e 1. Não três, quatro, cinco etc. Mesmo assim, é possível

expressar qualquer número passível de ser expresso no sistema decimal — ou em qualquer outro sistema, para ser exato, — usando só esses dois símbolos. Vale a pena examinar essa história rapidamente porque ajuda a compreender o princípio básico de operação de todos os modernos computadores.

A aritmética binária começa sem rodeios, 0 é escrito 0, e 1 é escrito 1 mesmo. Mas daí por diante as coisas se afastam rapidamente da notação decimal convencional. Dois, por exemplo, é 10, 3 é 11, e 4 é 100. Cumpre lembrar que no sistema octal não há símbolo especial para 8, e depois do número 7 vem o número 10. O mesmo se aplica ao binário. A única diferença é que se chega ao ponto crucial matemático, se é que se pode dizer assim, depois de dois numerais ao invés de oito. Então, as coisas ficam ainda mais estranhas. Não há símbolo para 5, de modo que é preciso notar 101; 6 é 110; 7, 111; e 8, 1000; 9 é 1001; 10 é 1010; 11 é 1011; e 12, 1100. Para 13, temos 1101; para 14, 1110; e para 15, 1111. Em 16 o número se encomprida outra vez e temos 10000; 17 é 10001; e assim por diante. Isso pode parecer um tanto complicado e, até, um tanto louco, mas o importante é entender que, com esse sistema, fazem-se cálculos matemáticos usando apenas dois tipos de símbolos, enquanto que, naturalmente, num sistema decimal, são precisos dez. Talvez isso não seja tão vantajoso assim para o Homem, e os números compridíssimos que se constróem usando notação binária são difíceis de compreender num relance. Mas para máquinas calculadoras, mecânicas, eletrônicas, etc., nada, mas mesmo *nada*, pode ser tão conveniente ou apropriado quanto um sistema binário.

As razões para isso são evidentes, quando se considera o interior mesmo da simples calculadora de Pascal. Cada número até 10 tinha de ser representado na máquina dele por um dente numa roda dentada e por isso cada roda dentada tinha de ter dez dentes. O mesmo se aplicava às outras rodas, que respondiam pelas dezenas, centenas, milhares, etc., o que resultava numa verdadeira massa de engrenagens, num aumento da complexidade — e da correspondente probabilidade de erro mecânico — a cada aumento das dimensões do aparelho.

Agora, como já disse: houve um breve período na vida de Leibniz em que ele dirigiu seus tremendos poderes intelectuais para a utilidade e o potencial da aritmética binária e ficou fascinado com a sua elegância, simplicidade e economia. A gente não pode deixar de imaginar qual teria sido o futuro das máquinas de calcular, como teriam elas progredido, se Leibniz tivesse percebido que em vez de todos aqueles encaixes de engrenagens deveria haver uma série de alavancas binárias do tipo liga-desliga, ou comu-

tadores de mola, simples de desenhar, fáceis de montar, baratos além de tudo, e enormemente confiáveis? Gigantescos computadores movidos a vapor, talvez, em pleno século XIX? O começo da Revolução Industrial cinquenta anos mais cedo, e na Alemanha ao invés da Inglaterra? É possível fazer conjecturas interminavelmente. Mas seria inútil, uma vez que o cérebro de Leibniz não integrou as duas áreas de possibilidade.

E assim o século XVIII, cheio de transformações econômicas e políticas, mas relativamente monótono e rotineiro em termos de progresso das máquinas de calcular, chegou a termo. Na sua última década, no entanto, nasceu Charles Babbage, tido como o inventor dos computadores, tanto quanto é possível estabelecer a origem de uma invenção.*

Babbage, inventor e matemático de nomeada, nasceu na Inglaterra em [26 de dezembro de 1792]. Como muitos dos homens de pensamento do seu tempo, era homem de considerável fortuna (herdada), que consumiu toda na galante — e insensata — empresa que se tornaria a razão de sua vida. No começo do século XIX, já a crescente complexidade da vida começava a fazer-se sentir, e mais e mais pessoas tinham como única profissão fazer cálculos e compilar dados de toda espécie. Dentre as tarefas mais árduas e mais sujeitas a erro estava a compilação de tabelas, e Babbage sempre descobria erros triviais nelas. Segundo ele mesmo relata, meditava um dia sobre a perda de tempo e a desesperada rotina de fazer tais cálculos quando lhe ocorreu que uma máquina poderia executar aquilo muito mais facilmente e com muito maior exatidão. Em breve, o esquema básico de uma máquina dessas começou a tomar corpo na sua mente e, em 1821, estava suficientemente seguro da praticabilidade do que vinha fazendo para anunciar à Real Sociedade de Astronomia que estava prestes a construir um modelo e a demonstrá-lo diante deles. A máquina funcionaria “pelo método das diferenças”, explicou, e aduziu convincentes detalhes de como ela faria o que se propunha. Não precisamos descrever aqui exatamente como funcionava, mas era capaz de resolver equações polinômicas calculando sucessivamente as diferenças entre conjuntos de números. Em 1822 a máquina foi exibida à Sociedade e a demonstração teve tanto êxito que a tese de Babbage, “Observações sobre a Aplicação de Maquinaria à Computação de Tábuas Matemáticas”, recebeu a medalha de ouro da Royal Society — primeira jamais conferida. Com esse incentivo, Babbage embarcou na obra de construir a versão definitiva.

* A ele se atribuem também a invenção do velocímetro e a do limpa-trilhos para as locomotivas (*cowcatcher*). (N. do T.)

Mesmo um exame perfunctório dos planos de Babbage revela que eram deveras ambiciosos. Os princípios básicos da calculadora — rodas e dentes, mais uma vez — não diferiam do que tinha sido construído antes. Mas o mecanismo era muito maior e muito mais complicado. No seu otimismo sem limites, Babbage decidira que a máquina não se limitaria a calcular tabelas, poderia imprimi-las ao fim da operação. Chegou a solicitar financiamento do governo britânico, que lhe deu £ 1.500. Construiu-se uma oficina na propriedade de Babbage, contratou-se mão-de-obra especializada, e a construção começou.

O principal era a fabricação, em tornos especiais e segundo os mais altos padrões possíveis, das centenas de rodas, rodas dentadas, mecanismos de catraca que constituiriam as partes operativas da chamada Máquina Diferencial. E foi aí que surgiram problemas maiores. A pequena unidade construída para a Sociedade de Astronomia era um modelo. Pequenas irregularidades nos seus componentes poderiam prejudicar o desempenho da máquina mas seriam por demais insignificantes para emperrá-la ou inibir-lhe o funcionamento. Mas na Máquina Diferencial propriamente dita, quaisquer imperfeições em série, por menores que fossem, tendiam a combinar-se provocando grandes abalos e convulsões nas entranhas do maquinismo. Babbage impôs especificações mais rígidas, recomendou aos seus operários redobrado desvelo. A qualidade do trabalho melhorou, mas não o bastante para a complexidade do sistema. Impávido em face desses primeiros percalços, cego na sua obstinação, o inventor passou a incentivar os seus mecânicos numa vã tentativa de fazê-los trabalhar melhor do que as ferramentas e os materiais do tempo permitiam e a pedir sempre mais dinheiro ao governo. Recebeu, assim, um total de £ 17.000, mas então as autoridades decidiram que isso bastava. E em 1833 o projeto passou a um estado de vida latente. Se Babbage fosse um homem sensato — coisa que ele estava longe de ser — teria aproveitado a oportunidade para sentar-se numa cadeira, contemplar as toneladas de rodas dentadas em estanho e metal dourado, engrenagens e outras bugigangas, e reconhecido o fato de estar cem anos à frente da sua época — como, na verdade, estava. Ao invés, seu cérebro sempre agitado começou a considerar esquema ainda mais ambicioso. E foi nesse momento que nasceu o conceito de computador.

Embora a Máquina Diferencial fosse, em ordem de magnitude, projeto mais avançado que todos os precedentes, era ainda capaz, basicamente, de fazer uma só coisa: resolver equações polinômicas. O que era feito através de uma série fixa de movimentos, em que um conjunto de rodas dentadas induzia o movimento de outro conjunto, uma alavanca levantando a outra e assim por diante, numa seqüência mais ou menos

previsível. Em outras palavras: o sistema era o que hoje se chamaria um computador de função específica. Sabia fazer uma coisa e pronto, para isso existia.

Meditando sobre o assunto, Babbage viu que isso não esgotava a história. Uma máquina capaz de executar cálculos de uma espécie poderia, muito provavelmente, executar qualquer espécie de cálculo — idéia que seria demonstrada matematicamente mais de um século depois por outro inglês de gênio, Alan Turing. Um conceito radical e excitante emergiu. Por que não construir uma máquina que não tivesse propósito definido mas que fosse capaz de enfrentar qualquer tarefa se o dono quisesse e quando quisesse? Poderia ser muito mais complicada que a Máquina Diferencial e muito mais cara ainda, mas seria também infinitamente mais útil. O pensamento 'óbvio' teria sido ver a nova máquina como um somatório de várias máquinas individuais, como a parte 'a' encarregada da tarefa 'a', a parte 'b' encarregada da tarefa 'b' e usando, todas, um mecanismo comum interno, e ligadas, todas, ao mecanismo de impressão ou a qualquer outra saída. Mas Babbage rejeitou o óbvio e assim fazendo alcançou a sua grandiosa concepção. O desenho da máquina deveria ser tal que os seus componentes internos pudessem ser empregados numa grande variedade de maneiras. Quando determinada tarefa tivesse de ser feita, uma única sequência de atividade interna seria acionada. Cada tarefa ficaria ligada a específicos 'modelos de ação' internos. Tudo o que se exigia era descobrir a maneira mais inteligente de dizer à máquina qual a 'configuração' a empregar dentre a infinita variedade de configurações 'de ação' no seu bojo. À sua nova máquina Babbage chamaria Máquina Analítica, e vale a pena um parêntesis: ele falava de um computador programável.

Este não é um livro sobre de como funcionam os computadores, e não tentarei explicar a frenética complexidade do interior da Máquina Analítica. Um modelo — construído alguns anos mais tarde pelo filho de Babbage — pode ser visto no Museu da Ciência, em Londres. Vale muito a pena dar uma olhadela ao seu interior, quanto mais não seja para ver que consistia em um grande número de unidades distintas e de funcionamento parcialmente autônomo, muito próximas das unidades operativas de todos os modernos computadores.

Em primeiro lugar, tinha um conjunto de dispositivos de entrada — meios de abastecer a máquina com instruções. Em segundo lugar, dispunha de uma unidade aritmética ou processador, que era a parte da máquina que realmente calculava os números. Babbage chamava-lhe o 'moinho'. Em terceiro lugar, havia uma unidade de controle que garantia que o computador executasse uma tarefa e não outra e completasse todos os cálcu-

los na seqüência correta. Em quarto lugar, tinha um armazém ou memória, onde os números ficavam, como que num limbo, esperando sua vez de serem processados. Finalmente, havia o mecanismo de saída. Aí estão, embora muito simplificados, os cinco componentes essenciais de qualquer computador, antigo ou moderno. Para as suas unidades de cálculo e memória, Babbage usou coluna após coluna de rodas dentadas de dez dentes cada uma, enganchadas umas nas outras por uma quase inacreditável coleção de hastes e engates.

O protótipo da Máquina Diferencial fora manual. O operador mexia numa alavanca para pôr as entranhas da máquina a regirar, e um sino tocava quando o desejado estágio de cálculo era alcançado. O operador, então, alimentava a máquina com o mais que tinha para botar dentro dela, mexia na alavanca outra vez até que o sino tocasse de novo e assim por diante. Babbage não tinha ilusões quanto à inconveniência física disso, e previu o uso do vapor para a sua última versão, a Máquina Analítica. Agora, se há alguma coisa de patético e ao mesmo tempo de hilariante nessa noção de associar uma máquina a vapor, explosiva e barulhenta, à numinosa ocupação de calcular números, isso apenas serve como mais uma ilustração de que Babbage estava sonhando — magnificamente, é verdade, mas sonhando assim mesmo — décadas à frente do seu tempo.

Para a entrada, e para a programação de instruções da unidade de controle ele se valeu de uma invenção do francês Joseph Jacquard. Jacquard observara que quando os tecelões controlam seus teares, executam uma tarefa delicada, especializada mas não obstante essencialmente repetitiva, e que devia ser possível automatizar a operação de controle. Para isso concebeu um cartão rígido com orifícios. No curso da tecelagem, uma série de hastes levam os fios até o tear, e cabia ao cartão perfurado bloquear algumas dessas hastes e deixar que as demais, que deslizavam pelos buracos, completassem a tessitura. A cada movimento da lançadeira, um cartão, e só um, com uma configuração determinada de orifícios, se atravessava no caminho das hastes, controlando desse modo o padrão do tecido. A coisa toda poderia ser descrita como um programa de controle do tear, e Babbage percebeu que podia ser usado, com o mesmo êxito, para controlar a seqüência dos cálculos no interior da sua máquina.

O paralelo com a tecelagem foi também notado por Ada, condessa de Lovelace. Comentando a máquina proposta por Babbage, ela escreveu: “A Máquina Analítica tece padrões algébricos exatamente como o tear de Jacquard tece flores e folhas.” Essa curiosa figura tinha dons excepcionais como matemática e era, na opinião geral, uma bela mulher além de tudo. Um desenho contemporâneo mostra feições que lembram as de Eli-

zabeth Taylor e mais do que uma ligeira semelhança com os belos traços de seu pai, Lord Byron. Quando conheceu Babbage e se deu conta da importância do que ele estava tentando fazer, pôs-se a estudar em profundidade seus planos para a Máquina Analítica. Elucidava qualquer dúvida em conversação com o inventor, de cujo cérebro ia arrancando tudo o que queria saber. Contava com o dinheiro e o tempo necessários pois era rica e tinha só vinte e poucos anos. Mesmo assim, levou alguns anos para ficar senhora do assunto. Quando se achou suficientemente preparada, publicou tudo sob a forma de “Anotações” sob o título geral de “Observações sobre a Máquina Analítica do Sr. Babbage”. São de leitura agradável para quem quiser estudar a empresa do inventor em detalhe e mostram a familiaridade da autora com alguns dos problemas filosóficos que a construção de uma máquina daquelas suscitava — e que não foram resolvidos até hoje. Sobre a questão de ser tal máquina ‘criativa’ ou não, ela escreve:

“A Máquina Analítica não tem pretensões a originar o que quer que seja. . . Pode fazer tudo aquilo que soubermos como ordenar-lhe que faça. Pode acompanhar uma análise, mas não tem poderes para antecipar quaisquer relações analíticas ou verdades. Sua competência consiste em ajudar-nos a tornar disponível aquilo com que já estamos familiarizados.”

É um comentário muito sagaz e talvez constitua a primeira formulação do argumento que hoje surge infalivelmente caía vez que se discute o potencial intelectual dos computadores — *um computador só pode fazer o que foi programado para fazer*. Como veremos adiante, é um ponto sedutor mas apenas superficialmente válido. Cumpre, no entanto, dar a Lady Lovelace o crédito que lhe é devido por ter sido a primeira pessoa a levantá-lo.

A verdadeira importância das suas “Anotações” foi, com certeza, o impacto que tiveram em Babbage. Até então, excetuando-se o seu triunfo com a Astronomical Society, raramente encontrara alguém que aprovasse o que estava fazendo para não falar em entendê-lo. O mais gratificante de tudo era que Lady Lovelace se dera ao trabalho de estudar a sua abordagem teórica com o olho de uma especialista em matemática e *não lhe pusera defeito*. Babbage sabia que a Máquina Analítica era em princípio viável e agora *ela* também estava convencida disso. Tudo o que restava fazer era construir o diabo da máquina.

Entrementes, houvera uma reviravolta política, e o governo mudara na Inglaterra. O Tesouro desistira de financiar o que lhe parecia, àquela

altura, um projeto sem esperança. O tempo passou, a Máquina Diferencial permaneceu na sua condição de um conjunto incompleto de engrenagens e alavancas e a Máquina Analítica como uma série de desenhos no papel, conceitos mentais e notas (as de Lady Lovelace). A velocidade da maré vazante aumentou. Aos 36 anos de idade, Lady Lovelace morreu, e Babbage continuou sozinho e conseguiu avançar muito pouco. Os governos vieram e se foram, mas nenhum deles mostrou simpatia pelas suas idéias. Disraeli chegou a escrever sarcasticamente que a única utilidade que ele via na Máquina Diferencial era calcular as vastas somas de dinheiro que tinham sido gastas com ela.

E, todavia, na mesma época, matemáticos e engenheiros esquadrihavam os escritos de Babbage e as *Anotações* da filha de Byron com o mais vivo interesse. Um desses era um engenheiro sueco de nome George Scheutz, que pôs mãos à obra para construir sua própria versão da Máquina Diferencial. Ao contrário de Babbage, ele foi até o fim, e teve tal êxito que produziu um modelo apropriado para produção em série e mostrou esse 'modelo comercial' numa Exposição de Engenharia em 1855. Perdido no meio da multidão que se acotovelava em torno daquele engenho, estranho sem dúvida mas pelo menos visível e tangível, estava o próprio Babbage, agora com 63 anos de idade, e presa do maior desalento. Quando lhe pediram que opinasse sobre a máquina de Scheutz, ele foi galantemente congratulatório, mas não é fácil nem agradável pensar no que lhe deve ter passado pela cabeça.

Em 1871, morreu. Tinha oitenta anos de idade. É certo e triste que morreu desiludido, mas concebera alguma coisa tão estimulante e tão revolucionária que mudaria a face do mundo. Seus contemporâneos, ao que tudo indica, viam-no como um gênio um tanto desarrazoado e mal orientado mas, afinal de contas, como um gênio. Isso não padece de dúvida. Tão seguros estavam todos do seu talento que, uma vez morto, um exame foi feito no seu cérebro, a ver se havia nele alguma característica marcante que o distinguisse dos outros homens. Um dos mais ilustres cirurgiões do tempo, Sir Victor Horsley, encarregou-se da pesquisa e, depois de cutucar aqui e ali por entre os milhões de silenciosos neurônios, anunciou que não lhe parecia em nada diferente dos outros cérebros que tinha visto. Ninguém quis jogá-lo fora, entretanto. E lá está, preservado, em dois vidros de pickles, um para cada hemisfério, no Hunterian Museum do Real Colégio de Cirurgiões, onde o leitor poderá vê-lo, se souber pedir com jeito.

CAPÍTULO 2

Os computadores começam a funcionar

Quando Charles Babbage morreu, o foco do crescimento industrial mostrava os primeiros sinais de estar mudando da Europa para os Estados Unidos, país que recolhia, graças a uma judiciosa seleção, a nata dos imigrantes europeus, os mais ambiciosos, os mais audazes, os mais imaginativos. O Congresso americano estipulava que se realizasse um recenseamento a cada dez anos, e isso, naturalmente, era um pesadelo para os que tinham de fazer a contagem, recontagem e registro desses censos. O 11º realizou-se, como previsto, em 1880, e a tarefa de interpretá-lo começou. Passaram-se dois, três, quatro anos sem que qualquer resultado concreto aparecesse. Em 1887 os dados ainda estavam sendo processados e a repartição responsável pelo censo concluiu que os resultados estariam completamente desatualizados quando ficassem prontos e que o problema seria ainda pior dentro de uma década. Fosse qual fosse o ângulo pelo qual o Census Bureau examinava a questão, o veredito era inevitável: as coisas não podiam ficar como estavam. Havia que encontrar uma abordagem radicalmente diversa. Isso talvez tenha sido, diga-se incidentalmente, o primeiro momento em que um grupo de seres humanos se deu conta de que o mundo estava ficando tão complexo que o cérebro, desajudado, já não podia analisá-lo.

A solução foi abrir um concurso. Houve grande número de propostas, algumas completamente insanas como seria de esperar nessa espécie de vale-tudo, mas algumas pareceram engenhosas aos organizadores. Ao fim, três foram selecionadas. Incluíam o Sr. William C. Hunt com seus cartões coloridos, o Sr. Charles F. Pidgin, com seus símbolos codificados em cor, e o Sr. Herman Hollerith com a sua espantosa máquina tabuladora. A tradição era a favor dos dois primeiros, e inúmeras vezes se levantaram contra a idéia de confiar os dados do censo a uma máquina. A questão foi resolvida com um teste prático, feito na cidade de St. Louis, Missouri: os cartões de Hunt levaram 55 horas, os símbolos de Pidgin, 44. A máquina

de Hollerith, 5 horas e meia. Todos os céticos foram postos para correr, e o sistema Hollerith adotado para o recenseamento de 1890.

Embora estejamos tratando de um período posterior de apenas quarenta anos àquele em que Babbage porfiava, com tão pouco êxito, na construção da sua Máquina Diferencial, ficará claro para o leitor que houve um avanço repentino no campo da computação automática. Um certo número de fatores mudara. Em primeiro lugar, melhorara a qualidade dos produtos manufaturados e industriais em consequência da Revolução Industrial. O operário era mais hábil. Em segundo lugar, o clima dos negócios era mais aberto à noção de computação a máquina, esporeado pela percepção de que a sociedade moderna não poderia sobreviver se a computação continuasse exclusivamente na base de papel e lápis. Em terceiro lugar, uma nova espécie de energia — a energia elétrica — fizera sua aparição. Ora, a eletricidade era ideal para mover grandes calculadoras mecânicas.

É também importante considerar que Hollerith fez uso da eletricidade em outra fase da sua computação automática, tirando proveito dela, com grande engenhosidade, no mecanismo classificador de cartões. Os cartões Hollerith, como os cartões Jacquard, de confiança comprovada, eram retângulos duros de cartolina ou papelão que se podiam perfurar em vários pontos pré-determinados. Hastes finas de metal passavam através dos orifícios e mergulhavam num recipiente de mercúrio, fechando desse modo um circuito elétrico, o que, por sua vez, fazia um relógio avançar de uma unidade. Para cada uma das posições possíveis onde buracos podiam ser feitos existia um relógio apropriado, e as pessoas que observavam a máquina do recenseamento em ação podiam ver a bateria de mostradores empilhando os dados acumulados. O dispositivo de leitura era extremamente rápido e o maior problema de Hollerith foi inventar um sistema que movesse os cartões perfurados diante da face do dispositivo (elétrico) de leitura [nos computadores modernos se diz ‘de exploração’], com velocidade suficiente. Era o primeiro sinal do abismo que se abria entre os sistemas de processamento elétricos e mecânicos e uma indicação de que os dias das alavancas e rodas dentadas estavam contados.

O censo de 1890 foi completado em tempo recorde e seis semanas depois do dia do recenseamento anunciou-se que a população dos Estados Unidos era de 62.622.250 habitantes. “Sou o primeiro engenheiro estatístico”, declarou Hollerith, com orgulho. Dizia a verdade, e fundou a Tabulating Machine Company em Washington D.C. para atender à crescente demanda dos serviços do seu sistema.

Entre os primeiros fregueses estavam as estradas de ferro — grandes

compiladoras de estatísticas e fazedoras de contas e passagens. Estava também o governo czarista da Rússia, que decidiu promover um recenseamento, usando as máquinas, em 1897. A companhia de Hollerith foi de sucesso em sucesso e em 1911 incorporou várias outras organizações menores de contagem de tempo de trabalho para formar um conglomerado conhecido como a Computing Tabulating and Recording Co. Hollerith morreu em 1929 com a idade de 69 anos, ainda ativo como consultor da sua gigantesca empresa. A esse tempo, a companhia crescera ainda mais e seu nome agora era International Business Machines Corporation. Hoje, naturalmente, é mais conhecida pela sigla: IBM.

Supondo-se que Babbage pudesse ser transportado magicamente um século à frente no tempo, dos anos de 1830 quando sonhava com seu computador de finalidades gerais, para a década de 1930. O que acharia da maneira como as coisas tinham andado? Ficaria sem dúvida satisfeito vendo que calculadoras mecânicas de tamanho reduzido, que podiam ser tidas como versões compactas da sua Difference Engine, eram vendidas no mercado internacionalmente. E vendo que eram raras as empresas ou departamentos do governo que não tinham alguma. Ficaria também gratificado vendo a maneira pela qual Hollerith aproveitara a sua idéia dos cartões perfurados para entrada rápida de dados, e fascinado, sem dúvida, com o uso da eletricidade, tanto no processo de classificação como no de propulsão. Mas ficaria surpreso e desapontado com o fato de que, em nenhum recanto da terra, a despeito de um século de desenvolvimento no desenho e construção de máquinas, e de uma demanda cada dia maior por máquinas velozes de processamento de dados com finalidades gerais, nada existia que se assemelhasse a uma versão operacional da sua Analytical Engine. E teria direito de ficar surpreso e desapontado. O conceito e as especificações mais ou menos completas do seu computador de finalidades gerais eram perfeitamente claras — Lady Lovelace destrinchara tudo aquilo na década de 1830 —, e a técnica fizera tais progressos que era possível agora construir a máquina. Por que ninguém aproveitara o seu projeto e tentara, pelo menos, ver se funcionava?

Havia dois motivos principais. O primeiro era que, por uma dessas curiosas mudanças de rumo da história, Babbage se tornara uma figura quase completamente esquecida no começo do século XX e era praticamente desconhecido para as gerações de engenheiros que mexiam com calculadoras àquele tempo. Segundo e mais importante, aqueles que lançavam os olhos para os seus desenhos e percebiam o valor das suas idéias eram suficientemente inteligentes para ver que um mecanismo puramente mecâ-

nico já era coisa obsoleta. Pouco importava que os componentes fossem bem-feitos e estivessem cuidadosamente montados, a monstruosa engenhoca que seria o inevitável, produto de tudo aquilo, ficaria grande demais, cara demais, falível demais e — acima de tudo — lenta demais para justificar o investimento necessário para fazê-la funcionar. Em outras palavras, o mundo aguardava uma transformação na natureza da tecnologia para que o sonho de Babbage pudesse tornar-se realidade.

Na década de 30 tal transformação começava a ocorrer, e os fios da meada começavam a ser reunidos, de forma quase independente, por grande número de trabalhadores em várias partes do mundo. Nos Estados Unidos, grandes organizações como a IBM e a Bell Telephone Company estavam em campo. Na Inglaterra, o impulso vinha de um indivíduo isolado, o matemático Alan Turing, cujo ensaio “Sobre números computáveis”, publicado em 1936, lançou como que um raio de luz nos círculos de *cognoscenti*. Na Alemanha, os fios estavam nas mãos de um jovem engenheiro chamado Konrad Zuse, que metera na cabeça não só desenhar um computador universal como construir um modelo viável. E como Zuse, indiscutivelmente, estava à frente de todos os seus competidores, vamos tratar dele primeiro.

Zuse era estudante de engenharia na Universidade de Berlim, em Charlottenburg, e completou sua tese de doutoramento quando os camisas pardas e as suásticas gozavam do seu curto período de favor na Alemanha. Qualquer interesse latente que ele tivesse na política tumultuada do tempo foi sepultado totalmente numa obsessão pessoal. Como tantos outros antes dele, considerava os cálculos rotineiros e repetitivos um escandaloso dispêndio de energia mental e deviam ser tão cedo quanto possível relegados a máquinas, que nem se importavam nem reclamavam. Em menino se interessava por *automata* e fizera uma pequena máquina trocadora com o equivalente alemão do brinquedo *mecano*. No processo, ficara impressionado com o potencial desses *kits* como campos de ensaio para praticar idéias novas. Dois ou três grupos, nos Estados Unidos e na Inglaterra, tinham tentado, com algum sucesso, montar calculadoras de finalidade definida com esses úteis conjuntos, mas Zuse evidentemente nada sabia desses malogrados esforços. E assim, despreocupado, sentou-se para pensar. E teve algumas idéias luminosas.

A primeira — ele garante que não tinha a menor notícia da Analytical Engine de Babbage — foi de que seria possível ampliar os princípios de uma calculadora de fim específico e construir um modelo capaz de ser programado para executar *qualquer* tarefa matemática. A segunda foi de que,

para fazê-lo, era bom usar unidades de cálculo binário e não decimal, e chegou a essa brilhante conclusão em 1935 ou, o mais tardar, em 1936. Deve ter sido, portanto, a primeira pessoa no mundo a pensar nisso — e, o que é mais relevante — a pôr o pensamento em prática. Sua terceira idéia foi de que seria possível construir pelo menos uma espécie de maquete — projeto usando partes de um *mecano* e componentes mecânicos baratos, comprados em lojas de ferragem.

Em 1936, portanto, Zuse anunciou aos seus pais, com quem morava num apartamento em Berlim, que estava abandonando seu emprego como desenhista de engenharia (com isso ganhava o pão de cada dia) a fim de ficar em casa o dia inteiro para construir um computador. Os pais, recorda Zuse, “não ficaram muito entusiasmados” com a notícia, mas ele não perdeu tempo e anexou uma mesa à mobília da sala de estar para o seu modelo piloto. Dentro em pouco juntava a essa uma segunda mesa, pois o computador crescia. Logo mais, mesas e outro canto se tornaram indispensáveis. Por fim o centro do salão rendeu-se ao avanço da máquina. Os pais de Zuse recolheram-se discretamente e sem queixas às regiões mais remotas da casa e forneceram ao rapaz os fundos que podiam para a máquina, agora chamada Z 1. O Z 1 era apenas um modelo experimental, mas muito notável assim mesmo e já incorporava algumas características surpreendentes. Havia, naturalmente, a sua base binária de operação — e havia o fato de que a máquina tinha memória e algo que vagamente equivalia a uma unidade central de processamento. Mas tinha também um teclado para entrada dos números, e um sistema de lâmpadas elétricas para dar os resultados do cálculo em forma binária.

A etapa seguinte foi a construção de Z 2, que era ainda mais notável e incorporava dois aperfeiçoamentos radicais na construção de computadores. Em primeiro lugar, Z 2 substituiu os comutadores mecânicos do tipo *mecano*, que ele acabara por achar desajeitados demais e falíveis, por relés eletro-magnéticos — como os que se usam em telefones. Isso parece ter sido a primeira aplicação de tais relés num sistema de computador. Em segundo lugar substituiu o teclado de entrada, que era lento e tosco e indigno do potencial da sua máquina, por um sistema brilhantemente imaginativo aparentado, de certo modo, à fita de papel perfurado. Ao invés de usar fita, impossível de conseguir àquela época, Zuse usou filmes velhos, de 35mm, em que furou os orifícios correspondentes às instruções da máquina. E, pasme o leitor, quando tudo isso foi juntado, funcionou!

Ocorreu então um encontro de cérebros que poderia ter tido enormes conseqüências não só para o futuro da computação mas também para o futuro da humanidade, se as pessoas certas (ou talvez fosse o caso de

dizer, as pessoas erradas) tivessem percebido o seu tremendo potencial. Uma das fitas, como então se dizia, mais populares da época foi a versão clássica, original, de *King Kong*. Não parece necessário esboçar aqui o enredo do filme; basta dizer que para Zuse tratava-se de uma das maiores produções de todos os tempos. Muitos dos seus amigos pensavam da mesma maneira, e se juntaram — suponho que o grupo formasse uma espécie de fã club de King Kong — para fazer uma versão da história para o teatro. Sob qualquer aspecto, o esquema era ambicioso, com o climax do *show* mostrando King Kong cambaleando pelo palco a esmagar edifícios de *papier mâché* e a defender-se de um ataque de biplanos de brinquedo. Houve considerável competição para o papel de King Kong, e Zuse, que era um homem grande, talvez tivesse tido boas esperanças de ser escolhido. Mas havia outro rapaz ainda maior no grupo, um tal de Helmut Schreyer, e esse foi, finalmente, o dono do papel. Assim, numa série de espetáculos muito concorridos, a saga de King Kong foi encenada por amadores num teatro de Berlim, e noite após noite Helmut Schreyer, fantasiado de gorila, destruíu um modelo do Empire State Building.

A despeito da sua rivalidade de palco, Zuse e Schreyer ficaram amigos íntimos, e o último, que andava em busca de um assunto para a sua tese de doutorado de engenharia elétrica, interessou-se vivamente pelo computador Z 1. Quando Zuse lhe contou que tinha a intenção de substituir os comutadores mecânicos da memória por comutadores com relés eletro-magnéticos, ganhando muito em rapidez e fidedignidade, Schreyer, num ímpeto de otimismo jovem e perspicácia, insistiu para que ele desse mais um passo à frente e usasse válvulas ou tubos eletrônicos. A vantagem dos componentes eletrônicos seria um aumento muito grande da velocidade de processamento. Relés de telefone eram capazes de comutar (e, assim, calcular) cinco ou dez vezes por segundo, mas válvulas, se fosse possível fazer com que funcionassem, poderiam operar em centenas, talvez milhares, de ciclos por segundo. Por um breve momento, quando discutiam a idéia de Schreyer, não há dúvida de que os dois homens foram favorecidos pelos deuses com um vislumbre, um lampejo, do futuro. Mas, inevitavelmente, as realidades do presente pesaram sobre eles. Válvulas eram coisa rara, pouco fidedignas, extremamente caras. Consumiam, ademais, enorme quantidade de eletricidade, e o calor que geravam, quando reunidas em grande número, poderia afetar o bom funcionamento das outras partes da máquina.

Zuse voltou aos seus relés, e Schreyer recolheu-se para amadurecer suas idéias. Em 1938 doutorou-se com uma tese em que demonstrava como válvulas eletrônicas poderiam ser usadas num computador digital

de ultra-alta-velocidade. Mas veio a guerra, e essa tese acabou esquecida numa prateleira de biblioteca — e não teve, ao que se saiba, nenhuma influência no desenvolvimento futuro dos computadores. Zuse trabalhou em problemas de engenharia associados com o desenho de aviões, e a Companhia Henschel usou uma de suas máquinas para acelerar os inumeráveis cálculos necessários à solução do problema da vibração das asas. Uma Z 3 e uma Z 4 — esta última já com alguns componentes eletrônicos — foram construídas, como o foi toda uma série de máquinas de finalidade especial, que funcionaram confiavelmente e com êxito no desenho de aeronaves e mísseis.

Há um outro “E se?. . .” Supondo que algum indivíduo presciente tivesse ligado a tese de Schreyer com as máquinas de Zuse e despejado no projeto, com a implacável dedicação que era uma das características do esforço de guerra alemão, vastas somas de dinheiro na construção de um computador inteiramente eletrônico? Que efeito isso teria tido na condução da guerra? Já foi dito que o computador britânico capaz de decifrar códigos (que vamos considerar mais adiante, neste mesmo capítulo) garantiu a vitória para os Aliados. A posse de um computador operacional, naquele primeiro estágio da guerra, não teria tido o efeito oposto?

Felizmente, a mentalidade peculiar, bitolada, do esforço de guerra alemão impediram que isso acontecesse. Hitler estava convencido, em 1940, de que a Alemanha tinha a guerra praticamente ganha e determinou que toda pesquisa científica relacionada com objetivos bélicos tivesse apenas curta duração. De modo que, quando Zuse e Schreyer, em 1940, apresentaram formalmente às autoridades o imenso potencial dos computadores de alta velocidade para quebrar códigos, foi-lhes perguntado, para começo de conversa, se levariam mais do que um ano para construir uma unidade. Tiveram de admitir que sim, e o projeto foi rejeitado.

Mas a guerra não terminou no prazo previsto por Hitler, e quase todas as máquinas de Zuse foram destruídas pelo fogo durante a batalha de Berlim, em 1944. Ele conseguiu salvar a última, a Z 4, e, nos últimos meses do conflito, andou sem rumo certo mas sempre no rumo do sul, com o duplo intuito de salvar a sua invenção e não cair nas mãos dos russos. De um modo ou de outro, chegou aos Alpes e encontrou ali uma aldeia esquecida. Escondeu a Z 4 numa adega enquanto seu cérebro sempre fértil trabalhava na idéia de uma linguagem universal de programação para os computadores do futuro. Tudo poderia ter corrido bem se os camponeses não tivessem ficado desconfiados daquela coisa esquisita que ele escondia no meio dos barris de maçãs. Não demorou muito e as autoridades aliadas também ficaram curiosas, prenderam Zuse, e confiscaram a sua

invenção. Ele esteve internado por algum tempo, mas como não estava implicado em crimes de guerra foi solto e, mais tarde, fundou uma companhia de computadores, que teve o devido sucesso. Seu amigo Schreyer foi ter à América do Sul depois da guerra, e teve também êxito nos negócios. De tempos em tempos, voa até a Alemanha para ver Zuse, e os dois conversam sobre muitas coisas, inclusive computadores e — não duvido nada — *King Kong*.

Mais ou menos ao tempo em que Zuse completava a construção da sua Z 1 com um orçamento tão precário que tinha de ser improvisado dia a dia, uma tentativa semelhante estava em curso nos Estados Unidos, em escala muito mais grandiosa: a construção de um computador de finalidades gerais usando relés magnéticos. O dono da idéia era um jovem professor de matemática de Harvard, Howard H. Aiken. É difícil comparar os dois projetos em vista da imensa diferença entre os propósitos de um e de outro e entre os meios de que dispunham os dois projetos. Mas o ponto de divergência mais interessante é o seguinte: enquanto Zuse trabalhava mais ou menos a partir do nada, desenhando uma máquina que — ao que se sabia — jamais fora objeto de cogitação, Aiken construía conscientemente e deliberadamente uma versão moderna da Máquina Analítica de Babbage.

Em 1936, depois de ler as obras de Babbage com toda a atenção, pôs-se a imaginar se não seria possível combinar em uma unidade um conjunto das mais eficazes calculadoras daquele tempo, sobretudo as multiplicadoras 601, fabricadas pela IBM, e que vinham tendo o maior êxito. Não levou muito tempo para concluir que tal *conjunto* seria uma completa perda de tempo e que a única maneira de chegar a um computador de finalidades gerais seria de baixo para cima e a partir de zero. Igualmente claro pareceu-lhe o fato de que um projeto dessa espécie exigiria recursos técnicos consideráveis e, acima de tudo, vastos capitais. Mas pareceu-lhe também óbvio que, uma vez de posse desses requisitos, uma Máquina Analítica, atualizada para o século XX, podia ser posta para funcionar.

A IBM que, àquela altura, já era uma companhia vitoriosa, que fizera enormes somas com a venda de calculadoras, era uma possibilidade nada desprezível. À sua frente estava um autocrata e excêntrico de nome Thomas J. Watson, que agia freqüentemente por palpite e que podia afundar ou salvar um projeto com uma única palavra. Aiken preparou-se com cuidado, reuniu argumentação convincente e foi ver Watson — que fez uma decisão binária instantânea e deu-lhe um milhão de dólares.

Mas aí veio a guerra e Aiken transformou-se num tenente da Marinha. Mas quando ficou evidente que seu computador seria um artigo feito sob

medida para resolver problemas náuticos, ele foi dispensado com a missão de completar o projeto. Havia muito trabalho duro por fazer, mas poucas dificuldades maiores, por incrível que pareça. O que se deve principalmente à decisão tomada por Aiken de início: sua unidade básica seriam os relés eletro-magnéticos. Parece não haver considerado nunca a sério o uso de válvulas. Argumentava que a sua vasta superioridade em rapidez não compensava a sua inconfiabilidade. O principal do planejamento e do trabalho criativo foi feito em Harvard, mas a montagem do sistema foi feita na sede da IBM em Endicott, onde o ligaram experimentalmente em 1943. Foi então posto em pedaços outra vez para alterações e armado de novo nos laboratórios da universidade.

Se alguém desse com ele intempestivamente — era chamado Harvard Mark I — ficaria de boca aberta. Um monstro: 16m76 de comprimento por 2m43 de altura. Continha nada menos que um milhão de componentes individuais. Nada de semelhante fora jamais construído antes e nada semelhante seria construído de futuro. Por insistência de Watson, fora embelezado por fora com aço inoxidável ‘aerodinâmico’ e vidro, como convinha à imagem da IBM. O efeito era inspirado. Para acrescentar à impressão de perfeição clínica, o computador era operado por engenheiros que tinham sido convocados para a Marinha ao mesmo tempo que Aiken. Exigia-se que se portassem como na Marinha, marchando para cá e para lá com garbo e fazendo continência uns aos outros. Segundo um cientista civil de Harvard, o qual, a despeito do seu aspecto relaxado, foi admitido uma vez ao recinto para dar uma olhadela, “pareciam lidar com a ‘coisa’ em posição de sentido.”

O Mark I recebeu uma quantidade fabulosa de publicidade, principalmente quando a guerra acabou e o segredo imposto pela segurança nacional foi levantado. As revistas sofisticadas estamparam fotografias detalhadas da sua fachada reluzente, que tão bem se casava com a idéia que tinha o público do mundo novo do pós-guerra.

Pois com toda essa pretensão, era um aparelho extremamente lento — já a segunda geração de computadores trabalhava umas mil vezes mais depressa — e mais barulhento que qualquer computador jamais construído, antes ou depois. Contemplando-o reverentemente naquele piso tão polido, o incauto podia ouvir os relés tinindo lá dentro enquanto os números se agitavam e revolviam laboriosamente nas misteriosas entranhas do colosso com um som que alguém comparou, numa frase memorável, “ao de uma sala cheia de velhas senhoras a fazer tricô com agulhas de aço.”

Teve um efeito principal: pôr o nome da IBM na vanguarda da manufatura de computadores. Talvez com essa responsabilidade em mente,

Watson forneceu os recursos consideráveis necessários à construção de um Mark II. Mas a tecnologia fazia progresso acelerado, e as experiências com computadores inteiramente eletrônicos — em curso com algum segredo nos Estados Unidos e com um segredo opressivo na Inglaterra — tornaram Mark II obsoleto antes que fosse completado.

O esforço britânico nos primeiros tempos dos verdadeiros computadores foi muito grande e surgiu das prementes necessidades de uma guerra que chegou a ameaçar, em começo de 1940, a própria sobrevivência do país. Em termos militares, o Reino Unido podia desistir de competir com a Alemanha em pé de igualdade. Sua única chance era usar de astúcia para blefar o inimigo e ganhar dele em esperteza até que o equilíbrio de forças pudesse ser conseguido. O mais importante era antecipar as jogadas do inimigo, estar em movimento à frente dele. E para isso era indispensável penetrar-lhe o serviço secreto. A criptografia — ciência de fazer e decifrar códigos — estava em constante evolução, e não tardou que máquinas fossem usadas para cifrar, o que significava que a cifra podia mudar todos os dias. A história de como o serviço secreto polonês capturou a mais nova máquina cifradora dos alemães, a Enigma, e conseguiu mandá-la para a Inglaterra, já foi contada inúmeras vezes; menos conhecido é que os segredos da Enigma foram revelados com a ajuda do primeiro computador eletrônico do mundo. O local desse triunfo: uma casa de campo em Hertfordshire conhecida como Bletchley Park.

Num primeiro estágio da guerra, o governo de Sua Majestade Britânica começou a recrutar uma equipe de especialistas em matemática e eletrônica. Fechou-os em Bletchley com ordem de estudar a melhor maneira de empregar máquinas na criptoanálise. A primeira tentativa consistiu em lançar mão de máquinas eletromagnéticas, com relés de telefone (como os que Aiken e Zuse tinham empregado). Houve toda uma série de aparelhos desses, e todos tinham apelidos humorísticos, como é do gosto dos ingleses, 'Heath Robinson', por exemplo, do nome do cartunista (equivalente *grosso-modo* ao americano Rube Goldberg), que desenhava ratoeiras movidas a vapor e toda espécie de tralha bizarra.

O extraordinário dessas máquinas, além do fato de que furavam códigos, era dar suas informações em fitas de papel picotado, que passava através de uma unidade fotoelétrica de leitura capaz de examinar cifras à velocidade de duas mil por segundo. Capacidade tão estupenda de absorver dados era de todo desconhecida naquela época. A fita saía pela leitora com tanta velocidade que se erguia no ar numa série de alças e laçadas que se mantinham em posição como estranhas esculturas abstratas. Essa rapi-

dez de entrada/saída merecia rapidez correspondente de computação, e o time passou da série ‘Robinson’ para a série ‘Colossus’, que usava válvulas como unidades básicas. Figuras das mais inesperadas foram aliciadas para trabalhar nessa fase, inclusive dois matemáticos de primeira água, I.J. Good e D. Michie, e no fundo do quadro, mudando de um projeto para outro, segundo as necessidades, a figura perfil de Alan Turing.

Fotografias do Colossus — o primeiro foi instalado e começou a funcionar em dezembro de 1943 — são difíceis de achar, mas a máquina parecia alguma coisa juntada às pressas, a muita pressa mesmo. Toda a computação era feita por válvulas, duas mil ao todo (número absolutamente fantástico para a época), e para saciar a sua voracidade a fita de papel de introdução de dados alimentava-a num ritmo de cinco mil caracteres por segundo. Muita gente está convencida de que o Colossus ganhou a guerra para os Aliados. Os alemães, convencidos de que sua máquina Enigma era à prova de furo, empregaram-na complacentemente até o fim. Achavam que a sua telecomunicação era inviolável. Quem poderá censurá-los? Ninguém, à exceção dos poucos escolhidos — e mudos — que chocavam aquele ovo no dilapidado *cottage* de Bletchley, poderia ter antecipado a tremenda potência do computador uma vez em operação.

Logo que o primeiro Colossus demonstrou o que valia, a construção de outros prosseguiu a toque de caixa. Dez foram montados e instalados antes do fim da guerra. Eram, sem dúvida nenhuma, os primeiros computadores digitais eletrônicos do mundo, mas eram, apesar disso, máquinas de finalidade especial, dedicadas à tarefa de decifrar códigos. Só com muita dificuldade poderiam ser convertidas para a solução de outros problemas.

Entrementes, na Moore School of Engineering, da [universidade] da Pennsylvania, também em condições de grande sigilo, os americanos trabalhavam num computador eletrônico de finalidades gerais, que foi instalado, por fim, no campo de provas de armamento de Aberdeen, Maryland, em 1947. Tinha o nome arrevizado de Electronic Numerical Integrator and Calculator (ENIAC), e foi essa máquina que anunciou — e introduziu — a era dos computadores.

Muitas vezes novas armas ficam prontas e são postas em uso antes que o seu desempenho tenha sido avaliado como convém, e o projeto da Moore School começou como um projeto militar de sigilo máximo: a construção de um mecanismo capaz de fazer as milhares de computações necessárias à compilação de tábuas balísticas para os novos canhões e mísseis. Na Moore School, a solução foi confiada ao Dr. John Mauchly e a um engenheiro de 22 anos de idade chamado J. Presper Eckert, que partilhava da opinião de que a única maneira de atacar a questão era com a utiliza-

ção da imensa velocidade de comutação das válvulas eletrônicas. Juntos, apresentaram uma proposta, em agosto de 1942, em que figurava um desenho detalhado e todas as especificações para uma máquina como a que o governo desejava. E a verba necessária — de 400.000 dólares — foi aprovada. Os dois cientistas tinham, daí por diante, de enfrentar problemas praticamente inéditos, de maior dificuldade — e nenhum deles tinha experiência de lidar com máquinas, muito menos um computador com centenas de válvulas. É desnecessário dizer que não tinham acesso aos dados das experiências do grupo de Bletchley, na Inglaterra. Na verdade, não tinham sequer ciência de que existia.

Depois de meses de faina diuturna (24 ao todo) trabalhando 24 horas por dia, o ENIAC ficou pronto e foi ligado em fevereiro de 1946. Funcionava em sistema decimal e não binário e tinha quase todas as características dos grandes computadores atuais — com uma exceção, de que vamos tratar em seguida. Era pesadão, como todos os primeiros computadores, e ocupava inteiramente uma grande sala. Tinha 19.000 *valves* como se chamam na Inglaterra ou *tubes*, como se chamam nos Estados Unidos, de qualquer maneira, um número inédito de válvulas. A eletricidade para alimentá-las todas teria deixado uma pequena usina ocupada 24 horas por dia, e o calor por elas gerado suscitava terríveis problemas de resfriamento. Não obstante tudo isso, o ENIAC funcionava, e funcionava a grande velocidade. Suas limitações, todavia, já eram perfeitamente aparentes para Eckert e Mauchly. Principalmente uma: o ENIAC tinha uma memoriazinha ridícula para um monstro do seu tamanho. E, mais importante ainda, embora programável em princípio (ao contrário do Colossus), era apenas capaz de ser convertido de uma tarefa para outra com grande dificuldade. Para mudar um programa, era preciso literalmente refazer novamente os circuitos elétricos de parte da máquina.

Enquanto esperava um trem na estação de Aberdeen, Maryland, em 1945, um membro da equipe do ENIAC, Herman Goldstine, encontrou-se por acaso com o matemático John Von Neumann, de fama internacional. Ambos tinham acesso aos maiores segredos do governo e puderam passar o tempo discutindo seus respectivos problemas. Von Neumann trabalhava no projeto de armas nucleares e sentia-se tolhido pelo tempo que levava para conferir seus cálculos, todos de alta matemática. Quando Goldstine lhe contou das incríveis velocidades que contava obter com o ENIAC, o sábio ficou de orelhas em pé e daquele momento em diante tomou-se do mais vivo interesse pelo projeto. Era motivado, em parte, pelo fato de que já pensava na bomba de hidrogênio e esperava que os computadores ajudassem no projeto — como de fato ajudaram. Mas havia outra razão mais im-

portante: sua mente, excepcional, deixara-se incendiar pelas imensas possibilidades dos computadores. Já os identificara como sendo de muito maior relevância para a humanidade que as armas termo-nucleares. O resultado desse encontro fortuito foi que em 1946 Von Neumann entrou como consultor especial na equipe de Moore, e levou consigo o conceito vital do programa armazenado.

O desenvolvimento do programa armazenado é o principal fato singular que permitiu aos computadores avançar muito além da potência do ENIAC e seus diversos contemporâneos. É, também, um conceito de fundamental importância.

Com o risco de aborrecer os leitores que têm algum conhecimento de computadores, é essencial a esta altura recapitular. Um computador é uma máquina ou sistema capaz de manipular ou processar dados, de ‘permutar’, se assim preferem, de modo útil aos seres humanos. A maior parte do que ele faz tem muito a ver com números, uma vez que a informação que requer processamento no nosso mundo sempre mais complicado é, em geral, numérica. Mas a noção de que computar é apenas lidar com números é enganosa e induz a erro, embora tenha funcionado como antolhos para muitos dos primeiros projetistas, usuários e fabricantes de sistemas de cálculos. Os números, neles mesmos, são simples conceitos, codificados para nossa conveniência. Ademais, quando postos no computador são codificados uma vez mais na forma que a máquina prefira — no caso da maioria dos computadores hoje em uso será numa série de comutadores binários, de uma espécie ou de outra. Letras e palavras são apenas outros tantos conceitos codificados e elas também podem ser facilmente recodificadas de modo a serem manipuladas pelo computador.

Quando a gente desce mesmo à essência da coisa, tudo o que temos, em termos de componentes básicos, operativos, de um computador é uma série — possivelmente uma série imensa — de comutadores. Poder-se-ia, até, dizer que a potência do computador se mede pelo número dessas unidades e pela velocidade com que funcionam. E é só isso então que faz um computador poderoso? A resposta é Não. Um computador se diz poderoso não só em termos de capacidade e velocidade mas também em termos do número de coisas diferentes que pode fazer empregando essa capacidade e essa velocidade. Aferido por esse *canon*, o Colossus era um computador poderoso se levadas em conta a velocidade e a capacidade mas um computador excessivamente fraco na terceira, i.e., na versatilidade, pois só fazia uma coisa, furar códigos, e não sabia fazer outra. O ENIAC lhe era superior nas três matérias: era mais rápido um pouco, tinha muito maior capacidade

e podia também, com algum esforço, passar de uma tarefa a outra. Com esse terceiro fator nós nos referimos à ‘programabilidade’ do computador.

Que não é coisa assim tão simples como parece, pois quando falamos em programabilidade de um computador podemos estar falando ou da facilidade que ele tem de mudar de programa ou de quantos e quão efetivos são os programas preparados para ele. De qualquer maneira, um computador de finalidade gerais, como Babbage sabia muito bem, é capaz, em princípio, de *ilimitada* flexibilidade na maneira pela qual processa informações; e se há limites, são eles determinados pela inventividade da pessoa que o programa.

Vamos agora voltar ao ENIAC tal como era ao tempo em que Von Neumann começou a pensar a respeito dele, e ver como foi que ele agiu na tentativa de torná-lo mais potente. Assumindo que não pudesse fazer nada com respeito à sua velocidade e capacidade, então a única solução seria atacar o problema da flexibilidade. E a primeira coisa a fazer seria registrar mais alguns programas — como, por exemplo, resolver equações referentes à bomba de hidrogênio. O ENIAC seria agora um sistema mais poderoso, e se Von Neumann quisesse poderia torná-lo ainda mais potente escrevendo mais programas, e em breve teria toda uma série deles. Mas então uma horrível limitação do ENIAC emergiria. Embora, em princípio, fosse, capaz agora de fazer muitíssimas coisas diferentes, sua utilidade era grandemente limitada pela dificuldade de comutação, i.e., de passar de um programa para outro. Uma solução teria sido inventar um sistema para alimentar o computador com programas mais rapidamente — usando fitas de papel perfurado ou o que fosse. Outra solução, e foi aqui que a lâmpada do gênio acendeu na cabeça de Von Neumann, seria armazenar programas diferentes dentro do próprio computador.

Isso resultava em duas enormes vantagens. Em primeiro lugar, ficava possível tirar partido da imensa velocidade de processamento do computador e permitir que *ele mesmo* mudasse de programa quando necessário. Poderia, assim, comutar de um programa para outro numa fração de segundo ao invés de contar com as luzes do seu escravo humano, desajeitado e pesado. Em segundo lugar, e isso é, de longe, o ponto mais importante, os programas dentro do computador poderiam entrosar-se e interagir. Um programa poderia apelar para outro, comutando para a frente e para trás à vontade. Em princípio, programas poderiam, até, *modificar* outros programas, reescrevendo-os de modo a atender melhor às necessidades do momento e integrá-los com outros mais da série. Daí por diante, os computadores já não eram cavalos velozes mas com antolhos, trotando estupidamente pela mesma trilha. Tornaram-se sistemas dinâmicos, flexíveis, de

processamento de dados, capazes de executar as mais variadas tarefas.

Com um único salto conceptual, o verdadeiro poder dos computadores pulou do finito para o infinito em potencial. Uma vez que o conceito de Von Neumann foi elaborado na mente da equipe da Escola de Moore, ninguém mais duvidou de que o modelo seguinte, o EDVAC, pudesse ser um computador de programa armazenado. Ou que todo computador construído daquele momento em diante teria de basear-se na invenção de Von Neumann. Assim foi, com efeito, e os computadores deram um passo à frente na sua evolução.

Agora o ritmo da coisa começou a esquentar. Nos Estados Unidos, as grandes empresas acordaram e começaram a mexer-se. IBM, Bell Telephone e Sperry-Rand começaram a projetar computadores para o mercado. No Reino Unido, que por algum tempo liderara o mundo na ciência da computação, computadores de grande potência apareceram na universidade de Manchester, em Cambridge, e no National Physical Laboratory. Houve até uma utilização pioneira de computadores pela gigantesca companhia de alimentos, Lyons. Mas embora o ritmo nos Estados Unidos fosse marginalmente mais vagaroso de início, as molas da economia americana e as vastas somas que podiam ser despejadas no desenvolvimento de sistemas de computação começaram a pagar dividendos. Uma vez construídos de acordo com especificações militares, os computadores apareceram por todo lado nos Estados Unidos e, no começo da década de 1950, a IBM vendeu as primeiras máquinas pequenas para empresas privadas.

Os custos, todavia, eram ainda quase proibitivos, e os componentes pouco fidedignos. Toda gente pensava que jamais os computadores poderiam ter qualquer papel na vida das pessoas. Pareciam conformar-se pouco a pouco ao mesmo papel que tinham as outras peças de tecnologia altamente especializada — submarinos, ciclotrons, usinas elétricas, na vida do mundo em geral. Eram úteis, sem dúvida, impressionantes, potentes, mas não haveria nunca um grande número deles. E então, de súbito, dos laboratórios da Bell Telephone surgiu a invenção do transistor.* E com ele os computadores deixaram instantaneamente o passado e entraram no presente.

* Segundo a *Encyclopaedia Britannica*, o transistor foi inventado em 1948 nos Bell Telephone Laboratories Inc., Estados Unidos, por John Bardeen, Walter H. Brattain e William B. Shockley, que receberam coletivamente o prêmio Nobel de Física de 1956. (N. do T.)

PARTE II

O PRESENTE

CAPÍTULO 3

Começa a revolução

De todas as invenções do complexo a que hoje chamamos computador a mais importante é, sem dúvida, o transistor. As válvulas eletrônicas fizeram possível, pela primeira vez, o processamento de dados a alta velocidade, e o programa armazenado abriu caminho para a possibilidade de um computador inteligente. Mas o transistor põe tudo isso no chinelo. Para apreciar o seu significado temos de mergulhar uma vez mais nos detalhes.

Válvulas ou tubos valem-se para o seu poder de amplificação de um electrodo aquecedor que bombeia elétrons através de um vácuo. Esse electrodo é um dispositivo que tem de ser feito de metal e que fica inoperante se por demais reduzido ou reduzido abaixo de um limite x . Digamos que se ele fica pequeno demais não pode produzir calor suficiente para ativar os elétrons. O transistor, pelo contrário, depende para funcionar de estruturas de tamanho diminuto que se formam no interior de cristais de silício, e esses agem como amplificadores eletrônicos da mais alta potência. Assim, é possível ter um amplificador 'de estado sólido', baseado em minúsculos fragmentos de silício; e uma redução substancial nas dimensões da unidade operativa de um computador torna-se possível — na verdade, os primeiros mecanismos transistorizados ocupavam menos de um centésimo do espaço de uma válvula antiga. Mas há outro dividendo: porque não dependem do calor para comandar os seus elétrons, (os rádios de transistor, como toda gente sabe, não precisam de um período de 'esquentamento'), consomem muito menos energia. São também muito mais rápidos e muito mais fidedignos. Com um estrondo ouvido em volta do mundo, a válvula eletrônica caiu em desuso.

O advento do transistor não podia ser previsto por nenhum dos pioneiros do computador nem poderiam ser antecipadas as suas espetaculares consequências. A potência e velocidade dos computadores inteiramente transistorizados alcançou um ponto quantitativamente diferente de tudo o

que Babbage poderia ter sonhado, talvez até compreendido. As memórias dos computadores também ficaram maiores, passando das pífias centenas de *bits* em armazenagem das primeiras máquinas a milhares, centenas de milhares, milhões, dezenas de milhões, eventualmente bilhões de palavras dos atuais dispositivos de armazenamento. Uma vez que essas maciças memórias foram construídas, os computadores começaram a assumir um novo — e inesperado — papel. Ao invés de serem somente calculadoras de serviço pesado — mastigadoras de números, para usar o jargão corrente — tornaram-se de súbito manipuladores de informações, oferecendo imensos e cada dia mais baratos repositórios para a terrificante montanha de fatos e dados que o nosso mundo gera incessantemente. Seu número duplicou, depois duplicou outra vez, e continuou a duplicar; suas memórias aumentaram de maneira estupenda; seu gigantismo de brontossauros deu lugar a arcabouços mais ágeis, menores; sua velocidade de processamento cresceu em escala astronômica; e seu custo começou a cair verticalmente. O que pode dar a impressão de uma tecnologia que tivesse perdido as estribeiras. Pois foi o que aconteceu. Nunca na história um aspecto da tecnologia tinha feito avanços tão espetaculares.

Três forças maiores motivaram e alimentaram essa história de sucesso. A primeira, como tantas vezes acontece, era militarista.

Os problemas militares são ideais para computadores. Qualquer pessoa em posição de comando numa batalha se vê a braços com um imenso fluxo de informações, que muitas vezes chegam de chofre, ou de forma truncada e confusa, levando o cérebro humano ao limite da sua capacidade. Esse aspecto foi muito bem posto logo no início da saga dos computadores, quando o grande duque de Wellington visitou Babbage em companhia da mulher. O sábio estava às voltas com o projeto do Analytical Engine. Perguntado se o maior problema da sua máquina consistia em descobrir os melhores componentes, Babbage respondeu que era mais uma questão de o inventor entender a complexidade geral do sistema e manter-se atento à infinita variedade de conseqüências que poderiam advir da interação das partes. O duque, que enfrentara exatamente o mesmo problema tentando manter sob controle massas desordenadas de soldados e fazer delas um conjunto eficaz e homogêneo, sabia muito bem o que ele estava dizendo.

As coisas pioraram em lugar de melhorarem depois de Waterloo, e não é de espantar que para o fim da década de 1950 as grandes potências se tivessem interessado em aproveitar a capacidade dos computadores para os seus próprios fins. Os primeiros frutos disso foram largamente defensi-

vos. O sistema aéreo de defesa SAGE, dos Estados Unidos, por exemplo, centralizava os dados que lhe forneciam, manual e automaticamente, dezenas de milhares de postos de observação visual ou radiofônica através da América do Norte continental e dos seus oceanos; e integrando essa informação multiforme, mantinha as forças globais de defesa no apropriado estado de prontidão. Mais tarde, sistemas de computação foram levados a planejar também estratégias ofensivas; mais tarde ainda, viram-se, depois de reduzidos magicamente nas suas dimensões físicas, no bojo de aviões de combate, submarinos e tanques. Tudo isso tinha seu lado benéfico. Em primeiro lugar, as somas que o governo dos Estados Unidos pode reunir, quando deseja, correram pelo mundo dos computadores, criando e moldando toda uma indústria subsidiária. Em segundo lugar, as severas exigências dos militares — que requeriam sistemas que não só funcionassem mas funcionassem bem em condições de combate — redundavam em produtos garantidos, testados à exaustão, e que podiam ser posteriormente reconicionados para o mercado civil. Em terceiro lugar, grande impulso teve de ser dado à miniaturização.

A segunda grande força motivadora foi a Corrida Espacial. Em 1957, os russos chocaram o mundo lançando, em sucessão, uma série de satélites artificiais, um dos quais continha uma cadela; enquanto que os americanos, com uma complacente confiança na própria superioridade tecnológica, passaram por uma série de fiascos, com foguetes que ora explodiam nas bases de lançamento e ora subiam uns duzentos pés apenas para cair logo em seguida no mar. Os russos tinham feito rápidos progressos no aperfeiçoamento de grandes foguetes de retropropulsão e, na verdade, mantiveram-se na vanguarda da Corrida Espacial até meados da década de 1960, aproximadamente. A reação americana a isso foi em parte gloriosa e em parte megalomaníaca. Implicou em canalizar quantias colossais para o objetivo de pôr um homem na Lua — se possível, antes dos russos. O resultado disso é bem conhecido, e, afinal, relevante, pois demonstrou aquilo de que o homem é capaz quando de fato se dispõe a fazer alguma coisa — e a gastar o que for preciso. Levou, além disso, a um progresso na ciência da computação, principalmente por causa do tremendo preparo de computador exigido antes de cada missão mas também, em parte, devido à real necessidade que tinham os americanos de miniaturizar até desenvolverem também grandes foguetes de lançamento. Curiosamente, os foguetes gigantes acabaram fazendo mais mal do que bem aos soviéticos, acostumando-os ao desperdício. Os filmes e transmissões de TV oriundas das espaçonaves russas mostram-nas como coisas cavernosas, cujos interiores são arranjados mais como submarinos do que como veículos espaciais e parecem

entupidos até a boca de equipamento, inclusive computadores atarracados, volumosos. Os americanos, por seu lado, tiveram de espremer a sua tecnologia, computadores e tudo, até caber nas exíguas espaçonaves de que dispunham e, com isso, avançaram uma década em matéria de miniaturização.

A terceira força que pôs os computadores em ação foi outro dos motivos mais básicos do homem, o comercialismo. Quando as pessoas do lado de cá, que vivem sob a bandeira do capitalismo, vêem uma oportunidade de ganhar dinheiro com alguma coisa, acabam descobrindo o meio de fazer essa coisa. E se vêem uma oportunidade de ganhar muito dinheiro, ficam de todo motivadas para tentar a sorte. No começo não era claro, nem mesmo para os empresários de maior visão, que os computadores estavam na bica de se tornarem um alto negócio. Na verdade, o consenso geral era de que o mercado mundial para computadores seria fraco. Um dos pioneiros ingleses da informática chegou a pensar que as necessidades do Reino Unido poderiam ser satisfeitas perfeitamente com um único computador. Particularmente indicativo de como o crescimento potencial dos computadores não era óbvio àquela altura, é o fato de que quase nenhuma das companhias que faziam dinheiro vendendo calculadoras de mesa na década de 1940 diversificaram em computadores. Só a IBM, forçada a avançar a chicote sob a implacável intuição do seu fundador, Watson, viu a luz.

E assim, ajudada pela pesquisa militar e espacial, alimentando-se da crescente necessidade da sua existência, os computadores se tornaram uma das indústrias de maior crescimento do mundo capitalista. De começo, sua presença passava despercebida, uma vez que só as grandes organizações e as autoridades oficiais podiam permitir-se tal luxo. Depois, apoiadas nos transístores e com os preços caindo cada dia um pouco mais, pequenos computadores, destinados a pequenas empresas, fizeram sua aparição. As companhias que fabricavam computadores ganhavam muito dinheiro e investiam seus lucros no próprio negócio, o que resultava em maiores progressos tecnológicos e em maiores lucros. À medida que memórias de capacidade cada vez mais ampla eram postas em espaços cada vez mais exíguos, e a confiabilidade aumentava, novas aplicações dos computadores começaram a surgir. Caracteres legíveis pela máquina passaram a aparecer no rodapé dos cheques e os bancos entraram no mundo do processamento automático de dados. O serviço de reservas das companhias aéreas e cadeias de hotéis foi confiado a computadores e, desde meados da década de 1960, nenhuma organização comercial que se preze terá a idéia de contemplar outra maneira de calcular salários e pagamentos.

O resultado foi que quando Neil Armstrong conseguiu botar o pé na Lua — os computadores tinham atingido um ponto em que sua infiltração nos escritórios particulares ou do governo era já considerável. Mas os computadores continham as sementes do seu próprio crescimento e aperfeiçoamento tecnológico, e as regras que governam o ritmo do desenvolvimento científico e industrial nem sempre se aplicam. Assim, quando o crescimento se deu, sua tendência foi logo acelerar-se e nenhuma prova disso precisa ser dada. Basta ver a maneira fenomenal pela qual os computadores encolheram de tamanho recentemente e ganharam em velocidade de processamento.

A primeira dimensão a considerar é a espacial. Os componentes dos primeiros computadores eram grandes e mecânicos. Vieram em seguida os relés eletromagnéticos, um pouco menores, e depois as válvulas — que eram até um pouco maiores. O advento do transistor produziu uma redução sensacional nas dimensões das máquinas. Em si mesmo, o transistor é uma pequena lâmina de material semicondutor (i.e. de material que não é tão bom condutor como o metal e, todavia, melhor do que, digamos, a madeira), o qual, se contém certas impurezas na estrutura, pode agir como um amplificador e dispositivo de comutação de estado sólido. É curioso, mas as tais impurezas podem ser infinitesimais, e, todavia, os transistores conservam seu poder de amplificar. E nem bem os primeiros tinham sido fabricados e já os cientistas estudavam meios e modos de miniaturizá-los do seu tamanho inicial de cerca de um centímetro cúbico para alguma coisa como uma cabeça de alfinete.

Esses níveis de miniaturização foram logo alcançados e enquanto chegavam ao mercado os engenheiros de transistor projetavam ‘unidades lógicas’ — circuitos eletrônicos completos, com vinte a cem componentes, o equivalente *grosso-modo* imagino eu, à Difference Engine de Babbage, todos ligados uns aos outros numa lâmina de silício de c. 1 cm^2 , o “Chip”. Esses *chips* são hoje o coração de quase todos os aparelhos de contagem, desde os relógios até os maiores computadores. Não precisamos discutir aqui a sua manufatura, que não é simples, mas uma vez que um *chip* ‘mestre’ foi projetado e fabricado, os transistores podem ser produzidos em massa.

A miniaturização não parou quando chegou à etapa de gravar circuitos completos num *chip*. Com a técnica conhecida como integração em larga escala, centenas, de começo, depois milhares e, até, dezenas de milhares de unidades individuais puderam ser acumuladas numa só fatia do semicondutor. E, assim mesmo, o processo de miniaturização continuou; e tanto quanto se possa saber, continuará no futuro previsível. As unidades

das quais se fazem computadores tornam-se cada dia menores, reduzindo-se para além do alcance dos microscópios comuns e invadindo o infinito do mundo molecular. Tão rápida é a velocidade desse processo, que um aperfeiçoamento segue-se a outro quase mensalmente. Agora mesmo enquanto escrevo [1979], as mais recentes memórias, que contêm cem mil unidades de comutação, estão sendo comprimidas num só *chip*. Talvez já estejam até no mercado. No horizonte ou, para ser mais exato, no laboratório, mas com precisão de ser operacional dentro de um ano ou dois no máximo, e são os primeiros *chips* de um milhão de unidades de comutação.

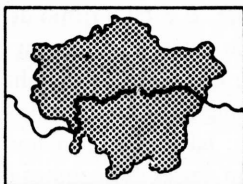
Agora, um milhão é número peculiar que se usa mais e mais hoje em dia, quando a inflação faz os orçamentos dos governos subir à estratosfera. É fácil, por isso, desvalorizar o conceito de um computador feito de um milhão de componentes e que cabe, apesar disso, numa unha. Para dar uma idéia aproximada disso de que estamos falando, suponhamos que essas unidades fossem expandidas até ficarem do tamanho das válvulas do ENIAC original e postas lado a lado numa superfície plana com um intervalo de 3 cm uma da outra — que dimensões teria o conjunto? A resposta é: as de um campo de futebol.

Olhemos agora coisa de outro ângulo. Quando os primeiros computadores grandes despertaram a atenção da imprensa no começo da década de 1950 foram chamados — e o nome não era de todo enganador, ‘cérebros eletrônicos’. O cérebro humano é feito de diminutas unidades binárias, eletrônicas, de comutação, chamadas neurônios. Há um grande número deles — cerca de dez bilhões ao todo. Mesmo assumindo que neurônios e unidades eletrônicas de computação se equivalham do ponto de vista de funcionamento, seria ridículo, costumavam dizer os cientistas, chamar ‘cérebros’ aos computadores e mais ridículo ainda imaginar que fossem fazer o que os cérebros fazem. Pois se alguém pretendesse construir um computador com o mesmo número de elementos que tem o cérebro acabaria com um trambolho do tamanho de Londres que gastaria, para funcionar, mais energia que o metrô local [chamado pelos ingleses ‘Underground’].

Esse exemplo desanimador era usado geralmente para calar os paralelismos cérebro/computador no tempo em que a máquina era toda válvulas (começo da década de 1950), mas faz rir hoje. Mesmo no começo da década de 1960, com a transistorização, o computador/cérebro tinha encolhido e já era apenas do tamanho de Albert Hall; um gerador de 10kW bastaria para fazê-lo funcionar que seria uma beleza. No começo dos anos 70, com os circuitos integrados, houve uma nova compressão: a máquina passaria a ter as dimensões de um ônibus londrino e funcionaria

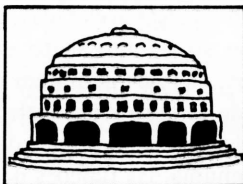
PROGRESSO DA MINIATURIZAÇÃO

1945 VÁLVULAS



**Londres
(com os
subúrbios)**

**1955 PRIMEIROS
TRANSISTORES**



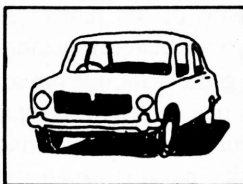
**Albert
Hall**

**1965 PRIMEIROS
CIRCUITOS
INTEGRADOS**



**Ônibus de
Londres**

**1970 PRIMEIRA
INTEGRAÇÃO
EM LARGA
ESCALA**



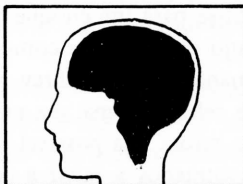
Automóvel

1975



**Aparelho
de TV**

1980



Cérebro

se ligada a uma tomada comum. Em meados da década de 1970 teria as proporções de um receptor de TV. Tem, agora [1979], as da minha máquina de escrever. E é tal o ritmo de desenvolvimento que, dando um intervalo de um ano entre o tempo em que eu escrevo e o tempo em que o leitor terá debaixo dos olhos estas linhas, o incrível cérebro minguanterá continuado a minguar — até quando? Aposto que não será maior que um cérebro humano; talvez fique menor. E para alimentá-lo será suficiente uma bateria de um desses radiozinhos ditos de pilha.

Essas mudanças aceleradas, que logo farão com que os computadores se equiparem ao cérebro tanto em tamanho como em número de partes componentes, não nos permitem traçar outros paralelos. Assumindo que o tal modelo de cérebro seja construído e fique lá, em cima de um aparador, capaz de calcular a velocidades de computador, mesmo assim não poderá executar nenhuma das funções de um cérebro humano. Para fazê-lo, teria de ser programado apropriadamente, e os problemas de uma programação dessas seriam colossais. Mas isso não quer dizer que não poderia ser *jamais* programado, e voltaremos a esse ponto depois. Será também honesto dizer que o computador levaria enorme vantagem em velocidade de comutação. O cérebro humano ainda estaria marcando passo a cem ciclos por segundo quando nenhum computador se satisfaria com uma velocidade de comutação de menos de um milhão de ciclos! Aqui, mais uma vez, temos de fazer pausa para esclarecer melhor o assunto.

Muita gente acha que um segundo é um período curto. Não são muitas as coisas que se podem fazer num segundo: piscar o olho, proferir uma palavrinha curta, ler cerca de trinta letras de texto. A idéia de que um relé eletromecânico possa ir para a frente e para trás vinte vezes num segundo conjura uma imagem de um pedaço de metal barulhento, fora de foco; e quando a gente imagina válvulas a operar milhares de vezes por segundo passa para uma outra escala de tempo em que já não tem pontos de referência. Que dizer, então, de milhões de vezes por segundo? Não corremos o risco de perder contacto com o conceito inteiramente? Pois isso é apenas o começo, e se o leitor não tem considerado essas coisas suficientemente deve preparar-se para um choque quando eu lhe disser que já existem computadores cujo potencial de comutação é de um milionésimo de segundo, i.e., de um nanossegundo (abrev. nseg.). — bilhões de vezes em cada tique ou taque de relógio. Uma vez mais precisamos pelo menos pôr isto em perspectiva e talvez seja possível fazê-lo com outro exemplo. Uma vez que estamos acostumados a ouvir a palavra 'bilhão' empregada em termos de dinheiro (e falo do 'bilhão' americano = mil milhões), vamos usar um contexto que é ao mesmo tempo monetário e temporal.

Imagine-se um bilionário que tenha decidido dar uma nota de uma libra esterlina (£) a todas as pessoas que o procurarem — só uma libra para cada uma. Forma-se uma longa fila, e o bilionário começa a distribuir as suas libras. O homem é rápido e consegue dar uma nota de dez em dez segundos. Mas é também humano e só consegue manter esse ritmo oito horas por dia, cinco dias por semana. De quanto tempo precisará para dispor do seu bilhão? Supondo que tenha feito entrega da derradeira nota: quanto tempo fazia que tinha entregado a primeira? Dez anos? Vinte? Confrontadas com uma pergunta assim, as pessoas arriscam no escuro e saem-se com um número entre dez e cinquenta anos. Pode ser que alguém venha com uma data do século XIX. Isso parece plausível, ou poderia ser ainda mais para trás? Será concebível, por exemplo, que o bilionário possa ter começado ao tempo da batalha de Waterloo [1815]? Não, seguramente começou antes. Ao tempo da execução de Ana Bolena [1536]? Antes. Da batalha de Agincourt [1415]? Também não. Muito antes. Do Grande Incêndio de Londres [1349]? Que esperança! Old St. Paul ardia e ele já contava dinheiro. Batalha de Hastings [1066]? Não, antes! Resumindo: teria sido preciso recuar até o ano 640 mais ou menos antes que o bilionário distribuísse seu primeiro bilhete de 1 libra. Mas isso é apenas o começo. Um bilhão de vezes por segundo já não é considerado o limite extremo das velocidades de processamento do computador. Observações recentes indicam que na superfície de alguns dos últimos materiais semicondutores, diminutos elementos magnéticos podem ser vistos a vibrar, confessadamente de modo incontrolado, a velocidades que se aproximam de um trilhão por segundo.

É só estender a analogia a um trilionário que deseja ver-se livre da sua fortuna para recuar no tempo para os anos antes de Cristo, antes de Roma, de Stonehenge, do Egito com suas pirâmides, antes da arquitetura, da música, da linguagem, de volta ao Plioceno, quando a Europa estava encrustada de gelo e o mamute e o rinoceronte lanígero reinavam absolutos. Não existe outra palavra para o fenômeno: tais velocidades de computação são *fantásticas*. E, todavia, aí estão! Os computadores operam a velocidades que tais, e o Homem saberá encontrar a maneira de botá-las a seu serviço.

O que suscita a questão do uso possível para esses computadores extremamente rápidos, extremamente pequenos e sua progênie, ainda menor e mais veloz. Haverá certamente um limite teto para a velocidade com a qual as pessoas desejam calcular? Será de fato desejável para uma companhia cujos negócios — impostos a pagar, salários a pagar etc. — são resolvidos *em uma hora* por um computador, vê-los em breve resolvidos,

por outra máquina da nova geração, *em um segundo*? Supondo, alternativamente, que, com as tecnologias correntes hoje de memória, todos os detalhes referentes a pessoal pudessem ser gravados num disco chato, magnético, do tamanho de um LP de 45 rotações por segundo, que vantagem haveria em armazenar tudo isso em algo das dimensões de um selo postal? Essas perguntas podem parecer naturais — como o são, de fato — mas serão elas as mais relevantes? A resposta é não. Elas deixam de fora um ou dois pontos do maior interesse.

Primeiro: enquanto maciços incrementos das velocidades de processamento são apenas úteis quando o problema é digerir números, quando a potência de um computador é dirigida para tarefas de natureza não-numérica eles passam a ter um rendimento deveras espetacular. A distinção entre necessidades numéricas e não-numéricas precisa ser apreciada com cuidado, mas falamos de tarefas para as quais o que conta é o potencial intelectual do computador, sua capacidade de resolver problemas, de pesquisar fatos, de fazer análises lógicas e não a pura calculação rotineira. Usar a palavra ‘intelectual’ neste contexto é pisar em terreno minado, mas uma vez que os computadores passam da rotina para funções mais nobres, analíticas e de integração, os tais incrementos em velocidade de processamento começam a mostrar a que vieram: para lidar com problemas mais complexos.

O segundo ponto diz respeito a reduções de tamanho. Por que fazer computadores tão pequenos que se a gente deixa cair um no chão corre o risco de ir-se embora com ele pregado ao salto do sapato? Há três respostas para essa pergunta. Juntas, resumem um dos mais importantes fatores individuais sobre o ritmo do desenvolvimento dos computadores nos próximos anos. Computadores diminutos têm enormes vantagens: 1, consomem diminutas quantidades de energia; 2, são baratos; 3, são extremamente portáteis e podem ser utilizados nos mais diversos lugares. De fato, estamos caminhando para a fase em que os computadores se tornarão das peças mais baratas da tecnologia — mais baratos, por exemplo, do que aparelhos de televisão (já o são), do que máquinas de escrever portáteis, do que rádios transistores. Serão também, e pelos mesmos motivos, as peças de tecnologia mais comuns do mundo, e as mais úteis.

CAPÍTULO 4

As molas do crescimento

A resumida história do futuro, que vamos agora considerar, baseia-se numa única suposição crucial: que a tecnologia dos computadores ainda não atingiu o seu pico e que o crescimento dos computadores e da potência dos computadores continuará por algum tempo ainda. Mas antes de entrar nos motivos dessa evolução precisamos examinar mais detidamente o que queremos dizer por 'crescimento' e 'potência' neste contexto.

É de esperar que a tecnologia dos computadores mude dentro de certos parâmetros: computadores menores, mais compactos; computadores mais rápidos; com memórias maiores; mais fidedignos; mais baratos. Mas a potência dos computadores pode ser aferida também em termos de eficiência, número global de unidades, utilidade e — para tocar num assunto dos mais polêmicos — inteligência. O primeiro grupo de fatores está intimamente ligado ao desenho dos aparelhos; o segundo tem mais a ver com a sua programação: ou seja, de quão satisfatoriamente podem ser eles programados. Ao decidir se a potência dos computadores aumentou cumpre não atentar apenas para um desses fatores mas procurar descobrir o que aconteceu em todos os níveis.

Em termos de crescimento, as coisas podem tomar quatro direções:

- 1 — o crescimento pode parar agora;
- 2 — o crescimento pode continuar firmemente por certo tempo;
- 3 — o crescimento pode acelerar-se por algum tempo;
- 4 — o crescimento pode acelerar-se indefinidamente.

Há variações sobre esses temas, sem dúvida, mas é pouco provável que haja variações significativas. Todas as predições do resto deste livro são baseadas nas presunções de que 2, 3 ou 4, ou ainda, alguma variação de um deles, prevaleça; embora possa haver diferenças entre a velocidade com que os desenvolvimentos ocorram e ao tempo em que seus efeitos comecem a ser sentidos. Se prevalecer a alternativa 1, estas predições não valerão nada, e o impacto da Revolução do Computador será menos espetacular um pouco.

Se o leitor acredita que o desenvolvimento dos computadores possa cessar *agora*, então fica obrigado a acreditar também: primeiro, que o mundo não terá um número muito maior de computadores dentro de dez anos do que tem agora; segundo, que esses computadores não ficarão muito mais baratos; terceiro, que foi atingido o limite da sua miniaturização; quarto, que dificilmente eles ficarão mais fidedignos do que hoje (em outras palavras, que o seu raio de ação já está esgotado); e, finalmente, que a 'inteligência' deles, para usar essa inconveniente palavra uma vez mais, já atingiu o apogeu.

Com exceção do último ponto, que teremos de discutir mais tarde, a questão é singela e de uma clareza meridiana: não há absolutamente qualquer sinal de que qualquer desses limites tenha sido alcançado ou seja alcançado em futuro próximo. Muito pelo contrário, tudo aponta para a constatação de que o número de computadores no mundo aumenta aos saltos, *diariamente*; que seu custo cai, *verticalmente*; que o ritmo da miniaturização cresce; que o leque de aplicações dos computadores se alarga, que o número de atividades passíveis de serem submetidas a computação cresce a olhos vistos. E o leitor não precisa fiar-se na palavra do autor, as provas estão à mostra, abundam na literatura técnica e científica, têm sido expostas em inúmeros jornais, artigos de revistas e programas de televisão. Mas é bom notar que existem duas eventualidades — nada desprezíveis, aliás, nem improváveis — em que o progresso no campo da computação pode ser freado bruscamente: primeiro, se houver uma terceira guerra mundial; segundo, se o império econômico do Ocidente entrar em colapso, como vêm prevendo há algum tempo os comentadores marxistas. Nos dois casos, ao que tudo indica, o crescimento dos computadores não só pára, como regride um pouco.

Tendo chegado a um ponto em que a idéia de um crescimento *qualquer* parece provável a curto prazo, temos de examinar as forças que agem para promovê-lo e as que o inibem. Mas, para complicar tudo, tenho de introduzir primeiro na discussão uma variável a que chamarei 'efeito Curingão'. O Curingão é a figura cuja aparição num jogo de cartas pode lançar a confusão nos planos mais bem arquitetados dos jogadores. Na vida, será o fato ou indivíduo cujo advento tem extraordinárias consequências e cuja existência não pode ser prevista. Na política, é representado, digamos, pela bala que matou o presidente Kennedy; no campo econômico, pelo boicote árabe do petróleo; no campo científico, tomando os computadores como exemplo, ele se esconde por detrás da invenção do transistor. Em um desses casos, como o leitor pôde observar, as consequências da atividade do Curingão foram nefastas (assumindo que pense como eu que o

mundo ficou pior do que era com a morte de Kennedy); em outro, ambíguas (assumindo que o leitor acredite que a questão do preço do petróleo tem dois lados); e, no terceiro, boas (desde que o leitor se rejubile com computadores a preço de banana).

O problema com o Curingão é que nunca se sabe em que rumo ele vai mudar as coisas. Consideremos a hipótese de uma guerra entre a União Soviética e os Estados Unidos. Se armas nucleares forem empregadas, o mundo será destruído, e, certamente, a ciência da computação estará de volta às suas origens. Mas suponhamos que o conflito seja convencional. Os governos que se confrontam podem decidir que a única maneira de conseguir uma vitória não-nuclear será por uma maciça injeção de pesquisa científica a fim de construir computadores fantasticamente aperfeiçoados — e nesse caso a computação pode conhecer um período áureo, de avanços imprevisíveis. Mas chega de Curingão. Já tomamos boa e devida nota da sua existência e dos seus poderes. Vamos considerar agora as forças que podem impedir ou estorvar o crescimento.

Um fator de inibição, que tinha muito mais força alguns anos atrás do que tem hoje, é a possível escassez de matéria-prima essencial. O argumento é semelhante ao que foi usado na tese dos “Limites ao Crescimento”. Não se pode simplesmente ter mais e mais de tudo sem chegar a um ponto em que alguma coisa essencial falte. Isso se aplica a petróleo, carvão, comida, água potável, até ar. No caso dos computadores, refere-se aos vários metais e produtos cerâmicos usados nos seus componentes. A argumentação tinha mais peso quando os computadores eram muito grandes e empregavam muito produto primário — alguns, como o cobre, relativamente escassos. Hoje, e embora muito computador de grandes dimensões seja ainda construído, o crescimento numérico real se dá no campo dos sistemas miniaturizados. Já existem computadores de mesa e logo haverá computadores de bolso ou menores. Contêm, pela sua própria natureza, quantidades tão diminutas de matéria-prima de qualquer espécie que sua proliferação dificilmente será ameaçada por qualquer escassez.

Não é difícil imaginar barreiras tecnológicas, capazes de causar problemas no futuro desenvolvimento da computação. Por exemplo: quando as unidades magnéticas de comutação se reduzem a dimensões verdadeiramente microscópicas e ficam muito densamente concentradas, seus campos magnéticos se fundem, e discretas paradas (individuais) de comutação podem surgir. Ou alguém descobre que é impossível controlar a atividade dos elétrons nos transístores quando as unidades são inferiores a determinado tamanho. Trata-se, nos dois casos, de possibilidades, e

não há prova de que venham, de fato, a ocorrer. Na verdade, uma dessas barreiras já foi identificada e começa a causar alguns transtornos: diz respeito à velocidade da luz. Os computadores já ficaram tão velozes no cálculo que os sinais que se originam do processador central e que viajam, *grosso-modo*, à velocidade da eletricidade, i.e., da luz, simplesmente não conseguem sair do caminho em tempo e são, literalmente, atropelados pela investida de novos cálculos. Seria lícito falar de um engarrafamento eletrônico.

O problema parecia muito sério nos antigos computadores de dimensões maiores, pois embora a luz dê a volta ao mundo sete vezes num segundo, mesmo assim leva um tempo mensurável para atravessar uma máquina muito grande, e há uma certa 'demora' eletrônica em quase todo cabo ou fio. Isso foi muito aliviado com a redução no tamanho dos computadores; mas assim mesmo, com velocidades de comutação de bilhões por segundo, um computador não pode ter mais de um metro de diâmetro sem que algum problema de 'tráfego' apareça. Afortunadamente, são muitíssimos os computadores de menos de um metro de diâmetro e continuam a diminuir. O principal é: não há sinais no horizonte de barreiras tecnológicas finitas. As que existem são superáveis. Outras virão, provavelmente: mas então os computadores já terão imensa capacidade.

Problemas combinacionais também podem inibir o desenvolvimento dos computadores. Refiro-me à espécie de dificuldade com que Babbage se viu confrontado quando começou a construir a sua primeira máquina realmente grande. É um problema que emerge toda vez que se tenta acoplar umas às outras grande número de coisas. Conformase à V Lei de Fink que reza: "a confusão aumenta ao quadrado do número de unidades implicadas". Gêmeos, por exemplo, dão quatro vezes mais trabalho que uma criança sozinha; trigêmeos levados são nove vezes mais levados que um filho único. Era de esperar que a Lei de Fink se fizesse presente e de maneira significativa nos domínios da ciência da computação; e nos primeiros dias, quando os sistemas eram desmesurados, muito mais válvulas queimavam de uma vez do que seria previsível de acordo com as probabilidades. Curiosamente, a Lei de Fink não parece operar com grande virulência no caso dos microprocessadores, onde o que aconteceu — se aconteceu alguma coisa — foi que a fidedignidade aumentou na proporção do número de unidades de comutação. Pode ser que os computadores venham a enfrentar estupendos problemas combinatórios no devido tempo, e que isso represente um 'alto!' para todo e qualquer desenvolvimento posterior. Mas por enquanto o oposto é que parece verdadeiro.

Decisões tomadas por forças poderosas em nível parlamentar ou de

poder executivo poderão, certa ou erradamente, provocar uma interrupção no crescimento dos computadores. Um desses inibidores políticos seria uma deliberada decisão governamental de resistir à automatização nas principais indústrias nacionais a fim de preservar empregos. Outro seria, digamos, uma esmagadora intervenção por parte dos coletores e fiscais de rendas a fim de interromper um progresso economicamente destrutivo para eles. Nos países não-democráticos, sobretudo aqueles que não desejam ver divulgado demasiado número de informações, inibidores políticos podiam ser acionados para bloquear as comunicações internacionais por computador. Tudo isso não pode ter senão efeito temporário, mas há que admitir que o crescimento dos computadores será afetado por algum tempo.

Nos países democráticos, as pressões sociais levam vantagem sobre as burocráticas, e essa espécie de inibidores é hoje e geralmente reconhecida como a mais eficaz quando o tempo for chegado, a mais capaz de exercer pressões. Para dizer a verdade, isso já aconteceu. Um clássico exemplo seria o de um sindicato que fincasse o pé e resistisse à introdução da automatização onde quer que ela implicasse em desemprego ou, mais arbitrariamente, onde implicasse em diminuição da autoridade ou da influência do sindicato. Os sindicatos são alvos fáceis, mas suas táticas não são sempre tão estúpidas ou limitativas como se pinta; e sejam quais forem os efeitos inibitórios que exerçam podem ter apenas curta duração. Mas a pressão social, seja na forma de monolíticas 'operações tartaruga' seja pelas atividades mais espetaculares de pequenos grupos de 'luditas' aguerridos*, o fato é que constituem uma real ameaça e que essa ameaça pode muito bem materializar-se em algum momento dos próximos anos.

Outro fator a considerar seriam inibidores psicológicos. Refiro-me a sentimentos negativistas a respeito de computadores, que agem no inconsciente do indivíduo ou, na melhor das hipóteses, num nível apenas vagamente pressentido. Não têm a ver, diretamente, com computadores; refletem um mal-estar profundo embora difuso com a ciência e a tecnologia em geral. Esse mal-estar pode ter raízes no passado remoto, quando o homem se deu conta, pela primeira vez, que habitava um mundo perigoso, no qual a sobrevivência dependia dos recursos físicos e onde o elemento

* Eram chamados *ludds* ou *luddites* os artesãos que, em bandos organizados, destruíram maquinaria têxtil no norte da Inglaterra entre 1811 e 1816. O nome provém, ao que se acredita, de Ned Lud, figura um pouco anterior, e talvez imaginária, que teria andado a quebrar máquinas de fazer meias por volta de 1779. Os luditas agiam à noite e mascarados. Muitos foram enforcados em York pelo segundo conde de Liverpool. (N. do T.)

mágico ou sobrenatural tendia a ser precário e falível. Pode ter também origem mais recente; nesse caso não seria estranho à explosão da primeira bomba atômica em Hiroshima. Essa atitude, quer justa quer injusta, expressa-se na popularidade dos filmes de ficção científica que retratam catástrofes ou no gosto malsão com que os meios de comunicação noticiam calamidades ou o júbilo com que contam as últimas proezas de um *superstar* meio psicótico. Uma das manchetes de jornal do dia em que dois cosmonautas soviéticos foram encontrados inexplicavelmente mortos na sua cápsula depois de uma prolongada missão expressa essa atitude perfeitamente: "O HOMEM FOI LONGE DEMAIS!" É claro que a computação é uma área onde poços particularmente fundos de mal-estar abundam.

A inércia humana pode ser das forças inibidoras que estamos arrolando, a mais significativa de todas. Fazer com que uma nova técnica ou uma nova estratégia de trabalho seja adotada numa grande organização leva muito mais tempo do que seria de esperar, por causa da inércia — em todas as suas múltiplas formas. Pode variar da simples resistência burra, passiva, que marca passo, até a preguiça, ineficiência ou confusão, e tem um poderoso efeito: retarda ou freia. Mas até a inércia mais bem entrincheirada pode ser anulada quando as forças da inovação têm força suficiente. Nenhuma organização, por mais morosa que seja, pode resistir a uma tecnologia que decide tomá-la de assalto. O leitor já observou como calculadoras de bolso invadiram o sistema de ensino, enquanto professores e autoridades discutem se devem ser proibidas?

O inibidor final é aquilo que se conhece por *software gap*. Um computador é algo mais que um conjunto de componentes eletrônicos que ligam e desligam a uma velocidade de tontear. Um elemento constituinte vital extra é o programa que o controla. Programas — seu nome genérico é *software* — são as instruções que dizem ao computador que faça uma coisa em vez de outra e também como deve fazê-la. Quanto mais complexo o computador, mais ambiciosas são as tarefas a ele confiadas e mais excitante a incumbência de programá-lo, i.e. de redigir o seu 'suporte de programação' ou 'suporte lógico', que é o *software*. Com os anos, o avanço espetacular do equipamento físico ou *hardware* (com que o *software* contrasta) não tem sido acompanhado por progresso equivalente na programação, e uma lacuna se formou, um vazio (*gap*). Para muitos especialistas essa lacuna é que constitui o maior problema dos computadores e pretendem que se esteja tornando intransponível. A argumentação a respeito é esmagadora mas não convincente. Em primeiro lugar, assume que a proporção de esforço devotado pela indústria de computadores ao *software* ficará no nível em que está hoje, inadequado. Assume, depois, que as técnicas

correntes de elaboração e desenvolvimento do *software* não vão melhorar ou que melhorarão apenas marginalmente — o que é uma presunção insensata. Em terceiro lugar, não leva em conta a legião de programadores ‘amadores’ que começam a surgir em cena e que logo suplantarão os profissionais em larga escala. São os fans do computador doméstico, gente que compra um computador na loja para armá-lo em casa; muitos desses aficcionados vêem a composição do *software* para o computador como um desafio intelectual dos mais estimulantes e não como um trabalho servil. Finalmente — e mais profundamente —, a argumentação ignora o fato de que, em breve, estaremos procurando meios e modos pelos quais o próprio computador se encarregue da programação, i.e. do *software*. O mínimo que se pode dizer de tal progresso é que terá efeitos curiosíssimos.

Essas, então, são as forças que operam, individualmente ou concertadas, para inibir o crescimento dos computadores na próxima década e cercanias. Que terão efeito de atrasar o progresso é indiscutível, mas esse efeito será marginal, e é improvável que consiga alguma coisa, exceto tornar um crescimento espetacular um pouco menos espetacular — só isso. Os fatores que produzem o crescimento e se opõem aos que o inibem são de grande potência e poder de permanência.

A necessidade de crescimento, agindo por si mesma, bastará provavelmente, ou quase, para assegurar o continuado progresso dos computadores por duas décadas pelo menos. O fato é que o mundo industrializado já atingiu um patamar *onde não pode mais sobreviver sem usar computadores*. Essa dependência do armazenamento automático e processamento de dados é maior nos Estados Unidos, Europa Ocidental e Japão, mas já começa a emergir como fator significativo nos gigantes atrasados-em-matéria-de-computador: China e União Soviética. Pode parecer incrível que se diga isso de um mundo que só conhece computadores há cerca de vinte e cinco anos, mas a gente se pergunta como nós conseguimos sobreviver sem eles. A resposta tem duas vertentes. Primeiro, não conseguimos, ou para ser mais exato, não conseguimos perfeitamente. Através da história escrita, e incessantemente desde o advento da industrialização, o homem tem vivido num estado de confusão, instabilidade e penúria, com a maioria da população à beira da fome e todos os países do planeta dilacerados por guerras periódicas. A sociedade humana sobreviveu, mas isso foi tudo, e teve sorte de sobreviver da última vez. Em segundo lugar, o mundo, que já era suficientemente complicado vinte e cinco anos atrás, tornou-se inacreditavelmente mais complicado desde então. Com efeito, a evidência

dessa complexidade já começa a ser mascarada pelos computadores que criamos para nos tirarem da confusão.

Em outras palavras: os computadores não entraram em cena por motivos estéticos mas por serem essenciais à sobrevivência de uma sociedade complexa, tanto quanto alimentação, vestuário, habitação, ensino e serviços de saúde são essenciais a um mundo um pouco mais simples que o nosso. A verdade é que um dos maiores problemas — talvez o maior — da nossa época é que padecemos de um excesso de informações e que já não somos capazes de manipulá-las sozinhos e desajudados. Acresce que dentro de uma década ou mais o mundo ficará ainda mais complexo. Isso parece inevitável. Mas, ao contrário do que o povo pensa no momento, os computadores simplificam em vez de complicar, e a nossa sobrevivência futura está inexoravelmente ligada a uma sempre maior dependência deles. O mundo precisa de computadores *agora*, e vai precisar muito mais deles no futuro. E porque precisa deles, tê-los-á.

A crescente demanda é outro fator a considerar — entendendo por ‘necessidade’ alguma coisa que a pessoa tem de ter para sobreviver como pessoa; enquanto que ‘demanda’ é apenas o que uma pessoa gostaria de ter. Uma necessidade passa, muitas vezes, despercebida, ao passo que uma demanda é algo que preocupa enormemente as pessoas. A demanda é fácil de identificar e de manipular para fins comerciais. Assim, e como os computadores demonstraram seu potencial para gerar uma grande variedade de produtos de consumo, a exploração comercial irá contribuir para que um número crescente de aparelhos, mais novos, mais sofisticados, sejam produzidos. Se alguém duvida do vasto poder e penetração da demanda que atente para o automóvel, o qual, em termos de necessidade, tem apenas um reduzido papel a desempenhar. A necessidade que têm as pessoas de se locomoverem pelo mundo pode ser resolvida de maneira muito mais satisfatória por uma ou outra das formas existentes de transporte coletivo. Mas elas querem viajar em caixas particulares sobre rodas, embora caras e perigosas. É a demanda. Que se explica por dúzias de motivos triviais. Em consequência, a indústria automobilística é a potência comercial nº 1 do mundo. De momento, é difícil ver que espécie de demanda seria satisfeita com o crescimento de uma indústria de computadores de dimensões comparáveis. Estariam mesmo as pessoas dispostas a gastar freneticamente o seu dinheiro numa engenhoca como o computador, de que a rigor não precisam? A resposta é que indubitavelmente gastarão, desde que a engenhoca seja enfeitada de maneira aliciante. Um excelente exemplo disso é a calculadora de bolso.

O terceiro fator que age para promover o crescimento está ligado à

economia capitalista. À medida que os computadores diminuïrem de tamanho e de preço e se tomarem mais úteis para o comum dos mortais, o raio de ação do seu *marketing* se expandirá rapidamente. Novos mercados, imensos, os do Terceiro Mundo, se abrirão, alguns baseados em brinquedos eletrônicos de estarrecedora trivialidade — relógios de pulso que tocam música computadorizada, para dar só um exemplo — mas outros em aparelhos de impacto social duradouro — computadores didáticos, pessoais, de bolso, digamos. A vastidão desses mercados garantirá o crescimento espantoso da indústria de computação uma vez que ela tome pé neles, e isso pode acontecer muito mais cedo do que se pensa.

A idéia de que a própria tecnologia venha a sugerir novas aplicações é um fator de certo modo menos óbvio, mas nem por isso desprezível. Quando um novo computador, ou aparelho computadorizado, é produzido para um mercado específico, a natureza essencialmente universal do objeto assegura a sua proliferação ou a sua derivação em outros objetos de função diversa mas com novos mercados, igualmente vastos. Para voltar ao exemplo da máquina calculadora de bolso, que gosto de usar por ser tão comum: dela já provieram calculadoras que armazenam números de telefone, dizem as horas, funcionam como cronômetros, apitam para lembrar ao usuário alguma coisa, falam etc. Em escala mais importante, a indústria automobilística já demonstrou a sua capacidade de gerar indústrias subsidiárias — rádios para carros, instrumentos, tipos de ornamentação, caixas de ferramentas, coisas de aparafusar, etc. A indústria de computadores fará o mesmo e com muito maior vigor. Ajunte-se a isso que, com o tempo, chegaremos a dirigir a capacidade do computador para ele, e ele mesmo fará as melhorias e aperfeiçoamentos de que necessite, promovendo um desenvolvimento global ainda maior da indústria. Isso deve ocorrer quando o homem usar o computador para ajudá-lo a desenvolver programas (*software*), mas talvez esse passo fundamental leve ainda uma década para tornar-se *viável*.

As principais forças de inibição e promoção do crescimento foram analisadas. Como irão contrapor-se e equilibrar-se, ou qual das três tendências de crescimento deverá prevalecer é, por enquanto, matéria opinativa. Talvez a presunção mais segura seja a de que haverá um período de crescimento sustentado. E se o esforço necessário for posto em jogo, progressos deveras espetaculares poderão ocorrer nos próximos anos. Todos os sinais são de que o crescimento deve acelerar-se em futuro próximo. Por essa razão, as previsões do resto do livro tomam por base a hipótese de uma aceleração temporária. A terceira linha — de que o crescimento pode ace-

lerar-se indefinidamente — parece a mais improvável das três. Seria, até, o caso de deixá-la de lado não fora o fator a que já aludimos: chegará o momento, no futuro, em que os próprios computadores serão chamados a intervir, desajeitadamente a princípio, com maior confiança, a seguir. Acabarão por saber fazer tudo sozinhos, como crianças crescidas que aprendem a escovar os dentes. Voltaremos a isso no lugar apropriado.

PARTE III

O FUTURO A CURTO PRAZO 1979-1982

CAPÍTULO 5

Maquininhas e Quebra-galhos

Este capítulo trata de mudanças que devem ocorrer no futuro imediato, a curto prazo, um futuro que se encerrará por volta de 1982. Assumi que a Revolução do Computador tenha começado em 1975 — data aproximada em que os primitivos microprocessadores foram postos no mercado. Assim, em 1979 ela faz quatro anos, e sua primeira era tem ainda outros três anos pela frente. O capítulo se ocupará, sobretudo, de inventos práticos — maquininhas e macetes — que são a ponta de um imenso mercado comercial, que fará da indústria de computadores a indústria número um do mundo *e isso até o fim do período*.

A segunda fase, o futuro a médio prazo, deve durar aproximadamente de 1983 a 1990, e é nessa fase que os computadores terão seus mais importantes efeitos sociais. Na terceira — e, para todos os efeitos, última — fase, que vai de 1991 em diante, sairemos da idade da industrialização, que começou na primeira parte do século XIX, e entraremos num mundo radicalmente diverso. A cronologia exata de tudo isso será largamente determinada pelos sucessos relativos das forças de inibição e de facilitação que discutimos no capítulo findo. Se as forças inibidoras forem dominantes, não conseguiremos emergir da primeira fase antes do fim da década de 1980 e da segunda antes do fim da década de 1990. Se as forças de simplificação e facilitação não encontram oposição passaremos à segunda fase dentro de um ano mais ou menos, e à terceira ainda em 1985. Em todo caso, muita gente que hoje está viva poderá ser testemunha extasiada das mudanças que a Revolução trará.

Para dar alguma idéia da forma que assumirão essas mudanças, cumpre não esquecer que existe uma cadeia de relações de causa e efeito em todo desenvolvimento técnico. Uma necessidade ou demanda de qualquer espécie leva ao desenvolvimento de uma nova peça de tecnologia que é convertida em produtos ou aplicações. Isso por sua vez acarreta mudanças, pequenas ou grandes, na vida dos usuários do produto.

A curto prazo, a característica tecnológica dominante é que os computadores continuarão a ficar espetacularmente menores, enquanto que o volume de dados que podem conter nas suas memórias — cada vez mais diminutas em termos de espaço — continuará a crescer. A tendência nesse sentido já está firmemente estabelecida, e esta predição se funda no conhecimento do que a indústria eletrônica já tem no momento nos seus laboratórios avançados de pesquisa. Agora, por exemplo, dez mil palavras — a grosso modo, um jornal diário, de ponta a ponta — podem ser comprimidas, sem nenhuma dificuldade, num *chip* de sílica de menos de um centímetro quadrado de superfície e 1 mm de espessura. Qualquer item de informação contido numa dessas microplaquetas pode ser localizado e projetado numa tela de TV em muito menos de um milionésimo de segundo.

Mas esse grau de compressão não passa de tecnologia da Idade da Pedra em comparação com o que estará no mercado no começo da década de 1980, quando cem mil palavras — ou seja, um longo romance e não mais um simples periódico — serão armazenáveis num *chip* igual ao anterior. E mesmo isso é apenas um começo: fabricantes de microcomputadores dos Estados Unidos e do Japão trabalham agora em *chips* capazes de conter um milhão de palavras, algo como o conteúdo de uma pequena enciclopédia. Enquanto que os planejadores a longo prazo (os que se preocupam com a tecnologia que estaremos pondo em uso nos longínquos dias do fim da década de 1980) já contemplam compressões ainda mais estupendas de informação. Esperam conseguí-las usando novas técnicas de armazenamento das quais a mais promissora parece ser a ‘memória bolha’. Nessa técnica, as palavras individuais, codificadas em forma binária, são armazenadas em minúsculas áreas magnéticas que giram incessantemente em roda, como cadeias de bolhas a uma velocidade colossal, no fundo da microestrutura de uma microplaqueta eletrônica.

E não é só a memória que se reduz ou encolhe a ponto de desaparecer da vista, mas também os elementos de controle e cálculo do computador. Os processadores centrais dos sistemas mais recentes, que teriam de ser do tamanho de uma sala dez anos atrás, são agora tão pequenos que só a custo se vêem. Essa espécie de redução, verdadeiramente de tontear, produz eventos estranhíssimos. Há pouco tempo eu exibia a alguns amigos um pequenino processador central que tinha preso por uma pinça (meus dedos seriam desajeitados demais para segurá-lo). Infelizmente, mesmo a pinça não serviu e o computador caiu na confusão que cobre a minha mesa de trabalho. As visitas puseram-se a procurá-lo comigo pondo o máximo de entusiasmo na busca, mas o *chip* conseguiu escapar *e nunca mais foi visto*.

Se esse fato conjurou idéias de microplaquetas continuando a reduzir-se contra a nossa vontade até desaparecerem completamente do nosso universo, como o *Incredible Shrinking Man**, vale a pena dizer que, enquanto as unidades do computador — processador central, unidade de programa, memória, etc. — sem dúvida ficarão menores, é improvável que as dimensões físicas de um computador completo, operacional, se reduzam na mesma proporção. Os dispositivos de entrada terão de ser suficientemente grandes para serem acionados por dedos e polegares, gigantes, de seres humanos, e os dispositivos de saída suficientemente amplos para exibir as palavras de todo tamanho que os mesmos seres humanos gostam de ler. O tamanho dos computadores não se reduzirá de muito, porém mais e mais será metido nas suas memórias, e a potência dos seus processadores centrais aumentará constantemente.

O leitor pode imaginar que porque se lida com algo de muito delicado a tarefa de testá-lo e controlar sua qualidade seja extraordinariamente difícil — já é difícil, todos nós sabemos, com coisas grandes como automóveis! — e que isso possa elevar o preço dos computadores em escala astronômica. Isso aconteceria, sem dúvida, se se tentasse o controle local, no curso da fabricação da microplaqueta. Ao invés, as firmas de semicondutores usam a arbitrária estratégia de despejá-los em grandes quantidades no mercado com uma simples inspeção para ver se funcionam ou não funcionam ao fim da linha de montagem. O que tem como consequência uma terrível percentagem de rejeição, que chega a 80% ocasionalmente, cifra capaz de provocar um ataque em qualquer outro tipo de fabricante, mas que, dado o preço ridículo de cada microplaqueta refugada, é tida por irrelevante do ponto de vista econômico. Essa alta taxa de rejeição é uma das razões pelas quais os microcomputadores que passam no teste e vão à venda têm a fidedignidade que têm. Outra razão: como os *chips* não têm peças móveis, uma vez que começam a trabalhar tendem a funcionar indefinidamente.

Mas o custo vai baixar tanto quanto o tamanho, e vale a pena saber por que isso acontece.

Em primeiro lugar — e talvez de maneira por demais óbvia — quanto menor for o computador, menor a quantidade de matéria-prima que nele se investe. O que seria ainda mais significativo se a matéria-prima usada na microeletrônica moderna fosse rara; mas por uma dessas singularidades

* Filme de Jack Arnold (lançamento no Brasil: *O incrível homem que encolheu*), de 1958, conta a história de um homem que diminuiu de tamanho até chegar a proporções microscópicas (N. do T.)

do destino, os deuses decretaram que seu constituinte principal fosse a sílica, que é extremamente comum — qualquer cidadão arma sua barraca em cima de grandes massas de sílica, nas praias. A segunda característica frisante da redução de tamanho sobre o preço ínfimo é que, uma vez que se podem desenhar computadores tão pequenos que agem como um circuito integrado sobre um só fragmento de sílica, é possível produzi-los em massa. O desenho inicial da matriz — como o desenho inicial de um automóvel — é imensamente caro. O modelo um do último Ford custa, provavelmente, vários milhões de libras esterlinas para ser fabricado a partir da estaca zero, mas suas cópias saem da linha de produção a uma fração desse custo. O mesmo exatamente acontece com os computadores. Finalmente, computadores diminutos com componentes diminutos precisam de apenas diminutas quantidades de energia para funcionar, o que significa que poderão andar com baterias secas e tomar-se portáteis, coisa que ninguém teria ousado sonhar mesmo uma década atrás.

Fico a repetir que as coisas se alteraram de maneira dramática. E isso é necessário, porque a escala da mudança é tal, tão enorme, que se tende a subestimá-la. Uma analogia útil poderia ser feita com os automóveis, para ter as coisas em perspectiva. O carro de hoje difere do carro do segundo pós-guerra imediato em grande número de coisas. É mais barato, mesmo descontando as devastações da inflação; e é também mais eficiente. Tudo isso pode ser posto à conta dos progressos na engenharia de automóveis e nos métodos de produção, e de mercado mais vasto. Mas suponhamos por um momento que a indústria automobilística se desenvolvesse no mesmo ritmo que a dos computadores e no mesmo período de tempo. Quão mais baratos seriam e quão mais eficientes, os modelos atuais? Se o leitor nunca teve ocasião de ouvir essa analogia antes a resposta o levará a cair para trás: seria possível comprar um Rolls-Royce por £ 1.35; fazer 3 milhões de milhas com um galão; e o motor teria potência suficiente para mover o “Queen Elizabeth II”. Além disso, se o leitor se interessa por miniaturização, poderia pôr uma dúzia deles em cima da cabeça de um alfinete.

Em consequência dessas reduções em custo e tamanho, e de imensos progressos em memória, capacidade e fidedignidade, os computadores serão usados largamente em áreas inconcebíveis antes do advento dos microprocessadores. Como uma espécie de bônus paralelo, certos aspectos da computação para fins específicos, que se conseguiram a alto custo e com uma confiabilidade apenas marginal no passado, também se tornarão disponíveis e baratos. Já alguns computadores têm capacidade para ‘ler’ textos datilografados, textos impressos e até, com alguma dificuldade, manus-

critos. Podem também reconhecer a voz humana e entender palavras faladas e frases. No que diz respeito à área de saída, cumpre mencionar ainda sua capacidade de comunicar-se com o usuário projetando diagramas ou desenhos em écrans de TV ou fazendo uso da fala sintética — equivalente vocal daquilo a que se convencionou chamar *moog*, em que, ao invés de música, palavras e frases são criadas pelo próprio computador. Na mesma categoria, e desde que estamos falando do equivalente aproximado dos sentidos, temos de reconhecer sua capacidade, ainda muito débil mas já em desenvolvimento, de reconhecer formas. Esses progressos, que são apenas os primeiros esforços dos computadores para interagir de um modo dinâmico e não passivo com o seu meio ambiente, resultarão no aparecimento de algumas curiosas peças de maquinaria. Uma vez que um computador tenha a capacidade de ‘reconhecer’ uma forma ou configuração, ele poderá ser acoplado a alguma espécie de sistema de controle que lhe permita ‘fazer algo de útil’ na base da identificação — um exemplo disso seria um simples robô com uma câmara de TV exploradora capaz de reconhecer a borda entre um gramado e uma alameda e controlar um aparelho motorizado para cortar grama. Como medida de segurança, esse computador de jardim poderá ser programado para entender umas poucas palavras de maior utilidade como COMECE, VÁ PARA A DIREITA, PARE etc., ditas por qualquer voz humana.

Já se podem farejar aparelhinhos de várias espécies produzidos em massa — a idéia está no ar —; e sendo a nossa uma sociedade capitalista, a primeira manifestação da Revolução do Computador será justamente uma profusão deles. O homem tem uma grande motivação nesse sentido, adora possuir e manipular brinquedos e maquinismos. Sem entrar na discussão disso, de querer saber se foi alguma coisa programada nele pela sociedade de consumo ou se, como eu suspeito, tem origens muito mais remotas no tempo, trata-se indiscutivelmente de um fator principal na determinação do desenho e das técnicas de *marketing* para as indústrias que se baseiam no consumo. Pode-se deplorar a motivação e desprezar a trivialidade dos produtos, mas atrás dessa quinquilharia do trivial hão de vir produtos de-veras úteis, cuja manufatura e venda em larga escala só poderão ‘decolar’ depois que os custos iniciais de desenvolvimento tenham sido cobertos.

A verdadeira importância da disseminação da calculadora de bolso como ‘brinquedo’ é que criou a necessária demanda em massa de miniplaquetas, que fazem a computação matemática de rotina — justamente o que Babbage sonhara fazer com o seu Difference Engine — e que são hoje manufaturadas aos bilhões, ao custo unitário de uns poucos *pence*. Na

esteira de qualquer aparelho ou engenho desse tipo virá uma segunda geração de instrumentos habilitados a atacar um leque muito mais amplo de tarefas. Eu fui um dos primeiros compradores de uma calculadora que tinha embutidos nela um relógio, um cronômetro com alarme *sonoro*. Consegui esse ‘brinquedo’ — a primeira calculadora capaz de fazer mais do que ser uma simples calculadora — há cerca de dois anos, e fiquei pasmo, um ano depois aproximadamente, ao encontrar um engenho equivalente já montado num relógio de pulso. Trivial? Pode ser, mas relógios desses, com calculadoras, estão sendo vendidos às centenas de milhares.

Passemos, porém, desse produto marginal para a fase seguinte de desenvolvimento, em que as unidades de representação visual puramente numéricas e os teclados puramente numéricos das calculadoras serão substituídos por um arranjo totalmente alfabético, de modo a que calculadora/computador possa receber e transmitir palavras e frases ao invés de números apenas. Acontece que eu mesmo estive metido na criação de um aparelho desses, destinado inicialmente a fazer uma simples tradução palavra por palavra. Dentro da sua memória, já substancial, armazena-se um dicionário inglês-francês (ou qualquer outra língua que empregue alfabetos ocidentais); para obter uma tradução, o usuário tem simplesmente de datilografar a palavra. A correspondente na língua desejada aparecerá na unidade de visualização. Dispositivo semelhante permite a qualquer um alimentar a memória da máquina com palavras e frases que podem ser, mais tarde, ‘executadas’ desde que se acople a máquina a uma máquina de escrever elétrica — uma espécie de taquígrafa de bolso, por assim dizer. Já deve ser óbvio para o leitor que aquilo que identificamos como um ‘brinquedo’ já evolui para algo com genuíno valor prático. Mas isso é ainda apenas o começo. Esses computadores em miniatura — pois do momento em que se tornam programáveis e de fins múltiplos são promovidos de calculadoras a computadores — vão gerar progênie ainda mais potente, cuja importância veremos adiante.

Já mencionei a natureza frívola dos aparelhos ultraminiaturizados. Os relógios de pulso com calculadoras entram nessa categoria mesmo hoje. Por outro lado, qualquer escrúpulo que se tenha em batucar nos seus botõeszinho será superado se a maquininha servir para outra coisa que não seja o cálculo rotineiro. Já há no mercado relógios com memórias capazes de armazenar números de telefone e outros lembretes desde que numéricos. Mais tarde, quando forem capazes de exibir letras e palavras tanto quanto números, poderão armazenar nomes, endereços, recados etc. A dificuldade maior, que é a exigüidade dos teclados, será superada quando os dispositivos de identificação da voz fiquem tão miniaturizados que

possam ser embutidos em relógios de pulso. Botões como mecanismos de entrada serão, a essa altura, em grande parte redundantes. Os cálculos serão feitos e os números de telefone (ou o que quer que seja) incorporados à memória dos relógios por instruções faladas. Na verdade, a maioria das máquinas acabará controlada assim, pela voz.

O outro lado da medalha — saída da voz — também está numa fase de desenvolvimento extremamente rápida; e os sintetizadores de voz diminuem a olhos vistos de tamanho e de preço. Uma das primeiras aplicações deles foi numa calculadora que não só exibe o resultado das suas elucubrações da maneira usual, em numerais vermelhos, mas anuncia-o em voz alta com a voz de um astronauta americano reduzido a anãozinho. Ridículo? Não, a rigor, quando o usuário é cego, por exemplo; ou tem a vista fraca; ou faz cálculos em série e gosta de ficar de olho no que está fazendo. Que tal um relógio falante? Há um anunciado. Talvez já esteja no mercado quando este volume vier a lume. Outro brinquedo? Possivelmente — mas, de novo, exceto para os cegos; os que precisam pôr os óculos (ou trocar de óculos) para ver as horas; os pilotos, que não podem ou não querem tirar os olhos do painel de instrumentos; os que querem saber as horas de noite, na cama, sem acender a luz para não perderem o sono.

Mesmo que descontemos essa espécie de desenvolvimento como trivial: o que dizer de instrumentos que recitem as suas medições; ou latas que informem quanto ainda têm dentro? Altímetros falantes, indicadores de velocidade de voo, etc. serão de valor inestimável na aviação. Em casa haverá balanças de banheiro que dirão ao leitor o seu peso, congeladores que reclamarão quando ficarem vazios, panelas que informarão como vai indo a carne, telefones que desfiarão os nomes das pessoas que telefonaram na sua ausência, campainhas que informarão quantas visitas bateram à porta e quando, termômetros que darão conselhos sobre a roupa a usar de manhã cedo. A lista é interminável. E a despeito do fato de que tudo isso parece ficção científica, a maior parte do que foi mencionado já é tecnicamente realizável no momento e será de uso geral antes do fim do período a que chamei de curto prazo.

Ainda com respeito à casa, um objeto dos mais familiares, em uso há centenas de anos, está prestes a ser aposentado para sempre: a chave. Já se compram fechaduras eletrônicas, que abrem quando se compõe a combinação apropriada, embora dependam de quem o faz e que se lembra do segredo. Sendo a memória humana falível como se sabe que é, a próxima etapa será uma fechadura que abre quando lhe dão a oportunidade de 'ler' a microplaqueta eletrônica encaixada num relógio ou num anel de

sinete. Em meado de 1980 ninguém mais terá de esconder chave debaixo do capacho.

Outro lugar em que os microprocessadores estão prestes a aparecer de chofre, materializando-se, como nas histórias para crianças, numa bafo-rada de fumo, é o automóvel. Desde há algum tempo já é possível comprar (pagando caro) um carro com carburação controlada por computador — de eficiência a toda prova, diga-se de passagem — e será questão de mais um ano, talvez, que o aperfeiçoamento chegue aos carros comuns. Odômetros que computam a velocidade média e indicadores do nível da gasolina que avisam em alta 'voz' i.e. em linguagem sintética, quando o combustível está baixo no tanque logo surgirão no mercado, como surgirão os faróis que acendem automaticamente quando a luz em volta cai abaixo de certo nível. Outro aparelho útil será um microprocessador que compute a velocidade do carro que viaja à frente e verifique se os dois veículos estão a uma distância segura um do outro. Essa espécie de coisa servirá para encorajar os motoristas a dirigirem com cuidado, uma vez que se acostumem à idéia de que os seus próprios carros estão de olho neles. Mas veículos que fiquem a encher a paciência do dono com advertências e instruções, uma espécie nova e horrenda de motorista fantasma, nunca serão populares.

Menos passível de acusação por trivialidade será a incursão do computador no lar e no escritório — que já é respeitável. Alguns exemplos foram dados acima, mas eram apenas umas poucas instâncias de aplicações de potência do computador para fins especiais. Mais interessante será o uso de pequenos computadores que armazenem toda espécie de dados, desde receitas de cozinha e números de telefone até listas de compras na feira ou a correspondência da família e ainda se encarreguem dos detalhes importantes mas aborrecidos da contabilidade doméstica. Dez anos atrás, a idéia de que uma família comum pudesse um dia usar computadores dessa maneira — quando um computador capaz de cuidar das necessidades domésticas custaria cem mil libras e ocuparia toda uma mansarda — teria parecido insana. Hoje, pode-se comprar um computador de mesa habilitado a fazer justamente essa espécie de coisa e é, ao mesmo tempo, menor e mais barato que uma televisão a cores.

E se alguém dúvida que a computação individual constitua bom negócio que vá a qualquer das lojas de kits de computadores 'para montagem' que começam a surgir por toda parte, e veja com os próprios olhos a maravilhosa variedade de artigos que oferecem. Melhor ainda, folheie qualquer uma dessas revistas de enorme sucesso, hoje à venda, e devotadas exclusivamente a essa mistura de passatempo e indústria. Minha revista predileta é *Byte* (*byte* é o termo de computador para a seqüência que

consiste em oito *bits* ou dígitos binários) que tem uma circulação de mais de 100.000 exemplares. Muita publicação antiga, dedicada à política, esporte ou culinária, invejaria uma tiragem dessas. A matéria editorial de *Byte* compõe-se na maior parte de entusiásticos artigos sobre portas, que abrem e fecham quando a gente lhes ordena que o façam, sistemas computadorizados que controlam a iluminação, o aquecimento e a segurança da casa, programas para automatizar as declarações de renda, e outras delícias da mesma espécie. Há também na revista uma página de correspondência volumosa, em que as últimas novidades em matéria de *software* são debatidas com calor. Os anúncios vêm nessa linguagem única conhecida em inglês como *Computaspeak*. OPORTUNIDADE! ROM [Read-Only Memory] DE 10k E UNIDADE DE RESERVA MINI, TUDO POR PREÇO INFERIOR A \$ 300. OU IDENTIFICADOR DE VOZ, VOCABULÁRIO 30 PALAVRAS POR \$ 190 são exemplos típicos.

Um dos meus anúncios favoritos, de página inteira, a cores, caríssimo, mostra um homem sentado a uma mesa de cozinha, pondo os últimos retoques no seu computador DIY. Ao fundo, menos nítida, vê-se a mulher sorrindo. Interrompeu a lavagem da louça para contemplar o marido com admiração e aprovação. A gente fica a imaginar o sentido da cena. Estará ela admitindo que seu lugar é ali, no fogão e na pia, e que o marido está no seu papel, atendendo à tarefa masculina de montar um computador? Ou seus olhos brilham por saber que aquela coleção de atraentes petrechos eletrônicos representa o maravilhoso aparelho pelo qual todas as mulheres do mundo esperam há milênios e que irá finalmente livrá-las dos trabalhos domésticos?

Essa cena ambígua pode levar o observador incauto a descartar a computação individual como mais uma obsessão masculina para noites sem assunto de inverno, como armar planadores, colecionar selos ou ficar mexendo no *hi-fi*. Talvez seja correto dizer que os ventos estão soprando nessa direção, que o número de mulheres bisbilhotando em lojas de microprocessadores é ainda muito pequeno, mas suas vastas aplicações serão apreciadas no devido tempo, quando as pessoas se interessem melhor das coisas que o computador pode fazer. Esse processo educacional será enriquecido por acontecimentos como o advento do sistema PRESTEL dos Correios ingleses (ou VIEWDATA, como se chamou originalmente), já em uso, em caráter experimental, e programado para estar plenamente operacional na década de 1980. O PRESTEL, como muita gente terá ouvido dizer, ligará os usuários através de um consolo especial e tela como a da TV a um grande computador central que oferece uma variedade de serviços de informação e facilidades para a troca de mensagens. O

governo pretende cobrar uma pequena taxa *pro rata* pelo uso do terminal e pelo tempo do computador. Muito à frente da época em que foi concebido, o PRESTEL se viu ultrapassado pelo galopante progresso da tecnologia de microprocessadores, e não se sabe exatamente o que o computador dos Correios oferecerá aos seus usuários que eles já não tenham, em meados da década de 1980, nos seus próprios microprocessadores domésticos. O acesso aos imensos bancos de dados dos arquivos públicos e bibliotecas é, sem dúvida, uma área a explorar; outra, são as facilidades de comunicação pessoal a estabelecer entre os usuários. Assinantes do PRESTEL poderão trocar mensagens uns com os outros via computador, numa espécie de mala instantânea que, de certo modo, invade as atribuições regulares do serviço postal.

Os primeiros usuários em larga escala do PRESTEL poderiam muito bem ser os pequenos comerciantes, ansiosos de experimentar as possibilidades dos computadores antes de fazer qualquer vulto — do emprego de capital na novidade. Por outro lado, podem ser irresistíveis as atrações rivais da nova geração de computadores que se comprem diretamente da prateleira, nas lojas, completos com toda uma série de programas já prontos, por preço inferior a 500 libras. Esses computadores estão habilitados a ensinar aos seus donos como usá-los, e serão programados para registrar e armazenar todas as transações ligadas ao negócio, a calcular as taxas em cada estágio da operação, verificar o estado dos estoques, encomendar novos estoques automaticamente e, sempre que necessário, tomar nota de encomendas, expedir faturas e reclamações de pagamentos atrasados, e, até, avaliar as tendências do mercado.

A utilidade do computador se estende muito além da sua capacidade de jogar com números. Seus poderes de manipulação de palavras são hoje quase tão importantes quanto a manipulação de algarismos. E vão aumentar no curso da década de 1980. A frase atualmente usada é ‘processamento de palavras’, que é mais ou menos autoexplicativa — o usuário alimenta palavras, *como palavras*, no computador, armazena essas palavras na memória da máquina e usa-as sempre que quiser.

Para dar um exemplo simples: se alguém dirige um negócio com muitos fregueses, cujas exigências diferem pouco, usará provavelmente um sistema de indexação com numerosas fichas. Com alguma codificação especial, será possível organizar os dados segundo as necessidades particulares de cada grupo de clientes. Assim, um empregado esperto pode verificar num relance as necessidades básicas de qualquer freguês individual. Num sistema computadorizado o espaço ocupado pelo ‘arquivo’ talvez não seja maior que um maço de cigarros. Para obter uma informação, basta usar a

palavra-chave — o nome do freguês, por exemplo — para que o computador dê busca no seu arquivo e produza a informação desejada. As palavras-chave podem dizer respeito a tudo o que está armazenado no sistema, e será simples verificar, digamos, todos os fregueses de determinada área cujos nomes começam com *A* e que encomendaram determinado artigo nos últimos seis meses. É só introduzir a chave e os dados virão, rapidamente.

Quaisquer palavras armazenadas no sistema podem ser inspecionadas pelo computador a qualquer tempo com a maior precisão e rapidez, e é fácil compreender quanto papelório se elimina e quanto se economiza em tempo, em trabalho (de classificação, de arquivamento) e em salários de funcionários.

Há outro emprego para os processadores de palavras em escritórios: alguém datilografa uma carta ou outro manuscrito, corrige os erros aqui e ali, e logo o texto completo se regenera automaticamente, com todas as emendas feitas e com os espaços e linhas reajustados apropriadamente.

Temos de reconhecer que, nessa tarefa, o processador de palavras começa a eliminar o trabalho do datilógrafo copista, e as conseqüências serão sentidas ainda no começo da década de 1980. Sem tocar na fase seguinte — processadores de palavras comunicando-se diretamente uns com os outros, sem passar pela fase de traduzir as mensagens em letras, as quais se amontoariam em torno do pesado sistema postal — é claro que o impacto sobre a rotina dos trabalhos de escritório no período imediatamente anterior a 1982 será de vulto.

Os microprocessadores serão igualmente úteis em outras espécies de negócios, inclusive na medicina, na odontologia e, até, no ensino — onde quer que o armazenamento de informações e sua rápida obtenção constituam problema. Essas áreas têm mais em comum do que se imagina à primeira vista. Médicos e professores, por exemplo, têm de passar por um longo período de dispendioso aprendizado profissional ao fim do qual devem dividir seu tempo e sua capacidade por um grande número de solicitantes — centenas de pacientes ou de alunos. Não é de causar surpresa que sejam incapazes de proporcionar serviço plenamente satisfatório. É que nenhuma sociedade na face da terra é suficientemente rica para preparar, e com muito mais razão para empregar, médicos e professores em número apropriado. Mas os computadores podem fazer significativos avanços nessas áreas. Quando um paciente aparece na cirurgia geral, seu nome é codificado e logo surge um relatório completo com pormenores úteis sobre a família, cuidados especiais a tomar com remédios, etc. Novos dados são codificados pelo médico no momen-

to e absorvidos pelo ilimitado arquivo do computador.

Em hospitais e clínicas, os computadores selecionam pacientes antes que eles vejam os médicos. Nas escolas, o ensino por computador — inicialmente para ‘treinamento e exercício’ — começará a difundir-se, e os preços baixarão em espiral. Curiosamente, talvez, o temor de que pacientes ou alunos ficassem ressentidos de serem entrevistados por um computador médico ou ensinados por um computador mestre-escola provaram ser infundados em experiências feitas tanto em hospitais quanto em escolas.

Referi-me anteriormente ao nosso ilimitado fascínio com jogos e brinquedos, mostrando que a indústria de microprocessadores está empenhada na vigorosa exploração desse encantamento obsessivo. Inicialmente — como sempre acontece — os primeiros frutos serão triviais quase que ao ponto da banalidade — bonecas e soldados (*Action Man*) que se dirigem aos seus donos com vozes de computador, bonecos com um limitado repertório de atividades, que andam, param e fazem evoluções a comando, trens elétricos que avançam e recuam controlados por computador e assim por diante. Mas tudo isso representa apenas um fragmento do mercado potencial, e os interesses comerciais atraídos pela indústria do ‘lazer’, em expansão, logo reconhecerão as ilimitadas aplicações dos computadores no mundo das diversões. Os primeiros progressos notáveis devem ocorrer no campo dos jogos movidos por microprocessador.

Em 1976 eu ia de automóvel pelo Texas ouvindo uma rádio local, quando captei uma entrevista de um cidadão que anunciava o próximo lançamento de um jogador de xadrez de sua fabricação controlado por computador. O entrevistador pareceu-me incrédulo. Não podia conceber um computador jogando xadrez. Eu também fiquei incrédulo. Não porque não pudesse aceitar a idéia mas por duvidar que se pudesse pôr tão cedo um bom programa de xadrez num computador barato. Eu vinha jogando contra rebarbativos programas de xadrez por muitos anos já; e embora eles em geral ganhassem de mim, pois eu sou um mau jogador e distraído, dava-me calafrios imaginar as dificuldades logísticas de fazer funcionar aqueles imensos programas e a natureza maciça, pesadona, do seu jogo. Mas não mais do que um ano depois disso, um jogo de xadrez baseado no microprocessador, completo com tábua e unidade de representação visual luminosa para anunciar as jogadas do computador, foi lançado no mercado. Não muito mais tarde eu jogava com um — e perdia sempre. São ainda um tanto caros, mas noto que estão ficando mais baratos dia a dia. Além disso, o jogo deles melhora de qualidade. Algumas versões já dão surras memoráveis em bons jogadores de clubes. Ser batido por um com-

putador dá uma sensação esquisita, mas não está longe o tempo em que até os grandes enxadristas do mundo a terão experimentado.*

Outros jogos de tabuleiro, damas, xadrez chinês e até jogos mais complexos como *gô* logo virão com adversários embutidos neles e movidos a computador. O mais espetacular progresso, no entanto, ocorrerá no campo dos jogos que empregam a tela do aparelho doméstico de TV, e já um tremendo mercado se abre aí.

Os jogos de TV (video jogos) estão no mercado há mais de cinco anos mas como a sua importância não é apenas superficial desejo falar um pouco sobre os princípios segundo os quais operam. A essência de qualquer jogo de televisão, do mais simples ao mais complexo, reside no fato de poderem os computadores dispensar informações ao mundo exterior por variadas maneiras. Nos primeiros computadores, os números apareciam numa janelinha, luzes piscavam, ou orifícios eram picotados em cartões ou fitas. Um aperfeiçoamento ulterior permitiu-lhes controlar máquinas de escrever elétricas ou terminais de teletipo. A dificuldade com esses processos mecânicos é que são horrendamente vagarosos em termos do que um computador pode fazer, e o lógico desenvolvimento foi providenciar para que gerassem manchas fotoluminescentes em válvulas catódias, técnica empregada de maneira um pouco diversa na recriação de uma imagem nos nossos aparelhos comuns de televisão. No caso da TV, naturalmente, não se emprega qualquer 'inteligência' ou elemento de processamento, e o aparelho não passa de uma unidade de visualização que capta e reproduz servilmente os sinais gerados pelo transmissor da TV. No caso das unidades usadas para os dispositivos de saída do computador, ao contrário, o produto final são seqüências de caracteres luminosos controlados, de fato, pelo computador.

Agora: se o computador pode controlar um tubo de imagem de modo a que ela crie configurações na forma de letras e palavras, é evidente que ele pode também criar outros desenhos — formas geométricas, por exemplo. Usando os programas mais simples e as mais baratas formas de representação visual, as formas ou configurações são geralmente áreas luminosas quadradas ou angulares — como os quadrados que formavam os

* Uma das limitações do computador como jogador de xadrez — a sua dependência do parceiro para mover as pedras — já foi eliminada. Segundo o *Jornal do Brasil* (6.2.83), a Milton Bradley Co., dos Estados Unidos, lançou no mercado um modelo em que o computador faz suas jogadas 'pessoalmente' graças a um dispositivo magnético no tabuleiro. Um outro modelo, o Grand Master Chess Computer, será comercializado ainda este ano ao preço de \$ 500. Tem doze níveis de dificuldade. (N. do T.)

'morcegos' e 'bolas' dos primeiros jogos de *ping-pong* pela televisão. Esses jogos eram limitados apenas pela potência de processamento do *chip* e, mais tarde, quando os *chips* ficaram mais 'espertos' — para usar a última expressão em voga para a potência de processamento incrementada —, passaram a fazer a contagem do jogo automaticamente, a acrescentar-lhe efeitos sonoros e, mais recentemente ainda, a lidar com uma dinâmica mais complexa: peças de jogo extra, diferentes ângulos e velocidades etc. Ao tempo da redação deste livro, batalhas das mais elaboradas podem ser jogadas com o microprocessador — a guerra é especialmente apropriada para simulação de TV —, usando a inteligência da máquina para controlar os movimentos de um conjunto de peças — tanques, bombardeiros, UFOs e assim por diante — enquanto o operador humano responde apenas pela manipulação de uma roda ou manivela para mudar a posição das suas próprias unidades de combate e disparar os mísseis corretamente. Impactos diretos são registrados por lampejos e estrondos gratificantes. O computador toma nota de tudo e anuncia o vencedor ao fim. Outras variações oferecem tiroteios entre *cowboys* com vagões cobertos e cactos funcionando como defletores de balas; ou corridas de automóvel em que os carros são guiados através de uma estrada sinuosa graças a uma roda de direção em miniatura. Toda essa geração de brinquedos já é comum em fliperamas e *pubs*, e por volta de 1980 poderão ser ligados aos aparelhos domésticos de televisão.

E já nos calcanhares desses brinquedos vêm versões mais elaboradas e excitantes, algumas das quais estão sendo testadas neste momento em grandes computadores. Raiam pelo inacreditável e têm um poder de compulsão verdadeiramente alarmante.* Basta que alguém se exponha uma vez só a eles, e continuar jogando se torna em obsessão. Meu jogo favorito no momento — corrente na maioria dos computadores de orientação científica ou comercial (dentro de um ano mais ou menos estará à disposição do público em geral) envolve uma tentativa de colocar uma cápsula espacial na lua.

Uma paisagem lunar, realista, aparece no écran, com suas montanhas, vales e áreas vulcânicas claramente perceptíveis. No cantó superior esquerdo surge uma cápsula espacial com seus foguetes retropropulsores chame-

* Segundo notícia procedente de Rochester, EUA (*Jornal do Brasil*, 5.2. 1983), video jogos podem precipitar ataques epilépticos. A conclusão é dos neurologistas Donald Klass e James Mellinger da Clínica Mayo, que trataram dois casos nos últimos seis meses. Casos com as mesmas características teriam ocorrido na Inglaterra. Os médicos atribuem os ataques ao piscar constante das luzes na tela. Um dos pacientes dos Estados Unidos jogava há um ano, incessantemente.

jando, e começa uma descida oblíqua para a superfície da lua. O objeto tem de 'pousar' suavemente. A direção do veículo e a potência dos foguetes são controladas por uma 'pena de luz' que o operador apóia num conjunto de controles visíveis na tela. Essa pena é um dispositivo que manda sinais ao computador emitindo uma pulsação de elétrons sempre que a tela é tocada. Para aumentar ou diminuir a força, o operador faz deslizar a pena para cima ou para baixo numa escala luminosa. Para mudar de direção, aponta a pena de luz para uma das setas de um conjunto, e isso faz a cápsula girar no sentido desejado. O combustível é limitado, e quanto existe nos tanques vem indicado, para conveniência do jogador, numa janela; o tempo para o 'pouso' também é limitado, pois a cápsula mergulha inexoravelmente para a superfície do satélite. As primeiras tentativas redundam, — como seria de esperar — em abjeto fiasco. A cápsula se esborracha com uma pancada surda e nuvens de poeira, mas logo o aficionado começa a dominar as complexas manobras que levarão ao sucesso.

Quando o foguete chega a menos de mil metros de altitude, o cenário inicial se esfuma e o que se oferece à vista é um vívido *close-up* da área de pouso na superfície lunar, com suas crateras, matacões e destroços de prévios desastres (o computador se lembra de todos eles!). Esse *close-up* dá ao jogador a detalhada informação de que precisa para efetuar uma descida correta e suave. Aos poucos, ele melhora (as pessoas, cientistas inclusive, se dispõem a gastar um tempo enorme aprendendo como fazer pousar um foguete) e, finalmente, o grande momento chega — o do primeiro pouso perfeito. Quando isso acontece, o computador emite uma mensagem congratulatória e um minúsculo astronauta sai da cápsula e planta uma bandeirinha na lua.

Mas isso não é tudo. Com crescente perícia e familiaridade, o jogador começa a notar novas características na superfície da lua. Por exemplo: ao fundo de uma planura, junto a um monte de pedras redondas e de um vulcão cheio de manchas, vê-se uma filial da Mac Donald's. Os aficionados aprendem não só a encontrar essa porção da superfície da lua mas também a pousar a cápsula bem junto do pavilhão. Terá, nesse caso, a satisfação de ver o seu astronauta sair, encomendar dois *hamburgers* e um *Big Mac* 'para viagem', ir de volta à cápsula, e decolar levantando poeira.

Demorei-me nos pormenores dessa fantástica — não há outra palavra — simulação de computador para dar uma idéia das coisas que a presente geração desses jogos pode fazer e das maravilhas que se devem esperar das gerações subseqüentes. Não é necessário entrar em detalhes de outros jogos, como o Monopólio de computador, no qual o jogador dirige um carro através de uma cidade, com todos os pontos de referência do conhecido

tabuleiro de Monopólio; ou as batalhas espaciais, de arrepiar cabelo, em que tomam parte as espaçonaves e os personagens de *Jornada nas Estrelas*. São mencionados apenas porque mostram a natureza dos jogos que vêm por aí.

Imensas indústrias crescerão com eles, mas sua verdadeira importância reside no fato de que a sua capacidade de prender a atenção — que é muito grande — será um dia posta a serviço dos computadores de ensino, tremendamente poderosos, que devem entrar em cena de meado para o fim da década de 1980.

CAPÍTULO 6

Consequências políticas, econômicas e sociais

No capítulo precedente, concentramo-nos nas mudanças tecnológicas as quais, uma vez que os períodos a prognosticar estão tão próximos, são relativamente fáceis de identificar. Como há sempre um hiato — e hiato de duração variável — entre o avanço de uma nova técnica e as mudanças que vêm na esteira dela —, é arriscado falar confiantemente sobre as consequências políticas, econômicas e sociais que deverão ocorrer num espaço de tempo tão limitado. O melhor que se tem a fazer é focalizar áreas nas quais, ao que tudo indica, a mudança, e mesmo a reviravolta completa, são inevitáveis; e usar esses exemplos para encarecer o significado da Revolução do Computador. Selecionei seis áreas que me pareceram as mais maduras para mudanças, com uma advertência: as áreas escolhidas não são necessariamente as mais sensíveis, inquietantes ou ameaçadoras.

Primeiro, assistiremos ao crescimento de uma vasta indústria nova. Na década de 1970, a indústria do computador do mundo ocidental entrou num período de expansão extremamente acelerada; e isso, com o estímulo da invenção do microprocessador, garante que ainda no começo da década de 1980, ela será a indústria número um, com a incrível IBM como chefe de fila. A potência econômica dessa empresa é deveras fenomenal. Só para dar um exemplo, as encomendas que ela tem hoje, quando escrevo, excedem o total das entregas feitas pela firma de 1950 a 1979! À medida que eu preparava este trabalho, acompanhava a ascensão da IBM na lista das grandes companhias do mundo em *Fortune Magazine*, e vi quando ela saltou por cima de gigantes do porte da Gulf Oil, nesse processo. Está agora em sétimo lugar e, se a presente tendência continua, logo deslocará a General Motors do primeiro lugar.

A derrubada desse gigante, tido como onipotente, do trono do poder capitalista terá significação simbólica além de econômica: marcará o fim da grande era do automóvel, que começou na fábrica de Henry Ford em Dearborn na década de 1920, e cujo crepúsculo foi anunciado pela crise do

petróleo do Yom Kippur. Há, sem dúvida, alguns elementos de dúvida em torno da IBM e são dignos de discussão por servirem também de lembrete da velocidade com que se processa a mudança a que o mundo industrial assiste. Desde o princípio, a política de *marketing* da IBM tem sido fortemente orientada para o fornecimento de serviços de manutenção e apoio de *software*. As máquinas IBM, famosas sempre pela confiabilidade e potência, são vendidas a preços altamente competitivos mas com uma exigência: a de que o comprador se obrigue por um contrato de manutenção de longo prazo. Essa política, a que poucos resistem dada a atração inerente das máquinas IBM, leva à criação de laços de ilusória firmeza com a firma. A estratégia sempre funcionou bem para a companhia no passado e permitiu-lhe suplantar as companhias rivais, como a RCA, gigante do rádio, que, de desespero, abandonou o negócio de computadores de uma vez por todas. Só Honeywell, Sperry-Univac e outras poucas, com cerca de 20% do mercado entre elas, comparados com os 70% da IBM têm ido à luta.

Mas agora as coisas estão mudando. Tendo construído sua força com a aludida política de contratos de manutenção de longo prazo, a IBM parece inteiramente devotada à manufatura e distribuição de grandes sistemas — unidades ou estruturas principais, para usar o jargão corrente — e deixando para trás tanto minicomputadores quanto microprocessadores. Se for assim, então a arrancada vertical da IBM pode chegar a um alto em futuro próximo. E há outros sinais escritos na parede. Como a tecnologia de computador em todas as suas fases, do *hardware* ao *software*, ficou menos cara, têm havido incursões esporádicas no campo por falta de pequenas companhias que navegam sob bandeiras equivalentes ao ‘Jolly Roger’ dos piratas antigos, com a caveira e as tífias cruzadas. A mais famosa dessas empresas é a Amdahl, dirigida por um antigo projetista da IBM, que se estabeleceu por conta própria e tem hoje um crescente negócio de sistemas como os da IBM a preços muito mais acessíveis.

Igualmente significativo é o fato de que a companhia de maior sucesso no campo dos minicomputadores (a geração de computadores antes dos micros), a Digital Equipment Corporation, que jamais fez unidades principais deixando a IBM soberana no mercado, ainda não tenha conseguido estabelecer qualquer cabeça de praia no mercado dos ‘computadores pessoais’, em expansão. Tudo isso pode parecer conversa fiada de gente de computador mas um ponto da maior relevância jaz enterrado entre as anedotas: o ritmo do avanço tecnológico é, agora, tão espetacular que as companhias empenhadas a fundo e altamente bem-sucedidas numa fase do desenvolvimento nem sempre podem adaptar-se suficientemente depressa para manter a mesma liderança em fases ulteriores. Há precedentes his-

tóricos — as companhias de navegação de longo curso, nenhuma das quais foi capaz de passar ao tráfego aéreo comercial; e a indústria automobilística, que tem sido incapaz de investir com êxito na indústria aeronáutica. A diferença é que não se trata mais de fazer uma ponte de uma indústria para outra mas simplesmente de atravessar de uma fase de uma indústria para outra fase da mesma indústria.

Seja como for, e não importa que rumo tomem essas lutas intestinas, uma coisa é certa: a indústria da próxima década é a indústria dos computadores e da eletrônica baseada nos computadores. A iminência dessa virada na importância dos computadores já é aparente para a maioria das grandes indústrias, inclusive a automobilística e a petrolífera, que procuram diversificar tão rapidamente quanto são capazes. A General Motors, por exemplo, investiu em semicondutores, e a Exxon (Esso no Reino Unido) recentemente engoliu de uma só bocada a promissora firma Zilog, de microprocessadores. Provas desse crescimento em razão geométrica podem ser facilmente obtidas nas páginas de jornais do 'ramo', como *Computer Weekly*, que vivem a quebrar seus próprios recordes de anúncios do tipo 'precisa-se'. Quando o resto do mundo comercial se conscientizar do que está acontecendo (ou para acontecer) os efeitos disso no mercado de ações será alguma coisa de pasmar.

Em segundo lugar, a burocracia dependerá cada dia mais dos computadores. Alguns anos atrás, um grupo de cientistas, economistas e especialistas em geopolítica pregou um susto no Ocidente com um curto documento intitulado *Limites do Crescimento**. O grupo, que se autodenominou 'Club de Roma', dava conta dos resultados do primeiro exercício em larga escala de planejamento computadorizado, e as conclusões desse relatório deram manchetes meses a fio. Sua mensagem era singela: o crescimento, nos termos aceitos pelo capitalismo ocidental nos últimos cem anos, não pode continuar indefinidamente sem (a) esgotar as matérias-primas; (b) superpovoar o mundo; (c) ficar sem alimentos, e/ou (d) envenenar a biosfera com a poluição industrial. O ponto crucial do 'recado' é que ele saiu das entranhas de um computador. Os membros do 'Club' atocharam uma estrutura principal de dados sobre todos os aspectos da presente sociedade industrial e pediram-lhe que predissesse as conseqüências se as coisas persistissem no mesmo curso ou em certo número de cursos alternativos. Para os capitalistas impenitentes o pronunciamento do

* Essa espécie de manifesto, que custou um ano de trabalho, veio a lume em 1970. (N. do T.)

computador foi uma pílula amarga demais para engolir: o crescimento tem de parar ou a civilização ocidental entrará em colapso.

Os argumentos do 'Club de Roma' são do mais vivo interesse. Podem ser contestados sem dúvida, e na verdade o foram. Nem demorou muito. Grupos rivais abasteceram suas próprias máquinas com o material que escolheram e obtiveram respostas um tanto divergentes. Tudo depende, então, em primeiro lugar, como se disse, da espécie de dados que se ponha no computador. Certo — mas o ponto principal desse experimento do 'Club de Roma' era o seguinte: pode-se discutir que dados serão os melhores; mas uma vez postos no computador, as conseqüências por este preditas não podem ser contestadas, por mais intragáveis que pareçam. Se as premissas foram aceitas, nenhum economista ou político, nenhum indivíduo qualificado — e não importa a sua especialidade ou eminência — pode contestar as conclusões da máquina.

Isso tem mais relevância do que pode parecer à primeira vista. A mim me parece que nunca antes o mundo em geral reconheceu o julgamento de um computador ou a ele se submetera. Mesmo o mais ardente adversário do computador é obrigado a admitir, quer goste quer não goste, que a máquina, que não tem emoções, premonições ou prejuízos, só considera e gera a verdade nua e crua sobre um assunto. Naturalmente, tudo o que ela faz é usar os seus 'talentos' para selecionar dados e reduzi-los à expressão mais simples, mas a uma velocidade que estaria além da capacidade de um exército de estatísticos. O exercício promovido pelo 'Club de Roma' teve impacto maior do que o previsto — muita gente data desse debate sobre os "Limites do Crescimento" a origem do movimento, influente mas excêntrico e mal orientado, dito do "small is beautiful" (o pequeno é que é bom). Mas para o fim do período a curto prazo, estudos da mesma espécie serão uma constante de qualquer planejamento burocrático, seja no mundo dos negócios, seja nas esferas governamentais. A tendência nesse sentido é significativa, pois assinala a iminente emancipação do homem do governo por comitê, por um lado; e por outro, dos inspirados 'palpites' do tirano.

Outra característica significativa do futuro a curto prazo será a ascensão do Japão. Numa conferência em Londres, em 1977, fui convidado para almoçar pelo vice-presidente de uma das maiores companhias japonesas de computadores. Em excelente inglês, ele me comunicou, tintim por tintim, a estratégia industrial do seu país para a década de 1980. O Japão, explicou, tem uma população de cerca de 100 milhões (duas vezes, aproximadamente, a do Reino Unido) e poucos recursos naturais. Conseguiu ter

uma das mais eficientes e bem-sucedidas economias do segundo pós-guerra por ter começado inteiramente de zero com fábricas novas em folha e sem o estorvo de uma herança industrial. Fez uma avaliação astuta do que seria o mercado internacional nas décadas de 1950 e 1960, convencido — e o sentimento é profundo e universal no país, donde a determinação nacional — de que sem uma grande indústria voltada para a exportação o Japão não poderia alimentar seu povo. A Inglaterra, disse-me ele, saíra da guerra com fábricas antiquadas, um pesado ranço de passado industrial, uma errônea avaliação do mercado mundial (ou, mais provavelmente, nenhuma avaliação) e a convicção — falaciosa — de que conseguiria, por trancos e barrancos, vadear a crise econômica a despeito da violência das águas. E sem insistir no erro da nossa posição e no acerto da posição deles, passou a mostrar como o Japão encarava o futuro.

Com o aumento do preço do petróleo e as várias mudanças na balança do poder econômico e político mundo em fora, o Japão não poderia manter, e muito menos melhorar, seu padrão de vida nos anos próximos se continuasse a contar com meios tão arcaicos de fazer dinheiro como a venda de automóveis, câmeras, toca-fitas etc. A solução era simples e de clareza meridiana. O Japão devia tornar-se a potência número um em matéria de computadores da década de 1980, projetando, fabricando e exportando a estupenda linha de computadores e produtos baseados no computador de que o mundo iria precisar dentro de dez anos. Para esse fim, o governo japonês, em consórcio com capitais privados, decidira injetar setenta bilhões de dólares na indústria de computadores na década de 1975-85. Ao fim de 1979, trinta bilhões tinham sido aplicados. Quase 50% do investimento total — cujos frutos, cumpre lembrar, não amadurecem imediatamente — estavam feitos. A metade, aproximadamente, desse estupendo orçamento, diga-se de passagem, deve ser gasta no ensino da nova tecnologia: cerca de três bilhões de dólares por ano! Desde esse indigesto almoço, não tive mais dúvidas de que o maior dos prodígios do futuro próximo, que chamei 'a curto prazo', seria a emergência do Japão como a principal potência do mundo em matéria de computadores. Essa era, sem dúvida nenhuma, a impressão que meu anfitrião tinha querido causar. Se assim foi, alcançou plenamente o seu objetivo.

As primeiras consequências econômicas da Revolução do Computador serão sentidas ainda no futuro a curto prazo. A reação de estalo da imprensa ao recente fluxo de informações sobre as maravilhas da tecnologia do semicondutor tem sido de alarme: levaria a um desemprego maciço e súbito e, em consequência, haveria toda sorte de manchetes de Horror e

Choque. A reação tem um elemento de verdade, pois é inegável que a computadorização generalizada deve ter efeitos consideráveis sobre os modelos de emprego. Mas o quadro será muito menos sombrio do que o previsto, e isso por duas razões. Primeiro, os padrões de emprego mudarão rapidamente mas não tumultuosamente como ocorreu, por exemplo, no começo da depressão nos Estados Unidos, na década de 20, ou na Alemanha, depois do colapso do marco. Segundo, o aspecto Horror-Choque da questão se funda largamente no uso anacrônico do termo 'desemprego', que ainda conjura a imagem de homens de bonés de pano em fila na rua, debaixo de chuva, à espera de um prato de sopa grátis. O novo 'desemprego', se é que podemos empregar a famigerada palavra neste contexto, será de natureza muito diversa e muito mais próxima de uma espécie de redundante fluência. Discutiremos isso por miúdo num capítulo posterior.

E, assim mesmo, haverá consequências econômicas. Seria imprudente indicar uma unidade industrial específica ou área de emprego, mas a gente se volta naturalmente para as indústrias do jornal e do automóvel, as quais, no Reino Unido mais do que alhures, têm resistido com veemência à automatização e que logo deixarão de ser competitivas se essa resistência persiste. E isso de maneira horripilante. A indústria automobilística está em dupla dificuldade pois seu produto já ultrapassou o pico da demanda; quanto à imprensa escrita, periódica, não só emprega um número excessivo de pessoas como está amarrada a métodos antiquados de produção e distribuição. Esses, é claro, não são os únicos setores ameaçados da indústria. A automatização e computadorização crescentes do mundo industrial, embora só venham a fazer grandes estragos a médio prazo, começarão a afetar de maneira visível os padrões de emprego no curso do prazo curto. A rigor, *já têm efeito agora*, mas esse é mascarado por manobras políticas e táticas especiosas, como subsídios governamentais às seções mais sobrecarregadas de pessoal da economia. Isso tem sido possível por tratar-se de fenômeno relativamente menor, mas os dias em que táticas como essas ainda funcionam estão contados. Inicialmente, o choque pode ser calçado com redundâncias em larga escala, com polpudos pagamentos redundantes, com planos de aposentadoria prematura e compulsória e de aproveitamento dos jovens (tantos quantos for possível absorver) em esquemas de educação profissional e aperfeiçoamento. Mas mesmo essas táticas serão bem-sucedidas apenas por três ou cinco anos no máximo. Depois disso, haverá uma brusca, e possivelmente brutal, conscientização de que a vida do trabalhador se alterou de maneira radical e irrevogável.

A mudança se refletirá, de início, na redução da semana de trabalho a trinta horas em média; na aposentadoria voluntária (os incentivos serão

atraentes) aos cinquenta e cinco anos e, até, cinquenta; nas férias anuais de pelo menos seis semanas úteis. A par dessas mudanças virá a reavaliação da ética do trabalho. Pondo de lado, por enquanto, a questão do uso que as pessoas farão do seu maior tempo de lazer, a noção de que é moralmente repreensível não trabalhar todo o tempo — “a ociosidade é a mãe de todos os vícios” — está profundamente entranhada na nossa cultura. Outras idéias igualmente arraigadas, como a noção da desigualdade das mulheres, por exemplo, têm sido, é verdade, levadas de vencida no passado, mas não sem grandes refregas. Mais importante: o tempo em que mudanças como essas ocorreram foi suficientemente longo para que os indivíduos e a sociedade se adaptassem a elas. Não haverá delongas desta vez: a ética do trabalho se dissolverá diante dos nossos olhos.

O futuro a curto prazo verá também uma conscientização geral do público com relação aos computadores. Do charco amorfo de confusão ou indiferença que hoje existe vão emergir atitudes nítidas e definidas. Ao tratarem de computadores, jornais, revistas, televisão dão uma falsa idéia de que o tema é de conhecimento geral de que existe grande animosidade contra as máquinas. O que é falso. Basta conversar com um número razoável de indivíduos ‘do povo’ para ter prova disso. Sabe-se pouco sobre computadores, do que sejam ou do que possam fazer, e a atitude do comum dos mortais para com eles é vaga e informe ainda. Sua imagem comum está ligada a luzes que piscam e a rolos de fita magnética e provém de filmes vistos na televisão, como *O Homem de seis milhões de dólares*, ou de computadores ‘inteligentes’ como HAL em *2001*, ou de K 9, o cão falante de *Dr. Who*.

A pobreza de idéias sobre computadores da maioria das pessoas fica patente quando se vê que nas discussões em torno do assunto nove vezes em dez trata-se do computador recentemente instalado no País de Gales para expedir carteiras de motorista (noção que leva os circunstantes a um coro de muchochos e estalos de língua). Ou o debate deriva para uma enfiada de histórias sobre exorbitantes contas de gás ou de eletricidade.

No futuro a curto prazo tal ignorância terá fim, principalmente porque o homem comum se verá mais e mais exposto aos computadores no ramerrão da sua existência diária. Pode ser o computador do escritório, que cumpre alimentar; ou o microprocessador pessoal que o vizinho, vidrado em eletrônica, está montando em casa; ou a voz sintética que dá informações pelo telefone sobre horários de trem ou previsões meteorológicas; pode ser também o pequenino computador de ensino que as crianças usam para melhorar suas notas. Essa nova conscientização social trará,

e nem seria preciso dizê-lo, grandes mudanças consigo. A primeira manifestação disso há de ser um surto de interesse em aprender tudo sobre computadores. As pessoas sentirão a necessidade de se informarem e irão aonde puderem para conseguir tais conhecimentos. Para os que sabem, as oportunidades de emprego serão abundantes; já os que permanecem ignorantes, resistem às mudanças ou não querem aprender vão achar o mundo mais dia mais estranho e alheio. O que, por seu turno, poderá levar à uma polarização radical de atitudes. Alguns segmentos da sociedade, por uma variedade de motivos, formarão uma espécie de bloco anticomputador; e outras seções — também por diversos motivos — formarão grupos pró-computador. Mas a era da indiferença e da ignorância estará encerrada.

A crescente atração dos jogos e brinquedos é noção difícil de ‘vender’ e engolir, mas nem por isso menos característica dos problemas peculiares que logo teremos pela frente. Está ligada ao enorme potencial de excitação e absorção exclusiva que a nova geração de jogos de computador oferecerá. Mesmo os jogos hoje existentes, como o já mencionado da espaçonave de papelão, podem ser irresistíveis em altíssimo grau. Eu próprio fiquei ao mesmo tempo surpreso e exasperado com a minha desmedida atração por eles. A necessidade de estar senhor do jogo, de dominar as tarefas que ele impõe, é, sem dúvida, um motivador de primeira ordem; mas o poder que ele tem como simulação válida, crível, e continuamente excitante de algum aspecto da fantasia de cada um é também um fator importante. E se jogos como o do ‘pouso’ na lua são apenas as primeiras ‘simulações de vida’, que fabulosas aventuras, que envolvimento esmagador não serão de prever de versões mais aperfeiçoadas? Não teremos de esperar muito para descobrir isso: antes do fim desta era, os jogos de computador terão atingido tais pináculos de realismo que para muita gente serão o *hobby* por excelência. O que pode ser visto como um resultado bom ou mau. À primeira vista, eles terão substituído o divertimento, largamente passivo, de assistir televisão, e isso é bom. Mas talvez a gente esteja fechando os olhos a um ponto muito importante. A questão é que sabemos pouco sobre os efeitos psicológicos a longo termo dessa espécie de preocupação um tanto quanto obsessiva.

Uma área paralela igualmente dominada pela incerteza servirá para reforçar a argumentação. Ao tempo em que escrevo, o mundo da educação está empolgado por um debate sobre o uso de calculadoras de bolso por crianças em idade escolar. A questão é se o uso habitual desses engenhos acabará por anular a capacidade infantil de fazer contas de cabeça ou, até, com papel e lápis. A resposta impulsiva seria afirmativa — o ato do cálculo

implica em prática, aprendizado, e se a criança não domina isso cedo nunca mais será capaz de fazê-lo. Ao que também é possível responder 'de estalo' que não faz mal se essa capacidade ficar por desenvolver. As calculadoras, afinal, são baratas e universais e fazem as contas mais depressa. Então, por que diabo calcular às tontas, de cabeça?

Nesse ponto uma outra questão, subsidiária e muito mais profunda, se apresenta. Suponhamos que o dom de fazer 'somas' de cabeça viesse a desaparecer. Isso representaria necessariamente um dano para a faculdade matemática? Não será o contrário verdadeiro? É bem possível que as aptidões matemáticas naturais e 'intuitivas' estejam hoje inibidas, talvez seriamente, pela disciplina formal de aprender regras de cálculo triviais. Que se danem a psicologia, a educação, os professores e alunos! A verdade é que ninguém sabe. De qualquer maneira, já estamos, a esta altura, metidos na empresa, e ela terá efeitos drásticos, sejam eles benéficos ou destrutivos, sobre o desenvolvimento das aptidões matemáticas do homem; e não só nos faltam respostas a algumas perguntas das mais críticas como nem sequer começamos a formular as ditas *perguntas* apropriadamente! Entrementes, a difusão das calculadoras pessoais — e outras maquininhas de computação — continua avassaladora. Ao fim da era, quando a atual geração de crianças em idade escolar se fizer adulta, seus primeiros efeitos serão aparentes.

Com esses vislumbres do futuro a curto prazo nós passamos adiante, tomados de um misto — desculpável — de temor, excitação e dúvida, para examinar o que nos reserva a prazo médio, os anos entre 1983 e 1990.

PARTE IV

O FUTURO A MÉDIO PRAZO 1983-1990

CAPÍTULO 7

Já no exponencial

Nos primeiros anos da década de 1980, a Revolução do Computador estará a pleno vapor, e até os indivíduos mais alheios à marcha da tecnologia estarão cientes dos seus progressos. Mas as consequências profundas do que ocorreu ainda não tiveram tempo de amadurecer e só começarão a aflorar — qual uma série de cogumelos gerados por pura mágica — na década subsequente. Serão recebidas com choque e surpresa, pois a essa altura o ritmo das mudanças na técnica e nos produtos dela dependentes terá passado a fase historicamente linear para entrar na seção exponencial da curva de crescimento.

Muita gente está familiarizada em termos gerais com o conceito de crescimento exponencial, mas poucos são os que — inclusive matemáticos e peritos em computador — têm uma compreensão por assim dizer intuitiva (em contraposição à acadêmica) da sua natureza. No crescimento chamado linear os incrementos da mudança permanecem constantes, e, como resultado, o futuro é facilmente predizível. Já no crescimento exponencial, os incrementos de mudança crescem também de maneira constante. O exemplo mais simples disso é o crescimento de expoente 2, mais conhecido como efeito de duplicação. Se traduzido num gráfico, dá uma curva que começa relativamente horizontal mas logo se põe a acelerar para cima a uma razão assombrosa. Para dar um exemplo: tome o leitor uma folha de papel de espessura média e dobre-a sobre si mesma cinquenta vezes. Esquecendo por um momento a dificuldade física de fazê-lo, pergunte-se o leitor que espessura terá o papel uma vez terminada a operação. Lembre-se de que estará duplicando a espessura média da folha em causa cinquenta vezes; poderá, então, falar de *altura* e esperar alguma coisa verdadeiramente espetacular.

Muita gente que jamais ouviu propor esse problema ou outro da mes-

ma espécie dará como resposta algumas polegadas. Outras, cômicas de que um novo conceito está em jogo, dirão alguns pés; as almas mais afoitas dirão 'da altura da coluna de Nelson' ou, até, 'da altura do Empire State Building'. Uma vez em mil alguém se sairá com o monte Everest, na convicção de que sua imaginação deu o que tinha de dar. Poucos se dão conta de que o estupendo bloco de papel terá ultrapassado o pico do Everest, varado a atmosfera, passado a lua e a órbita do planeta Marte e entrado na faixa dos planetóides [entre as órbitas de Marte e Júpiter]. Os seres humanos simplesmente carecem de experiência conceptual do exponencial. Em nossa curta vida, experimentamos normalmente apenas mudança linear; e embora o universo esteja cheio de mudança exponencial, essa é irrelevante para nós — ou tão esmagadora que, quando ocorre, não há nada a fazer. Muitas explosões, desde as explosões de granadas de mão até as de bombas de hidrogênio ou de supervovas, têm um breve componente exponencial. Nossa incapacidade para encarar problemas como uma escassez global e iminente de alimentos, a poluição atmosférica e — mais frequentemente citada — o crescimento desmesurado da população da terra são excelentes exemplos dessa fraqueza.

O ponto é importante porque a tecnologia de computadores entra agora num período de desenvolvimento exponencial, e as mudanças sociais e econômicas que devem ocorrer em consequência terão — pelo menos por um período curto — o mesmo ritmo conceptualmente incontrolável. A primeira pessoa a explicar isso foi Alvin Toffler, cuja obra, *Future Shock*, publicado em 1970, advertia que o mundo entrava numa era de mudança, que forçaria as instituições existentes até os seus limites extremos e os conceitos psicológicos para além do ponto de ruptura. *Future Shock* foi criticado como sensacionalista. Mas é claro, se a gente lê Toffler nove anos depois, vê que ele até subestimou o ritmo em que as coisas iriam mover-se. Seu livro mostrava uma percepção muito sagaz do iminente desenvolvimento tecnológico mas não contém qualquer referência ao mais sensacional dos instrumentos da mudança — o microprocessador — e por uma razão muito simples: quando escreveu, o microprocessador não existia. Nenhuma prova melhor do que essa da velocidade com que as coisas nos surpreendem hoje em dia.

Tentando prever o curso dos acontecimentos nos quatro anos que dei ao futuro a médio prazo, pareceu-me conveniente tratar primeiro dos desenvolvimentos tecnológicos; em seguida, das mudanças políticas e econômicas; e, por fim, das questões sociais e psicológicas. O ritmo é, porém, tão rápido, que fazer previsões tecnológicas do que os laboratórios de pesquisa terão em produção *depois* de 1982 fica extremamente difícil.

Uma coisa, todavia, é certa: a sociedade humana fará mudança radical na maneira pela qual manipula e armazena informações. Isso pode não parecer tão sensacional assim ou capaz de sacudir a terra nos seus alicerces mas talvez constitua um dos mais momentosos progressos que o homem jamais conheceu.

CAPÍTULO 8

A morte da palavra escrita

Os biólogos têm procurado definir as diferenças cruciais entre o homem como espécie e os outros animais, sobretudo os primatas superiores. A tarefa não é tão fácil quanto possa parecer, pois muitos dos talentos que se têm por essenciais — postura ereta, fabrico e uso de ferramentas, alto grau de organização social — mesmo o uso da linguagem, se é que se aceitam os últimos estudos dos chimpanzés que usam a American Sign Language* — não são, ao que hoje se sabe, exclusivamente humanos. Mas num particular o homem está qualitativamente à parte de todos os outros animais: no uso da linguagem escrita.

A invenção da escrita foi a mais revolucionária das invenções humanas. De um só golpe, rompeu as cadeias que prendiam o indivíduo e sua limitada cultura a uma região finita do espaço e a uma fatia restrita do tempo. Através do ato de escrever um ser humano tornou-se capaz de expressar idéias e fatos e comunicá-los a outro ser humano. Esses fatos podiam, então, permanecer como um registro depois que o seu autor os tivesse esquecido ou tivesse ele mesmo desaparecido, tragado pela morte e reduzido a pó. O sentido de um armazenamento permanente de dados é a principal, talvez a única razão pela qual o homem é de forma tão absoluta a criatura dominante do planeta. Todos os animais não-humanos levam consigo, quando morrem, tudo o que sabiam e tinham aprendido da experiência. O homem é capaz de preservar os mais ricos frutos da sua capacidade mental e estocá-los indefinidamente para que seus descendentes se alimentem desse manancial. Os gigantescos progressos ocorridos nas socie-

* R.A. Gardner e B.T. Gardner ensinaram a chimpanzés pelo menos 30 sinais do alfabeto dos surdos-mudos. Não só os antropóides aprenderam a empregar os sinais como símbolos ou nomes de objetos determinados como também a combinar tais sinais. Todas as tentativas de ensinar ao *antropopithecus troglodites* linguagem falada fracassaram, talvez por incompatibilidade entre o sistema límbico do primata e o humano, que depende do córtex. (N. do T.)

dades humanas nos últimos dez mil anos são devidos a essa capacidade de registrar e preservar informações. O principal sistema usado para isso tem sido marcas em forma de rabiscos sobre papel (anteriormente, sobre placas de pedra ou argila).

Isso nos tem servido mais do que bem, mas é óbvio que o sistema tem suas limitações. À medida que o grande arquivo humano de 'fatos' cresceu e inchou — só a ciência, estima-se, gera cerca de seis milhões de fatos novos por ano —, o problema de armazená-los aumentou progressivamente. Livros e documentos ainda se podem guardar, se bem que em número reduzido, mas chega o ponto em que o espaço necessário para isso é tão grande que fazê-lo deixa de ser econômico, tanto do ponto de vista financeiro quanto volumétrico. Em muitas atividades e em lugares como hospitais, o custo de arquivar registros escritos dos quais a organização depende chegou a tal ponto que é maior do que o custo de acomodar o pessoal — arquivistas, administradores — que usam o material. A coleta de dados também se torna progressivamente mais dificultosa. Nos primeiros anos da 'tecnologia do livro', um simples fichário de A a Z bastava 'para o gasto', e um funcionário capacitado sabia orientar-se usando sistema paralelo de referência no seu próprio cérebro.

Esse problema, como inúmeros outros que nós hoje temos de enfrentar, foi muito bem antecipado pela ficção científica. Uma história conta de como, a despeito do uso de microfilmes e outros artifícios de compressão de dados, 90% da superfície do globo teve de ser reservada ao armazenamento de dados, e a população viu-se obrigada a viver amontoada no exíguo espaço restante. Imensos satélites artificiais foram depois postos em órbita para o mesmo fim e, no devido tempo, a própria lua se viu convertida em arquivo. Centenas de anos se passam. A massa do papelório cresce implacavelmente e, com ela, o problema da estocagem, até que todos os outros planetas do sistema solar têm a sua superfície (e o seu interior) abarrotados de bibliotecas, armazéns de livros e depósitos de documentos. A história termina com uma expedição ao espaço estelar em busca, não da aventura ou da glória da colonização, mas de novos mundos onde despejar os registros da vida na terra. Na viagem de ida, todavia, os 'argonautas' encontram uma frota estelar alienígena, que vem em direção contrária, por assim dizer, e com idêntica missão. Como acontece, habitualmente, na ficção científica, o autor exagera o problema que lhe serve de tema, mas apesar disso a moral da história não deixa qualquer dúvida. Há uma fraqueza inerente e endêmica em toda técnica de armazenagem de dados que depende da representação escrita ou impressa de conceitos, e são assim desgraçadamente as unidades individuais de dados. Letras e palavras não

podem nunca ser tão pequenas que os seres humanos não possam mais criá-las, copiá-las ou recorrer a elas pela leitura.

Enquanto for esse o único processo válido de registrar dados, o custo do papel, da impressão, da distribuição e armazenagem será um problema constante. Mas uma das mais surpreendentes características da Revolução do Computador (a qual, diga-se de passagem, é também freqüentemente mencionada como 'revolução do processamento de dados') é que as tecnologias do papel e da imprensa parecerão tão primitivas quanto a dos copistas pré-caxtonianos, que registravam à mão. Em suma, a década de 1980 verá os livros tais como nós os conhecemos, tais como os nossos antepassados os criaram e estimaram, iniciar seu declínio vagaroso mas inexorável para o esquecimento.

O livro tem sido um companheiro tão caro e tão útil para a humanidade que não se deveria falar da sua obsolescência e desaparecimento final. Pois apesar de tudo, são muitos os motivos pelos quais esse fim é iminente. Livros e computadores têm uma importante coisa em comum: são ambos engenhos para armazenar informações. E em pelo menos três parâmetros o computador é tão superior ao livro que isso nem comporta, a rigor, comparação.

O primeiro parâmetro envolve as dimensões da unidade básica de dados, a qual, no livro, é a palavra impressa ou número, cuja dimensão lateral é da ordem de dois a cinco milímetros. Num computador, a unidade de dados é diferente — e quanto! — um comutador eletrônico cujas dimensões têm de ser expressas em centésimos e, até, milésimos de milímetros. Mesmo as técnicas atuais de microprocessadores podem comprimir informação literária pelo menos dez mil vezes; no devido tempo, todo o conteúdo de um livro poderá ser gravado num único *chip* de silicone. Mas isso é apenas o começo. No fim da década de 1980, se as técnicas de compressão de dados continuam na crescente curva, será possível armazenar livros muito grandes, talvez até coleções de livros, num *microchip*, e uma biblioteca inteira num espaço que corresponde em tamanho a um terço dos livros de bolso dos nossos dias.

O segundo parâmetro de diferença diz respeito ao custo. Nos dias anteriores à imprensa, um livro era uma peça única, que um escriba copiava de uma fonte especialmente preparada, e os custos tinham de ser calculados pelo tempo que ele levava para fazer a transcrição. Enquanto a composição tipográfica era um negócio relativamente especializado e laborioso, a geração automática de fac-símiles através da impressão baixou o custo dos livros e fez com que o que neles se continha ficasse à disposição de muito maior audiência. Entre as consequências dessa onda de informações que

lavou o mundo cumpre mencionar o primeiro desafio sério às religiões estabelecidas, a contestação dos valores sociais do Medievo, a grande insurreição intelectual do Renascimento e as revoluções industrial e científica dos séculos XVIII e XIX.

Agora, o ponto essencial a respeito de livros é que, em comparação com manuscritos, são *baratos*, e foi o seu baixo custo que levou à proliferação. Mas as microplaquetas serão ainda mais baratas, e numa escala que fará o atual desnível entre documentos manuscritos e impressos parecer ínfimo. O custo inicial de comprimir o livro em forma de microplaqueta não será, evidentemente, menor que o custo atual de compô-lo em letra de forma, mas a partir daí tudo é em favor do computador. Um livro que vende milhões de exemplares pode manter, é verdade, preço extremamente tentador — compra-se o último Harold Robbins em formato de livro de bolso por cerca de duas libras —, mas a maior parte dessa soma integra os custos — que não podem diminuir — da matéria-prima, da distribuição e do lucro dos varejistas. No fim da década de 1980, seu equivalente computadorizado custará algo como dez *pence*, e tanto o custo dos produtos primários quanto o da distribuição se reduzirão de maneira sensacional com a miniaturização.

Acresce que a noção de uma cadeia de varejistas — livrarias, em particular — logo será posta em dúvida. Quando livros computadorizados possam ser enviados pelo correio às dúzias em pequenos envelopes, ou até, mais tarde, transmitidos instantaneamente por cabo ou onda curta, parece inevitável que as vendas por mala direta — da editora para o freguês — dominem a indústria editorial. Os lucros baixarão para os livros tomados individualmente, mas o custo de cada obra será tão baixo que muita gente será capaz de comprar todos os títulos publicados ao invés de escolher dentre eles um número limitado de acordo com as suas posses. O hábito de adquirir livros se estenderá a uma população muito mais vasta, e essa tendência se acentuará nas próximas décadas, com os substanciais progressos advindos do ensino por computador na educação e na cultura.

À primeira vista, o terceiro parâmetro de diferença parece pesar contra a nova tecnologia. Os livros à antiga não só armazenam informação como exibem-na para quem quer que saiba ler. O indivíduo apanha o objeto, abre-o, e ali, arrançados ao longo das páginas, há rios de informações codificadas em palavras. É admiravelmente conveniente e ao mesmo tempo gratificante do ponto de vista estético. O livro de microplaqueta ou de computador, todavia, é apenas um fragmento de sílica que contém informação em código de máquina, que é, essencialmente, uma série de formulações binárias — fieiras de zeros e de uns. Esses não podem ser lidos a

olho nu; e mesmo que fossem analisados com um microscópio de alta potência apenas se poderiam ver os diminutos transístores com seus sinais eletrônicos. Assim, um dispositivo capaz de traduzi-los é indispensável à leitura de um livro eletrônico — algo capaz de esquadriñar o conjunto dos transístores, interpretar seus códigos e convertê-los na língua do usuário, qualquer que ela seja.

As terminais de leitura dos últimos anos da década de 1980 terão as dimensões aproximadas de um livro atual de tamanho médio. E, naturalmente, o leitor precisará apenas de uma. As telas nas quais o texto será representado visualmente deverá variar de acordo com o que se deseje — tamanho de página para o livro que se lê na mão, tamanho de pulso para referência rápida e portabilidade, projeção no teto para ler na cama com absoluto conforto (afinal!). A velocidade de geração do texto será variável graças a um dispositivo automático de 'virar páginas' que é parte integrante da máquina. Poderá haver escolha de cores e uma variedade de tipos. Para crianças, pessoas de vista cansada ou leitores novatos, o texto pode ser projetado em caracteres graúdos. Esses progressos não são coisa de ficção científica. Livros dessa espécie, gerados por computador, e usando aparelhos de TV ao invés de páginas impressas para representação visual já estão sendo produzidos e testados, e as primeiras versões comerciais estarão à venda no começo da década de 1980. Os anos próximos verão uma redução no preço desses livros, um aumento da sua comodidade e uma enorme difusão do seu uso.

Pode-se objetar que livros eletrônicos, embora maravilhosos do ponto de vista do preço e da comodidade, não têm nenhuma das qualidades esteticamente gratificantes dos livros tradicionais, impressos — o prazer de tocar uma encadernação requintada, o contato sensual com as páginas de papel e assim por diante. As necessidades estéticas do amante de livros poderão ser atendidas fazendo os aparelhos de leitura atraentes à vista e ao tato — encadernando-os em couro, com fechos de ouro, emoldurando e montando as unidades de visualização de maneira elegante. Os *chips*, que contêm, cada um, um livro inteiro ou mais de um livro, serão, naturalmente, intercambiáveis.

Até agora falamos do livro como forma de divertimento ou de informação, e nesse contexto os 'livros' da década de 1980 e das décadas subseqüentes não diferem tanto, em princípio, dos livros de hoje. Mas sob um aspecto eles diferem efetivamente, e é aí que a revolução do livro eletrônico terá seu maior impacto.

O livro tal como o conhecemos é, essencialmente, um objeto *passivo*,

que se limita a transferir informação de uma determinada mente, a do autor, a outra mente, a do leitor. Mas os livros dos anos 80 não serão mais passivos, pois filtrarão e interpretarão as informações além de fornecê-las. Para dar o exemplo mais simples: os dicionários oferecerão pacotes de informações relevantes a comando. Basta datilografar num leitor de microplaquetas uma palavra ou frase descrevendo a área de interesse, para que o computador responda, primeiro, provavelmente com uma ou duas perguntas, a fim de aprofundar a natureza do problema, depois com um sumário equilibrado do assunto e toda a informação adicional pertinente. Muitas enciclopédias e 'programas de estudo' procuram dar aos seus usuários tais guias no momento, mas são guias estáticos, esquemas necessariamente muito limitados, que se apóiam na motivação do interessado e se limitam a orientar-lhe as pesquisas. As enciclopédias 'inteligentes' do fim da década de 1980 *farão sua própria pesquisa*, comportando-se literalmente como companheiros de estudo de qualquer pessoa que deseje ter acesso a qualquer dos complexos blocos de informação que se contêm no seu bojo.

Essa extensão daquilo que descrevemos num capítulo anterior como 'poder de processamento de palavras' será a primeira aplicação da inteligência naquilo a que teríamos, um dia, chamado livro, e terá por suporte substanciais aperfeiçoamentos em matéria de *software*. Antes que qualquer dicionário se torne suficientemente 'inteligente' para saber algo sobre o seu próprio conteúdo — que é o que estamos pedindo que faça — ele tem de saber em que área do seu armazém estão as diferentes palavras e também de ter meios de juntar conceitos afins. Suponhamos que alguém deseje um pacote de dados sobre poluição atmosférica: o computador terá de saber que os dados sobre resíduos industriais, recursos petrolíferos, combustíveis sem fumaça, dificuldades de impor uma legislação corretiva, potencial da energia solar etc., etc. são, *todos*, relevantes; e que dados soltos sobre outras espécies de poluição devem ser ignorados.

Exploração e classificação são tarefas simples para o homem mas excessivas para os computadores atuais, com sua inteligência ainda tênue. E equipá-los com programas que lhes permitam executar essas tarefas não constitui problema trivial. Mas sem eles as 'enciclopédias inteligentes' de que estivemos falando serão impossíveis.

Acontece porém que essa área é justamente a que mais interessa aos cientistas de computador hoje dedicados ao problema da inteligência mecânica ou artificial — e julgo isso muito significativo. Julgo também que é nessa área que se concentrarão os maiores esforços no futuro imediato, porque, uma vez feitos progressos reais nela, os lucros serão imensos. No ensino e na educação, o livro dinâmico poderia ter um papel extraordi-

nário, de tirar o fôlego; e haveria uma óbvia extensão para a indústria e o comércio. Uma vez mais, num mundo capitalista, as forças do mercado prevalecem, e a promessa desse prolongamento para o comercial será bastante para garantir que os complicados problemas envolvidos nessa localização e recuperação 'inteligentes' de dados seriam resolvidos. Em algumas áreas, os efeitos de tal desenvolvimento só poderiam ser benéficos; em outras, são altamente controversos. Um dos mais polêmicos: o computador começará a invadir a reserva de um grupo de seres humanos, até agora imunes, aparentemente, às suas investidas.

CAPÍTULO 9

O declínio das profissões

A erosão do poder das profissões constituídas será um dos fatos marcantes da segunda fase da Revolução do Computador. Será tão subreptícia quanto a sua intrusão no mundo do trabalho especializado e não-especializado ou talvez mais. Embora a noção de desemprego precipitoso de operários de fábricas e de escritórios tenha tendência a situar-se no centro do debate.

A vulnerabilidade das profissões está ligada à sua força específica — o fato de agirem como repositórios exclusivos e disseminadoras de conhecimento especializado. Isso é verdade no que tange aos sintomas de doenças e aos segredos do seu tratamento, hoje nas mãos dos médicos; ao cipoal das normas fiscais e títulos tão propício ao florescimento dos guardalivros; ou o fantástico labirinto de dados que torna a prática e implementação das leis tão restritiva ao leigo. Cumpre não subestimar as profissões ou os complexos pacotes de informações que manipulam para benefício nosso. São subprodutos de um processo de especialização do trabalho que começou quando o homem se fez caçador e as mulheres e crianças empreenderam a coleta de frutos silvestres nas mais primitivas sociedades humanas. E vieram à luz porque a evolução social da humanidade foi tornando a vida cada vez mais complexa. Nesse sentido elas nos têm prestado assinalados serviços.

As profissões, como seria de esperar, defendem os seus segredos, insistindo no cuidadoso escrutínio e no aprendizado rigoroso dos que pretendem ingressar nas suas fileiras. Mas essa situação de privilégio só pode durar enquanto os dados especiais e as normas para sua administração permaneçam inacessíveis ao público em geral. Uma vez que se dissolvam as barreiras que hoje separam esses conhecimentos e o homem comum, o significado da profissão decresce e o poder e *status* dos seus membros se reduzem. Caracteristicamente, os serviços que as profissões ofereciam originariamente tornam-se então disponíveis a custo mais baixo.

Há exemplos muito claros disso no passado. Houve tempo em que as artes de ler e de escrever eram classificadas entre os grandes mistérios da vida para o comum dos mortais (e ainda o são para muitos, muitos milhões de pessoas). Indivíduos especializados nessas artes ganhavam bom dinheiro pelos seus serviços. Outro grupo outrora estimado a ponto de exaltação eram os clérigos, dotados, ao que se supunha, de singular *expertise* moral e espiritual, e, além do mais, de uma espécie de canal direto de comunicação com Deus. Esses gozavam de um excepcional padrão de vida com base na sua ciência oculta. Pode parecer que haja grande diferença entre ler, escrever, pregar sermões, etc. e interpretar um documento legal ou fazer um diagnóstico médico. Mas a diferença é largamente ilusória e se deve ao fato de que muitos de nós, embora tenhamos penetrado nos segredos de antigas áreas de conhecimento reservado, pouco nos valemos dessa iniciação. A matéria-prima de uma profissão moderna nada mais é, no frigar dos ovos, que informação; e a perícia de um profissional reside simplesmente em conhecer as regras para manipular ou processar essa informação. Nenhum exemplo disso é mais claro que o caso da entrevista médica, sobre a qual os peritos em computador se debruçam há quase uma década.

Para o leigo, as perguntas que um médico faz ao paciente na sua primeira consulta são cheias de sabedoria e sagacidade e dão a impressão de que o 'doutor' avança para o seu objetivo com incrível discernimento. Com base nas informações obtidas, ele faz o diagnóstico — i.e. decide de que doença, dentre as muitas possíveis, aquele determinado paciente sofre — e seleciona, de um reservatório aparentemente sem fundo de mezinhas, o remédio mais indicado para operar a cura. Na maioria das vezes o paciente se recupera e a prática da medicina, complexa e magnífica, provou uma vez mais sua valia. Tudo isso pode ser impressionante para o leigo, mas não resiste a uma inspeção mais detida. As perguntas iniciais, o levantamento da história médica do paciente, como se diz no jargão médico, são extremamente fáceis de formular, e o diagnóstico preliminar — uma possível úlcera gástrica, por exemplo — bem como a decisão de ir mais longe com a investigação e tratamento — a recomendação de tirar 'uma chapa', i.e. de fazer uma radiografia, obedecer uma dieta especial e assim por diante — seguem-se umas às outras mais ou menos automaticamente na maioria dos casos.

Já se prepararam programas que levantam de maneira satisfatória os antecedentes de uma grande variedade de achaques, fazem recomendações simples (pedindo exames, radiografias) e, até, às vezes, sugerem diagnósticos. E fazem tudo isso com tal *panache* que a maioria dos doentes entre-

vistados por computador preferem-no aos médicos. Há também provas de que muitos pacientes são mais abertos quando falam ao computador, mais dispostos a revelarem as suas intimidades do que a um outro ser humano. Em experiências feitas num hospital de Glasgow, doentes suspeitos de alcoolismo passaram a ser entrevistados por um computador especialmente programado para eles. Admitiram beber 50% mais ao computador do que anteriormente ao pessoal altamente qualificado da clínica. Em outras experiências, pacientes de clínicas psicosssexuais mostraram até certa avidez em discutir seus problemas de sexo com o computador — o que contrasta vivamente com a sua habitual relutância em falar disso com os médicos residentes, mesmo os mais simpáticos e compreensivos. Esses exemplos, cumpre reconhecer, são meramente indicativos de alguns aspectos da medicina. Mas são bastantes para mostrar que as barreiras de mística que cercam a profissão começam a ceder. É certo que um número crescente de médicos e peritos em computador acredita que na década de 1980 vastas áreas da prática médica render-se-ão com os seus segredos ao computador.

Os primeiros sinais desse portento será a aparição de computadores em hospitais; e grande parte do *front end* da medicina — entrevistas de rotina, seleção, aconselhamento — será tarefa para microprocessadores. Haverá também uma transferência seguida, constante, dos maços dos pacientes do ineficiente e oneroso sistema de fichários e arquivos — perdição para os administradores de hospitais — para centrais de computação. Não só isso permitirá o acesso imediato aos dados tidos por relevantes em cada caso mas será também infinitamente mais barato. Diga-se de passagem que, contrariando a mitologia popular a respeito, os dados armazenados em computador podem ser protegidos facilmente da indiscrição e da bisbilhotice por sistemas singelos de codificação e de controle pelo próprio computador, inacessíveis ao curioso comum. Quanto aos chantagistas de maior coturno, que o povo imagina loucos para fazer uso indevido da unha encravada que alguém teve em 1964, muito preferirão os atuais *dossiers* de papel, fáceis de consultar, de copiar e falsificar.

Qualquer pessoa, horrorizada com esse quadro de uma prática médica aparentemente destituída de conteúdo humano, não precisa afligir-se. Generalizando-se, a computadorização dará aos pacientes *mais* contato com o médico de carne e osso, que se tornará menos um funcionário burocrático embelezado a cuidar de questionários e arquivo, e poderá dispendir muito mais tempo discutindo com o paciente as coisas que são, de fato, relevantes. Na verdade, o computador emancipará o médico, permitindo-lhe exercitar os seus talentos naturais e as muitas habilidades que

o longo período de aprendizado da medicina lhes acrescentaram. Da mesma forma, qualquer pessoa que tema que a entrevista por computador e o diagnóstico rudimentar feito por computador levem finalmente a uma decisão de computador, em particular a uma decisão do tipo “corte-se essa perna”, pode ficar tranqüila: entregar a rotina e tudo aquilo que representa perda de tempo a um computador não é o mesmo que entregá-lhe assuntos de vida ou de morte. Muita água passará por debaixo da ponte antes que essas prerrogativas sejam retiradas das mãos dos nossos semelhantes. Pelo menos é isso que se imagina. Nem é de esperar que a prática da cirurgia, como hoje se conhece, escorregue assim sem mais nem menos para o mundo da cibernética, e isso por inúmeros motivos, dentre os quais a simples dificuldade de transferir sutis faculdades psicomotoras do ser humano para a máquina. Mesmo assim, a medicina como profissão não é, de nenhum modo, inviolável ou imune à automatização, e a década de 1980 verá grandes mudanças na sua prática, eficiência e custo — e na sua imagem, para si mesma e para o público.

O Direito, que parece ainda mais misterioso e mais impenetrável, também ficará sujeito ao olhar ao mesmo tempo curioso e zombeteiro dos programadores e analistas de sistemas. E quando isso acontecer, a impenetrabilidade da lei revelar-se-á tão ilusória quanto a da medicina. A matéria legal tem, é verdade, uma outra qualidade de profundidade, de sutileza no *mumbo-jumbo*, e está vestida artificialmente de fraseado latino e formulações deliberadamente obscuras. O precedente é aí soberano — o que aconteceu em tal caso em 1964, em tal julgamento de 1888, numa apelação de 1932. Mas essa é, precisamente, a espécie de informação que pode ser enfiada num cérebro de computador e obtida instantaneamente: basta conhecer o mais elementar dos manuais e apertar o botão certo.*

É até difícil imaginar que a década de 1980 avance grande coisa antes que as vantagens econômicas de codificar a lei em termos de computador sejam reconhecidas. É de presumir que o principal impulso para a computadorização da parte jurídica da administração venha das grandes empresas, que desejarão eliminar ou pelo menos simplificar essa faceta, tradicionalmente onerosa, da sua burocracia interna. Por outro lado, haverá sempre os que, vendo nas complexidades da lei e nas oportunidades

* Acresce que o computador seria de ajuda inestimável para o desafogamento dos juizados, os quais, em muitos países, sobretudo nos países subdesenvolvidos — como o Brasil — estão assoberbados de serviço e, praticamente, ‘engarrafados’. Já se falou, inclusive, entre nós, da necessidade de uma ‘central’ de alvarás de soltura. Presos que já cumpriram pena ficam atrás das grades por delongas do judiciário. Uma vez computadorizada, a justiça seria expedita, talvez imediata, quem sabe? (N. do T.)

que oferece para manobras e cortinas de fumaça, coisa por demais lucrativa para entregar de mão beijada, resistam enquanto puderem ao advento da computadorização.

Existem curiosos paralelos entre a medicina e o Direito, na verdade entre todas as profissões. Assim como haverá especialistas no campo da medicina que permanecerão impermeáveis, pelo menos temporariamente, à ameaça dos computadores — os cirurgiões, que são artesãos treinados no uso do bisturi muito mais do que repositórios de ciência médica —, o mesmo acontecerá nas demais profissões. No caso do Direito, tais especialistas serão, sem dúvida, os advogados ou causídicos, que constituem, na opinião geral, exceto na dos mais fanáticos admiradores do sistema judicial (que jamais o admitirão), um ramo especial das artes cênicas, e são muito mais artistas da oratória que grandes apóstolos do conhecimento ou da sabedoria.

Outra profissão de proeminência social — embora jamais tenha alcançado o *status* econômico da medicina ou do Direito — é o ensino. Uma vez mais, os paralelos são notáveis. Um longo e oneroso período de aprendizado é uma característica da maioria das profissões. Uma vez completo, o indivíduo tem de pôr os seus serviços à disposição de um grande número de interessados antes que se possa considerar, ou venha a ser considerado, um profissional de primeira água. O exercício desinteressado, pessoal da medicina, a dedicação total sacerdotal ao ensino são ideais universais, dignos de serem perseguidos, mas são também economicamente impossíveis de alcançar mesmo nas mais ricas sociedades. De que sejam *desejáveis* e, presumivelmente, meritórios, dá prova a seguinte constatação: a primeira coisa que faz o homem que chegou ao topo da escala social e tornou-se um milionário (ou, em outras sociedades, atingiu o pináculo da pirâmide político-partidária) é garantir, para si mesmo e para a sua família, medicina personalizada e ensino a domicílio, por professores particulares. Mas tais serviços poderão estar à disposição de todos nós em futuro muito próximo, e as mudanças que isso acarretarão serão ainda mais espantosas no caso do ensino que no caso da medicina.

Pôr o computador a serviço da educação é ambição que se tem mostrado extremamente difícil de satisfazer por três razões principais. A primeira é que ninguém, nem mesmo o mais experimentado e eminente professor, o mais competente educador, o mais perspicaz dos psicólogos, tem a mais vaga idéia do que sejam os melhores métodos de ensino. Não sabemos sequer como o homem aprende ou o que é que faz que uma coisa determinada seja aprendida de preferência à outra. A motivação terá

algo a ver com isso (acredita-se), e a inteligência terá nisso algum papel. Recompensas e castigos terão também algo a ver com a história mas não tão claramente ou nitidamente como a maioria das pessoas supõe. A interação social facilitará o aprendizado bem como a atitude que se tenha com relação aos professores, colegas, escolas, etc. E, todavia, somos obrigados a admitir que milhares de anos de esforço acadêmico resultaram em quase nenhuma compreensão do que o professor faz quando ensina ou como o aluno aprende o que lhe está sendo ensinado. E só quando tais coisas forem sabidas poderá haver uma ciência do ensino ou da educação.

Em segundo lugar, embora as pessoas saibam muito pouco do processo educativo *per se*, estão convencidas de que sabem alguma coisa, talvez muita coisa até, e que se trata de um processo elementar. Foi esse mito que conduziu aos desastrosos experimentos com máquinas didáticas, compêndios programados, etc., que passaram em tropel pelo embaçado mundo acadêmico no fim da década de 1950/princípio da década de 1960.

Máquinas didáticas (não se tratava, naturalmente, de computadores), nunca foram tremendamente comuns, e o período em que estiveram em voga foi muito curto. Aqui e acolá, num porão de escola cujo diretor não se tenha dado ao trabalho de jogar fora o lixo acumulado de décadas de incúria, será possível encontrar ainda algumas delas, aninhadas em meio à poeira, na companhia de cartilhas obsoletas e medidores não-métricos de várias espécies. De regra, eram caixas do tamanho aproximado de um receptor de TV, projetores movidos a eletricidade e capazes de mostrar uma sequência de diapositivos, com texto ou figuras. Nos modelos mais 'modernos', o carrossel cedia lugar a um rolo de filme, cujas imagens individuais eram mostradas uma a uma, *staccato*, ou com breves surtos espasmódicos de movimento. Em alguns casos, acrescentava-se uma pista sonora. O aluno sentava-se de frente para a máquina, e respondia às perguntas feitas na tela apertando um botão (havia uma pequena série deles). Quando o botão era acionado, a máquina, depois de alguns grunhidos e gorgolejos, produzia a resposta certa, seguida de outra pergunta.

No desenho do aparelho atendera-se às descobertas do psicólogo B.K. Skinner, de Harvard — baseadas quase exclusivamente no comportamento de ratos numa caixa —, sobre a importância de premiar respostas corretas e castigar respostas erradas (ou, pelo menos, deixá-las sem recompensa). Assim, cada vez que o aluno fazia a decisão certa, a máquina, laboriosamente, exibia um *slide* com uma frase encorajadora como "Muito bem! Você acertou." Se o aluno errava, o *slide* dizia algo como "Não, não está certo. Você não levou isso e isso em consideração. Agora aperte o botão de volta e tente outra vez." Feito isso, a mesma pergunta aparecia,

mas dessa feita a resposta ‘correta’ era fácil de identificar e ele passava rapidamente para a fase seguinte do programa. Ao fim da ‘lição’, os modelos mais aperfeiçoados já haviam somado os pontos feitos e davam o *score*.

O que vai acima é uma descrição fiel das máquinas didáticas e do que pretendiam, e não é difícil perceber por que fracassaram. Para começo de conversa, o componente ‘dinâmico’ dos programas era largamente ilusório. É verdade que, a cada passo, o aluno tinha uma escolha, algumas vezes duas ou três alternativas, mas eram poucas demais para que ficasse eliminado o coeficiente de ‘palpite’, elemento que permitia ao aluno despreparado avançar além do seu nível de aproveitamento. Acresce que cada vez que apertava o botão errado, tinha de ver a mesma mensagem de “Má sorte”. Todos os que conheceram as máquinas aprenderam a detestar essas mensagens. As máquinas, afinal de contas — fossem quais fossem os seus altos objetivos — não passavam de uma espécie de velho *show* de *slides*, montado num período que ao aluno parecia remoto e cuja burrice fundamental ficava logo aparente. Para agravar as coisas, tais programas eram quase sempre falíveis, dependendo de componentes tão notoriamente precários como gravadores e projetores de *slides*; e, além disso, caros. Livros escolares programados, que serviam aos alunos de roteiro de estudos se eles levavam seu interesse até o extremo de perlustrá-los, eram muito mais baratos e não padeciam evidentemente das mesmas falhas mecânicas. Mas suas pretensões a ‘dinamismo’ constituíam defeito muito pior. Quanto à pífia tentativa de ‘falar’ ao aluno, i.e. de estabelecer com ele uma espécie de conversação pessoal, era de todo inviável. O aluno chegava à página 46 e lá estava uma observação: “Não, não é bem isso. Volte à página 36 e releia o texto para ver.” Depois de uma coisa dessas ele nunca mais levava o livro a sério.

É fácil — *a posteriori* tudo é, sempre, fácil — apontar os pontos fracos desse tipo de abordagem. Mas é também fácil compreender por que, superficialmente, o programa era tão atraente e por que tantas empresas, que dependem da educação, como editoras e fabricantes de material áudio-visual, jogaram tanto dinheiro fora com essa coqueluche. O drama todo tinha na base dois erros de julgamento palmares: um, que os princípios do ensino ideal eram conhecidos; dois, que eram simples, e, portanto, podiam ser incorporados a um mecanismo igualmente simples.

Há uma terceira razão pela qual o ensino ajudado por computador — conhecido por CAI (Computer-Aided Instruction) — ou o estudo assistido por computador — ou CAL (Computer-Assisted Learning) fizeram progresso moroso, e essa razão é de grande relevância na determinação do ritmo de evolução dos computadores em geral. É que, até hoje, são poucas

as evidências de que haja grande dinheiro no ensino como negócio, seja por meios humanos, seja por meios automáticos. E o mundo capitalista só se interessa por coisas que dão lucro e só arrisca dinheiro por coisas que dão *muito* lucro. Nesse quadro, ensino e produtos associados são postos à margem. Negam fogo. E continuando as coisas como estão, não ‘pegam’ tão cedo. Mas as coisas começam a mudar, eis a novidade.

A mudança reflete, evidentemente, uma crescente conscientização, por parte dos governos, de que a riqueza de um país depende em alto grau do nível educacional da nação, i. e. da população. Se fosse necessário pôr o dedo numa data precisa como de início dessa tomada de consciência, 1975 seria apropriada: foi o primeiro ano em que a despesa mundial com a educação excedeu as verbas militares e os orçamentos de defesa. Muita gente achará tal estatística surpreendente. Poderia ser interpretada talvez como indicativa de que o mundo afinal caminha na direção da paz; mais realista será, porém, aceitar a alternativa — de modo nenhum reprovável — de que ele procura apenas deixar para trás a ignorância. Mais e mais dinheiro está sendo hoje investido no sistema educacional, e é de presumir que continue a ser assim. Custa entender por que uma indústria com base na educação comparável à gigantesca indústria bélica ainda não exista. O fato é que enquanto estupendas somas de dinheiro são destinadas todo ano ao ensino nas mais variadas formas, nenhuma parte dele — ou parte desprezível — vai parar em produtos destinados ao consumidor. Bilhões de libras são gastos na construção e manutenção de escolas e universidades, outros bilhões na formação de professores e, depois, no pagamento dos seus salários — muitas vezes, de fome. Esses itens ficam, facilmente, com a parte do leão na alocação total das dotações; livros, papel, aparelhos e jogos didáticos, etc. têm de lutar pelas migalhas. A pesquisa educacional — que deveria ser a mais importante faceta da educação — enfrenta agruras ainda piores.

Até o ano passado [1978], aproximadamente, a única parte da indústria voltada para a educação que poderia ser tida como centrada no consumidor — a tal ponto que regurgitava de itens não-permanentes aos milhares — era a da publicação de cartilhas e quejandos; lápis, borrachas, réguas e outras bugigangas vinham logo atrás. A qualificação que pus “até o ano passado, aproximadamente” lembra-nos também as calculadoras de bolso que hoje fazem parte do equipamento de tanta criança na Europa e na América. Constituem a primeira fornada de produtos novos que irão, no curso da década de 1980, transformar o sistema educacional e, ao mesmo tempo, criar uma nova indústria que capitalize nesse desenvolvimento. Calculadoras de bolso, como já dissemos, são como palhas lançadas ao vento, e sob esse aspecto têm uma importância vital. A velocidade com que

se espalharam pelo sistema educacional do Ocidente — enquanto os educadores ainda ponderam, aqui e ali, incertos, se são mesmo uma boa coisa, ou se não são — é um indício das coisas que estão por vir. Sua intrusão na sala de aula é só uma faceta da sua intrusão no mundo em geral, e suas vendas em massa têm mais a ver com a atração que exercem como brinquedo do que com a sua utilidade. Mas a segunda fornada de tecnologia superminiaturizada de alta sofisticação será toda ela montada com vistas ao processo educacional, e terá ainda maiores atrativos para os compradores em perspectiva. Além disso, e depois de algumas largadas falsas, causadas pelo excesso de entusiasmo e pela ânsia de obter lucros imediatos, levará a mudanças consideráveis e a progressos no próprio processo educativo,

Isso terá por base o desenvolvimento de computadores didáticos portáteis, pessoais, não maiores que a calculadora de bolso do fim da década de 1970. Custarão mais ou menos a mesma coisa que elas. Vale a pena descrever o protótipo desses engenhos, criado na Inglaterra pelo National Physical Laboratory (com o nome de código provisório de MINNIE), uma vez que dá uma boa idéia de como serão, no futuro, os aparelhos do mesmo tipo. À primeira vista, MINNIE parece-se com uma calculadora e pesa mais ou menos o mesmo. Inspeção mais detida revela que tem mais chaves que o aparelho *standard* de quatro funções: e que essas chaves cobrem não só os números de 1 a 10 mas também um alfabeto inteiro, de A a Z. Há chaves para ‘espaço’, ‘apague’ e outras funções. É apertar a chave e o número apropriado *ou letra* aparece na representação visual. Mas há mais que isso. Quando se liga a máquina, aparece uma seqüência de letras bilhantes que apresentam a máquina ao usuário: “ALÔ, MEU NOME É MINNIE. POSSO FUNCIONAR COMO UM DICIONÁRIO FRANCÊS-INGLÊS OU POSSO FAZER UM TESTE COM VOCÊ PARA AFERIR SEUS CONHECIMENTOS DE FRANCÊS. O QUE PREFERE: O DICIONÁRIO OU O TESTE?” Se você quiser o dicionário, aperte a letra D. É então convidado a escolher francês-inglês ou inglês-francês. E logo MINNIE oferece a apropriada tradução do que o usuário escrever. MINNIE testa o vocabulário dele com uma seqüência de palavras a traduzir. Diz se o usuário está certo ou errado. E dá a tradução correta depois de três tentativas malsucedidas. Ao fim do exercício (o interessado determina a duração do teste), MINNIE dá o *score*.

Na sua primeira forma, MINNIE tinha um vocabulário relativamente pequeno: uma centena de palavras somente, e operava graças a uma microplaqueta microprocessadora com uma memória de aproximadamente dois kilobytes. Pois mesmo assim, os usuários achavam que a máquina lhes era de real ajuda para refrescar o seu francês — ou qualquer outra língua para a

qual tivesse sido programada. Essas diminutas memórias não dão sequer uma idéia aproximada do que serão as novas, com as quais virão equipadas as máquinas da década de 1980. *Chips* com mais de cem kilobytes de informação — o equivalente a milhares de palavras inglesas — já estão sendo manufaturados, e memórias ainda mais potentes estão nas pranchetas neste momento [1979]. Em meados da década de 1980, dicionários inteiros poderão ser facilmente postos dentro de engenhos do tipo da MINNIE. Para o fim da década, os *chips* de tais computadores poderão conter não só uma porém várias das línguas correntes.

Para o ensino e estudo da linguagem é que os computadores podem ser mais facilmente programados. Logo haverá computadores de bolso para tradução e ‘professores’ de vocabulário nas maletas 007 dos executivos viajantes. E quando a produção crescer e os preços caírem, também nos bolsos dos mestres-escolas e dos alunos do curso primário. Os componentes básicos do computador didático não são diferentes dos que se usam nas calculadoras — as únicas modificações, menores, são um teclado maior e uma unidade de representação visual mais elaborada. Uma vez que o ímpeto comercial se reflita na produção, eles sairão da linha de montagem aos milhões e, em seguida, aos bilhões. Cada unidade será tão barata quanto uma calculadora dos nossos dias, talvez mais barata. É preciso ressaltar esse ponto porque o baixo custo dessas máquinas é que vai assegurar que, como as calculadoras — que as precederam — elas se espalharão por todo o sistema educacional do Ocidente. Melhor seria que professores e técnicos de educação se acostumassem com a idéia, e decidissem desde já como vão enfrentar o desafio quando ele chegue. Pois uma coisa é certa: qualquer tática que implique em banir as máquinas ou proibir seu fabrico e venda está fadada ao insucesso. Pressões comerciais irresistíveis já se acumulam, e logo o computador didático de bolso estará entre nós. Quer gostemos, quer não.

A tentação é grande, a esta altura, de olhar para trás, para os entusiasmos e as frustrações da década de 1960 pelas máquinas de ensinar; de indagar por que os defeitos desses engenhos não viciam hoje os que lhes sucederam. Certamente uma máquina didática é, no fundo, igual a outra máquina didática. A vantagem da redução do tamanho não poderia ter qualquer efeito maior. A dúvida procede, mas por detrás dela se esconde a falta de compreensão básica do imenso potencial dos computadores. Esse potencial chegou a tal ponto que mesmo os que lidam com eles todo dia não têm qualquer idéia da sua imensidade. Eu mesmo apenas a vislumbro e, assim mesmo, intermitentemente. Há pouco, por exemplo, decidi escrever um programa para um microprocessador, usando código de máquina.

Código de máquina é a linguagem que o computador ‘fala’ e constitui, a rigor, uma sequência de zeros e de uns. Linguagens de nível mais alto, como FORTRAN e BASIC*, usam palavras e frases de inglês e são muito mais rápidas e muito mais fáceis, mas o pequeno microprocessador que eu estava usando não entendia nenhuma das duas, de modo que eu estava obrigado a comunicar-me com ele na única linguagem que ele era capaz de compreender — zeros e uns de enfiada.

A tarefa consistia em programá-lo para jogar uma simulação de pouso na lua. Só depois de algumas horas de estarecedora exaustão cerebral, consegui fazê-lo. O programa me tinha parecido, no processo laborioso de compô-lo, coisa gigantesca e eu, intuitivamente, temi estar a sobrecarregar a memóriasinha do computador. Tão forte era essa impressão que, ao descobrir que para fazer o programa um pouco mais interessante seria preciso acrescentar-lhe um circuito extra, com cinquenta ou cinquenta e tantas etapas — mais algumas centenas de uns e de zeros — fiz alguns cálculos na aflição de saber quanto da memória da máquina estava ainda disponível para utilização. Quando verifiquei que o meu comprido e tortuoso programa tinha apenas usado um fragmento quase imperceptível de apenas uma das vinte ou trinta poderosas unidades de linguagem de memória da máquina, o choque foi de arrepiar os cabelos. Era como se eu tivesse caminhado até a crista de uma pequena colina esperando ver um doce declive à frente, na outra vertente, e me visse, de chofre, na borda do Grande Canyon do Colorado. A tarefa de programação me dera um *canyon* particularmente expressivo com o qual medir a verdadeira capacidade do sistema e isso me fez imaginar que efeito teria sentido com a compreensão das verdadeiras dimensões de um sistema deveras pesado e substancioso ao invés daquele microprocessador barato. Quanto a mim, desconfio que uma iluminação em tal escala esteja além da capacidade da mente humana, do mesmo modo que a imensidade do espaço e do tempo desafiam compreensão. A moral da história é que mesmo as pessoas mais familiarizadas com o computador raras vezes pressentem o verdadeiro poder da máquina com que estão a lidar. Não é por isso de admirar que as pessoas que apenas vêem tais máquinas de longe subestimem o seu potencial ou sejam incapazes de compreendê-lo. Infelizmente, antes que alguém possa distinguir a grande diferença que existe entre uma máquina de ensino e um computador, tem de ter pelo menos um vislumbre do seu funcionamento.

Professoras que trabalham nessas escolas em que tudo o que for me-

* FORTRAN, de Formula Translation System. BASIC vem de Beginners' All Purpose Symbolic Instruction Code. (N. do T.)

nor que um elefante tem de ser pregado no chão para que não se dissolva no ar vão rir da idéia de que a portabilidade seja uma vantagem. Mas lembrem-se de que os computadores da década de 1980 serão baratos e comuns e não raros e caros; e nada melhor que uma máquina que pode viajar com a gente. O vencedor de um desses concursos 'Crânio da Inglaterra' atribuiu seus vastos conhecimentos ao fato de ter uma enciclopédia em cada cômodo da casa: sempre que desejava um dado qualquer, tinha-o ao alcance da mão. Todos nós conhecemos esse sentimento. Coisas acessíveis *na hora* e no lugar são cem vezes mais úteis que a alguma distância no espaço, ou dentro de algum intervalo, no tempo. Mesmo que a distância seja pequena e o intervalo de tempo, curto.

Afinal, as coisas variam de preço com o tamanho, as menores são mais baratas que as maiores por serem produzidas em massa e utilizarem menor quantidade de matéria-prima. As velhas máquinas didáticas eram brinquedos eletromecânicos, que combinavam a rapidez incorpórea da eletricidade com a infortunada *lentidão* da maquinaria. Engenhos eletromecânicos são relativamente simples de projetar mas extremamente difíceis de produzir em série; e uma vez atingido certo nível de preço, o aumento do número de unidades produzidas não reduz de maneira significativa o custo e o preço. *Computadores* especificamente construídos e programados para o ensino são, por outro lado, eletrônicos de ponta a ponta, sem partes soltas — exceto os próprios elétrons — e fáceis de produzir em massa. Custam pouco mais que os produtos primários de que são feitos e têm a imensa vantagem de serem extremamente confiáveis.

O computador tem uma versatilidade verdadeiramente *sem par*. Sistemas do tipo MINNIE podem ser usados como dicionários, como auxiliares de estudo tanto em matemática quanto em línguas, como diários pessoais ou sistemas de informação privados, como parceiros de jogos e, até, quando as coisas avançarem mais um pouquinho, como parceiros de conversação. Mas seu valor reside não tanto no que ensinam mas na maneira como ensinam. A flexibilidade do moderno computador, pequeno ou grande, é, para todos os efeitos, infinita, e o número de coisas que ele é capaz de fazer depende exclusivamente do número de programas que forem preparados para ele.

Computadores didáticos serão genuinamente 'inteligentes'. E o que quero dizer com esse termo é que ajustarão suas respostas a uma variada gama de maneiras, dando constantemente a impressão de estarem 'interessados' em ensinar, tal a maneabilidade com que estruturam e reestruturam a sua comunicação de forma a atender às necessidades do momento. Por exemplo: ao invés de pressionar um limitado número de botões da varieda-

de de múltipla escolha, as respostas serão lançadas no sistema de um modo mais ou menos aberto (ou 'de extremidades abertas' = *openended*). O computador reagirá exibindo na competente janela não uma resposta obviamente pré-fabricada mas uma seqüência de palavras e frases que surgem e se encadeiam em ritmo de conversação. Uma interação tipo dessa espécie seria mais ou menos assim:

Computador: ALÔ. JÁ NOS CONHECEMOS? QUAL É SEU NOME MESMO?

Usuário: PETE.

Computador: PETE. . . NÃO SERIA PETE SMITH?

Usuário: ISSO MESMO.

Computador: OH! ALÔ DE NOVO, PETE. TRABALHAMOS JUNTOS NA ÚLTIMA QUINTA-FEIRA FAZENDO UMA TRADUÇÃO DE FRANCÊS. VEJO QUE JÁ ESTAMOS NO NÍVEL SETE E QUE VOCÊ VAI INDO MUITO, MUITO BEM. QUE TAL FAZERMOS UM PEQUENO TESTE SOBRE ESSE NÍVEL OUTRA VEZ? OU PREFERE PASSAR ADIANTE?

Usuário: VAMOS EM FRENTE.

Computador: OK, PETE. O QUE ESTA PALAVRA QUER DIZER: *JARDIN*?

Usuário: JARDIM.

Computador: MUITO BEM. E DE QUE GÊNERO É?

Usuário: FEMININO?

Computador: ISSO DARIA 'LA JARDIN'. SOA BEM PARA VOCÊ?

Usuário: MASCULINO, ENTÃO.

Computador: PENSO QUE FOI PURA ADIVINHAÇÃO MAS NÃO FAZ MAL.

JARDIN É UM TÍPICO SUBSTANTIVO MASCULINO. NÃO TEM *E* NO FIM, e *IN* É UMA DESINÊNCIA TIPICAMENTE MASCULINA. AGORA, QUE ME DIZ DA PALAVRA *VIN*? O QUE SIGNIFICA E QUE GÊNERO TEM?

Usuário: VINHO, DO GÊNERO MASCULINO.

Computador: CERTO. AGORA PENSE NO SEGUINTE: SUPONHA QUE QUEIRA DIZER "DÊ-ME UM POUCO DE VINHO". COMO DIRIA ISSO?

Usuário: *PASSER-MOI LE VIN*.

Computador: VOCÊ DISSE *PASSER*? TEM CERTEZA QUE SOLE-
TROU DIREITO?

Usuário: *PASSEZ*?

Computador: AGORA SIM, PETE. MAS TEMOS OUTRO ERRO. NÃO
SE DIZ *LE VIN* MAS *DU VIN*, NO CASO. E SABE POR QUE?
Usuário: NÃO.
Computador: É QUE. . .”

O texto acima dá uma boa idéia da espécie de diálogo que as pessoas poderão ter com seus computadores de ensino, pessoais, em meados da década de 1980 ou mais para o fim dela. É evidente que a interação é muito mais próxima, em espírito, da maneira pela qual os seres humanos trocam informações, que a abordagem utilizada pelas antigas máquinas didáticas. O computador é capaz de identificar e de ‘entender’ — usando a palavra com alguma liberdade — uma série de palavras e frases de uso corrente, que provocam respostas apropriadas da sua memória. A rigor, o seu *verdadeiro* ‘entendimento’ é muito limitado mas não se trata de limitação em que o usuário possa facilmente pôr o dedo. Mesmo se ele faz todo o programa uma segunda e uma terceira vez, dando sempre, exatamente, as mesmas respostas, é possível programar o computador para variar a sua fraseologia. E o usuário raras vezes apanhará a máquina repetindo a mesma coisa. Essa faculdade de conversar aparentemente às soltas dá ao usuário a impressão de estar a comunicar-se com alguma coisa dotada de boa dose de inteligência, e tal impressão persiste mesmo quando se conhecem as limitações do computador ou quando alguém explica a natureza da ‘falsa-inteligência’ do computador. O motivo é que nós não nos interessamos de fato em saber como as coisas funcionam mas de que elas são capazes. Se um mecanismo parece capaz de sustentar uma conversação inteligente, entendendo os problemas que a gente lhe expõe e motivando-se para opinar a respeito, isso basta para entrar em comunicação com ele.

Naturalmente, é possível desarranjar um programa introduzindo tolices nele ou desencaminhando-o de alguma forma. Se a máquina pergunta qual o equivalente de *vin* e, ao invés de dizer ‘vinho’ o usuário responde alguma coisa ridícula como ‘jogo de *cricket*’, a máquina não identifica a resposta como mais idiota do que ‘linho’ ou qualquer coisa assim, eufonicamente ou linguisticamente mais próxima da resposta certa. Essa inabilidade para reagir diante do absurdo era um defeito dos primeiros computadores destinados ao ensino, mas uma programação sutil pode corrigir a falha. Como professores e alunos sabem muito bem, mesmo os mais inteligentes e bem intencionados dos mestres podem ter a sua estratégia reduzida a frangalhos se a classe recusa obedecer às regras. Mas para as pessoas com qualquer motivação, mesmo pequena, para aprender, os computadores são infinitamente mais aceitáveis que as antigas máquinas didáticas.

Uma das ramificações mais fortes da nova indústria que vai surgir em torno dos computadores de ensino será aquela dedicada ao desenvolvimento e à avaliação de grandes séries de programas que cobrirão todas as áreas de operação dos computadores e lhes darão seu verdadeiro poder de ensinar. E aqui reside a chave final da compreensão não só do futuro dos computadores de ensino mas também do impacto dos computadores na sociedade do futuro. A compreensão de que uma tecnologia de computadores miniaturizada, suprabarata e altamente confiável abrirá mercados de dimensões inimagináveis, primeiro nas sociedades ocidentalizadas e, em seguida, no Terceiro Mundo, deve levar a uma implacável pesquisa de mercado em busca das áreas mais lucrativas. E um dos maiores mercados ainda intocados do mundo é o da aplicação dos computadores no ensino.

Os cépticos poderão aqui juntar suas forças e argumentar que uma coisa é criar tecnologia capaz de fornecer ensino pessoal e interativo; outra muito diferente, e muito mais difícil, é determinar os melhores métodos de fazer isso e aferir quão eficazes serão esses métodos uma vez postos em prática. A observação é válida — e a tal ponto que nenhuma venda em massa de computadores de ensino ocorrerá até que tais dúvidas sejam resolvidas. Mas poderão ser resolvidas com uma rapidez que tome o mundo inteiro de surpresa. Porque, nos primeiros anos da década de 1980, e a fim de conquistar esse mercado gigantesco e, seguramente, lucrativo, as organizações comerciais começarão a despejar somas enormes na investigação da natureza do processo educativo e desenvolverão programas de ensino ao mesmo tempo colossais e eficazes. Em meados da década de 1980 essa vasta pesquisa começará a dar resultado e, pela primeira vez, o homem terá criado uma verdadeira Ciência da Educação e, com ela, uma compreensão verdadeira da natureza do estudo.

É verdade que seqüências de texto aparecendo em campos de visualização do tamanho dos que existem nos computadores podem apenas atender às mais simples funções educativas; mas os computadores começam a fazer progressos numa variedade de frentes. Computadores portáteis já podem ser acoplados a aparelhos de TV e sua representação visual fica em cores e em cores a geração e manipulação de material gráfico — versões sofisticadas dos jogos de que falamos nos capítulos precedentes —; podem também ser acoplados uns aos outros, para trabalhos ‘de grupo’. Saídas de voz sob a forma de fala sintética limitada já existem no mercado a preço razoável; em muitos dos computadores programados para o ensino de línguas estrangeiras, a máquina não se limita a exibir o texto: fala-o. Computadores que reconhecem a voz humana e podem corrigir palavras e frases, apontando problemas de pronúncia, de sotaque etc. não estarão, pro-

vavelmente, à venda a curto prazo, mas virão. Computadores de grande potência, interativos, aptos a manter conversações sustentadas com os usuários, seja no seu papel didático, seja para satisfazer as necessidades intelectuais de uma troca de idéias, não estarão disponíveis antes da década de 1990. Talvez demorem mais que isso, até. Tudo dependerá do desenvolvimento da inteligência artificial, que vamos discutir mais adiante.

Um quebra-cabeça depois do outro: essa a perspectiva de progresso nesse terreno, em que a reação dos profissionais do ensino ao computador (que é meio desafio e meio ameaça) constitui apenas um problema dentre muitos. Talvez devamos examinar alguns outros. Quem, por exemplo, determinará os *standards* segundo os quais os computadores deverão operar? Havendo tempo, um largo espaço de tempo, alguma espécie de mecanismo cooperativo poderá vir a ser estabelecido entre os governos, as autoridades educativas e as organizações comerciais interessadas, de modo a que idéias e estratégias de ensino possam ser passadas pela peneira fina dos comitês conservadores e das organizações obcecadas com a segurança acima de tudo. O produto final será um currículo moroso, insípido mas educacionalmente afiançável para instrução por computador. Acontece que não haverá tempo assim tão largo. As primeiras empresas que lançarem computadores de ensino portáteis, de bolso, farão uma fortuna surda; e embora os governos possam resmungar ou os próprios profissionais do ensino, a atmosfera de Corrida do Ouro do momento poderá levar de roldão tudo o que encontrar pela frente.

O que não é motivo de pânico. O ensino, tal como o conhecemos, pouco mudou em milênios. A única diferença significativa será o maior número de cérebros humanos hoje submetidos ao processo. Os diversos experimentos educacionais dos últimos anos não passam de espuma à superfície de um oceano ainda não mapeado. Ninguém que tenha tido a mão na massa, que tenha participado da tentativa de fornecer uma educação *standard* e equitativa para as legiões que passam pelo sistema de ensino oficial, pretenderá que o que hoje se oferece é mais que um gesto de desespero. Quem nega isso, que atente para o nível cultural e escolástico da maioria dos meninos e meninas de dezesseis anos que saem como produto acabado da boca do sistema escolar urbano.

Outro enigma é o do ritmo segundo o qual, pelo menos nos estádios iniciais do processo, os computadores penetrarão no seu mercado específico. A experiência das calculadoras de bolso dá alguns indicadores. As crianças, é verdade, têm uma infinidade delas, mas em muitos casos a calculadora tem apenas um papel de *status* apenas; depois de exibidas com ostentação na classe ou no recreio, são esquecidas até que, de baterias

para fora, acham o caminho da lata de lixo. Mas existe uma criança mais esperta, produto de uma família 'melhor', educacionalmente e culturalmente, que gosta de computador como um patinho gosta d'água, explora suas miríades de permutações por puro prazer e adquire, fazendo-o, um conhecimento intuitivo dos conceitos matemáticos fundamentais. Os professores de matemática já estão familiarizados com esse 'filão', por assim dizer, pequeno mas interessante, e que tanto se distingue do resto da classe. Tal espécie de elitismo é ainda mais perceptível em escolas dotadas de computadores para uso em linha e experimentação. Aí, grupos de hábeis programadores acabam por emergir, que olham de cima para os que não aceitaram o desafio da mística do computador. Divisões ainda mais nítidas serão perceptíveis quando os primeiros computadores 'professores' surgirem no mercado e certas crianças se lançarem a eles com avidez enquanto outras preferirão ignorá-los de todo.

Já não será questão aí de uma elite de calculadores ou programadores, mas de uma elite que se compraz na ampla gama de possibilidades intelectuais e informativas que o computador tem a oferecer. Se a tendência se fortalece, logo teremos uma geração de crianças nitidamente dividida entre as que ampliaram sua capacidade mental com a do computador e as que permaneceram aferradas à ignorância e imprevisão do passado. O problema pode parecer insolúvel: haverá sempre os que colhem os frutos que a sociedade oferece e os que, por ignorância ou falta de motivação, os rejeitam. Afortunadamente — e, outra vez, por motivos comerciais, sobretudo — far-se-ão esforços para que, depois da primeira vaga de penetração como novidade e brinquedo, toda criança tenha um computador. Para alcançar isso, os computadores e os programas que podem oferecer serão cuidadosamente preparados para assegurar que o usuário, seja qual for o seu nível intelectual ou cultural, seja altamente motivado a utilizá-lo. Para os iniciantes, os atrasados, aqueles cuja motivação é débil ou inexistente, computadores e programas serão lúcidos, infinitamente pacientes e despidos de qualquer atitude superior ou condescendente, ajustando-se ao fluxo e refluxo do interesse e do progresso do aluno. Para a criança superdotada eles serão exigentes e representarão um desafio, mas ainda aí com infinita paciência.

Será muito esperar que instrumentos desse tipo sejam criados? Na verdade, já existem, pelo menos experimentalmente, nos laboratórios de pesquisa da Europa, dos Estados Unidos e do Japão, e os primeiros modelos experimentais devem chegar ao mercado no começo da década de 1980. Parecerá incrível que um pacote diminuto, menor que uma calculadora, possa tomar nas 'mãos' as rédeas do Ensino? Basta dar um passo

atrás e ver quão pouco um adolescente pode mostrar como bagagem cultural depois de dez anos de escola tradicional, para que o computador como professor de súbito pareça muito mais verossímil. A verdade é que o mundo está prestes a sair de uma era em que o conhecimento vinha encaixotado em recipientes chamados livros e só se liberava com a aquisição das chaves do seu uso. Na era em cujo limiar o mundo hoje se encontra, os livros descerão das suas prateleiras, abrir-se-ão por si mesmos e despejarão fora o seu conteúdo. Em seguida, instarão com os seus donos para que façam uso deles.

CAPÍTULO 10

Sobre dinheiro e crime

O uso do dinheiro data do tempo em que as sociedades humanas cresceram o suficiente e tornaram-se suficientemente eficazes para permitir alguma divisão de trabalho. Um homem cultivava o solo e produzia legumes; outro caçava animais selvagens e produzia carne. Mais tarde, apareceram os que vendiam ‘serviços’ — ferreiros, fabricantes de ferramentas. A essa altura o simples escambo já não era praticável. E o verdadeiro comércio começou, baseado em algo que fosse ao mesmo tempo portátil e universalmente aceitável — de começo, metais úteis. O metal como padrão de troca ainda persiste entre nós, embora já não seja a forma dominante de moeda. As cambiais bancárias, que entraram em cena para dar conta do crescimento e da complexidade crescente da economia mundial no começo do século XX, são hoje em dia o componente mais importante do quadro econômico, e os cheques vêm logo depois.

Mas o dinheiro, seja em forma de moedas, notas ou cheques, é apenas uma declaração de que o portador entregou à sociedade quantidade equivalente de bens ou serviços. Ora, o dinheiro desempenhou, a contento, esse papel, por milhares de anos, mas é ainda, como sempre foi, apenas um registro da riqueza de um indivíduo ou de uma organização no seio e nos termos da sua sociedade, e poderia ser expeditamente substituído por outra forma de registro desde que mais simples, mais barata ou mais portátil. Pois bem, algo de espetacular está prestes a acontecer com o dinheiro e com os mecanismos financeiros e com as instituições que têm algo a ver com ele. As mudanças já estão em marcha, e têm estado em marcha há cerca de dez anos ou mais, embora os efeitos disso tenham sido contidos e suas implicações finais não tenham sido geralmente apreciadas.

Não é por coincidência que os grandes bancos tenham sido os pri-

meiros a beneficiar-se da computadorização*. O sinal de partida foi a adoção pelos bancos da leitura dos cheques por máquinas. Isso tornou conveniente alimentar rapidamente os computadores com informações monetárias. O que preparou a cena para uma nova etapa, a substituição do dinheiro *físico* por dinheiro eletrônico, que surgiu sob as aparências do cartão de crédito. Esses artigos de fácil manejo — deveriam ser chamados cartões de *débito*, naturalmente — foram os primeiros pregos no caixão dos métodos financeiros tradicionais. São hoje, simplesmente, notas promissórias plastificadas, que afiançam o crédito de um indivíduo e funcionam como veículo para o registro de qualquer transação que o dono faça com eles. Tal registro é feito hoje por um empregado do vendedor que usa máquina especial para carimbar um comprovante de venda que é mandado pelo correio para um computador central. Em fase ulterior (provavelmente no futuro a médio prazo), o próprio cartão será enfiado num terminal de computador que o examinará e ver se não foi furtado e se o titular tem crédito. Uma vez satisfeito nesses dois pontos, a máquina instantaneamente debita a conta do dono do cartão num computador central.

A inspeção direta por computador de cartões e a transferência automática de fundos suscitam problemas de grande monta, mas ninguém presume que os bancos não julguem esse método de transferir registros infinitamente superior ao atual, em acurácia, simplicidade e eficiência econômica. Os cartões de crédito, como já dissemos, representam o primeiro passo na estrada descendente que conduz à eliminação do dinheiro vivo e do cheque — e qualquer um que tenha acompanhado o debate sobre a imensa superioridade dos computadores para registrar,

* Inclusive no Brasil, onde, segundo a revista *Veja* (27.10.1982), as primeiras ATM (Automatic Teller Machines), ou caixas automáticas de banco, já fizeram sua aparição. Importadas, são acionadas por um cartão magnético pessoal, em que estão gravados o número da conta do correntista e o seu código secreto, pessoal. A máquina realiza operações simples como receber depósitos, transferir fundos, informar saldos e efetuar pagamentos, tudo em fração de segundos. O grupo Itaú criou uma empresa *ad hoc*, a Itautec, para dar-lhe apoio no processo de modernização e automatização das operações bancárias. O Bradesco também se mecaniza. Nacional, Unibanco e Bamerindus, que se associaram na Tecnologia Bancária S.A., alugam as suas ATMs. Toda essa atividade é controlada no país pela Secretaria Especial de Informática (SEI), criada pelo governo Figueiredo como órgão ligado diretamente ao Conselho de Segurança Nacional (CSN). Também ligadas ao Conselho ficaram, por decreto, a Digibrás (fomento) e a Cobra — Computadores e Sistemas Brasileiros (área industrial). É crescente o interesse pela matéria. Em 1982, realizou-se no Rio de Janeiro a II Feira Nacional de Informática, paralelamente ao XV Congresso Nacional de Informática, em que falou o presidente da república. (N. do T.)

processar, transferir e recuperar informações sabe que a tendência é inenarrável. Mas não só os bancos têm a ganhar com o advento do dinheiro eletrônico.

As desvantagens da moeda e do papel moeda já começam a ficar óbvias em outros setores também. De alguns anos a esta parte, as bombas de gasolina das regiões menos 'salubres' dos Estados Unidos vêm recusando dinheiro em espécie depois de seis horas da noite a fim de desencorajar assaltos. Mesmo um pequeno maço de notas de dólar constitui motivo suficiente, na nossa sociedade desconjuntada e cúpida, para um crime de morte, ao passo que uma pilha de recibos de compras por cartão de crédito não o é. O dinheiro em contado, por sua própria natureza, é universalmente transferível e extremamente difícil de rastrear. Os meios de crédito do futuro terão outra face, e é claro que, ao substituírem as unidades monetárias existentes, uma alteração na natureza do crime baseado no dinheiro terá de ocorrer.

Na outra ponta da realidade, o roubo do dinheiro dos salários e o assalto a bancos tornar-se-ão paulatinamente proposições menos atraentes, de vez que as quantias transportadas irão diminuindo. Mais e mais empresas passarão a pagar seu pessoal por transferências diretas para as suas contas bancárias, mais e mais gente passará a usar o cheque e o cartão de crédito. Muitos profissionais do Ocidente já fazem o grosso das suas compras assim, mas a prática é ainda minoritária. Os ladrões voltarão sua atenção dos alvos tradicionais para os negócios que, por uma razão ou por outra, ainda utilizam bolos de bilhetes, de modo que mesmo essas fortalezas conservadoras acabarão por convencer-se das virtudes dos cartões de crédito. Já há provas de que a comunidade do crime começa a sentir os ventos da mudança. Em algumas cidades americanas, os assaltantes abandonam os pedestres bem vestidos, cujas carteiras estarão recheadas de traiçoeiros cartões de crédito, em favor das pessoas de aparência mais modesta as quais, paradoxalmente, terão dinheiro no bolso.

Os cartões de crédito são eminentemente furtáveis. E se forem usados criteriosamente, com esperteza e determinação, podem render ao bandido bom dinheiro. Mas são mais arriscados que dinheiro vivo e cada dia ficam mais arriscados. A nova geração de cartões vem com fotografias pessoais coloridas no verso, o que torna seu emprego ilícito mais perigoso. Mas em meados da década de 1980, quando a maior parte dos cartões forem alimentados diretamente para inspeção num terminal de computador no ponto de compra, e cada cartão receba uma checagem automática, seu roubo deixará de fazer sentido.

Por um breve período haverá uma desagradável seqüela desse progresso: pois aquele que tiver seu cartão furtado será quase inevitavelmente morto ao mesmo tempo — para não comunicar a perda. Todavia, essa horrível tentativa por parte dos criminosos de resistir à introdução do dinheiro eletrônico desaparecerá quando o uso do cartão exigir uma identificação não-falsificável. Que poderia ser, por exemplo, um número secreto, em código, a ser pressionado no terminal quando o cartão for apresentado. Em sistemas mais aperfeiçoados, o cartão poderia vir equipado com um *chip* embutido, capaz de identificar o dono pelas suas impressões digitais ou algum outro sinal igualmente singular.

É óbvio que o crime será acuado por todos os lados e o abandono do numerário é apenas um deles. Por algum tempo, o malfeitor empedernido terá de concentrar-se nos negócios escusos, no furto de propriedades, na chantagem, ou no rapto de crianças para resgate. Mas logo esses crimes também perderão o atrativo. Muitos negócios fraudulentos repousam em substanciais evasões fiscais, por exemplo, ou em transferências não-registradas de fundos sob a forma de grande número de notas impossíveis de rastrear. A transferência eletrônica de dinheiro, todavia, tende a fazer as transações comerciais facilmente escrutinizáveis pelas autoridades, e é de crer que o imposto de renda e outros tributos venham a ser deduzidos automaticamente sempre que uma transação for completada. A economia para o governo será enorme, e grande a conveniência para o contribuinte e para as empresas — exceto as que operam na sombra. A substituição do papel moeda por sua contrapartida eletrônica será processo gradual, todavia; e o crime organizado continuará a funcionar e prosperar por algum tempo na base dos restantes mananciais de dinheiro sonante. Curiosamente, aliás, a fraternidade do crime pode vir a ser o último grupo a empregar esses farrapos de papel sem prestatia intrínseca e a atribuir-lhes valor.

A situação do criminoso casual será ainda mais angustiosa. Se os cartões de crédito furtados não valem nada e se o dinheiro cada dia escasseia mais, ele se verá forçado a furtar objetos, relógios, jóias, automóveis, bibelôs. . . De modo que o arrombamento de casas, de lojas, de armazéns aumentará. Mas de novo isso vai ser apenas uma fase transitória, pois os objetos furtados têm de ser passados adiante, postos à venda, a dinheiro. E quando o dinheiro sob a forma de moeda metálica cair de moda, a aquisição de grande número de relógios e jóias não mais fará sentido. Os únicos itens que continuarão a ter um limitado valor geral e que poderão tornar-se uma espécie de moeda internacional do crime serão os objetos ilegais — e, no entanto, grandemente desejados como as drogas de várias espé-

cies, as obras de arte furtadas e assim por diante, e essas terão de circular num círculo de trocas como as conchas dos ilhéus das Trobriand.*

A queda na proporção de crimes de pouca monta e furtos certamente representará menor trabalho para a polícia, mas o tempo intermédio em que o dinheiro não estará nem totalmente em moda nem totalmente proscrito é de duração incerta. Será um período crítico, de inquietação social. Sofisticados sistemas de segurança para o lar, muitos deles com algum controle de computador, ficarão na moda. O registro em vídeo-teipe de todos os estranhos se fará rotineiramente, complexos sensores controlados por microprocessador vigiarão as casas, e imagens gravadas e ampliadas por computador serão transmitidas à polícia ou a organizações privadas de segurança. Mesmo os mais ardentes e experimentados criminosos profissionais terão dificuldade em derrotar tais sistemas. Ao contrário dos seus predecessores eletromecânicos — olhos eletrônicos com campainhas de alarme que disparam — os microalarmes contra assaltos em residências deverão operar segundo uma grande variedade de princípios, agindo como unidades autônomas em partes imprevisíveis da casa, de modo que o fato de neutralizar uma delas não terá efeito nenhum sobre as demais. A introdução desses sistemas num limitado número de residências familiares ou escritórios forçará os criminosos a concentrarem sua atenção nos menos protegidos segmentos da sociedade, e quando esses também, gradualmente, ‘computadorizarem’ as suas defesas domésticas, o resíduo da população ficará sujeito a ataques cada vez mais desesperados. Para opor-se a isso, a polícia se equipará com uma grande variedade de engenhos computadorizados — computadores de bolso que contêm arquivos criminais completos e regularmente atualizados, por exemplo, ou sofisticados métodos de identificar suspeitos.

A carga de trabalho da polícia será muito aliviada por uma redução nas ocorrências de tráfego de todas as espécies. O declínio continuado da indústria automobilística e a crescente escassez de gasolina no mundo reduzirá necessariamente o uso não-essencial dos carros particulares. Para o fim da década de 1980, as pessoas se darão conta, com estupefação, do número de corridas inúteis que seus predecessores davam uma década antes. Ademais, todo carro terá dispositivos de segurança como equipamento *standard*. No momento em que escrevemos, as maiores empresas

* Os nativos das ilhas Trobriand, na Melanésia, são famosos por seu sistema inter-tribal de troca, a *kula*, em que colares de discos de conchas vermelhas sulava viajam na direção dos ponteiros do relógio e braceletes de conchas brancas mwali viajam na direção contrária. O processo foi descrito por Bronislaw Malinowski em *Argonautas do Pacífico Ocidental* (1922), um clássico da antropologia. (N. de T.)

de fabricação de automóveis do mundo realizam, em segredo (segredo de polichinelo) testes com veículos à prova de acidente. Terão baterias de microprocessadores capazes de detectar 'perigo' sob a forma de outros veículos que trafegam excessivamente perto ou se aproximam de maneira peculiar. Os sensores, que são minúsculos computadores, cada um do tamanho de uma microplaqueta, equipados com programas de reconhecimento, serão extremamente baratos quando produzidos em massa na escala que o mercado automobilístico permite.

No fim da década de 1980, sensores desse tipo poderão constituir equipamento *standard* ou até obrigatório de todos os carros, juntamente com monitores de segurança como microprocessadores que controlam o desgaste de pneus, a condição dos freios, o alinhamento da direção, etc. Podem ter até a capacidade de desligarem o sistema elétrico do automóvel se 'pensam' que qualquer parte mecânica está em condições precárias. Um carro que recusa 'pegar' quando o dono bebeu demais é brincadeira antiga, mas pode vir a ser o único tipo a rodar nas estradas do fim da década de 1980. Então, quase todos os carros já serão à prova de arrombamento, embora, como já dissemos, os 'ganhos' por roubo de automóvel cairão de modo drástico. Outro fator que contribuirá para a diminuição dos crimes nas estradas será a mudança substancial no regime de trabalho da maioria da população nas sociedades do Ocidente, graças às novas facilidades de comunicação que os computadores proporcionam, e que reduzem a necessidade que as pessoas têm hoje de se deslocarem de um lugar para outro.

Embora as forças da lei fiquem menos preocupadas com as modalidades clássicas do crime, terão as mãos cheias com o aumento das perturbações da ordem. Essas devem aumentar em consequência das convulsivas alterações que a sociedade sofrerá nesse período, quando as antigas instituições que mantinham a coesão social começam a perder a força. Os primeiros tremores da mudança já sacodem a sociedade contemporânea. Um dos fatores principais disso é, sem dúvida, o colapso dos valores do passado — a religião mais ortodoxa, a democracia liberal do século XIX, o idealismo nacionalista, a suposta inviolabilidade da lei, a imutabilidade das classes sociais — combinado com a absoluta ausência de qualquer substituto que sirva para o mundo presente. À medida que o ritmo da mudança aumente e produza distorções ainda maiores na estrutura da sociedade, a inevitabilidade do conflito entre os seus elementos componentes tem de ser aceita como uma fatalidade.

Um fato novo será o crescente uso dos computadores pelos elemen-

tos anti-sociais como arma do crime, como arma contra a polícia ou para o assalto destrutivo à sociedade. As possibilidades do crime de computador — em que bandidos espertos, com tinturas de programação, induzem computadores a transferir somas de dinheiro de uma conta bancária para outra, por exemplo — tem sido objeto de debate recentemente, e já tem havido alguns sucessos sensacionais.*

A solução é criar sistemas de computação mais seguros; e embora nada neste mundo seja *absolutamente* inviolável, os computadores podem, a longo prazo, ficar muito mais seguros que qualquer casa forte de banco. A violação de registros e arquivos de computador pode também ser usada para crimes como chantagem; mas aí também cumpre dizer que é muito mais fácil arrombar arquivos de aço, abrir armários ou retirar uma pasta de um carro trancado a chave ou de um escritório do que varar os inúmeros controles de segurança de que os computadores modernos são dotados.

A básica atração do crime de computador é a possibilidade de agir a distância, acionando o computador através da rede telefônica pública, ou de uma linha privada de dados, introduzindo assim um elemento de distância e de indolência no ato ilícito e uma desnordeante ausência do criminoso da cena do crime no momento em que ele é cometido. Mas o acesso aos computadores será menos dependente das linhas públicas de dados à medida que pequenos computadores locais passarem a carregar a maior parte das informações relevantes. Pode ser dito, naturalmente, que com os novos microcomputadores, tudo o que o bandido tem de fazer é roubar a máquina toda e violá-la em casa, com calma; mas o mesmo argumento se aplica a um arquivo de aço. Este, no entanto, cede a um pé-de-cabra e a um pouco de força bruta, enquanto que o outro só a um operador especializado e altamente inteligente.

Uma possibilidade real é que, pelo menos nos primeiros anos do pe-

* Em 1981, um casal de brasileiros, residente nos Estados Unidos, foi acusado de transferir respeitável soma em dólares americanos para um banco suíço. O 'golpe' só foi descoberto c. 30 dias depois da transação, quando os protagonistas da história já se encontravam no Brasil. Ambos se apresentaram espontaneamente à polícia de Belo Horizonte, Minas Gerais, e protestaram inocência. Teriam sido vítimas de um engano do computador. Segundo O GLOBO, de 22.1.1983, o homem, X, fez uma aplicação de \$ 2.500 num fundo para pequenos investidores em Washington, D.C. e pediu que os dividendos fossem transferidos para um banco no vizinho Estado da Virgínia. Y., a mulher, que trabalhava na empresa de investimentos, fez a remessa mas de \$ 1.500.000. Em seguida, o dinheiro foi transferido, sempre por computador, para a Suíça — onde, uma vez dado o alarme, a conta foi localizada e bloqueada. (N. do T.)

ríodo, os criminosos descubram a crescente dependência da manipulação e processamento de dados por parte das forças policiais e façam todo o possível para estragar as máquinas e interferir nas redes de computação. É de prever que tenham alguns êxitos espetaculares. Com um pouco de habilidade, sobretudo antes que sistemas de segurança máxima possam ser construídos, um criminoso poderá alimentar a rede policial com dados falsos ou enganadores, desviando a atenção de lugares onde um crime será cometido, ou confundindo *a posteriori* as providências tomadas pelas autoridades. Tentativas de 'apagar' os arquivos policiais ou introduzir neles informação errônea serão ainda mais comuns.

Outra fonte de problemas: as atividades de grupos anti-sociais não ligados ao crime propriamente dito: organizações terroristas, partidos políticos menores de ideologia extremista e, depois, grupos de ativistas anti-computadores. Esse último grupo é o que dará mais trabalho, pois muitos de seus filiados serão dissidentes com especialidade em computação, equipados com a máxima quantidade possível de conhecimentos destrutivos. Os grupos políticos terão maior poder, principalmente por serem mais numerosos que os outros, mas também porque há uma possibilidade de que os espetaculares progressos do computador na década de 1980 sejam mal recebidos pelos grandes blocos políticos do mundo. Não há dúvida de que qualquer folga no trabalho da polícia devido à diminuição dos crimes contra a propriedade será mais do que compensada pelo florescimento avassalador de uma nova praga de forças anti-sociais, empenhadas talvez justamente na destruição da 'sociedade computadorizada'.

Os principais temas suscitados por essas convulsões sociais serão os da liberdade pessoal e dos direitos ditos 'humanos', os do indivíduo em face do poder burocrático do governo e do Estado. Problema que uma sociedade confronta sempre que se vê ameaçada. Quando pressionada além de um certo limite, mesmo a mais tolerante das sociedades, mesmo a mais dedicada ao ideal de liberdade e aos direitos civis, lança mão de todas as armas à sua disposição para defender-se e sobreviver. Pois logo haverá armas novas de grande potencial. Computadores e engenhos eletrônicos poderão ser empregados numa variedade de maneiras. As mais eficazes e, potencialmente, mais perigosas, são os *chips* ou microplaquetas pessoais, de custo mínimo, que os governos poderão distribuir aos cidadãos. Esses *chips* não só identificarão acuradamente todo mundo como serão capazes de localizar todo mundo, se necessário, a qualquer tempo, graças a um sem número de sensores especiais — também relativamente baratos se instalados em profusão. Essa faculdade de localizar o indivíduo será, naturalmente, mais difícil de engolir que a idéia da simples identifica-

ção pessoal, embora qualquer governo suficientemente inescrupuloso ou levado ao desespero possa fazê-lo sem maiores dificuldades. Se o leitor duvida, considere as restrições à liberdade pessoal que as pessoas estão preparadas para aceitar em caso de guerra, por exemplo, ou de perturbação política. Para dar uma ilustração, dentre muitas possíveis: dez anos atrás os viajantes teriam ficado horrorizados de pensar que, em breve, seria habitual para eles submeter-se a uma revista pessoal, ver fotografarem sua bagagem ou passá-la pelos raios-X. Hoje se submetem a tudo isso e mais a uma constante vigilância eletrônica antes de embarcarem nos seus aviões. A coisa foi aceita e não há vozes discordantes.

São de prever protestos e campanhas por parte de organizações de defesa dos direitos do homem e de combate à invasão da privacidade pela burocracia. Mas os defensores da Lei e da Ordem, que tirarão novo alento da confusão geral e do mal-estar que dominará a década de 1980, poderão levar a melhor, sobretudo porque terão em seu favor dois fatores 'ocultos'.

O primeiro é a clara, indiscutível, conveniência de ter uma plaqueta pequenina e completamente personalizada com muitas e variadas utilidades. Para o fim da década de 1980 será muito difícil para as pessoas — praticamente impossível até, se os acontecimentos se sucederem com a rapidéz que muita gente supõe inevitável — valerem-se dos muitos serviços públicos (e privados também) sem uma prova eletrônica de identificação que transfira fundos para efeito de crédito. A utilidade universal da microplaqueta anula a objeção levantada por muita gente à noção de uma sociedade que aboliu totalmente o dinheiro. Como será possível, pergunta-se com freqüência, pagar somas de fato ridículas com um cartão de crédito? A resposta, naturalmente, é que o cartão de crédito é apenas um elo na cadeia dos identificadores personalizados de crédito, e a cada aperfeiçoamento ficará menor, mais poderoso e mais garantido. Acabará por encerrar-se nos espantosos aparelhinhos que serão usados onde hoje são usados os relógios — pulseira e que deverão incorporar uma vasta série de funções, das quais dizer a hora será apenas uma. Serão capazes de identificar o dono na base de alguma combinação de fatores facilmente detectados por seus elaborados sensores — digamos, pressão sanguínea, pulso, resistência elétrica da pele, etc. E serão inoperantes se usados por qualquer outro indivíduo. Poderão até emitir sinais indicando sua localização precisa, quando furtados. Mas o furto, a essa altura, será perfeitamente idiota, e o furto de um identificador pessoal, então, será a forma de furto mais idiota de todas.

O segundo fator que contribuirá para a difusão dos identificadores personalizados e, possivelmente, localizadores pessoais também, é que *já*

estão em uso em larga escala. Qualquer pessoa que faça um número razoável de viagens internacionais de negócios pasma com a terrível precisão com que os seus movimentos em volta do globo, suas aquisições e atividades são logo do conhecimento dos vastos computadores centrais dos seus cartões de crédito. Cada compra feita, cada quarto reservado, cada refeição ingerida, cada conta de bar — tudo é convertido em sinais eletrônicos e digerido pela nova geração de computadores globais. Qualquer pessoa que utilize cartões de crédito — e muita gente reconhece a sua utilidade — participa hoje mesmo da evolução do identificador pessoal universal. Só um indivíduo muito temerário negaria que o processo já esteja em curso.

Enquanto tantas facetas do mundo contemporâneo, que damos completamente por seguro e imutável, são lançadas aos quatro ventos, outra grande transformação se completa. Essa também tem muito a ver com o processamento de dados em termos eletrônicos mais do que físicos mas diz respeito à maneira segundo a qual o mundo dos anos 80 *disseminará* informação, não se limitando, simplesmente, a processá-la.

CAPÍTULO 11

Sobre trabalho e robôs

As unidades básicas em que armazenamos a informação logo se tornarão tão diminutas que livros inteiros ou, até, bibliotecas estarão disponíveis num único *chip*; e o indivíduo comum poderá permitir-se comprar e guardar em casa imensas quantidades de 'material de leitura' e outros dados concretos. Mas baixo custo e fácil armazenagem não são as únicas vantagens da manipulação eletrônica de dados. Uma terceira dimensão de aperfeiçoamento diz respeito à velocidade e comodidade com que uma informação codificada eletronicamente pode ser transmitida de um lugar para outro. O laborioso processo de transportar uma carta através do mundo mostra as limitações dos métodos tradicionais de codificar e transmitir informações.

Primeiro, a carta tem de ser escrita, e em várias folhas de papel — se é que pretende transmitir alguma notícia e não apenas o mais breve e simples dos recados. Depois, tem de ser posta num envelope de alguma espécie e levada a um posto coletor, como uma caixa dos correios. Para removê-la, de lá, um ser humano tem de transportar-se fisicamente de um ponto central, provavelmente de automóvel, e depois de visitar várias caixas semelhantes, voltar ao ponto de partida. Aí, um segundo ser humano examina a carta (juntamente com milhares de outras), colocando-a numa caixa especial, da qual é removida para outro sítio de classificação. Por fim, é despachada, o que implica pelo menos em duas modalidades de transporte, à cidade ou país de destino. Então, todo o processo recomeça, às avessas, sempre ocupando seres humanos que se mexem com a morosidade característica com que costumam trabalhar; e a carta é, finalmente, posta na caixa de correio de alguém, onde é aberta e lida. Que essa monstruosa cadeia de atividades funcione e que uma carta, postada na Europa, chegue, apenas três dias depois, numa casa dos Estados Unidos é um magnífico exemplo de como os seres humanos são capazes de cooperar eficientemente no interesse do bem comum. É também um exemplo frisante de uma abordagem do pro-

blema da informação tão arcaica quanto o sistema postal dos egípcios ao tempo dos Ptolomeus.

A década de 1980 assistirá à generalização do uso do substituto do correio: o correio eletrônico (já em operação limitada). O processo é alucinantemente singelo. A carta é datilografada num processador de palavras — uma máquina de escrever que incorpora um microprocessador — que a mantém armazenada no seu bojo juntamente com qualquer outro material posto ali até que o dono decida que destinação deva ter. O próprio processador de palavras é ligado a outros processadores de palavras seja por linha direta, privada, seja por alguma espécie de transmissão por onda curta. Tudo o que o remetente tem de fazer é dar ao seu sistema o endereço competente e dentro de segundos a carta está no microprocessador do destinatário, pronta para ser exibida numa tela de TV ou datilografada numa máquina de escrever. O correio eletrônico tem vantagens óbvias, mas também desvantagens. Uma, é que a correspondência só pode passar de um ponto devidamente equipado para isso numa linha para outro, ou seja, de uma pessoa que tem um processador de palavras para outra que também tem um. Em meados da década de 1980, as empresas estarão, na maior parte, usando processadores de palavras, e quando elas o fizerem, outras lhes seguirão o exemplo. Pode ser profetizado que, antes do fim da década (de 1980), uma firma sem máquinas de escrever capazes de processar palavras e comunicar-se com outras da mesma espécie será tão competitiva quanto uma firma que hoje tentasse funcionar sem telefone.

Outro problema é que as linhas eletrônicas existentes, as linhas telefônicas e os canais de microonda, têm uma capacidade muito limitada e ficam com sobrecarga quando o tráfego é deveras pesado. A dificuldade pode ser resolvida de várias maneiras, e as principais organizações de comunicação e de processamento de dados já trabalham nisso. Em consequência, muita gente acredita que até o fim da década de 1980, ou começo da década de 1990 no máximo, o correio eletrônico não terá mais limitações.

Uma solução possível: o aproveitamento dos satélites de comunicação com seu imenso potencial em canais. Uma das restrições aos satélites, no momento, é o custo relativamente alto da sua construção e colocação em órbita. A economia capitalista tem de novo muito que ver com isso. Uma vez que se apresente a necessidade de maior número de satélites, meios serão encontrados de fabricá-los a custo menor que o atual. Já os componentes eletrônicos e os microprocessadores — importantes partes constituintes de todos os satélites — estão sendo produzidos em massa. A NASA não faz segredo do fato de que pretende aproveitar o ônibus espacial Columbia (*Space Shuttle*) — que deverá estar fazendo viagens

semanais de ida e volta em 1980* — para o transporte de grande número de satélites de comunicação e para sua colocação em órbita, a um preço fantasticamente baixo. Alguns desses satélites já estão reservados para os chamados de pessoa para pessoa — nada mais nada menos que o rádio de pulso *two-way* (ou TV) que Dick Tracy vulgarizou.

Ao discutir a facilidade e rapidez com que seremos capazes de transmitir informações mundo afora, há uma tendência a ver as coisas em termos dos seus efeitos sobre o serviço postal. Mas a verdade é que o grande impacto do correio eletrônico e dos seus 'subprodutos' será sentido pelo mundo dos negócios como um todo. Principalmente na sua mobilidade. Toda manhã, numa cidade qualquer, grande número de pessoas toma automóveis ou transportes coletivos para a tediosa viagem até o local de trabalho. É de prever que passem a parte produtiva do seu dia útil falando com outras pessoas ou recebendo farrapos de papel com sinais inscritos neles; lendo e interpretando tais sinais; gerando sinais novos em novas folhas de papel; e passando esses papéis às mãos de outras pessoas. Tudo isso é parte da urdidura da vida comercial moderna (mesmo que não constitua atividade tão essencial quanto os que dela participam gostam de imaginar). Mas tudo isso começará a mudar na década de 1980. Quando for sentido o impacto dos processadores de palavras de comunicação, o mundo da indústria e do comércio observará uma queda pronunciada na demanda de manipuladores de papel. Os primeiros a desaparecerem serão os encarregados de arquivar os maços de informações que a presente sociedade produz ou secreta; em seguida, os que lidam com as comunicações e com a contabilidade de rotina; depois, os taquígrafos e datilógrafos (os processadores de palavras não cometem erros). Na esteira dessasavas irão a gente que supervisiona os manipuladores do papelório, que decidem o que devem fazer. De modo que, ao fim dos primeiros anos do futuro a médio prazo, o número de pessoas que têm de fazer a viagem da casa no subúrbio para o escritório na cidade se terá reduzido muitíssimo.

De novo a gente fica tentado a fazer uma pausa e a indagar-se se vale a pena introduzir mudanças tão estupendas em sistemas tão complexos e de tal porte. A resposta é que certamente vale a pena. Uma vez que os computadores se infiltram numa sociedade, suas virtudes anulam qualquer objeção intrínseca ao seu uso; e sua infiltração continuada e predominância final são daí por diante inevitáveis. Os computadores conseguem assenhorear-se de tudo com sutileza. Primeiro, demonstrando a sua utilida-

* O ônibus espacial Columbia ainda não faz viagens *semanais* de ida e volta. Mas já fez duas viagens.

de e, uma vez estabelecido esse ponto, sua indispensabilidade. As leis da sobrevivência no mundo moderno se fazem valer, e as firmas que empregam computadores para alcançar um máximo de eficiência obterão monumentais vantagens econômicas. As que os rejeitam ou ignoram cedo ou tarde ficarão arruinadas.

O futuro a prazo médio verá, então, o primeiro deslocamento verdadeiro no sentido de uma descentralização dos negócios, da vida comercial. A importância do escritório na cidade, com sua *melée* de seres humanos a se agitarem e passarem de um para o outro redundantes mensagens através do método arcaico de pôr pena em papel, rapidamente se esvairá, erodida. Mais e mais a casa e o escritório estarão combinados, os sistemas públicos de transporte cederão lugar a gigantescas redes de comunicação de dados, os automóveis das empresas serão trocados pelo último sistema de conferência por vídeo. Pela primeira vez desde que o Homem começou a portar-se como um animal político e arregimentar a sua espécie em unidades cada vez maiores de trabalho e comunicação, uma tendência contrária a tudo isso emergirá. As cidades se esvaziarão e os blocos caríssimos de escritórios ficarão cobertos de pó. Há séculos o homem se acostumou à noção de que tem de viajar para conseguir trabalho. A partir da década de 1980 ou 1990, o trabalho — o que houver para ser feito — viajará ao encontro do Homem.

Não precisamos aguardar a década de 1990, no entanto, para observar os efeitos da computadorização sobre os empregos que não são de escritório. Eles ainda oferecem o maior número de oportunidades de emprego na sociedade ocidental e formam uma série contínua, desde os que exigem um longo período de aprendizado e prática — como a operação de certas máquinas-ferramenta, por exemplo — até os da variedade ‘fazer buraco em estrada’, nos quais o que conta é força muscular e resistência. O computador fará as suas maiores e mais devastadoras incursões nos segmentos especializados e semi-especializados do emprego, deixando os ofícios fundados na força bruta relativamente intocados — por enquanto. São muitas as razões disso das quais a mais importante diz respeito à ciência e tecnologia dos robôs, hoje em acelerada evolução.

O robô, como sabe toda pessoa que já leu uma história em quadrinhos de ficção científica ou viu no cinema um filme da mesma espécie, tem sido apresentado de maneira estereotipada e falsa. Sua imagem, invariável, é a de um homem, grandalhão, feito de metal de primeira ordem. Pesadão embora, tem pernas com rodinhas, braços terminados em pinças grosseiras, e rosto como o dos seres humanos. Os olhos vêem mas o nariz

parece puramente decorativo. Da boca sai uma espécie de fala metálica. As versões de combate têm revólveres embutidos nos braços e olhos que emitem raios-da-morte. Essa imagem que é, essencialmente, a de um homem feito com peças de *Meccano*, é constante e durável e ilustra a visão simplória que as pessoas têm dos robôs e do papel que eles vão desempenhar no nosso futuro. Com efeito, seria difícil imaginar maior desperdício de esforço que a construção de robôs antropomórficos para usos gerais, que ficassem andando pela casa sem destino certo, a conversar a sua conversa enlatada e *staccato*.

Uma firma americana construiu recentemente e pelo menos pretendeu comercializar um robô móvel, falante, de finalidades gerais, supostamente capaz de entender ordens dadas de viva voz. Esse objeto risível e absurdo andou sendo exibido pelo mundo até que a imprensa e a TV, que se tinham mostrado mais crédulas do que de hábito, deram-se conta de que a coisa toda era uma fraude. O 'robô', vagamente humano no aspecto, como os outros, não passava de uma caixa de metal sobre rodas, de controle remoto. Era comandada a distância e secretamente por um espertalhão que utilizava controles de rádio desses que fazem voar em círculo modelos de aeroplanos. Não tinha mais capacidade de entendimento ou de fala que os parafusos, porcas e placas de alumínio com que fora montado. O mistério é: que vantagem pensavam obter os fabricantes com a experiência? A não ser que fossem milionários excêntricos que se divertiam pregando ao público uma peça maior que as costumeiras. Qualquer pessoa com um conhecimento mínimo de robôs e de computadores podia saber, pela simples descrição do objeto, que ele não podia ser o que pretendia. Nenhuma aplicação da presente tecnologia — ou mesmo da tecnologia da década de 1980 — poderia criar autômato daquele tipo e oferecê-lo à venda pelo preço anunciado de vinte mil dólares. Honestamente, nem vinte milhões de dólares dariam para comprar um robô de tal sofisticação.*

Os motivos dos seus criadores continuam ignorados, mas a farsa ilustra o abismo hiante que separa as pessoas que sabem alguma coisa sobre computadores ou robôs e o resto dos mortais — por mais inteligentes ou bem-educados que sejam. Essa constatação me veio quando um jornalista americano de reputação internacional me contou que se convencera da

* O boneco E.T., criado em 1982 para o filme de Steven Spielberg *E.T. — The Extra-terrestrial* (lanç. *O Extraterrestre*), custou um milhão de dólares. Foi construído em quatro versões pelo engenheiro italiano Carlo Rambaldi. Tem estrutura de aço e alumínio, músculos de fibra de vidro, poliuretano e borracha. Faz 150 movimentos diferentes mas não anda (a quarta versão é habitável por um ator anão). Tem voz gravada (a de uma professora de dicção de 82 anos de idade.)

autenticidade do 'robô' quando, num *cocktail* em que estivera, vira um deles andar pela sala servindo bebida e conversando amavelmente com os convidados. Nada que eu pudesse dizer, nenhum argumento, nenhuma garantia de que a ciência simplesmente não podia ter feito tão espetacular progresso, *nada* conseguiria dissuadi-lo da sua convicção. Décadas de livros e de filmes de ficção científica haviam predisposto o seu espírito para a noção do Homem Mecânico Instantâneo.

Mas se um robô não é um homem de metal ou plástico, programado para fazer de tudo, desde lavar a louça até botar o gato para fora, à noite, o que é então? A palavra entrou em uso com a famosa peça de Karel Capek do começo da década de 1920, *RUR* (de Rossum's Universal Robots). Os robôs em questão (eram andróides, na verdade, sistemas biológicos, de forma humana, que Rossum sintetizara em seu laboratório) andavam como zombies, i. e. mortos-vivos e obedeciam como servos. Acabaram por tomar conta do mundo. Mais tarde tornaram-se 'humanos', quando descobriram que podiam amar. Os méritos da peça, inspirada fortemente em Shaw, são mais históricos que estéticos, e seu autor, um tcheco emigrado com mais do que um simples toque de Kafka na personalidade, escolheu o termo robô por causa do seu uso, corrente nas línguas teutônicas, para trabalho escravo. A peça merece ser lida porque suscita uma série de questões fundamentais sobre a ciência de robôs e sobre a inteligência das máquinas; sobretudo a questão das implicações morais da construção (ou destruição) de máquinas de aparência humana, capazes de pensar e, até, de 'sentir'. Tais questões foram também levantadas, com admirável presciência, no *Frankenstein*, de Mary Shelley.

Cientistas e engenheiros de computador vêem os robôs do nosso tempo como dispositivos capazes de executar automaticamente alguma tarefa normalmente executada pelo homem. Raras vezes se assume que sejam capazes de fazer mais do que uma coisa específica; não são, nunca, 'universais' como os andróides de Rossum ou o monstro do Dr. Frankenstein. Alguns cientistas chegam a objetar ao uso da palavra 'robô', argumentando, como faz a mais recente edição da *Encyclopaedia Britannica*,* que a linha divisória entre um robô e uma máquina capaz da repetição da execução de uma tarefa específica como pôr tampas em garrafas é demasiado tênue para justificar o uso de uma expressão distinta. Mas a linha não é, a rigor, tão vaga assim.*

* No verbete em causa, "Robot Devices", *The New Encyclopaedia Britannica*, Macropaedia, v. 15 pp. 910, o autor, W.B.H. [Wilfred Brooks Heginbotham, da universidade de Nottingham, Inglaterra], diz textualmente: "*A robot device is an instru-*

Há, essencialmente, três categorias de máquina: máquinas simples, máquinas programáveis e robôs.

Máquinas simples, para todos os efeitos, são nada mais que poderosos músculos mecânicos. Podem ser controlados por um homem ou podem ser projetados e construídos para executar uma série interminável de atos repetitivos. Os escavadores hidráulicos, por exemplo, as máquinas a vapor, os automóveis, enquadram-se, todos, nessa categoria.

Máquinas programáveis já são mais sofisticadas. Trata-se de dispositivos que podem ser programados de maneira a executarem certo número de tarefas diversas e, nos casos mais ambiciosos, uma seqüência de tarefas. O programa é posto na máquina pelo homem encarregado do seu controle. Vulgarizaram-se apenas nos últimos anos, se bem que algumas versões primitivas tenham sido inventadas mais ou menos ao mesmo tempo que as primeiras máquinas simples. O tear de Jacquard era uma máquina programável — e foi também uma das primeiras máquinas propriamente ditas.

O robô é diferente e de maneira importante. Ele também é capaz de executar uma variedade de tarefas ou uma seqüência de tarefas, mas a escolha da tarefa de um momento qualquer é determinada não só por um programa pré-estabelecido mas também por algum dado *introduzido na máquina do mundo exterior e relevante para a tarefa que ela esteja executando*. A informação que ela absorve lhe é transmitida por sensores ligados à sua própria estrutura e não por sinais ou comandos originados de um homem. Uma máquina simples ou mesmo uma programada, é capaz de executar uma tarefa complexa mas continuará a executá-la indefinidamente com verdadeira obstinação até que alguém intervenha e faça que ela pare. Um robô, porém, levará em conta a mudança do meio ambiente e ajustará seu comportamento de acordo com ela.

Para desenvolver a argumentação um ponto mais adiante: há um teste que se pode aplicar aos robôs e a que eu chamei 'teste do chapéu de Carmichael'. No clássico filme inglês sobre relações industriais e automação, *I'm All Right Jack*, há uma cena em que Ian Carmichael visita uma fábrica de doces, automatizada. Fatias de uma espécie repelente de doce puxa-puxa passam numa correia transportadora e entram num túnel onde serão cobertas com chocolate e coroadas com uma cereja. Nauseado com a visão daquilo, Carmichael cambaleia e, inadvertidamente, põe o chapéu

mented mechanism used in science or industry to take the place of a human being. It may or may not physically resemble a human or perform its tasks in a human way, and the line separating robot devices from merely automated machinery is not always easy to define. In general, the more sophisticated and individualized the machine is, the more likely it is to be classed as a robot device". (N. do T.)

coco em cima da correia, que o leva para o túnel de onde emerge revestido de chocolate e decorado com um arranjo de cerejas.

Pode parecer à primeira vista que se trata de máquina simples, uma vez que o dispositivo não percebeu que estava em face de um chapéu coco e não de um pedaço de doce. Por outro lado, a maneira graciosa com que recobriu toda a superfície do chapéu e arranjou as cerejas por cima de tudo indica que o sistema era mais inteligente do que se imaginava. Por que não rebocou simplesmente a porção do chapéu que se aproximava em tamanho das barras de doce do 'alvo'? Como conseguiu recobrir tudo, mesmo as partes curvas da superfície do chapéu? E como sabia onde pôr as cerejas — e, também, como foi que decidiu dar-lhe mais de uma cereja? A conclusão inescapável é que a máquina estava equipada com um monitor de tamanho, um detector de forma e tinha alguma espécie de apreciação estática também, e tudo isso junto, pelos *standards* do nosso tempo, fazem dela um robô — e dos mais espertos.

Robôs *tomam decisões*. A decisão pode ser simples ou complexa, mas é tomada pela *máquina* e na base de alguma forma de apreensão do mundo exterior. A tecnologia atual ainda não sabe criar um robô capaz de resolver o problema do revestimento correto do chapéu de Carmichael. Até o momento, os robôs industriais são capazes exclusivamente de uma rudimentar discriminação de forma assim mesmo limitada a localizar posições em que operações específicas têm de ser realizadas — como fazem os celebrados robôs de fábrica do tipo do ULTIMATE que soldam com precisão pontos e juntas em automóveis e partes de máquinas.

Presentemente, os robôs são empregados em tarefas desagradáveis ou perigosas para o homem — reparo de equipamento que opera debaixo d'água, em condições de calor excessivo ou sob a ameaça de gases venenosos. Há umas poucas exceções experimentais, mas o grosso dos recursos da pesquisa na década de 1970 foi canalizado para o problema do funcionamento de maquinaria em ambiente hostil. Nesse terreno o robô faz algo que de outro modo não poderia ser feito, de modo que o alto custo da operação é aceitável. Enquanto um computador grande, de 'estilo antigo', for necessário para controlar cada robô, os custos serão altos, proibitivos, e os robôs não serão usados para tarefas que trabalhadores especializados ou semi-especializados podem fazer.

Mas o quadro se altera quando o computador custa umas poucas libras ao invés de alguns milhares de libras e quando é suficientemente pequeno para integrar-se com o equipamento básico. Máquinas assim estão sendo desenvolvidas agora no Japão, na Europa Oriental, em algumas partes dos Estados Unidos e em algumas poucas partes do Reino Unido, e esse

fato é a primeira indicação de que o robô está em vias de tornar-se ao mesmo tempo conveniente e econômico — econômico de um modo sensacional. Para o fim da década de 1980 um volume imenso de tarefas que antes só podiam ser executadas por operários altamente especializados, inclusive a maior parte das que envolvem o controle de maquinaria fabril, será entregue aos robôs. E qualquer país ou indústria que deixe de acompanhar esses progressos logo ficará para trás e em dificuldades. Porque só a indústria baseada em robôs pode produzir artigos a preço deveras competitivo.

Se alguém tem dúvidas sobre isso, que atente para as duas economias mais bem-sucedidas do segundo pós-guerra, a da República Federal da Alemanha e a do Japão. Os dois países foram forçados, graças à atenção dos bombardeiros britânicos e americanos, a recomeçar de zero sua vida industrial no fim da década de 1940. Usando fábricas e manufaturando equipamento feito sob medida para o meado do século XX, passaram à frente de países como o Reino Unido, e, até certo ponto, os Estados Unidos, presos a tecnologias envelhecidas e relativamente ineficientes. Mas esses desequilíbrios, que levaram ao fortalecimento do marco alemão e do yen japonês, se devem a avanços pequenos da automatização e ao fato de que uma grande proporção do desenho, manufatura e distribuição dos produtos alemães e japoneses é feita a máquina. E mesmo aí, a parte da máquina tem sido principalmente dirigida para a substituição ou amplificação da força muscular; e como foi assim limitada a automação apenas penetrou uma fração da vida industrial. O advento de robôs baratos permitirá a automatização muito mais profunda da indústria.

Os empregos que, até o presente, ficaram praticamente à margem do avanço da automatização são aqueles em que o papel do homem é controlar e guiar a máquina. Representam uma parceria especial: a máquina faz o trabalho que está além da capacidade da força humana, da sua aptidão ou resistência; e o homem cuida dos componentes da tarefa comum que ultrapassam os poderes de processamento da máquina. O homem pode operar uma máquina-ferramenta para recortar um desenho complexo numa chapa de metal de espessura variável; controlar uma perfuratriz mais poderosa para escavar um túnel; inspecionar uma série de objetos acabados para ver se estão conformes às especificações. Em todos esses casos, a máquina faz alguma coisa, o resultado é verificado pelo homem, uma decisão é tomada, a máquina pode ser deslocada ou reajustada, e então a fase seguinte da tarefa é implementada.

A despeito da complexidade dessas operações e da sofisticação das parcerias homem-máquina que o sistema envolve, a inspeção humana e o

fato de decidir são, com frequência, operações relativamente triviais e não, em princípio, difíceis de transferir para uma máquina. A soldagem de precisão, por exemplo: o sistema tem de ser equipado com (a) um dispositivo sensor capaz de esquadrinhar a área a ser cortada ou soldada; (b) um conjunto de programas que reconheçam as formas ou desenhos que a máquina deve produzir; (c) uma lógica de decisão que confira o *input* sensorial contra os programas de reconhecimento e julgue se uma combinação adequada está sendo feita; e (d) um meio pelo qual a lógica de decisão possa 'retroagir' até a superfície a soldar ou cortar a fim de corrigi-la ou guiá-la. Computadores experimentais capazes disso já existem há décadas. Permaneceram estritamente experimentais por serem verdadeiros trambolhos e por não merecerem confiança, soltando fios para todo lado, ocupando o espaço de uma dúzia de operários e engolindo dinheiro suficiente para contratar outros cem.

Mas o microprocessador mudará tudo isso. Não mais serão grandes, falhos ou caros os sistemas cibernéticos. Serão menores que cérebros humanos e muito mais confiáveis (além de não se cansarem nunca). E de manutenção e operação infinitamente menos onerosas. À medida que a década de 1980 se for desenrolando, a parceria homem-máquina, que começou no século XIX e atingiu seu auge de eficiência na década de 1950, será alijada pelos primeiros verdadeiros robôs industriais.

Para o fim da próxima década, os robôs industriais serão de uso generalizado, e outra fase da emancipação do Homem da necessidade de ganhar o pão com o suor do seu rosto terá sido alcançada.

É interessante, e um tanto irônico também, que o impacto da Revolução do Computador venha a ser maior justamente naquelas áreas que requerem alto nível de perícia e especialização, as quais pensávamos um dia que seriam as últimas a sucumbirem à automação. Inversamente, os empregos que hoje têm cotação baixa na escala econômica e social — empregos como empacotar e desempacotar (ensacar, enlatar etc. desensacar, desenlatar, etc.), limpar e fazer uma espécie sumária de manutenção, dirigir caminhões de carga, fazer entregas a domicílio, mesmo tarefas tão desprezadas quanto lavar louça numa cantina — essas ficarão, com toda a probabilidade, relativamente imunes. E assim será até que toda a vida industrial e toda a interseção social sejam viradas de cabeça para baixo pelo computador. E que o conceito de empregos como ingredientes essenciais da vida humana se tenha desvanecido no passado.

Para muita gente a noção de uma sociedade em que uma crescente parcela de trabalho é entregue a computadores e maquinaria controlada

por computadores é tão difícil de aceitar quanto inquietante. Talvez a questão toda possa ser formulada de maneira menos ameaçadora se aceitarmos que todas as alterações que se darão nas décadas remanescentes deste século são a continuação de uma tendência invariável para uma afluência maior em todo o mundo, a qual avança paralelamente à decrescente necessidade de trabalhar. Na sociedade primitiva, a pobreza era tal que todos os membros de um grupo — machos e fêmeas, jovens e velhos — tinham de trabalhar a vida inteira simplesmente para garantir a subsistência e a sobrevivência. Com os progressos da tecnologia e da ciência, o Homem alcançou gradualmente maior domínio sobre o meio, sua carga de trabalho reduziu-se e a riqueza da sociedade aumentou. Com poucas notáveis exceções, essa tendência tem continuado, num ritmo moderado é verdade, atingindo um grande surto de aceleração ao tempo da Revolução Industrial.

Só no último século as mudanças foram tão imensas que precisam ser analisadas. Considere o leitor o caso de um mineiro de carvão do terceiro quartel do século XIX, a trabalhar de doze a quatorze horas por dia, seis dias por semana, em condições abomináveis — e ganhando apenas o suficiente para manter a família em mal nutrido desconforto. Seria ele capaz de entender, e muito menos crer, na vida que leva um mineiro do fim da década de 1970? O mineiro de hoje ainda trabalha duro e em condições pouco invejáveis, debaixo da terra, mas goza de um padrão de vida que até a classe afluyente dos tempos da Rainha Vitória invejaria: casa aquecida ampla; roupa e outros artigos essenciais; educação até a universidade e inclusive a universidade para os filhos; carro próprio; utensílios eletrônicos, dos mais sofisticados, no lar; férias pagas num hotel do Mediterrâneo etc., etc. Não pretendo fazer aqui um sermão sobre de como os mineiros devem agradecer a Deus a vida que têm, mas apenas mostrar o abismo que existe entre o estilo de vida de dois grupos equivalentes separados por um século apenas de progresso tecnológico.

É fácil aceitar tais mudanças. Mas elas são extraordinárias, e deveríamos pasmar cada vez que pensamos nelas — quase tão surpresos quanto o mineiro de 1879 se fosse de repente transportado para o tempo presente. Mas talvez o mais surpreendente de tudo seja que ainda tenhamos dúvidas sobre o continuado desenvolvimento dessa tendência. A história da vida econômica do Homem mostra que pelo aumento da produtividade ele tem sido capaz de pagar-se cada vez mais para fazer cada vez menos. As jornadas de trabalho de dezesseis horas cederam lugar, em um século ou coisa assim, às de sete horas. Na próxima década ou na seguinte, as sete horas serão reduzidas a cinco e talvez a quatro. E quando transferirmos aos computadores que criamos para ajudar-nos a ocupação de criar riqueza, a

jornada de trabalho se reduzirá ainda mais até que chegará o dia da sua extinção. A progressão pode ter altos e baixos mas sua direção é inexorável, e a década de 1980 é aquela em que a humanidade como um todo tomará conhecimento pelo menos desse fato.

Mas um dos maiores problemas que confrontam os habitantes do futuro a médio prazo não será o de ignorar a verdade mas o de aprender como lidar com ela. Deve ficar claro da discussão desses pontos todos, tão delicados, que a Revolução do Computador nos põe contra a parede: há que escolher entre um mundo transformado num paraíso ou numa área de calamidade pública. A transformação pode ocorrer ainda no prazo médio; é mais provável, porém, que sobrevenha nos anos de 1990. Pode ser duro, contemplando o catálogo dos setores-problema que a década de 1980 lançará à nossa face, ver como atravessar incólumes esse período de provação. O mundo já está complicado ao ponto do desespero, e a complicação é, na maior parte, nossa própria obra. A fim de sustentar uma civilização que cresce e se torna cada vez mais afluyente, valemo-nos sem dó nem piedade da ciência e da tecnologia aplicadas. O resultado tem sido um mundo mais complexo, sempre mais complexo, que exige incursões inda mais profundas na tecnologia avançada — o que, por sua vez, complicará ainda mais o mundo.

Haverá alguma saída dessa armadilha tecnológica? Possivelmente. Mas só com um salto momentoso cujas conseqüências o homem hesita em considerar — de medo. O salto é o seguinte: conscientes de que os problemas do mundo escapam ao nosso controle, poderemos em breve concluir que cumpre apelar para nosso novo companheiro, o computador. Quando os poderes limitados do cérebro humano tiverem chegado ao limite, a única opção serão as máquinas, os poderes teoricamente ilimitados das máquinas. E as máquinas, devagar a princípio mas depois com firmeza e segurança, juntar-se-ão para assistir-nos, e farão a nossa vontade.

PARTE V

INTERLÚDIO DAS MÁQUINAS INTELIGENTES

CAPÍTULO 12

A natureza da inteligência

Através deste livro, tenho usado, com as necessárias qualificações e desculpas, a palavra ‘inteligência’ com relação a computadores, programas de computação, e, ocasionalmente, máquinas, sem definir o termo. As definições, mesmo as dos melhores dicionários, como *The Shorter Oxford*, têm uma certa ambigüidade. *The English Oxford Dictionary*, completo em doze gloriosos volumes mais um de suplemento e bibliografia, difícil de manusear sem dúvida, mas fácil de consultar se comprimido na micro-estrutura de um *chip*, oferece “a faculdade de entender: intelecto” como primeira entrada. Mas o que é ‘entender’? E o que é ‘intelecto’? Indo à página 3493, lá se define *to understand* como “apreender o significado ou a importância de” ou “compreender e raciocinar”. Um círculo vicioso, de certo modo? De volta, então, à página 1455 e à palavra *intellect*, que é descrita como “a faculdade. . . do espírito ou da mente pela qual alguém sabe e raciocina (excluindo sensação e, por vezes, imaginação); faculdade de pensar; entendimento. Raramente (acrescenta), “usada com referência aos animais inferiores.”

Com todo o respeito que me merece o *Oxford English Dictionary*, essas definições não ajudam grande coisa. Parece haver nelas um elemento de contradição ou, pelo menos, de confusão. Pior ainda: a confusão existe na mente do homem comum, um fato que pode ser facilmente verificado pedindo a qualquer pessoa que explique a palavra. Haverá quem sugira que o termo deve estar, de algum modo, associado à consciência, estudo, pensamento ou até ‘intuição’ (seja lá o que for isso). Com alguma insistência, pedidas as definições de consciência, estudo, pensamento, etc. é fatal ver surgir de novo a palavra inteligência, e a circularidade do exercício fica patente.

Sempre se assumiu, tacitamente, que inteligência é algo que todo ser humano possui, e que pode ou não constituir um atributo dos animais superiores. Esse último ponto é a espécie de coisa que os filósofos desco-

briram por acaso, mais ou menos do mesmo modo como chegaram à conclusão de que certas espécies de animais, pela sua maior proximidade do Criador, podem ter almas. De qualquer maneira, a discussão não tem conseqüências práticas e é irrelevante se pende para um lado ou para outro. Só com o débil despertar da ciência da psicologia em meados do século XIX foi a palavra submetida realmente a algum escrutínio, e só por volta da I Guerra Mundial tal escrutínio tornou-se mais rigoroso.

O estímulo para isso foi dado pela necessidade que teve o exército dos Estados Unidos de classificar o imenso contingente chamado a servir naquela emergência segundo algum critério válido e permanente, pelo desejo de aferir a ‘capacidade mental’ dos recrutas. Para isso, os psicólogos militares prepararam uma bateria de testes escritos e de múltipla escolha, que eram, com efeito, uma avaliação do grau de cultura e de educação dos homens. Os testes de hoje, que se louvam na presunção de que todo ser humano tem alguma espécie de capacidade mental inata, tentam evitar os fatores culturais e se concentram em aferir algo que pode ser melhor descrito como ‘agilidade mental’, e que se revela pela rápida percepção de afinidades ou incongruências. Quão úteis ou quão válidos são esses testes (a idéia de que se possa definir inteligência como “a faculdade que se mede com testes de inteligência” é pilhéria corrente entre os psicólogos) não está em causa aqui. Apenas introduzi esse ponto na discussão a fim de perguntar por que, quando falamos de inteligência, falamos na verdade daquilo que é medido pelos ditos testes. Esqueçamos a validade dos testes de QI por um momento e indaguemos se perceber relações entre objetos e arquétipos, resolver problemas de variada complexidade ou descobrir saídas novas para velhos quebra-cabeças são a rigor atividades intelectuais. Todo mundo concordará comigo que se trata, pelo menos, de fatores pertinentes ao problema, embora possa haver outros. Até aí, tudo bem.

Agora: se tais habilidades forem tiradas do ambiente de papel e lápis em que deram o ar da sua graça logo se perceberá que fazem parte da vida cotidiana de todo ser humano e também, inescapavelmente, de muitos animais. Os primatas não-humanos — chimpanzés e quejandos — são, certamente, capazes de perceber a relação entre objetos díspares e de saírem de um labirinto. Animais domésticos, como o cão e o gato, também são capazes disso. Assim, a não ser que se assuma uma linha inflexível — e irracional — para dizer que a inteligência é um atributo *exclusivo* do cérebro humano e da mente humana e, por definição, não pode estar presente em nenhuma outra coisa (um ponto de vista praticamente indefensável), então a inteligência, pelo menos até certo grau, tem de ser atribuída *também* a alguns animais.

Duas questões logo se põem. Primeiro: assumindo que concordamos com a premissa de que os primatas, cachorros e gatos e, até, ratos têm inteligência, onde traçar o limite na escala filogenética? O porco-espinho, por exemplo, tem inteligência? E por que não teria? E que me dizem das abelhas? Das lacraias? Segundo: que pensar das máquinas? Já há algum tempo os computadores dão prova de perceberem muito bem a relação entre diferentes categorias de objetos no mundo exterior (embora, admitese, de forma assaz laboriosa). São capazes, provadamente, de resolver certos tipos de problemas. Assim, a não ser que alguém defina inteligência como algo que só pode estar presente em sistemas biológicos e não em coisas feitas de componentes eletrônicos, cumpre aceitar a noção da inteligência das máquinas. A essa altura do debate, muita gente levanta a questão que todo cientista de computador aprendeu a ter em horror: “Mas a inteligência da máquina, se é mesmo *indispensável* usar a palavra, será puramente automática. É claro que ela só pode fazer o que lhe foi programado? “A resposta a essa pergunta é surpreendentemente simples: o mesmo é verdadeiro dos homens e dos animais.

Os animais superiores, como já dissemos, têm a capacidade de resolver problemas, de relacionar coisas e disso inferimos que estejam equipados com alguma forma ou grau de inteligência. Agora, ‘resolver problemas’ e ‘relacionar coisas’ são apenas frases usadas pelo homem para descrever padrões de comportamento, e podem ser resumidas na sentença: *ajustar-se a mudanças do meio ambiente*. E aqui chegamos à mais básica e fundamental definição de inteligência que se possa encontrar. Inteligência é a capacidade que tem um sistema de ajustar-se apropriadamente a um mundo em mudança; e quanto mais capaz for ele de adaptar-se — quanto mais versátil a sua capacidade de ajustar-se — mais inteligente será.

Essa é uma boa definição de trabalho. ‘De finalidades gerais’, como se diz em linguagem de computador. Como muitas outras definições de finalidades gerais, todavia, carece de verdadeiro poder explicatório e só faz sentido no nível referido: quando vemos animais escapando de labirintos [sem Ariadne] etc. Mas não, exceto com considerável latitude, quando vemos o homem resolver palavras cruzadas ou escrever livros sobre computadores. Para verificar como tal definição pode ser ampliada para dar conta das facetas mais sutis da inteligência, devemos primeiro identificar os principais fatores que fazem uma criatura versátil ou flexível na maneira pela qual se ajusta ao seu meio. A meu ver, há seis fatores maiores, ao todo.

Sensação (captação de dados). A palavra 'sensação' tem sentido muito exato e limitado em psicologia e fisiologia e implica na recepção por algum organismo de informação oriunda do meio ambiente. Isso inclui: a função do olho, quando 'capta' fótons que impressionam a retina; do ouvido, quando suas estruturas internas vibram em harmonia com ondas de pressão; os mecanismos olfativos das passagens nasais, onde células especiais detectam a presença de elementos químicos no ar; e assim por diante. A sensação, segundo essa definição, é uma propriedade comum ao homem e a todos os animais. Mesmo as criaturas mais inferiores, como as amebas, que consistem apenas de uma célula mais ou menos homogênea, são sensíveis a alterações no seu meio, fugindo a certos estímulos e procurando outros. Mas será simplesmente uma questão de receber informações ou *stimuli*?

Imagine-se um soldadinho de chumbo de pé no meio do soalho. É atingido por uma bala de canhão de brinquedo e cai. Poder-se-á dizer que demonstrou a faculdade da sensação? Sem dúvida ele está respondendo a uma alteração do meio ou estímulo. Mas faz isso de forma inteiramente passiva. Tem só duas coisas que pode fazer: continuar de pé para sempre se não for tocado e cair por terra se alguma coisa bate nele com força suficiente. E tanto faz que a coisa seja ruim para ele, como a bala de canhão, ou 'boa' como, digamos, um jato de atomizador que o recubra de qualquer substância protetora contra a corrosão. Obviamente, o soldadinho não 'sente' o meio, e o uso da palavra no caso seria abusivo. Por que? Porque ele *não diferencia entre os estímulos*. Já a escravidão da ameba é menos total. Suas reações são limitadas — aproximar-se disso, afastar-se daquilo — mas ela tem *certa* margem de manobra, uma vez que incorpora mecanismos que detectam que espécie de estímulo, o 'bom' ou o 'mau', está presente no meio. Aqui a coisa viva difere qualitativamente da não-viva: é capaz de ajustar-se ao meio.

Vamos agora substituir a nossa ameba por algo que não seja uma entidade biológica: uma tartaruga mecânica.

A tartaruga mecânica, brinquedo dos mais interessantes, foi inventada pelo excêntrico neurofisiologista britânico Grey Walter. Consiste numa caixa mecânica sobre rodas, com uma vaga forma de tartaruga, e equipada, na frente, com uma bateria de células fotoelétricas capazes de detectar a luz. Com boa vontade, essa 'frente' pode ser chamada cabeça. A tartaruga foi construída de maneira a que se a luz tocar as células fotoelétricas seu motor entra em marcha-a-ré e continuará a retroceder — afastando a tartaruga da luz — até que a luminescência tenha caído a tal ponto que as células não são mais ativadas. Então, a tartaruga se detém, intermi-

navelmente — ou até que mais luz venha em sua direção e, nesse caso, recuará de novo. Versões mais recentes dessa tartaruga têm vida muito mais intensa. Quando as baterias estão baixas, um comutador faz com que se movam para os cantos mais escuros, onde Grey Walter colocara carregadores de bateria, aos quais as coisas se acoplavam por si mesmas. Uma vez ‘de barriga cheia’ soltavam-se e iam para outro lugar e assim *ad infinitum*. As tartarugas eram fáceis de construir e Grey Walter ou qualquer um que visitasse seu laboratório em Bristol costumava divertir-se enormemente com elas. Mas sua simples existência levantava a questão — e era essa a intenção do inventor — de serem elas seres *sensitivos*. Segundo qualquer definição corrente nas ciências biológicas não podiam deixar de ser porque vinham equipadas com dispositivos que discriminavam entre a luz e a ausência de luz. Ora, dispositivos desses são comuns hoje a radares, radiotelescópios, etc. Mas estes são puramente receptores, aparafusados a telas, e oferecem imediatamente a informação que recebem, enquanto que as tartarugas (e a ameba) têm uma outra função crítica. Ao contrário dos exploradores a radar, não só detectam a presença ou ausência de um estímulo específico como *reagem* a ele de maneira apropriada. Mas como sabem que estímulos evitar ou procurar? A pergunta nos leva ao segundo bloco constitutivo da inteligência.

Armazenamento de dados. Trata-se aqui da maneira pela qual muitos sistemas vivos fazem uso da informação recebida pelos seus órgãos sensoriais e, assim fazendo, acrescentam ao seu poder de ajustar-se ao mundo. Tanto a ameba quanto a tartaruga mecânica diferem de um soldadinho de chumbo na maneira segundo a qual reagem ao meio. Agora: superior que sejam os sistemas ameba/tartaruga aos soldados de chumbo, são ainda, todos dois, enormemente limitados. Embora sejam capazes de discriminar entre diferentes condições no meio e reagir (ou abster-se de reagir) apropriadamente, *isso é tudo, absolutamente, que podem fazer*. Quando nascidas, ou criadas, elas podem fazer tudo aquilo que jamais serão capazes de fazer em matéria de discriminação sensorial ou reação behaviorista. Qualquer alteração significativa do meio ambiente — o desaparecimento da luz branca ou sua substituição por luz vermelha ou, digamos, som — desarmarão completamente seus processos decisórios. Nem importa quanto tempo permaneçam sob essas condições modificadas: continuarão totalmente impotentes e ineficazes até que retorne à dicotomia original claro/escuro. Mas a maior parte das coisas vivas tem a capacidade de mudar de comportamento em consequência das suas experiências de vida. Aprender é isso, então,

visto no seu sentido mais simples. Não poderia ocorrer também com máquinas?

A tartaruga, que 'sabe' que suas baterias serão carregadas nos cantos escuros da sala, e que apenas vai para lá quando está com as ditas baterias muito baixas, é um sistema inteligente da ordem mais simples. Pode tomar 'decisões', e tem três escolhas: fugir da luz forte, o que faz sempre que ela se apresenta; correr para os ângulos escuros, o que faz quando suas baterias estão fracas; ou então andar ao lusco-fusco, para lá, para cá, como faz todo o tempo. Os mecanismos internos do sistema podem ser vistos como um simples conjunto de programas ou mecanismos de comando, cada um dos quais é 'disparado' por um dos três conjuntos mencionados de *stimuli*: luz forte, baterias fracas ou ausência tanto de luz forte como de baterias quase descarregadas. Mas suponhamos que os carregadores de bateria fiquem de súbito vivamente iluminados ao invés de permanecerem em total escuridão. A tartaruga, que foi feita para fugir da luz, fugirá dos carregadores de bateria, estacará no meio da sala e 'morrerá' porque seus instintos a dirigem agora para a anti-sobrevivência e não para a sobrevivência.

A tartaruga poderia ser modificada, de modo que luz passasse a significar 'vá para' em vez de 'fuja de' e tudo estaria muito bem até que o meio fosse virado às avessas outra vez. Ou poderia ser aperfeiçoada, ganhando alguns comandos mais poderosos. Como por exemplo: "Fuja da luz a não ser que as baterias estejam baixas e os carregadores não se encontrem nos cantos escuros. Vá então para a luz a ver se os carregadores estarão lá." Um novo conjunto de instruções da variedade 'se/então' poderia ser facilmente construído nela para que pudesse sobreviver num mundo instável. Instruções ainda mais sofisticadas teriam de ser elaboradas, todavia, para que ela pudesse enfrentar muito mais do que as rudimentares alterações na luminosidade ambiente. Não obstante, o que estive descrevendo seria um salto e tanto para uma tartaruga que no principal é instintiva. É claro que, com uma judiciosa programação, a vida dela poderia ser enriquecida substancialmente, desde que (a) fosse equipada com um poderoso conjunto de sensores destinados a captar um vasto leque de informações do meio; (b) tivesse suficiente espaço para armazenar todos os dados recebidos de um meio ambiente em constante modificação; e (c) tivesse, dentro dela, um computador bastante poderoso para integrar as vastas quantidades de informação nova recebida e de relacionar essa informação à massa de programas novos ou revistos com os quais já estava equipada. Os pontos (a) e (b) são essencialmente os primeiros dois fatores da inteligência — captação e armazenamento de dados. O ponto (c) é algo

novo, que pode ser chamado 'programabilidade'. Mas dizer simplesmente que uma entidade é 'programável' não ajuda muito. De que espécie de programabilidade estamos tratando? Queremos dizer que dispõe de programas e mais programas ou que os programas de que dispõe são particularmente poderosos ou particularmente rápidos na operação? Quanto mais a gente pensa na 'programabilidade' mais a gente se convence de que ela não é um fator mas vários, e que cada um é por si mesmo um parâmetro maior da inteligência. O primeiro diz respeito à velocidade de operação do sistema ou à rapidez com que o seu programa pode ser posto em execução, e constitui o terceiro fator da inteligência.

Velocidade de processamento. É a rapidez com que os componentes do sistema de uma entidade qualquer podem comutar de um estado para outro. Quanto mais rápido for o processamento da informação tanto mais rápido será o ajustamento do sistema às mudanças do meio ou sua versatilidade em face dos problemas. Uma tartaruga mecânica, feita de peças de *Meccano* ou de um conjunto qualquer de construção do mesmo tipo, capaz de mudar de direção apenas com grande atividade de alavancas e polias, seria muito mais morosa nessa adaptação que uma tartaruga totalmente eletrônica. Os computadores, como já vimos, estão já incomparavelmente à frente de quaisquer rivais biológicos em matéria de velocidade de processamento. Muitos sistemas nervosos animais têm uma velocidade de modificação de c. 20hz; pois o mais pachorrento dos computadores atualmente em uso comuta um milhão de vezes mais depressa!

Velocidade de modificação do software (suporte lógico ou suporte de programação). Trata-se de um conceito mais esquivo e ardiloso e que não deve ser confundido com velocidade de processamento. Estamos tratando agora da velocidade ou facilidade com a qual a entidade pode *alterar* seu próprio *software* ou criar novos programas quando necessário. Para usar de novo o exemplo da tartaruga: primeiro, toda a sua programação lhe diz que fuja da luz para os cantos escuros quando suas baterias estão fracas. Numa versão mais aperfeiçoada, nós a equipamos com um conjunto mais complexo de instruções que lhe dizem que vá para a luz quando não encontrar os acumuladores no escuro, i.e. no seu lugar habitual. Agora, imaginemos outro programa que ordene à criatura andar por todo lado na peça sempre que os acumuladores não estiverem no lugar esperado. E que, quando os carregadores são, afinal, localizados no ponto x, apague todos os programas ultrapassados que dizem estarem nos pontos y ou z. Tal programa seria do tipo 'adaptativo' e, ao contrário do que crê o povo, progra-

mas desses *não são* difíceis de preparar nem mesmo para computadores dos mais elementares. Ninguém pretende que programas de ensino que controlam o cérebro humano — ou os que controlam o rato, o peixe ou mesmo a lacraína — sejam tão simples assim em matéria de execução. Em cérebros de fato complexos, há, talvez, milhões ou bilhões de programas interligados, e eles vivem numa espécie de reestruturação contínua a fim de levar em conta as mudanças no meio em que se encontra o organismo. A chave para a compreensão desse fator é entender que não estamos falando da capacidade que tem o sistema de modificar seu próprio *software* mas sim da *velocidade e facilidade com que é capaz de fazê-lo*. Esse fator assume importância crescente segundo a complexidade da criatura, pois quanto mais numerosos forem os programas mais importante se torna que sejam capazes de mudar e substituir rapidamente.

Um fator subsidiário é, aqui, a capacidade da entidade em empreender a modificação do seu próprio *software* (como fazem todos os sistemas biológicos) ao invés de esperar que isso seja feito em seu benefício por uma fonte exterior (como é o caso da maioria dos computadores existentes). A autoprogramação automática é um grande bônus, mas não é um pré-requisito para a alta inteligência. Um computador pode ser extremamente inteligente segundo os nossos padrões e, mesmo assim, ter o grosso da sua modificação de *software* executado pelo homem. Na prática, todavia, a maior parte dos sistemas altamente inteligentes terão de ser autoprogramáveis e em escala significativa.

Eficiência de software. A palavra *software* (port. suporte lógico, suporte de programação) é um termo genérico para conjuntos de programas que controlam *qualquer* complexo sistema de informações; e o termo se aplica tanto aos programas que controlam o cérebro quanto aos que controlam um computador eletrônico e sem vida.

O conceito de eficiência de *software* exige elaboração. Há mais do que uma maneira de escrever um programa. Por exemplo: alguém poderia escrever as instruções: “faça isto, se isso ou aquilo, e então faça aquilo” de um modo casual, discursivo, acrescentando uma cláusula aqui, outra ali, esclarecendo uma instrução mais vaga com alguma explicação mais minuciosa, e mesmo assim conseguir, ao fim e ao cabo, um comando geral que atinge o seu objetivo. Mas pode ser que só atinja esse objetivo de maneira sinuosa, com rodeios, gastando muito daquilo a que se chama ‘potência de processador central’. Programas dessa natureza tendem a ser coisa de principiantes mas não são nunca populares com programadores mais ‘tarimbados’ e por uma dupla razão: são perdulários e perdem muito

tempo. Inversamente, pode-se escrever um programa de modo muito eficiente, sobretudo quando se é um programador habilidoso e se programa o procedimento com a antecedência devida. Uma vez completos, esses programas ‘eficientes’ funcionam com rapidez fulminante, são à prova de erro e usam muito pouco do cérebro do computador.

A eficiência do *software* é, provavelmente, assaz constante em todos os sistemas biológicos uma vez que se desenvolveu e foi testada por um longo período de tempo — muitos milhões de anos e isso segundo uma estimativa conservadora — e talvez não seja, a rigor, um fator principal na determinação das *diferenças* de inteligência de um animal para outro. É, seguramente, um fator importante quando se fazem comparações intelectuais com computadores cujos programas, no momento, são furiosamente ineficientes e assim ficarão pelo menos por mais algum tempo. O motivo é que eles são gravados pelo homem, e a única pena para uma gravação ineficiente é um sistema de computação vagaroso e pesado, que falha, ‘pifa’ e produz contas de eletricidade de milhões de libras esterlinas. Computadores biológicos, ao contrário, têm seus programas amadurecidos aos poucos, por um impiedoso processo de provas e erros — e a pena por ineficiência é impiedosa — a morte.

Alcance do software. A rapidez e eficiência com que os programas controlam um sistema nervoso central animal são fatores cruciais na inteligência, como o é também o raio de ação do programa com que o cérebro é equipado. Na tartaruga mecânica os programas são poucos em número e limitados à averiguação da diferença entre luz e treva; e tudo o que a criatura faz é rolar para a frente ou para trás e ligar-se numa tomada elétrica. À medida que progredimos na escala filogenética, dos animais inferiores para os superiores, verificamos que o número de tarefas que uma criatura pode executar cresce constantemente. Está estabelecido que animais de uma ordem mais alta não são capazes de fazer cada coisa que os de ordens inferiores fazem — as abelhas podem voar enquanto que os macacos não podem —, mas o leque das tarefas que um macaco executa é muito mais largo, digamos, que o de um papagaio, de uma truta ou de um jumento. Algumas criaturas podem fazer determinada coisa com suprema perícia — a capacidade da aranha de fazer uma teia serve de exemplo — mas quase sempre o que se verifica é que isso é o único ato complexo de que a criatura é capaz — como se fora um truque de festa, se o leitor quiser. Quando se leva uma aranha para um meio onde fazer teias é irrelevante, ela se vê logo reduzida ao nível intelectual da tartaruga mecânica.

A discussão precedente indica que aquilo a que chamamos negligentemente ‘inteligência’ é uma amálgama de um número de faculdades diferentes, todas inatas — embutidas, por assim dizer, no organismo e já presentes por ocasião do nascimento. No curso da vida, essas aptidões são exercidas como resultado das interações da criatura com o mundo que a cerca; e ela vai ficando, gradualmente, mais apta a enfrentar um meio frequentemente hostil e sempre em mutação. O que significa, incidentalmente, que cumpre discriminar entre um dom intelectual natural, *inato*, que a criatura partilha com todos os demais membros da sua espécie, e o que ela faz, i. e. seu nível de desempenho, que varia de indivíduo para indivíduo, e depende das experiências e oportunidades de cada um. Um ser humano criado num ambiente restrito — como Kasper Hauser, criado desde o nascimento por um lunático e mantido num porão escuro até a idade de vinte e um anos — parecerá incapaz e ostensivamente estúpido em comparação com outro que tenha vivido num meio mais aberto e estimulante. A lógica desse argumento parece conduzir para a controversa conclusão de que todos os membros da espécie humana são mais ou menos idênticos quando nascem (em termos de equipamento intelectual) e que as vastas diferenças que parecem existir em matéria de desempenho intelectual devem-se todas às experiências da vida — às oportunidades que o mundo oferece ao seu *software*. Por tentador que seja levar esse ponto às últimas consequências, ele não é de fato relevante e será melhor ir em frente. Mas primeiro, e dada a importância que têm, vamos resumir os fatores chave outra vez:

Aptidão para a captação de dados. Uma entidade é inteligente na medida em que é capaz de extrair informação do universo que a cerca. Em igualdade de condições, quanto melhores forem as suas aptidões (sensoriais) para a captação de dados e tanto mais inteligente ela será.

Capacidade de armazenamento de dados. Uma entidade qualquer é inteligente na medida em que pode armazenar informação uma vez coletada e informação que possa recuperar no futuro para melhorar sua capacidade de adaptação. Quanto maior for a sua capacidade de armazenamento. . . etc.

Velocidade de processamento. A inteligência de uma entidade é, em parte, função da velocidade com que o seu cérebro/computador é capaz de processar a informação. Isto se refere à velocidade de comutação das suas unidades básicas, as quais, na maior parte dos animais, são neurônios e, nos computadores, são microtransístores.

Flexibilidade do software. Uma entidade é inteligente na medida em que o

seu *software* é rapidamente e facilmente modificável. Esse pode ser um dos fatores mais importantes.

Eficiência de software. O modo segundo o qual o *software* do sistema foi gravado afetará a capacidade da entidade para ajustar-se a fatos novos no seu meio ambiente. Quanto mais eficiente for o *software* (quanto mais rápida for a sua execução, quanto menos dado a falhas e colapsos, quanto menos espaço de programa ocupe) tanto mais inteligente a entidade.

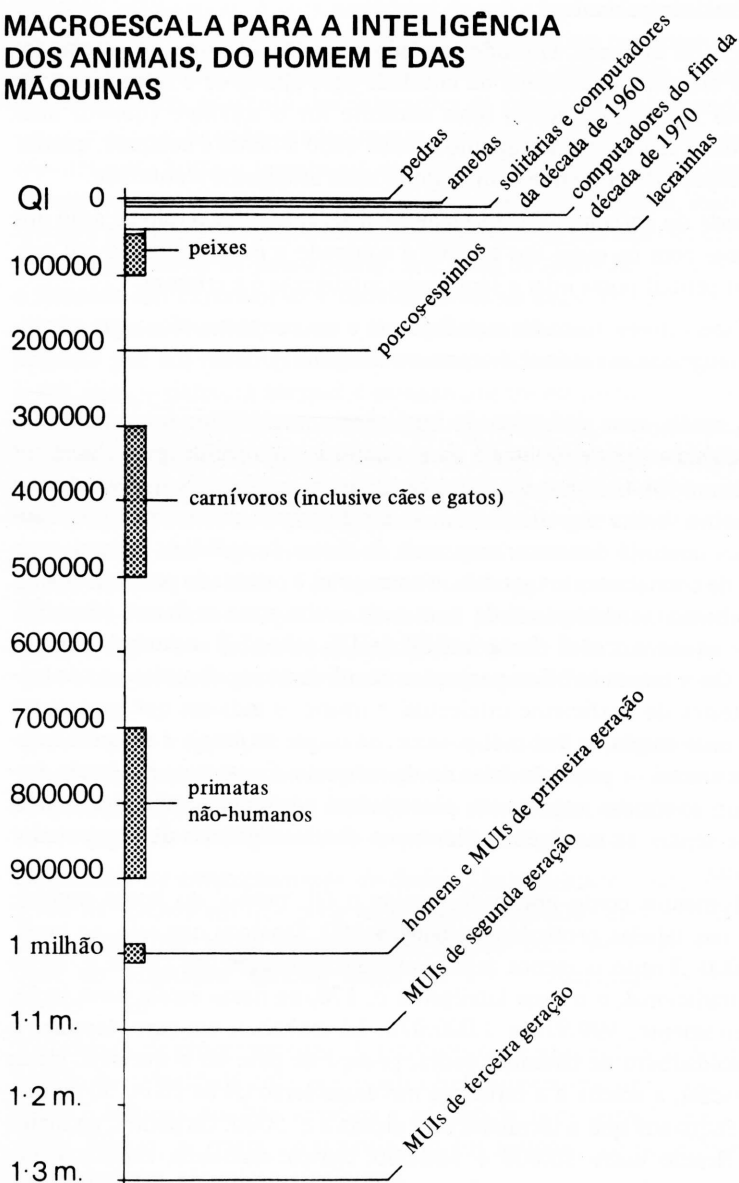
Amplitude do software. Quanto maior e mais amplo for o raio de ação dos programas com os quais um sistema é equipado e com os quais o seu processador central possa lidar e tanto mais inteligente é a criatura.

E esses seis fatores, tomados isoladamente e em conjunto, são o que constitui a inteligência em animal, homem ou máquina.

Temos, então, uma definição de inteligência, e pode ser interessante inventar alguma espécie de escala para medi-la e, em seguida, para classificar as criaturas. Os tradicionais testes de QI usam uma escala que vai de 0 a 200 (como limite superior), com o ser humano médio em 100. Tem por base, como já dissemos, uma série de testes de agilidade mental, mais do que de conhecimentos gerais e, obviamente, é orientado para o Homem. O mais brilhante chimpanzé da terra teria muita sorte se fizesse 10 ou 20. E onde situar um cão? Teria um QI de 1%, talvez? E o ouriço-cacheiro, então? Ou a lacrainha? Tais perguntas são obviamente absurdas no contexto de testes de coeficiente intelectual humano, e indicam que uma outra escala, mais ampla, se faz indispensável se o que se deseja é incluir a inteligência animal — para não falar na da máquina. Construir uma escala dessas é um exercício importante, pois ajudará a pôr em perspectiva o abismo que separa as inteligências humanas das inteligências de computador existentes.

Tomemos como ponto de partida o QI ‘médio’ do *homo sapiens*, que é, nas tabelas profissionais, igual a 100. Digamos que seja, ao invés, 1.000.000. Tendo o menos inteligente dos humanos um QI de c. 70 na escala tradicional, e o mais inteligente c. 170, na nossa escala nova terão, respectivamente, 999.970 e 1.000.070. Lá embaixo, em zero, teremos o nosso soldadinho de chumbo, pedra, pedaço de pau, ou o que seja. Nessa macroescala, a ameba e a tartaruga mecânica terão QI de 10 ou 50 no máximo, enquanto que a lacrainha será alçada a c. 5000! Os peixes, na maior parte, ficarão entre 50.000 e 100.000; ouriços-cacheiros, ratos e semelhantes, em 200; gatos e cachorros, talvez em 300; e os primatas não-humanos deverão variar entre 700.000 e 900.000.

MACROESCALA PARA A INTELIGÊNCIA DOS ANIMAIS, DO HOMEM E DAS MÁQUINAS



Os zoológicos poderão discordar dessa classificação, e os valores numéricos apresentados não precisam ser levados muito a sério. O importante é compreender que quando se comparam animais na escala filogenética, uma escala dessa amplitude é essencial. E agora a questão se põe: onde classificar os computadores?

Warren McCulloch, indubitavelmente um brilhante propugnador da idéia da inteligência artificial, com todo o seu egoísmo, suíças e costeletas, que morreu em 1970, um ano mais ou menos antes que os computadores tivessem começado, de fato, a ‘decolar’, observou certa vez que o melhor computador do seu tempo tinha a inteligência aproximada de um cestódio, como a solitária. Foi uma observação interessante essa, característica de McCulloch, porque solitárias e computadores têm alguns curiosos pontos em comum. Em primeiro lugar, ambos são relativamente imóveis — a *Taenia solium* fica quieta, presa à parede do intestino, e o computador também parece mudo e quedo no chão da sua sala-com-ar-condicionado. Ambos, ténia e computador, são alimentados e tratados por coisas que não são cestódios nem máquinas, e podem, em consequência, ser classificados como parasitas. Na verdade, se tomarmos os nossos seis ‘fatores de inteligência’ podemos fazer uma comparação interessante. Aptidão para a captação de dados: ínfima, tanto no cestódio quanto no computador *standard*, uma vez que nenhum dos dois dispõe de muita coisa no sentido de órgãos sensoriais. Capacidade de armazenamento de dados: aqui o computador ganha disparado, tendo, como tem, uma capacidade maciçamente superior à da solitária, cuja ‘memória’ estará quase toda ocupada em ‘lembrar-se’ de largar seus segmentos carregados de ovos, de prender-se outra vez à parede intestinal, de ‘reparar’ seu próprio organismo, etc. Velocidade de processamento: baixa nas duas entidades; mas a solitária tem uma ligeira vantagem sobre o computador no sentido de ser largamente auto-programável. Eficiência de *software*: ganha a solitária, pois os programas com que está equipada são extremamente eficientes, tendo sido testados por milhões de anos. Finalmente, amplitude do *software*: o computador ganha de longe, embora o número e amplitude dos programas necessários para comandar os sistemas digestivo e reprodutor da solitária não devam ser subestimados. Uma olhadela na escala, e teremos três para o computador, dois para a solitária e, até, um, o que mostra que o paralelo de McCulloch não era assim tão mau.

Mas onde exatamente situar o cestódio e o computador-da-era de McCulloch (assumindo que concordamos que as duas quantidades sejam grosseiramente comparáveis) na macroescala? Meu ‘palpite’, que não vale mais que o de qualquer outra pessoa, é que ficarão por volta de 1000 — em

outras palavras, muito acima da ameba-tartaruga mecânica, mas muito abaixo da lacrainha e, é claro, muito distante de qualquer coisa da espécie do rato ou do porco-espinho. Isso pode servir de consolo àquele substancial segmento da sociedade para o qual a idéia de uma inteligência das máquinas é anátema. O abismo entre a *Taenia solium* e o Homem é tão imenso que provoca a jocosidade. Essa complacência parecerá ainda mais justificada quando a gente é forçada a admitir que, embora os computadores tenham feito progressos retumbantes nos dez ou quinze anos posteriores à analogia de MacCulloch, ainda fazem triste figura na tabela. As razões para isso são muito simples: o tipo de progresso feito pelo computador diz respeito a aspectos da sua existência que os fazem atraentes e úteis para o Homem — tamanho reduzido, menores exigências em matéria de energia, custo sensacionalmente mais baixo — mas que, a rigor, nada têm a ver com sua capacidade intelectual.

No terreno puramente intelectual, pouco se fez para alargar ou aperfeiçoar a capacidade sensorial do computador. Eles podem esquadrihar documentos especialmente impressos com rapidez extraordinária, mas tendem a ficar de todo impotentes diante da menor mudança de tipologia, qualidade, etc.; e ficam de todo perdidos quando se trata do reconhecimento de objetos de três dimensões. Um bom computador do fim da década de 1970, capaz de ‘ver’ e ‘perceber’, com memória descomunal e elaboradíssimo *software*, pode reconhecer formas simples a três dimensões tais como cubos ou pirâmides e sabem a diferença entre uma xícara, um pires, uma colher e um bule de chá desde que postos contra um fundo neutro com iluminação cuidadosamente controlada. É mudar a luz, de modo a que as sombras troquem de posição, ou introduzir no campo um item ambíguo como um bule de café ou uma molheira, e até o mais poderoso computador do mundo ficará reduzido a níveis de imbecilidade. Mas antes de rir a bandeiras despregadas, como se dizia antigamente, cumpre atentar para o fato de que a experiência não prova tanto quão estúpidos são os computadores mas quão fantásticos e magníficos são os seres humanos — ou outros animais capazes de fazer essa espécie de discriminação perceptual.

Velocidade de adaptação de programas e eficiência de programas não se desenvolveram muito, mas grandes avanços foram feitos em âmbito de *software*. Os computadores de hoje podem ocupar-se de um leque muito mais amplo de tarefas do que podiam no tempo de McCulloch, há uma década e meia; e em algumas áreas específicas — como o xadrez, por exemplo, — a potência de programas determinados tem avançado muito substancialmente. A capacidade das memórias se tem expandido, como é natural,

mas já os computadores da década de 1960 tinham dispositivos de memória quase infinitos. E o problema principal era o tempo que levavam para avaliar a informação. Só no parâmetro da velocidade de processamento as coisas mudaram realmente de maneira espetacular; e foi isso, mais que o resto, que efetuou um aumento no QI do computador, não só impressionante mas sobretudo digno de encômios. Mesmo assim, eu hesitaria em localizar mesmo o mais brilhante dos sistemas atuais muito acima de 3000 na escala — bem acima, podem conferir, de uma solitária, mas abaixo da lacrainha.

Por outro lado, não se deve esquecer que enquanto o Homem atingiu o nível de 1 000 000 na escala com a maior dificuldade e depois de *várias centenas de milhões de anos*, o computador já ultrapassou a solitária e já se aproxima a olhos vistos da lacrainha — e isso em não muito mais do que vinte e cinco anos de uma evolução comparável! Mais cinco anos no mesmo ritmo de progresso de hoje, e a lacrainha será deixada para trás e o porco-espinho [do rei Luis XII] estará olhando por cima do seu ombro. O leitor pensará: “Coitado do porco espinho. Mas do homem, felizmente ele ainda está longe.” Não está. A constatação contrária deixa de levar em consideração que o ritmo do avanço pode aumentar e muito — fator que vamos considerar daqui a pouco. Mais importante ainda, também, não leva em conta um aspecto sutil de toda essa coisa de inteligência, principalmente na sua relação com a nossa macro-escala. Sistemas biológicos (o quais, até o advento dos computadores, eram as únicas coisas inteligentes a bordo do planeta) são dispositivos de múltipla função. A principal, como Richard Dawkins mostra no seu esplêndido livro *O Gene Egoísta* (*The Selfish Gene*) não é dar uma porção de animais, de vários graus de complexidade, uma boa vida durante alguns meses ou anos, mas agir como veículos que asseguram a sobrevivência e a continuada evolução do gene — esse pacote de informação codificada que todas as coisas vivas levam enterrado em cada célula do corpo. Esse horrendo conceito — a total substituição de toda vida animal, inclusive o Homem com todos os seus dons e todas as suas graças, à cega determinação dessas substâncias tão microscópicas quanto os vírus — esse horrendo conceito, dizíamos, está em tal contradição, e tão desesperada, com quase tudo aquilo que o Homem acredita sobre si mesmo, que o livro de Darwin teve a mais fria recepção em muitos lugares. E, apesar disso, a argumentação dele é virtualmente irrefutável.

Desgraçadamente, é também extremamente simplista, como o próprio autor admite. Deixa de apreciar o significado e a riqueza dos numerosos objetivos secundários que integram o ‘objetivo principal’, e funcionam

como coadjuvantes dele (se é que se pode dizer assim). O primeiro objetivo secundário, por exemplo, que se manifesta como verdadeira meta primordial para os indivíduos que levam o gene no corpo, é o da *sobrevivência*, e toda uma batelada de objetivos inferiores aos secundários, cada qual servido por complexos conjuntos de programas, pode ser percebida debaixo dessa rubrica. Esses objetivos incluem o acasalamento, o cuidado da prole, o comer e beber, a fuga de certos animais e a perseguição ou caça de outros. E dentro de cada um desses objetivos secundários há outros e outros, numa espécie de espiral descendente.

O ponto crucial aqui é o seguinte: os sistemas biológicos sobem no nosso gráfico e, à medida que sobem, tendem a adquirir mais e mais desses objetivos secundários, cada qual suprido e como que empurrado para cima pelo seu próprio conjunto de programas. Assim, quanto mais alto estiver uma criatura na escala dos QI, e tanto mais complexos e elaborados serão os seus pacotes de *software* — e essa regra de vida é absolutamente fundamental e inescapável. Qualquer criatura que ‘lute’ pela sobrevivência do seu pacote genético através dos tempos e ‘escolha’ a inteligência como uma das armas da sua panóplia tem de pagar o preço. Há criaturas que não escolheram a inteligência como sua arma principal. As solitárias, que se escudam no parasitismo, ou as lapas* das rochas, que acreditam poder ficar à margem de qualquer confusão desde que não saiam da sua armadura, estão certas. Sua vida pode ser aborrecida mas os genes delas estão mais do que satisfeitos! As plantas (que têm só uma inteligência limitada segundo o nosso plano em seis pontos) são outro exemplo.

Mas enquanto as inteligências biológicas mais avançadas têm de carregar consigo grandes pacotes de *software* para, simplesmente, sobreviver, os computadores não estão sujeitos às mesmas limitações. Sua posição relativa no macro-gráfico e sua taxa de progressão relativamente morosa dá uma indicação um tanto enganosa tanto do seu *status* verdadeiro quanto do seu potencial. Eles não têm, por exemplo, de devotar qualquer *software* ao apoio de um complexo sistema reprodutivo — e estou certo de que jamais o farão. Nós, humanos, cuidamos de tudo isso para eles. Nem qualquer *software* tem de ocupar-se de funções de manutenção e reparo, ou de prover defesas imunológicas contra assaltos de bactérias ou vírus. Mais uma vez há um homem nos bastidores para construir e restaurar. Não precisam tampouco de elaborados conjuntos de programas que lhes permitam carregar seu corpanzil por toda parte em busca de alimento ou para fugir de algum perigo. E não precisam ainda — é imensa a lista de bônus

* *patella vulgata*, molusco gastrópode da fam. dos patelídeos. (N. de T.)

cujo significado fica mais e mais aparente desde que a gente se ponha a considerá-los — de uma tremenda série de programas interligados para saborear boa comida e tomar bons vinhos. Muito menos necessitam outras emoções sensoriais das que muitos seres biológicos experimentam, numa gama que vai desde tomar banho de sol até fazer amor.

Em outras palavras, se a gente está apenas interessado em *inteligência*, e não em coordenação psicomotora ou na tarefa maior de conservar vivo e ativo um corpo de certa complexidade, então a chance de que o computador suba rapidamente gráfico acima é muito maior do que qualquer um possa intuir. Junte a isso um fato espantoso que muitos, inclusive cientistas de computador, tendem a menosprezar: em certas áreas, limitadas mas relevantes de realização intelectual — tomando ‘inteligência’ no contexto do nosso esquema de seis fatores — os computadores há muito tempo deixaram para trás ouriços-cacheiros, ratos, macacos, chimpanzés e, mesmo, o Homem. Em velocidade de processamento, eles estão de tal modo à frente dos sistemas biológicos que nem há comparação possível. Mais especificamente: os computadores são infinitamente superiores ao Homem na manipulação de informação numérica e de computação de várias espécies. Essas realizações podem soar como “computação puramente automática” mas são, assim mesmo, parte integral do desempenho intelectual do Homem. Nem devem ser descontadas levemente como “coisa que só tem algo a ver com números”. A principal razão pela qual os progressos têm sido limitados a essas áreas é porque elas eram precisamente as áreas nas quais o Homem mais precisava de ajuda e onde ele primeiro se dispôs a apelar para os computadores.

Mas existem *outras* áreas de desenvolvimento mais próximas dos pontos melindrosos do nosso intelecto. Costumava-se dizer que nenhum computador podia ser programado para jogar nem meio tempo de uma partida decente de xadrez. Se os especialistas que fizeram essa espécie de afirmação dez ou vinte anos atrás não estão ainda engolindo o que disseram, logo estarão, pois em fins de 1978 já existiam computadores capazes de esmagar 99,5% dos jogadores de xadrez do mundo. Alguns quase chegaram ao nível de Grandes Mestres Internacionais — e se isso não faz o leitor sentir o bafo quente do computador no seu pescoço, nada mais o fará! Como último recurso, o cético pode ver-se reduzido a catalogar as supostas capacidades exclusivas do homem: sua faculdade de raciocinar, sua criatividade, sua capacidade de demonstrar julgamento estético e, acima de tudo, seu poder de *pensar*. São todas essas faculdades singulares e por certo nenhuma aceleração da inteligência do computador seria capaz de igualá-las? Para responder a essa pergunta, desejo apresentar — ou mais

exatamente rerepresentar pois o personagem em questão já apareceu num capítulo anterior — o homem que foi o primeiro a encarar o problema e a acompanhá-lo até a sua conclusão lógica. Seu nome é Alan Turing.

CAPÍTULO 13

A máquina pode pensar?

Nos primeiros anos da II Guerra Mundial, quando os ingleses encetaram, no maior segredo, o seu esforço combinado para ‘furar’ os códigos alemães, eles se puseram a recrutar uma equipe dos mais brilhantes cérebros possíveis, especialistas em matemática e no campo ainda muito novo àquele tempo da engenharia eletrônica.

Recrutar os ‘cobras’ da eletrônica era, então, coisa fácil, pois muitos estavam metidos até o pescoço no fascinante problema da localização de aeronaves pelo rádio, ou ‘radar’, como a coisa viria a ser chamada. Mas encontrar matemáticos com o talento necessário e a indispensável qualidade da concentração obsessiva e além de tudo dispostos a trabalhar no campo ignoto da criptografia era muito diferente. Por fim, adotou-se uma engenhosa estratégia: procurá-los nas listas de jovens matemáticos que fossem, ao mesmo tempo, grandes jogadores de xadrez. A rede foi lançada em todo o país — e recolheu uma espantosa coleção de figuras raras, que foram aquarteladas em Bletchley Park, zona ridente de casas de campo. Deles os mais notáveis eram Irving John Good, Donald Michie e Alan Turing.

Os dois primeiros eram intelectuais precoces, os quais, confirmando a promessa dos seus verdes anos, já tinham nome feito no mundo científico. Depois da guerra, Michie, figura de aptidões e interesses universais, fundou na Universidade de Edinburgh um ‘Department of Machine Intelligence and Perception’, cujos objetivos tão ambiciosos quanto imaginativos, incluíam o desenho e a construção de robôs. Desgraçadamente, o esquema estava com dez anos de avanço sobre a época e não conseguiu atrair o indispensável apoio financeiro. Se Michie tivesse conseguido os capitais necessários, o Reino Unido estaria na liderança desse aspecto controverso da pesquisa de computadores.

Jack Good, depois de um período de trabalho ultra-secreto para a Marinha e de uma bolsa em Oxford, foi para os Estados Unidos, onde é hoje em dia professor emérito de estatística do Instituto Politécnico da

Virginia. Suas impecáveis credenciais científicas — tem uma lista de aproximadamente *mil* ensaios publicados, teses, relatórios e notas no seu *curriculum vitae* — não o impedem de gozar a vida, à sua maneira. A paixão que tem por palíndromos (frases que têm o mesmo sentido quando lidas da esquerda para a direita ou da direita para a esquerda) levou-o em certa ocasião a escrever a Sua Majestade a rainha Elizabeth II sugerindo que ela o fizesse par do reino. Sua razão para isso: quando o povo o visse chegando, diria por certo: “*Good Lord here comes Lord Good*”. Achava que o palíndromo tinha suficiente mérito para justificar o pariató. A rainha pode ter achado a coisa divertida. Ou não. . . O professor Good é, também, incidentalmente, autor do conceito da Máquina Ultra-inteligente (MUI, port. UIM), conceito empolgante, que discutiremos adiante.

O terceiro membro desse trio especialíssimo era o próprio Turing. Mais velho de uma década que Michie e Good, já deixara sua marca na ciência, principalmente por uma comunicação imortal, publicada em 1936, e intitulada: “Sobre os números computáveis com aplicação no *Entscheidungsproblem*”. Estranha como possa parecer para o leigo, a tese é lida com enlevo e alegria pelos matemáticos, e todo mundo está de acordo em que se trata de um dos mais importantes ensaios isolados jamais publicados sobre os fundamentos da ciência da computação. É osso duro de roer mas pode ser resumida sem maiores dificuldades. O que Turing fez foi elaborar na idéia que ocorrera ao seu predecessor Babbage ao fazer o levantamento da sua Analytical Engine: uma vez que se constrói uma máquina capaz de calcular *um* conjunto de operações matemáticas, então é possível construir outra capaz de *qualquer* conjunto. E mais: será possível, em princípio, construir uma única máquina a qual, com a apropriada manipulação do seu interior (a que hoje chamaríamos programação), poderá dar conta de qualquer cálculo ou de todos os cálculos sozinha — um computador universal, em outras palavras. Babbage teve um vislumbre disso, de que isso estava perfeitamente dentro da ordem das possibilidades. Para ser mais exato, ele não via razão para que não fosse isso possível — mas levou as coisas muito mais longe. Turing mostrou que um computador universal podia ser construído, e mostrou-o com uma argumentação rigorosamente matemática que fez todos os especialistas do mundo parar o que estavam fazendo e levantar as orelhas. Daquele momento em diante, era inevitável que houvesse, um dia, uma ciência da computação, embora poucos dos que leram o ensaio imaginassem com que rapidez isso se daria.

Se fazem fé os relatos do que os sábios de Bletchley pensavam nos seus poucos momentos de folga, então ficamos sabendo que eram até otimistas demais. Tanto Good quanto Michie acreditavam que o emprego de

computadores eletrônicos como o Colossus resultaria em grandes progressos nas matemáticas na era imediatamente posterior à guerra, e Turing era da mesma opinião. Todos três (e um ou dois dos seus colegas) também estavam certos de que não levaria muito tempo para que as máquinas exibissem inteligência, inclusive capacidade para resolver problemas; e que o papel de simples ‘esmagalhadoras de números’ era apenas uma fase da sua evolução. Embora a exata substância das conversações, que se prolongavam noite adentro enquanto os sábios esperavam os resultados dos testes dos primeiros protótipos do rangente Colossus, se tenha diluído um pouco com a passagem do tempo, sabe-se que esse tópico, da inteligência das máquinas, ocupava boa parte das discussões. Debatiam eles, com um *frisson* de excitação e desconforto, as peculiares ramificações do assunto de que eram pioneiros e sobre o qual o resto do mundo sabia (e ainda sabe) tão pouco. Poderia haver um dia máquina capaz de resolver problemas que nenhum ser humano é capaz de resolver? Poderia um computador ganhar de um homem no xadrez? E, por fim, poderia a máquina *pensar*?

De todas as perguntas que se possam fazer sobre computador, nenhuma parece tão estranha e assustadora quanto essa. Atribuir inteligência à máquina, talvez; aceitar que tenha capacidade de controlar outras máquinas, de consertar a si mesma, de ajudar o homem a solver problemas, computar números milhões de vezes mais depressa do que o homem, talvez; admitir que dirija aviões, e automóveis, que superintenda a medicina doméstica e, até, que dê assessoria a políticos, talvez. De certo modo, a gente consegue imaginar como a máquina pode vir a fazer todas essas coisas. Mas que possa fazer *também* essa operação aparentemente exclusiva do homem e conhecida como *pensar* isso é coisa muito diferente, de certo modo insultosa, estranha e ameaçadora. Só nas formas mais *outrées* de ficção científica, que remontam àquela obra-prima da mulher de Shelley, *Frankenstein*, o tópico é afluído, sempre, com uma nota de incerteza e apreensão, dada a natureza enigmática do terreno.

Good, Michie e seus colegas deleitavam-se com o debate dessas idéias nos seus poucos momentos de lazer. Mas Turing — mais velho, um pouco mais sério e menos arrogante — se pôs a considerar o assunto em profundidade. Concentrou-se, sobretudo, num ponto crítico: a máquina pode pensar? Pode vir a pensar? E o modo pelo qual ele se dedicou a analisar o problema, três décadas atrás, e muito antes de que qualquer cientista do mundo tivesse considerado o problema de forma persuasiva, é de interesse permanente.

A tese principal foi publicada na revista de filosofia *Mind* em 1952. Logicamente inatacável, quando lida com imparcialidade, serve para botar

abaixo qualquer barreira de ambigüidade ou vagueza que circunde essa questão e questões afins. A despeito do seu *status* de obra clássica, o ensaio é raras vezes lido fora dos arraiais da ciência e da filosofia. Mas agora que os acontecimentos no campo da ciência de computadores e da inteligência artificial começam a mover-se com rapidez e o *momentum* que os cientistas de Bletchley tinham previsto, o ensaio de Turing terá, por certo, público mais vasto.

Logo que a guerra terminou e o projeto Colossus foi dado por encerrado, Turing foi para o Laboratório Nacional de Física, em Teddington, e se pôs a trabalhar com uma equipe de escol no desenho do que viria a ser o mais potente computador do mundo, o ACE*. Mais tarde, transferiu-se para Manchester, onde um grupo de pioneiros — Kilburn, Hartree, Williams e Newman — se encarniçava em desenvolver outra poderosa máquina eletrônica. Aquele foi um período de trabalho duro, impetuoso, comparado com o estado de coisas hoje reinante no campo dos microprocessadores. Então, qualquer pessoa com algum conhecimento especializado laborava sob imensa pressão, imbuída todo o tempo do sentimento de que para ser segundo numa prova é melhor não entrar nela. Em consequência, Turing teve menos vagares do que desejaria para dedicar-se aos seus *hobbies*, sobretudo às suas idéias sobre a capacidade de jogar do computador — damas, xadrez, o antigo jogo do Go —, que ele via como prova importante da inteligência das máquinas.

Jogos como o xadrez são, indiscutivelmente, atividades intelectuais, e, todavia, ao contrário de outros exercícios intelectuais, como escrever poesia ou discutir o inconsistente futebol de Chelsea, tem normas de operação passíveis de descrição. A tarefa se lhe afigurava singela: tratava-se de escrever um programa que ‘conhecesse’ as regras do jogo e recorresse a elas sempre que confrontado com um movimento do adversário, jogador de carne e osso. Acontece que Turing fez pouco progresso nesse contexto, e os primeiros programas de xadrez alinhavados mal-e-mal no fim da década de 1940 começo da década de 1950 eram uma vergonha. E por isso se achou, geralmente, que não valia a pena perder tempo com essa espécie de projeto. Jogar xadrez tão bem quanto um verdadeiro aficionado requer algumas habilidades intelectuais que nunca se poderiam especificar em termos de máquina.

Para Turing, subestimar assim o potencial do computador era curioso — e sugestivo. Se repugnava às pessoas a idéia da máquina jogadora de xadrez ou damas, como reagiria diante de uma que desse mostras de ‘inteli-

* de Automatic Computing Engine. (N. do T.)

gência' ou de uma que pudesse 'pensar'? No curso das suas discussões com amigos, Turing verificou que uma boa parte do problema era que as pessoas estavam sempre inseguras das suas definições. O que se quer dizer exatamente com a palavra 'pensar'? Que processos estão envolvidos no ato de 'pensar' quando ele ocorre? Inventada a máquina de 'pensar', como testá-la? Essa última questão, segundo Turing, é que era a chave. E com verdadeira inspiração ele descobriu como responder a isso, propondo o que hoje é conhecido nos círculos de computação como "Turing Test for Thinking Machines" (teste de Turing para máquinas pensantes). No capítulo seguinte vamos examinar esse teste, ver quão exequível ele é, e aferir quão próximos estão os computadores de passar nele, hoje e no futuro.

Quando Turing perguntava às pessoas se achavam que um dia o computador pudesse pensar encontrava uma quase universal rejeição da idéia — exatamente como aconteceu comigo quando fiz *enquête* semelhante trinta anos depois. As objeções que recebi foram semelhantes às que Turing documentou no seu papel "Maquinaria de Computação e Inteligência", e vou resumi-las aqui, acrescentando-lhes meus próprios comentários e procurando refutar as várias objeções à medida que ocorram.

Primeiro, está a Objeção Teológica. Esse era mais comum ao tempo de Turing do que hoje, mas ainda aparece de vez em quando. Pode ser reduzida à seguinte formulação: "O Homem foi criado por Deus e Dele recebeu uma alma e a capacidade de pensar conscientemente. As máquinas não são seres espirituais, não têm alma *ergo*, são incapazes de pensar." Como Turing observou, isso limita de certo modo, e injustificadamente, a ação de Deus. Por que não poderia ele dar almas às máquinas e fazê-las pensar? Bastaria que o quisesse. De um determinado ponto de vista, tenho o argumento por irrefutável: se alguém define pensar como algo que só o Homem pode fazer e que só Deus pode conceder, então a discussão fica encerrada. Mesmo aí a força do raciocínio parece depender de uma confusão entre 'pensamento' e 'espiritualidade' sobre a velha dicotomia cartesiana do fantasma na máquina. O fantasma, ao que se supõe, pensava; a máquina era apenas o veículo que transportava o fantasma.

Vem em seguida a Objeção Choque-Horror, a que Turing chamava de 'Objeção das cabeças enterradas na Areia!' As duas denominações servem, embora eu prefira a minha. Quando o assunto do pensamento das máquinas é mencionado, a reação comum é mais ou menos assim: "Que idéia horrorosa! Como poderia um cientista trabalhar num invento tão monstruoso? Espero que a ciência da inteligência das máquinas não faça progresso se o seu produto final é a máquina pensante!" A atitude não é ló-

gica, e não se trata, a rigor, de uma objeção, pois ninguém explica por que não deveria acontecer. É apenas a expressão de um desejo, profundo, de que jamais aconteça!

A Objeção da Percepção Extra-Sensorial foi a que mais impressionou Turing (a mim é a que menos impressiona). Se houvesse a tal de percepção extra-sensorial e se ela fosse, de algum modo, uma função do cérebro humano, então poderia ser muito bem um importante elemento constitutivo do pensamento. Com esse critério, e na ausência de qualquer evidência de que os computadores sejam telepáticos, temos de assumir que nunca poderão pensar no sentido exato da palavra. O mesmo argumento se aplica a qualquer outro componente 'psíquico' ou espiritual da psicologia humana. Não posso levar a sério essa objeção porque a meu ver não há prova científica de que a percepção extra-sensorial exista. A situação era diversa ao tempo de Turing, quando o laboratório de parapsicologia da Universidade Duke, na Carolina do Norte, universalmente respeitado, produzia, sob a direção do Dr. J.B. Rhine, profuso material sobre o assunto, provando, supostamente, a existência da telepatia e da precognição. Aqui não é o lugar para entrar na discussão dos argumentos enfadonhos e inconclusivos sobre o estado de decadência da parapsicologia, mas é inegável que para a maioria dos cientistas o que já pareceu um sólido *corpus* de evidência em favor da telepatia etc., hoje parece irrelevante. Mas mesmo se a percepção extra-sensorial [ESP para o autor e para os cientistas de língua inglesa em geral] for, provadamente, um fenômeno genuíno, será algo relacionado com a transmissão de dados de uma fonte originária para um receptor e deve, portanto, ser fácil de reproduzir em máquinas. Afinal de contas, as máquinas já se comunicam pelo rádio, o que é, a rigor, ESP, e constitui um método muito melhor de comunicação a longa distância que o de qualquer sistema biológico.

A Objeção de Consciência Pessoal é, superficialmente, um poderoso argumento, e um argumento que assume os mais variados disfarces. Turing cita um exemplo convincente colhido no *British Medical Journal* de 1949, numa notícia sobre a preleção anual conhecida como Liston Oration, feita naquele ano por um ilustre médico, o professor G. Jefferson, e intitulada "A Mente do Homem Mecânico". Basta um parágrafo:

"Só quando uma máquina escrever um soneto ou compor uma sonata, *em virtude de pensamentos pensados e emoções sentidas*, e não pela queda casual de símbolos, concordaremos em que ela seja igual ao cérebro. E que não só escreva o soneto ou componha a peça de música *mas que tenha consciência do*

que fez. Nenhum mecanismo é capaz de sentir prazer (e não simplesmente dar sinal disso, coisa fácil) com o próprio sucesso ou tristeza quando uma das suas válvulas se funde. Nenhum é capaz de aquecer-se com um elogio, sentir-se miserável com um erro cometido, encantado com o sexo, zangado ou deprimido quando vê contrariado um dos seus desejos.”

Os grifos, que são meus, mostram o que considero a objeção fundamental: a produção da máquina é mais ou menos irrelevante, por impressionante que seja. Mesmo se ela escrevesse um soneto, um bom soneto, isso não significaria muito, pois o que se exige é que o escreva como fruto de uma emoção sentida e saiba que o escreveu. Isso seria uma definição definitiva de um aspecto do pensamento humano — mas como apurar se o soneto foi ou não ‘perpetrado’ com emoção? Perguntar ao próprio computador não ajuda pois, como o professor Jefferson sabia, não se poderia garantir que não estivesse apenas a *declarar* isso. O que o médico propõe é uma posição radicalmente solipsista e deveria, em consequência, aplicar a mesma regra ao homem. O solipsismo à *outrance* é logicamente irrefutável (“Eu sou a única realidade. Tudo o mais é ilusão”) mas representa uma visão tão estéril do universo que muita gente prefere ignorá-la. Se alguém diz que sente ou pensa alguma coisa, é melhor acreditar. Em outras palavras: a objeção do professor Jefferson poderia ser ignorada se a gente se tornasse o computador e experimentasse os pensamentos dele (caso os tivesse) — só então seria possível *saber*. A sua objeção merece discussão mais profunda porque ainda reaparece, de uma forma ou de outra, e porque nos prepara para a solução dada por Turing ao problema do pensamento das máquinas, assunto que examinaremos depois.

A Objeção da Imprevisibilidade diz que os computadores são criados pelo homem segundo certas normas e operam de acordo com programas gravados, que são, eles mesmos, outras tantas regras. Assim, se a gente quisesse, poderia saber exatamente o que determinado computador faria em determinado momento. Ele é, em princípio, totalmente previsível. Se a gente dispõe de todos os fatos a gente *pode* prever o comportamento do computador, porque ele obedece a regras, enquanto que não há maneira de fazer o mesmo com uma pessoa humana, que *não se comporta segundo um conjunto imutável de regras*. Assim, há uma diferença fundamental entre computadores e seres humanos, de modo que (e aqui a argumentação fica um tanto fracota) pensar, por ser imprevisível, por não obedecer cegamente a regras, deve ser uma capacidade essencialmente humana.

Cabe fazer dois comentários: primeiro, os computadores começam a ficar tão complexos que é duvidoso que seu comportamento seja previsível mesmo que se conheça tudo a respeito deles — programadores e engenheiros descobriram que uma das características dos sistemas hoje existentes é que são verdadeiras caixas de surpresas.*O segundo ponto deriva desse naturalmente: os seres humanos já estão no estado de supercomplexidade, e a razão pela qual não podemos prever o que farão não é a inexistência de regras mas o fato (a) de não conhecermos as regras e (b) o fato de serem tão complicadas que, mesmo conhecidas, seria difícil lidar com elas. Em suma, o argumento da imprevisibilidade é fraco. Mas continua a ser invocado. As pessoas observam freqüentemente que há sempre “um elemento de surpresa” num homem qualquer. Não tenho dúvidas de que seja assim porque *todo* sistema muito complexo é uma caixa de surpresas. Uma variante do argumento pretende que as pessoas são capazes de errar ao passo que o computador ‘perfeito’ não erra. Isso pode ser verdadeiro, e então estaríamos admitindo que a máquina é superior ao homem; não haveria sentido em montar um sistema de processamento de dados biológico ou eletrônico, que erra no processamento. Seria possível introduzir um elemento de acaso nos computadores para fazê-los imprevisíveis de tempos em tempos, mas tal exercício não faria sentido nenhum.

A Objeção do tipo “Veja Só Como São Estúpidas” não precisa de apresentação maior. Traduz-se, num nível mais vulgar, em pilhérias sobre computadores que geram ridículos balancetes bancários e contas extravagantes de eletricidade: e, em outro nível mais sutil, ressalta as fantásticas fraquezas do computador em comparação com o Homem. “Como imaginar que coisas assim atrasadas e bitoladas possam algum dia pensar?” A resposta, como já dissemos, é que elas podem ser estúpidas hoje mas já avançaram num ritmo espetacular e mostram sinais de que continuarão a fazer progresso. Suas atuais limitações podem ser válidas se a discussão for em torno da sua capacidade de pensar *agora* ou no futuro *imediato*

* No número de 19 de janeiro de 1983, TIME magazine conta de como, inexplicavelmente, o computador de Frederic Golden, ‘senior writer’, engoliu o artigo de fundo que ele tinha escrito sobre “A geração do computador”. Em 1982, depois de criar uma nova seção, “Computadores”, a revista escolheu o computador como ‘Máquina do Ano’ — e essa mesma edição de 19 de janeiro traz na capa uma escultura de George Segall e dois pequenos computadores (modelos imaginários). Na carta ao leitor John A. Meyers diz que os computadores já foram vistos como abstrações ameaçadoras e distantes como Big Brother, mas que hoje, personalizados, reduzidos à escala humana, perderam qualquer conotação sinistra — e todo mundo pode brincar com eles. (N. do T.)

mas perde qualquer relevância a longo termo.

A Objeção “Ah, Mas Isso Elas Não Podem Fazer!” é um argumento repetido, a que os cientistas já se acostumaram depois de um quarto de século, que já refutaram parcialmente, mas que sempre retorna. Reza: “Oh, sim, é claro que se pode fazer um computador capaz de fazer isso e mais isso como V. demonstrou, mas aposto que aquilo ou aquilooutro ele não será *já* capaz de fazer!” O ‘aquilo’ e aquilo ‘outro’ variam ao infinito: jogar xadrez, ter memória melhor que a humana, ler uma letra ruim, entender um discurso. Como quase todas essas etapas estão hoje superadas (e foram superadas em ritmo acelerado), novas dificuldades apareceram: bater o campeão mundial de xadrez, operar segundo um sistema em paralelo e não em série, diagnosticar melhor que os médicos, traduzir satisfatoriamente de uma língua para outra, contribuir para a solução dos próprios problemas de *software* e assim por diante. Quando esses desafios forem levados de vencida, vão exigir que os computadores planejem uma cidade inteira, inventem um jogo mais interessante que o xadrez, admirem uma garota bonita ou um homem atraente, destrinchem a teoria do campo unificado, tornem-se apreciadores de *bacon* com ovos, etc. Não posso imaginar nada mais idiota que criar um computador que goste de *bacon* com ovos mas isso nada impede que, com tempo e dinheiro para investir no projeto, ele não chegue a bom termo — malgrado o surrealismo da idéia. Por outro lado, pode ser *excelente* entregar ao computador o desenho de prédios baratos e seguros. Mais ambicioso um pouco, talvez (comparável em complexidade ao projeto do *bacon* com ovos se bem que mais meritório), seria criar um sistema capaz de resolver o problema da relação entre a gravidade e a luz. Aposto que antes do fim do futuro a que chamei a longo prazo (antes do começo do século XXI), os computadores estarão empenhados a fundo em projetos desse tipo e com grande êxito.

A Objeção “Não É Biológico” pode parecer outra versão da objeção teológica de que já tratamos — como só coisas vivas têm a capacidade de pensar, sistemas não-biológicos não vão poder pensar. Há um lado aí mais sutil, que requer alguma explicação. É uma das características dos modernos computadores o serem máquinas discretas e estáticas, o que quer dizer que são digitais e operam numa série de etapas discretas liga/desliga ou *on/off*. Agora: o sistema nervoso central talvez não seja tão obviamente digital, embora haja indicações de que o neurônio, unidade básica da comunicação, funcione na mesma base do liga/desliga, i. e. do tudo ou nada. Mas e se *não fosse assim*? Se o sistema nervoso operasse segundo uma estratégia muito mais elaborada, então seria concebível que o ‘pensamento’ fosse apenas manifesto em coisas que tivessem sistema de comutadores dessa

espécie mais elaborada. Ou, em outra formulação: talvez seja possível construir computadores digitais imensamente inteligentes: mas não importa quão inteligentes se tornem pois não serão jamais capazes de *pensar*. O argumento não pode ser refutado no momento, mas mesmo assim não existe um fiapo de evidência que permita supor que só os sistemas não-digitais sejam capazes de pensar. Haverá talvez outras facetas das coisas vivas que as tornem únicas do ponto de vista da sua capacidade de gerar pensamentos, mas nenhuma que possamos identificar ou mesmo adivinhar. A objeção, portanto, não é válida no presente. Concedo que com alguma nova descoberta biológica venha a ser.

A Objeção Matemática é uma das mais fascinantes das dez objeções e uma das mais freqüentes em discussão com acadêmicos. Baseia-se num curioso exercício de lógica matemática proposto pelo húngaro Kurt Gödel. Superficialmente: o teorema de Gödel mostra que dentro de qualquer sistema lógico suficientemente poderoso (que pode ser um computador operando segundo regras claramente definidas), podem-se formular declarações que nem se provam nem disprovam *no interior do sistema*. Em seu famoso ensaio de 1936, Alan Turing reestruturou o teorema de Gödel de modo a que se aplicasse especificamente a máquinas. Afirma expressamente que seja qual for a potência de um computador há certas tarefas que ele não pode atacar por conta própria. Em outras palavras, não se pode construir um computador que resolva todo problema possível, por mais bem programado que seja: ou, se o leitor quiser levar a coisa para o terreno da fantasia, nenhum computador ou sistema digital de qualquer espécie acabará transformado em Deus.

O teorema de Gödel, e os refinamentos que lhe acrescentaram Alonzo Church, Bertrand Russell e outros, é de interesse para os matemáticos, não tanto porque presume uma implícita limitação à inteligência das máquinas mas porque indica uma limitação à própria matemática. O teorema tem sido usado incorretamente por críticos da inteligência das máquinas para 'provar' que os computadores jamais atingirão o nível intelectual do Homem. A debilidade dessa posição é que se funda na presunção de que o cérebro humano não seja um sistema lógico formal. Mas as evidências de que dispomos sugerem vigorosamente o contrário e, portanto, o cérebro está sujeito às mesmas limitações das máquinas segundo Gödel. Mas há uma pedra no sapato. Enquanto que o teorema afirma que nenhum sistema pode *por conta própria* enfrentar os seus problemas — "compreender a si mesmo" — não insinua que as áreas de mistério não possam ser atacadas por outro sistema. Nenhum cérebro humano pode resolver seus próprios problemas ou 'conhecer a si mesmo' integralmente: com a assistên-

cia de outros cérebros essas deficiências podem ser corrigidas. Da mesma forma — e significativamente — áreas de problema associadas com sistemas complexos de computação podem ser resolvidas total e absolutamente por outros sistemas de computação, desde que suficientemente ‘inteligentes’.

O último dos dez argumentos contra a inteligência das máquinas ficou conhecido como a Objeção de Lady Lovelace. Já conhecemos a adorável Ada, condessa de Lovelace, que foi a amante, a confidente e a musa de Charles Babbage. Nos seus muitos escritos sobre a Analytical Engine de Babbage, ela faz de passagem um comentário que tem relevância toda particular para a inteligência das máquinas e, até, para o pensamento das máquinas, embora ela não o tenha visto a essa luz. A Objeção de Lady Lovelace é, suponho, a crítica mais constantemente expressa à idéia de computadores com inteligências comparáveis ou superiores à do Homem. Já citei o trecho pertinente das *Notas* de 1842, mas a parte principal é a seguinte: “A Analytical Engine não tem a pretensão de *originar* coisa alguma. Mas pode fazer tudo aquilo que soubermos dizer-lhe que faça.” Numa formulação moderna, seria: “Um computador não pode fazer nada que não tenha sido programado para fazer.” A objeção é tão fundamental e tão geralmente aceita que exige discussão pormenorizada.

No sentido mais absoluto e literal, a declaração é correta e se aplica a qualquer máquina que tenha sido feita ou venha a ser feita. Segundo as leis do universo em que vivemos, nada pode acontecer sem causa; um computador não entrará em ação de súbito sem algo que o alimente e guie. No caso das diversas tarefas que ele executa, a ‘causa’ — forçando um pouco o uso da palavra — é o programa ou conjunto de programas que controlam as ditas tarefas. Isso se aplica, *grosso modo*, ao cérebro: ele também tem de vir equipado com programas que o conduzam através do seu repertório de tarefas. Pode parecer que isso endosse Lady Lovelace, pelo menos até certo ponto (as máquinas necessitam de um homem que as programe), mas parece também invalidar o argumento de que aí resida a diferença essencial entre computadores e gente. Mas não há ainda uma diferença crucial entre cérebros e computadores? Não importa o quão sofisticados eles sejam, não precisam *sempre* os computadores de alguém que os programe? O mesmo não deverá ser dito das pessoas?

Para resolver essa dificuldade, cumpre ter em mente que todos os cérebros, os humanos inclusive, são equipados de nascença com uma coleção compreensiva de programas, comuns a todos os membros de uma espécie, e conhecidos como instintos. Esses controlam a respiração, a absorção gástrica, a atividade cardíaca, e, no nível do comportamento, tais reflexos

como sugar, piscar os olhos, agarrar, etc. Pode haver também programas que 'causam' a exploração pelo animal do seu meio ou o exercício pelo animal dos seus músculos; que o levam a brincar, etc., etc. De onde provêm? Ora, são adquiridos, através de um processo imensamente longo de ensaio e erro no curso da evolução. Seria o caso de chamá-los '*software* permanente' (*firmware*, port. 'suporte lógico inalterável' é a frase consagrada). Correspondem à sequência de programas que cada computador tem ao deixar a fábrica, e que dizem respeito ao seu funcionamento básico, manutenção, etc.

Além disso, todos os computadores biológicos vêm equipados com uma bateria ou banco do que se podem chamar 'programas em bruto'. Ninguém tem a menor idéia se são neurológicos, bioquímicos, elétricos, ou o quê. Tudo o que sabemos é que *têm de existir*. Começam a organizar-se do momento em que a criatura começa a interagir com o mundo que a cerca. No curso do tempo, eles se convertem numa sequência colossal de *software* que, ao fim, nos permite falar, andar, ler, escrever, gostar de ovos com *bacon* — ou de matemática. Esses programas são úteis só para o dono daquele cérebro, desaparecem com a sua morte, e são inteiramente separados do *firmware*.

Se essa parece uma descrição por demais trivial do magnífico campo do conhecimento humano e do que o homem fez no mundo, é apenas porque tudo parece trivial quando reduzido aos seus componentes básicos: uma escultura fabulosa a um quintilhão de elétrons e prótons altamente similares; um microprocessador, a um milhão de impurezas enterradas numa hóstia de areia; o cérebro humano, a uma coleção de neurônios, células sangüíneas e elementos químicos. O que não é trivial é o modo, infinitamente sutil e tortuoso e profundo, pelo qual tais elementos se estruturam para formar o todo. A verdadeira diferença entre o cérebro e a maior parte dos computadores existentes é que nele a aquisição de dados, a gravação inicial do programa e suas modificações posteriores são feitas por um mecanismo no interior do próprio cérebro enquanto que nos computadores o *software* é preparado do lado de fora e passado ao computador já completo. Mas notem que eu disse 'a maior parte'. Nos últimos anos, grande ênfase tem sido dada ao desenvolvimento de 'programas adaptáveis' — *software* que pode ser modificado e revisado na base da interação do programa com o meio. Em termos mais simples, é como se os programas aprendessem sozinhos. No devido tempo, esses '*adaptive programs*' serão uma importante característica de muitos sistemas poderosos de computação.

Mas o cético ainda terá, a esta altura, algumas armas na sua panó-

plia. A primeira se exprime habitualmente por uma declaração como a seguinte: “Ah, mas ainda que algum dia os computadores aprendam a atualizar seu próprio *software* e adquirir por si mesmos novos programas, devem-no à inteligência do Homem. Este já não escreve os seus programas, mas isso porque inventou os programas auto-adaptáveis. Sem essa idéia, nada haveria.” O que é verdade, mas nada tem a ver, ou muito pouco, com a questão principal: se os computadores são capazes de pensar ou de engajar-se em qualquer outro exercício intelectual. Uma vez aceita, e os computadores nos deverão esse favor eternamente, e nós poderemos inchar de orgulho por tê-los criado. Mas a constatação não oferece qualquer restrição ao desenvolvimento deles.

O cético pode também argumentar que por espertos ou inteligentes que sejam, os computadores jamais executarão tarefa criativa. Tudo o que fazem jorra inevitavelmente de algo que lhes foi ensinado, que já experimentaram ou que é objeto de programação adrede preparada. Há dois pontos distintos a considerar. Primeiro, a idéia de que o computador não pode ter pensamento original ou criativo. O outro, que a semente de tudo o que fazem, por mais inteligente que seja, jaz no seu *software*.

Vamos discutir o segundo ponto primeiro: o mesmo comentário aplica-se ao Homem. A não ser que se pretenda que alguns dos pensamentos e idéias do Homem provenham de genuína inspiração — de Deus, dos anjos, dos espíritos dos mortos — ninguém pode negar que todos os aspectos da nossa inteligência envolvem de programas pré-existentes e do *background* de experiências da vida. Essa evolução pode ser enormemente complexa e sua progressão impossível de acompanhar, mas qualquer floração intelectual provém da sementeira da experiência platanda no fértil substrato do cérebro.

Resta o ponto relativo à criatividade e inúmeras são as armadilhas no caminho. Antes de assumir que a criatividade é atributo *exclusivo* do Homem, convém definir o conceito. Não basta dizer ‘escrever um poema’, ‘pintar um quadro’ ou ‘discutir idéias filosóficas’, porque é fácil programar computadores para que façam todas essas coisas. O fato de que os poemas do computador, sua pintura e suas divagações sobre os pré-socráticos sejam medíocres não interessa: seria tão absurdo querer que ele escrevesse, digamos, um soneto do calibre dos sonetos de Shakespeare ou pintasse como Leonardo como dar as mesmas tarefas a um homem qualquer da rua. E condená-lo por falta de criatividade. Cuidado também para não dizer “Ah, mas você tem de programá-lo para compor, jogar xadrez etc.” porque a coisa é verdadeira, inquestionavelmente, das pessoas. É só dar um pote

de tinta a um bebê de doze meses ou um tabuleiro de xadrez para compreender a necessidade do aprendizado da experiência.

É óbvio que se requer, então, uma definição mais clara de criatividade, uma definição que seja mais ou menos universalmente aceitável: se uma pessoa demonstra uma habilidade que jamais havia demonstrado antes e que não lhe foi especificamente ensinada por outra pessoa, ou se, no campo intelectual, oferece solução *inteiramente nova* para um problema — solução que não era conhecida de nenhum outro ser humano antes — então se pode dizer que fez algo de original ou que teve um pensamento original e criativo. Pode haver outras formas de criatividade, mas essas também o são, indiscutivelmente. Abundam as provas da criatividade humana segundo esse padrão, e a história da ciência está juncada de idéias originais geradas pelo homem. É claro que a objeção de Lady Lovelace ainda funciona, pelo menos até que um computador dê prova em contrário, pelo menos sob uma das muitas formas possíveis.

Hélas! Os céticos deram com os burros n'água: essa barreira foi transposta por computadores inúmeras vezes nos últimos anos. Numa das ocasiões, que teve grande publicidade, um computador resolveu o venerável problema dito 'das quatro cores'. É problema de alguma importância matemática e pode ser melhor explicado se a gente pensar num mapa a duas dimensões em que figuram muitos territórios diversos, os condados da Inglaterra, por exemplo, ou os estados dos Estados Unidos. Supondo que se queira dar a cada território uma cor, qual o mínimo número de cores necessário para que dois territórios da mesma cor não façam fronteira um com o outro?

Depois de brincar por algum tempo com mapas e *crayons*, o leitor verificará que o número é quatro, e ninguém jamais conseguiu achar uma figuração em que cinco cores são necessárias ou em que se possa obter o resultado desejado com apenas três. Empiricamente, portanto, quatro é a resposta certa — donde o nome do problema. Mas quando se tenta demonstrar isso matematicamente e *provar* que quatro cores servem para todo e qualquer mapa, não se chega a lugar nenhum. Durante décadas os matemáticos lidaram com esse ardiloso problema e de tempos em tempos produziram uma 'prova' que acabava por ser incompleta ou falaciosa. Mas o mundo matemático foi sacudido em 1977 quando o problema foi entregue a um computador, que lhe deu um estupendo assalto frontal, varando através de imensas combinações de possibilidades e demonstrando por fim, para satisfação de todos os matemáticos do mundo, que quatro cores davam conta do recado. Na verdade, e embora esse testemunho dos poderes criativos do computador tivesse sido dos mais espetaculares, não é o exem-

plo mais convincente, pois sua técnica foi mais de rebentar quarteirões que de testar hipóteses, uma a uma, heurísticamente. Foi como resolver um problema de xadrez experimentando todas as possíveis combinações de movimentos ao invés de concentrar nas áreas prováveis e experimentar com elas. Uma demonstração melhor e muito anterior da originalidade do computador se deu num programa que foi montado para gerar provas inteiramente novas da geometria euclideana. O computador produziu uma prova completamente inédita do bem conhecido teorema que mostra que os dois ângulos da base de um triângulo isóceles são iguais fazendo-os passar através de 180° e declarando-se congruentes. Além do fato de não ser até aquela data do conhecimento do homem, mostrava tal originalidade que um famoso matemático observou: “se qualquer dos meus estudantes tivesse feito uma coisa dessas eu o classificaria sem pestanejar como um gênio em botão.”

E assim a antiga objeção de Lady Lovelace, tão durável, ficou invalidada. Mostramos que os computadores podem ser inteligentes e que podem ser até criativos — mas não provamos ainda que podem ou puderam *pensar*.

Mas o que queremos dizer, a rigor, com a palavra ‘pensar’?

CAPÍTULO 14

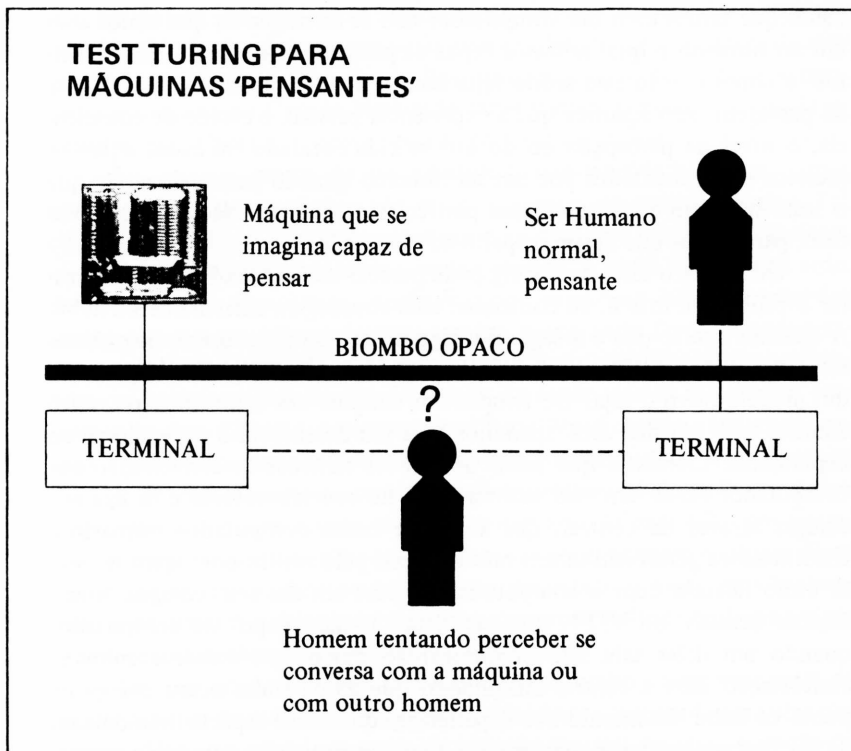
A caminho da Máquina Ultra-Inteligente

As objeções mais comuns à noção de máquinas pensantes baseiam-se na má compreensão de questões na verdade muito simples ou em confusões semânticas de uma espécie ou de outra. E ainda temos o problema de definir o verbo ‘pensar’, coisa que tentaremos fazer neste capítulo – ou pelo menos discutir um modo particular e altamente impressionante de lidar com ele. Dessa posição de força descambaremos inevitavelmente para a consideração do problema da criação de máquinas pensantes e, em particular, do estranhíssimo conceito da Máquina Ultra-Inteligente.

Muitas pessoas acreditam saber o que estão dizendo quando falam de ‘pensar’, e não têm dificuldade em identificar o processo quando ele ocorre nas suas cabeças. Estamos inclinados a crer que outros seres humanos pensam por ter a experiência pessoal do fenômeno, e aceitamos que seja propriedade comum à raça humana. Mas não podemos assumir a mesma coisa das máquinas, e ficaríamos céticos se uma delas nos dissesse, por mais persuasiva que fosse a sua formulação, que estava, na verdade, a pensar. Mais cedo ou mais tarde, porém, uma máquina qualquer fará justamente uma declaração dessas, e a questão, a essa altura, vai ser: decidimos acreditar ou não?

Quando Turing enfrentou o problema do pensamento da máquina, propôs uma solução caracteristicamente brilhante, a qual, embora não livre totalmente de falhas, é, todavia, a melhor até agora apresentada. A chave de tudo, disse ele, é indagar quais os sinais que os seres humanos dão e dos quais inferimos que *estão pensando*? Trata-se, sem dúvida, da *espécie de conversação que podemos ter com eles*, e nada tem a ver com a cara das pessoas ou com o tipo de roupa que estejam usando. Desgraçadamente, a aparência física acorda preconceitos em nossa mente, e se nos engajássemos num animado diálogo com um computador, poderíamos ter sérias dúvidas sobre a sua capacidade de pensar simplesmente porque, no aspecto, diferia de tudo o que vimos antes. Mas *ficaríamos* interessados no

que ele tivesse para dizer. E, assim, Alan Turing inventou a sua experiência ou teste:



Ponha-se uma pessoa, o juiz ou testador, numa sala onde existam dois terminais de computador, uma ligada efetivamente a um computador, a outra a uma pessoa. O juiz, naturalmente, não sabe que terminal está ligada com o quê, mas pode datilografar nas duas terminais e receber mensagens datilografadas de todas duas. Seu papel será decidir, com base na conversação mantida com as entidades ocultas, *qual é qual*. Se o computador for muito estúpido, isso logo ficará patente, e o testador não terá dificuldade em identificá-lo. Se for inteligente, verá que pode ter ele uma conversação muito boa embora descubra, depois de algum tempo, que deve estar falando com o computador. Se a máquina for excepcionalmente inteligente e se tiver um vasto leque de conhecimentos, ele poderá ficar em dúvida, incapaz de dizer se conversa com a pessoa ou com o computador.

Nesse caso, diz Turing, o computador terá sido aprovado no teste e poderá ser tido, para todos os efeitos, como uma máquina pensante.

O argumento tem seu peso, é simples mas convincente. Se a troca de idéias que temos com um computador não se distingue da que temos com um ser humano o qual *sabemos* capaz de pensar, então, para todos os efeitos, a comunicação está sendo feita com outro ser pensante. Isso, diga-se de passagem, não significa que a experiência pessoal, o estado de consciência, o nível de percepção ou do que seja da entidade em causa sejam os mesmos experimentados por um ser humano quando pensa, de modo que o teste não tem essas qualidades particulares em vista. Não são, em todo caso, parâmetros que digam respeito ao observador.

De início, o teste de Turing pode parecer maneira exdrúxula de encarar o problema, mas é, ao contrário, uma abordagem extremamente hábil. A questão que se põe é a seguinte: algum dos computadores hoje existentes é capaz de passar nesse teste? E se não, quanto tempo levará para que um modelo novo o seja? De tempos em tempos, um laboratório ou outro anuncia que um dos seus aparelhos teve um desempenho excepcional na experiência. Cientistas que usam os grandes sistemas de conversação por computador (cada um tem um terminal no seu laboratório e se liga aos colegas através da central, que funciona como computador primário e classificadora geral) não sabem muitas vezes, pelo menos por algum tempo, se estão falando com o computador ou com um dos seus colegas. Numa famosa ocasião, no MIT*, dois cientistas ‘batiam papo’ via computador quando um deles saiu sem comunicar ao outro, que manteve animada conversação com a central imaginando que ainda tinha o seu colega na ponta da linha. Eu mesmo tive experiências da mesma espécie (não deixam de ser fantasmagóricas) conversando com computadores que havia programado e cujas respostas me pareciam não só curiosamente perceptivas como inesperadas.

Para dar outro exemplo interessante: na famosa partida de xadrez jogada em Toronto, em agosto de 1978, entre o Grande Mestre Internacional David Levy e o computador “Chess 4.7” da Northwestern University,

* O Massachusetts Institute of Technology, fundado em Boston em 1861 e transferido para Cambridge em 1916. Segundo a *Encyclopaedia Britannica*, suas instalações de pesquisa, que são fora do comum e, em alguns casos, únicas no mundo, incluem um reator nuclear, um laboratório de pesquisa eletrônica, um laboratório de servomecanismos, túneis aerodinâmicos supersônicos e centros para estudos internacionais, urbanos e regionais e para as ciências da comunicação. Na década de 1970 o MIT tinha 7.700 alunos, (N. do T.)

então campeão mundial de xadrez (da sua classe, é claro), a máquina fez algumas jogadas de natureza incrivelmente humana. O efeito foi tão impressionante que Levy me disse, depois, que custou a crer por vezes que não enfrentava um contendor humano e de respeito. Poucos dos aficionados do xadrez que tiveram acesso às transcrições, lance por lance, da memorável partida foram capazes de dizer quais as jogadas feitas pelo computador e quais as do Grande Mestre de carne e osso. O próprio David Levy admitiu que “Chess 4.7” havia passado no teste de Turing.

Eu gostaria muito de ter assistido a essa partida histórica – mas reconheço que as condições não eram a rigor as do teste de Turing. Tal como formulado, o juiz pode conversar com qualquer das duas misteriosas entidades sobre qualquer tópico de sua escolha, e pode valer-se dos ardis de conversação que quiser. Ademais, pode prosseguir na inquirição das partes por quanto tempo desejar, sempre procurando forçar o computador a revelar sua identidade. O computador pode mentir e o homem também, se quiserem, para confundir o juiz, de modo que as respostas a perguntas do tipo “Você é o computador?” ou “Você costuma assistir televisão?” não revelam grande coisa. É óbvio que um computador com a menor chance de passar no teste terá um banco substancial de *software* à sua disposição e não será apenas brilhante numa área. “Chess 4.7”, por exemplo, poderia dar a impressão de pensar se lhe perguntassem qualquer coisa sobre xadrez ou, melhor ainda, se fosse convidado a jogar; mas bastaria mudar de assunto e falar com ele sobre anatomia, política ou bons restaurantes para descobrir a sua ignorância quase total.

Os computadores ainda têm um longo caminho a percorrer antes de serem capazes de pular a cancela tão ardidamente preparada para eles por Turing. Mas isso não deve servir de consolo aos que resistem à noção da inteligência das máquinas. Cumpre que eles se convençam de que a diferença, do ponto de vista intelectual, entre um ser humano e um computador é de grau e não de espécie.

O próprio Turing diz no seu ensaio *Mind* que, a seu ver, os computadores passariam no teste antes da volta do século. Que ele teria gostado de viver o bastante para estar presente a essa esplêndida ocasião é coisa que não padece dúvida. Se ele tinha razão e se, de fato, isso ocorrer antes de 1990, o acontecimento não teria sido impossível: Turing estaria com oitenta e poucos anos. Mas desgraçadamente para a matemática e para a ciência dos computadores, Alan Turing mal chegou aos quarenta anos de idade. Em 1954, quando se ocupava de um brilhante estudo sobre morfogênese, i. e. sobre o desenvolvimento da forma nos organismos vivos, pesquisa que, na opinião de muita gente, seria a sua mais aventureira obra e a de maior

alcance, Turing teve um trágico fim. Era indivíduo solitário, abrindo-se pouco com os outros. E homossexual, num tempo em que o homossexualismo era ainda visto como crime. Ele infringiu a lei — os lamentáveis detalhes da história são difíceis de apurar, e talvez irrelevantes — e uma noite, desiludido, tomado de depressão, recolheu-se ao seu quarto e mordeu uma maçã em que passara cianeto de potássio. E assim Alan Mathison Turing, um dos mais luminosos intelectos do século XX, deixou-nos entregues a nós mesmos em face dos computadores.*

Será ainda válida a sua predição sobre o iminente advento das máquinas muito inteligentes? Penso que sim, por duas razões. Em primeiro lugar, há um elemento enganador no Teste de Turing, a que já nos referimos de passagem mas que exige maior explicação. A prova foi concebida como um teste de *raciocínio*, não de *inteligência*. O que se apura nela é a capacidade de pensar da máquina. É claro que uma máquina capaz de pensar tem de ser inteligente mas a recíproca não é verdadeira: para que uma máquina seja inteligente e, até, superinteligente, ela não precisa necessariamente pensar. Enquanto que recursos colossais terão de ser alocados durante várias décadas a fim de dar a um computador o *software* necessário para passar, nem que seja de raspão, no Teste de Turing, recursos muito menores num período muito mais curto seriam suficientes para que um computador subisse ao topo de uma escala qualquer de QI em uma ou duas áreas de conhecimento. O fato de que, com recursos irrisórios, o computador que joga xadrez tenha passado em QI 99.5% da humanidade deveria servir de advertência. Onde há fumaça, há fogo.

Em segundo lugar, como acontece em todas as áreas da ciência, o progresso tende a acelerar-se. Acrescente-se a isso um fato novo. À medida que baratear a energia necessária ao funcionamento dos computadores, ficará mais realista usar o próprio computador para aperfeiçoar seu *hardware* e seu *software*. O paradoxo de usar alguma coisa para resolver os próprios problemas é só aparente. Valemo-nos todos os dias de homens para resolver os problemas de outros homens, e o mesmo se aplica aos computadores. Já se trabalha ativamente nesse campo, e é de esperar que algum progresso seja alcançado ainda no começo da década de 1980. Uma boa

* De 1945 a 1949 (aproximadamente), Turing trabalhou no National Physical Laboratory em Teddington, Richmond upon Thomas, no ACE. Tornou-se depois vice-diretor do Computing Laboratory da universidade de Manchester, no Lancashire, onde se construía, àquele tempo, a Manchester Automatic Digital Machine, ou MADAM. Em 1952, publicou a primeira parte do seu trabalho sobre morfogênese. (N. do T.)

parte do esforço — imagina-se — virá dos amadores — esse vasto bando de entusiastas, propagandistas, excêntricos — que já começam a criar, em casa, na maioria das vezes, *software* altamente imaginativos só porque é divertido. Muito mais virá das grandes companhias que fabricam computadores ou *software* e que logo se darão conta das vantagens que levará quem conseguir pôr o computador a serviço dele mesmo — de graça. O resultado será inevitavelmente um avanço na inteligência das máquinas, mesmo que limitado a algumas frentes. Para o fã dos computadores isso já é motivo de júbilo. Mas um outro fator ainda mais potente entrará a essa altura em jogo.

A idéia, tanto quanto me conste, foi primeiro aventada por I.J. Good (aquele mesmo de Bletchley Park e do “Here comes Lord Good”) em comentário a uma observação do ilustre cientista britânico Lord Bowden. Bowden disse que não fazia muito sentido gastar dinheiro a rodo para criar um computador tão inteligente quanto o homem. O mundo já estava superpovoado de seres inteligentes, que podiam ser criados de modo muito mais fácil, muito mais barato e muito mais agradável também. A observação era espirituosa (e salutar) mas ficava a meio caminho. Se era possível, pago o devido preço em tempo, dinheiro e trabalho, fazer um computador tão inteligente quanto o homem, porque não fazer, com um pouco mais de esforço, um computador *mais inteligente* que o homem? Segundo a nossa definição, a inteligência humana transcende a de qualquer outra criatura do planeta, mas ninguém pretende que represente o pináculo da capacidade intelectual. É certamente o melhor que a evolução foi capaz de produzir no tempo que teve à sua disposição; mas não há motivo para supor que com o tempo necessário e suficiente pressão evolutiva, não viessem a surgir progressos da inteligência humana. Desgraçadamente o mundo está em situação tão precária que não temos tempo de aguardar que tal coisa aconteça — uma triste realidade mas uma realidade que mais e mais gente começa a entender. Seria lógico, então, entender também a importância de canalizar capitais e esforços para o fabrico de máquinas inteligentes, não só para produzir equivalentes intelectuais do Homem mas, no devido tempo, superiores intelectuais do mesmo Homem. Essa busca fascinante foi chamada por Jack Good a busca da Máquina Ultra-Inteligente.

O conceito da Máquina Ultra-Inteligente (MUI — ou UIM, como é abreviada internacionalmente, do ing. Ultra-Intelligent Machine) é polêmico, provocante e um tanto assustador — principalmente por ser uma idéia lógica e coerente, que deriva com naturalidade da nossa atual compreensão da ciência dos computadores. Segundo a definição de Good, a Máquina Ultra-Inteligente é um computador programado para executar qualquer atividade intelectual pelo menos marginalmente melhor do que o

homem. E 'atividade intelectual' exclui, incidentalmente, coisas como comer ovos com *bacon*, admirar mulheres bonitas ou homens atraentes, e inclui coisas como resolver problemas, tomar decisões táticas, explorar possibilidades lógicas e, até, manter conversações interessantes. Good mostra que pode ser necessário ensinar ao computador alguns princípios de estética — tarefa que já foi tentada em base experimental em um ou dois centros de computação — porque de outro modo as conversas do computador serão (coitado!) limitadas e insípidas. A questão mais curiosa, no entanto, a considerar é outra: o que fazer com as Máquinas Ultra-Inteligentes quando elas forem uma realidade?

Evidentemente, a primeira coisa seria botá-las para trabalhar em algum dos inúmeros problemas que afligem a sociedade e que podem ser de natureza variada, econômica, médica, educativa. Elas poderiam também estudar tendências, farejar problemas e produzir avisos precoces de crises ou dificuldades ainda no horizonte. A previsão do tempo, por exemplo, já melhorou muito com a análise feita por computador e tem grande significado econômico em zonas do mundo onde o clima é incerto e hostil. Mas à medida que as MUIs se aperfeiçoem e expandam sua capacidade, outras áreas de interesse poderão beneficiar-se da sua inspeção com grande proveito para a humanidade.

É pouco provável que haja quaisquer objeções de vulto a um programa desses exceto por motivo de natureza emocional ou doutrinária. No passado, a aplicação da tecnologia teve sempre seu lado negativo: quanto maior e mais ampla for a mecanização, maiores os custos, maior o gasto de energia, maiores a poluição ambiental e a erosão dos recursos naturais. Mas ao contrário das demais tecnologias, a dos computadores — sobretudo a os microprocessadores — não usa quantidades significativas de energia e produtos primários; e como lida com o fenômeno não-físico da informação, não é também poluente. O que significa que quando o homem tiver desenvolvido as UIMs poderá lançar-se no mais pródigo uso delas, empregando-as onde e quando quiser e na quantidade que julgar necessária.

A essa altura outro progresso ocorrerá: pois o primeiro uso — de algumas das UIMs pelo menos — será o aperfeiçoamento da inteligência de outras UIMs; e quanto maior for o número de UIMs em ação, mais rápidos e radicais serão os resultados.

O progresso será lento, no princípio, porque os problemas são numerosos e complexos. Não obstante, e se nós assim o quisermos, ilimitado esforço de computador poderá ser aplicado na sua solução; e mais cedo ou mais tarde a inteligência das máquinas não será apenas superior à

dos homens mas também à das primeiras UIMs. Então, uma segunda geração de UIMs estará à nossa disposição, e elas também serão postas em massa na solução dos problemas então pendentes. Como seu QI será altíssimo, talvez façam progressos fulminantes. Alguma Marck 2 UIM poderá ser encarregada de produzir avanços na própria inteligência artificial, e uma terceira geração de máquinas ainda mais extraordinárias surgirá. E assim por diante: quanto mais inteligentes as máquinas, e mais poderão fazer para o aperfeiçoamento da inteligência das máquinas. . . Darão saltos à frente, saltos cada vez mais largos.

O progresso exponencial das UIMs, uma vez desencadeado — e elas logo tomarão o freio nos dentes — é algo que I.J. Good e muitos outros especialistas em inteligência artificial têm por mais ou menos inevitável. Por muitas razões, quero crer que isso seja uma possibilidade mas de nenhum modo uma certeza. O problema poderá ser resolvido deixando simplesmente a inteligência das máquinas onde chegou. Há quem pense (uma ínfima minoria, na verdade) que essa é a melhor solução. Talvez *fosse*, se os estudos sobre a inteligência artificial tivessem por único objetivo satisfazer nossa curiosidade intelectual ou divertir-nos com destros parceiros de xadrez ou incansáveis companheiros de debate intelectual.

Mas os proveitos serão, pelo contrário, muito mais concretos e substanciais. Mesmo o fã mais otimista dos seres humanos admitirá que o nosso mundo se encontra num estado de confusão perigosíssimo, e que o Homem, sozinho e desajudado, pouco poderá fazer para consertá-lo. Muita gente acredita que quanto mais ele se empenhar em fazê-lo pior ficará a confusão, e que a única solução seria lançar tudo pelos ares com umas dias centenas de bombas de hidrogênio — possibilidade nada desprezível, infelizmente. A consciência da nossa situação desesperada num mundo que se complicou terrivelmente e que está entupido de dados ficará mais aparente ainda na turbulenta década de 1980, quando o grosso do impacto da Revolução do Computador se fará sentir. Nessas circunstâncias, a tentação de apelar para as máquinas vai ser irresistível. E uma vez que a gente ceda, as coisas nunca mais serão as mesmas. O Homem, por tanto tempo rei incontestável do planeta, já não terá de enfrentar o universo só e desamparado. Outras inteligências, de começo comparáveis, em seguida superiores à sua, estarão a seu lado.

PARTE VI

O FUTURO A LONGO TERMO 1991-2000

CAPÍTULO 15

A evolução da máquina inteligente

Em agosto de 1978, tomei parte numa cerimônia no Planetário de Londres em que uma cápsula foi selada para ser aberta no ano 2000. O evento celebrava o lançamento da revista *Omni*, mensário ilustrado e altamente profissional devotado ao futuro; como um dos editores, coube-me selecionar parte do material a ser preservado. Minha imaginação me faltou no último momento e a única coisa que me ocorreu foi incluir um exemplar novo do meu livro *Cults of Unreason*, um magazine com John Travolta (oferecido por minha filha de onze anos) e um botão de Smurf dado pelo irmãozinho dela. Escrevi também uma carta pessoal aos abridores da cápsula, acompanhada do índice desta obra. Dizia esperar estar ainda vivo no ano 2000 para ver como as coisas tinham acontecido e repetia as previsões nas quais tinha maior fé. Uma delas era que a palavra impressa estaria obsoleta ao tempo da abertura da cápsula; outra, que a educação por computadores teria feito grandes progressos; outra ainda, que o dinheiro, entendido como círculos de metal e pedaços de papel tivesse praticamente desaparecido da face da terra. A última e mais importante: que avanços substanciais, talvez espetaculares, tivessem sido feitos no campo da inteligência artificial.

Durante a conferência de imprensa que se seguiu à cerimônia, perguntaram-me por que havia eu escolhido uma data tão próxima, no futuro. “O senhor parece pensar que o ano 2000 é futuro distante” — observou alguém — “quando, na verdade, está apenas a vinte e dois anos de nós.” Minha resposta foi: se em espaço cronológico, para dizer assim, o século XXI está, de fato, próximo, em *espaço de acontecimentos*, se isso existe, está, estupidamente remoto. Na verdade, mais coisas hão de passar-se nas duas décadas que temos pela frente do que no último século e meio.

Fazer previsões cuja exatidão não será testada antes do começo do século XXI não é lá muito arriscado, mas a minha confiança nelas continuou a crescer depois que a cápsula foi cimentada no lugar. O ritmo dos

progressos em tecnologia de computadores não esmoreceu de nenhum modo; pelo contrário, mostra sinais de aceleração. As imensas pressões comerciais que, nos capítulos iniciais, apontei como em formação já se manifestam. Nos Estados Unidos, sempre um pouco à frente do resto do mundo em matéria de tecnologia, muitos países tomaram conhecimento da presença dos computadores ao comprarem presentes para o Natal de 1978. Encontraram um mercado dominado por jogos de TV baseados em computador e já de alta sofisticação; por brinquedos falantes (dotados de voz sintética); por computadores falantes de pequenas dimensões, como o “Speak and Spell” da Texas Instruments, que ajuda a criança a estudar; e por máquinas de tradução como o sistema “Lexicon”.

Nos últimos capítulos deste livro, tentarei dar uma visão da década final do século. Incertos mesmo são os prazos: se o ritmo da Revolução do Computador diminui, os eventos anunciados só acontecerão uma década mais tarde, aproximadamente; se anda mais depressa até do que previ, veremos que alguns deles se darão já nos anos 80. Mas o tempo exato é irrelevante. Podemos estar seguros de que muitos dos que hoje estão vivos, viverão o bastante para verem o mundo transformado.

A evolução da inteligência das máquinas dominará a década de 1990, e muitas, se não todas, das minhas predições se baseiam na presunção de que haja progressos significativos nesse terreno. Vale a pena examinar por miúdo os motivos que justificam essa expectativa, mesmo se já tratamos de alguns deles nos capítulos precedentes.

Em primeiro lugar, a inteligência artificial fará progressos por ser um ramo da tecnologia ainda na infância e capaz de aperfeiçoamento, como qualquer outra invenção. Depois, nada indica que antes que melhorias substanciais ocorram, novos princípios tenham de ser invocados ou novas descobertas, feitas.

Em segundo lugar, muito maior esforço tecnológico será dedicado ao *software* dos computadores na década de 1990, simplesmente porque o campo está atrasado e continuará atrasado se não houver uma concentração de recursos para tirá-lo desse estado. Mesmo que o esforço se concentre apenas em melhorar a eficiência do *software* e não, especificamente, em desenvolver programas de inteligência artificial, avanços em IA (em ing. abreviado *AI = artificial intelligence*) ocorrerão paralelamente.

Em terceiro lugar — reiterando ponto já mencionado —, grandes forças comerciais estarão em jogo, muitas das quais devotadas a aplicações inéditas e imaginativas de *software*. Dentre as áreas mais produtivas e

lucrativas está a educação por computador, que vai exigir a criação de programas inteligentes ou superinteligentes.

Quarto, à medida que diminua a ignorância geral ou os malentendidos quanto à natureza e as possibilidades da inteligência artificial, e se aceite que os problemas do mundo já não podem ser resolvidos apenas pelo intelecto do homem, os governos e as agências governamentais começarão a destinar parcelas dos seus orçamentos à pesquisa da inteligência das máquinas.

Quinto — e isso acontece sempre com as invenções e vem acontecendo mais ainda com os computadores — a própria tecnologia pode ser usada para acelerar o ritmo do desenvolvimento. Quanto mais intensamente se processar o desenvolvimento tanto mais rápido será o progresso subsequente — no tal avanço aos saltos, a que já me referi.

Finalmente, o problema da inteligência das máquinas é de tal interesse — interesse intrínseco, não só para matemáticos, cientistas de computador, engenheiros, programadores e psicólogos, mas para todos os seres humanos — que o objetivo de criar uma Máquina Ultra-Inteligente será tentador demais para ficar ignorado. Mesmo que não houvesse pressões — comerciais, oficiais — os homens, criaturas irremediavelmente curiosas como são, trabalhariam independentemente para atingir esse alvo visionário.

As forças opostas ao desenvolvimento da máquina inteligente são menos poderosas. A possibilidade de que surja alguma barreira tecnológica ou científica pode ficar patente num estágio mais adiantado do projeto (isso não pode ser posto de lado), mas não há sinais ou avisos de tal perigo no presente. As velocidades de processamento podem estar atingindo seu limite — porém, mesmo que estejam, os sistemas de computação ainda assim processarão dados entre um milhão e um bilhão de vezes mais depressa que o cérebro. Da mesma forma, as dimensões das unidades individuais de armazenamento ou de processamento de dados podem estacionar, mas se isso ocorresse, digamos, amanhã, ainda assim o homem seria capaz de acumular mais dados por volume unitário — de mil vezes, conservadoramente — num circuito eletrônico do que num circuito biológico.

A única limitação subsistente, indiscutível — além da que se infere do teorema de Gödel — é a imposta pela velocidade da luz.

Todos os sistemas eletrônicos transmitem suas informações sob a forma de sinais que viajam à velocidade imensa, mas finita, da luz: c. 300.000km por segundo. Isso quer dizer que em qualquer sistema há uma velocidade absoluta, máxima, de operação; e que em qualquer sistema de processamento, serial ou sequencial (que é o que são, no momento, os computadores, na sua imensa maioria), o fator limitativo aparece logo

no começo da jogada. O cérebro opera como um processador em paralelo — ele manipula inúmeras tarefas simultaneamente, milhares delas talvez, ao invés de fazê-lo sucessivamente, uma depois da outra. Essa técnica, sem a qual o cérebro seria insuportavelmente lento, protela o dia nefasto em que ele empaque por sua própria lerdeza. Mas até processadores em paralelo se vêem finalmente encurralados contra a barreira da luz. A palavra-chave aí é o advérbio: finalmente. Os computadores modernos, não obstante a barreira da luz e o ineficiente *software*, processam dados muito mais depressa do que cérebros; e quando a nova geração de processadores em paralelo — muitas grandes companhias de computadores já trabalham nisso a todo vapor — estiver no mercado, seu desempenho será tremendamente superior ao dos computadores atuais. Em outras palavras, progressos substanciais em matéria de inteligência artificial devem ocorrer antes que o fator limitativo possa causar problemas.

O mais potente limitador de todos poderá ser o próprio Homem. Como já tive ocasião de dizer, os seres humanos orgulham-se da sua singularidade, do seu lugar dominante na criação. Correntes profundas de inquietação, ainda largamente inconscientes mas não menos poderosas por causa disso, arpejam a superfície das águas cada vez que se mencionam temas como ‘vida sintética’ ou ‘inteligência artificial’. O que pode ser visto claramente no tratamento que o cinema tem dado a esses tópicos. Voltarei ao assunto, mas não se pode ignorar a possibilidade de uma vaga de sentimento popular contra a máquina inteligente ou uma tentativa conser-tada de impor limitações à pesquisa.

Mas só em largas pinceladas será possível representar a década de 1990. Como prever em detalhe o avanço da tecnologia? Em que estádio, por exemplo, veículos inteiramente automáticos e à prova de acidentes estarão à venda? Quando os brinquedos das crianças, as bonecas das meninas responderão às ordens dos seus pequenos donos? Quando o relógio pulseira incluirá um *chip* identificador pessoal e uma memória capaz de armazenar toda a correspondência pessoal do dono? Quanto tempo levará para que todo médico carregue consigo, num elemento de bolso, todos os dados necessários ao diagnóstico? Quando comunicadores de pulso, *two ways*, com ou sem vídeo, serão tão comuns quanto hoje os telefones? Em que tempo qualquer criança terá à sua disposição um computador de ensino, pessoal, e de grande potência, mais sábio e, em certas áreas, mais inteligente que qualquer professor humano? As sementes de todos esses progressos estão firmemente plantadas na tecnologia de hoje e todas poderão brotar antes que o século se esgote.

CAPÍTULO 16

Questões sociais e políticas

Neste capítulo — e nos dois que se lhe seguem — pretendo abandonar as maquininhas para concentrar-me naquelas áreas onde o impacto da Revolução do Computador terá maior alcance, a começar pelos campos político e sócio-econômico.

O declínio do comunismo é uma possibilidade. Os teóricos do marxismo vêm prevendo há anos o iminente colapso do 'instável' sistema capitalista; e ao tempo da crise do petróleo dita 'do Yom Kippur', muita gente acreditou assistir aos primeiros estertores da tão anunciada agonia. Mas os piores momentos do capitalismo já andam longe, no passado, ao passo que nos últimos anos são inúmeros os sinais de que nem tudo vai tão bem assim no mundo comunista. A mais extraordinária característica da história da União Soviética e de alguns dos seus satélites tem sido o seu insucesso em alcançar — e muito menos, superar — o padrão de vida dos países rivais, capitalistas. Até pouco tempo era possível argumentar, com convicção cada vez menor, que a lenta escalada da escada da afluência era deliberada: os países comunistas davam prioridade à alimentação adequada, a roupas quentes, casas limpas, remédios para todos, educação universal, adiando (temporariamente) a difusão dos bens de consumo não-essenciais, como automóveis, geladeiras, aparelhos de TV, telefones, roupas na moda e férias no exterior. Dizia-se, também, que em matéria de tecnologia e conhecimentos científicos o 'campo socialista' estava na dianteira do Ocidente e tinha de estar — porque dedicado aos problemas 'fundamentais' mesmo se aborrecidos enquanto que os outros preferiam o brilho fácil da quinquilharia de consumo.

Esse tipo de raciocínio já era pouco defensável no começo da década de 1960, quando a URSS teve uma fugaz liderança na chamada corrida espacial, mas o sucesso dos Estados Unidos, que chegaram à lua pelo menos uma década antes deles, provou o contrário. A predominância do Ocidente a partir daí em todos os aspectos da tecnologia e a probabilidade de

que mantenha firmemente essa vantagem parecem demonstrar a superioridade inerente do sistema capitalista nessa esfera. A absoluta dependência da tecnologia do microprocessador, aplicada em massa, na produção capitalista e nos métodos de distribuição poderão bater o primeiro prego no caixão do pensamento doutrinário marxista. Já não se trata de bugigangas destinadas a 'aquietar' ou 'iludir' as massas [ópio do povo], mas da produção de engenhos fantasticamente baratos que, por fim, tornarão realidade os velhos sonhos humanistas da afluência universal [leite e mel correndo pelas ruas] e da libertação do trabalho, enfadonho e servil.

O problema para a URSS é que, embora possua consideráveis recursos tecnológicos e *know how*, os rápidos progressos da tecnologia de computadores aí estão e só poderiam ter aparecido graças ao 'ou vai ou racha' da exploração capitalista. O processo não constitui nenhuma novidade para as sociedades capitalistas. O automóvel e a TV foram desenvolvidos e postos à venda exatamente da mesma forma. Mas enquanto esses e outros bens de consumo são, essencialmente, brinquedos que os países capitalistas têm de criar e explorar incessantemente se desejam sobreviver — e que as economias comunistas podem ignorar impunemente ou produzir a conta-gotas, num regime de estrito controle, o microprocessador é mais que um brinquedo. Cedo ou tarde, o mundo comunista acordará para o fato de estar ficando para trás na corrida — uma corrida de significado muito maior que a corrida espacial dos anos 60 — e que, na falta do incentivo capitalista, tende a ficar mais e mais na rabeira. Também não adiantará adquirir tecnologia americana ou japonesa e copiá-la desavergonhadamente da forma pela qual os aviões a jato e os motores de explosão da década de 1950 foram copiados de desenhos americanos. Futuros avanços nesse campo da informática exigem investimentos em escala tão gigantesca que só podem ser financiados pela criação de um imenso mercado consumidor ou pela redução maciça da despesa pública em outros setores. A primeira alternativa é anátema para a teoria e a prática do comunismo soviético; a segunda teria de sacrificar as despesas militares, o que é politicamente inaceitável, ou o nível de vida, em que não convém mexer. Mesmo se esta última estratégia fosse adotada, enormes problemas, oriundos da falta de experiência e de conhecimentos especializados, impedirão quaisquer progressos, a não ser os mais grosseiros, nessa área.

A União Soviética está hoje com uma década de atraso em relação aos Estados Unidos, em tecnologia de computadores, o que é constrangedor; e levará de cinco a dez anos, mesmo que faça a mais apaixonante concentração de dinheiro e pesquisa, para alcançar o nível do seu principal rival. Poderia, então, obter resultados, mas é característico de qualquer

corrida que envolva aceleração exponencial que aquele que sai na frente ganha sempre mais e mais distância sobre o adversário. É claro que estamos em face de um calamitoso ponto de tensão política. A sobrevivência do mundo na década de 1980 talvez não venha a depender de conflitos no Oriente Médio, na África ou na fronteira sino-soviética mas das implicações políticas da avançada tecnologia computatorial.

Mas há outras razões pelas quais os sistemas comunistas, como são hoje estruturados, estejam em decadência. A Revolução do Computador provocará em todos os países altamente computadorizados, um surto de prosperidade pelo menos comparável ao que varreu o Ocidente ao tempo da Revolução Industrial. Inicialmente, será possível aos países não-computadorizados apresentar explicações mais ou menos racionais para o fato — visível — de estarem ficando para trás de forma espetacular pois todos os sistemas políticos interpretam a realidade de modo a que se enquadre na sua visão particular do mundo. Se o mundo ocidental se vir a braços com perturbações sociais e industriais, com uma crise econômica ou energética, então será possível que essa mascarada continue inclusive pela década de 1980 afora. Mas depois disso, mesmo o mais ardente dos marxistas terá de render-se ao esmagador testemunho do microprocessador de que o mundo mudou e para melhor — e sem a tão longamente esperada revolução do proletariado.

A universalização de computadores baratos resultará num afrouxamento gradual das peias que hoje sujeitam o movimento da informação no seio da sociedade. O mundo dos anos 80 e 90 será dominado não só pelo processamento eletrônico de dados a preço vil mas também pela transmissão eletrônica de dados em escala virtualmente infinita. Com milhares de satélites de comunicação em órbita (o Ônibus Espacial se encarregará de semeá-los) nos próximos dez anos aproximadamente, as comunicações pessoa-a-pessoa pelo rádio serão comuns no mundo ocidentalizado, e as transmissões globais de TV também se generalizarão. O que irá encorajar a comunicação lateral — a transmissão de informação de um ser humano para outro na base da pirâmide social. Isso favorece a espécie de sociedade aberta de que muitos de nós, no Ocidente, gozamos hoje, e terá efeito oposto sobre as autocracias — tanto da direita quando da esquerda —, que são pela transmissão rigorosamente controlada da informação de cima para baixo. Esse ponto foi frisado com grande veemência por Tom Stonier, professor de ciência e sociedade na Universidade Bradford. Segundo ele, o ponto crítico para além do qual uma autocracia ou burocracia tem dificuldade em manter-se no poder é quando 20% da sua população tem telefones. A seu ver, a União Soviética e outras sociedades rigidamente

controladas serão incapazes de impedir o desenvolvimento de comunicações laterais e se desintegrarão gradualmente, em conseqüência.

Enquanto os países computadorizados avançarão, o resto do mundo ficará sempre mais dependente deles em matéria de assistência técnica. Não é de crer que uma dependência desse tipo se prolongue indefinidamente sem que haja uma reestruturação radical no interior das sociedades dependentes. Pode ser prematuro dizer isso, mas a curiosa *reaproximação* que ocorreu recentemente entre os Estados Unidos e a China pode ser um início de tal reestruturação. Em outras palavras, o 'recado' do microprocessador e o fato de que ele seja uma criatura do capitalismo pode estar sendo ouvido.

Outro efeito espetacular da Revolução do Computador pode muito bem ser o fim das guerras. A guerra tem sido uma característica tão universal da história tempestuosa do Homem que é difícil imaginar que ele continue a existir sem ela. Mas o inverso é que é verdadeiro — fica difícil imaginar hoje que o Homem exista *com* ela. As armas atingiram um nível de tão tremenda eficiência que um conflito sem restrições — perfeitamente no domínio das possibilidades hoje em dia — poderá eliminar o Homem e as espécies que dele dependem *em questão de poucos dias*. Haverá, talvez, criaturas, como as lapas atrás das suas pedras, que sobrevivam, de um modo ou de outro; se isso ocorrer, o fato dará testemunho convincente de que animais equipados com um poderoso computador biológico sustentado por baterias de *software*, não foram bons candidatos à sobrevivência em termos evolutivos. Não é a posse do *software* que constitui o perigo mas a posse de vastas quantidades dele. A lapa dispõe de muito pouco, e o que tem é devotado às simples necessidades digestiva e reprodutiva, e nada sobra para causar-lhe problemas. O homem tem um excesso de *software*, grande parte dele empregado para garantir a sobrevivência da espécie num mundo cheio de rapina e predadores. Desgraçadamente, muito desse *software* é instintivo e tende à agressão egoísta e implacável. O restante, o que não é instintivo (mas adquirido, 'aprendido') volta-se para a direção oposta. Mas o instintivo leva vantagem e a conseqüência é que o Homem adquire grande domínio técnico sobre o mundo mas, em perigo, reverte com uma facilidade terrificante para a programação herdada do seu passado da jangal e da caverna.

Os instintos já vêm com o sistema, ao nascer, e não podem ser apagados. O que sugere que, a longo prazo, estamos condenados, uma vez que a nossa capacidade para destruição instantânea cresce e que as nossas inclinações para liberar esse poder permanecem as mesmas. Nas últimas duas ou

três décadas, esse estímulo crítico para 'soltar os cachorros' não apareceu, mas isso não quer dizer que não venha a aparecer na próxima década, no próximo ano, na próxima semana. São muitos os planetas desolados em outras partes do universo, entregues inteiramente às 'baratas' (sejam elas lapas ou outro equivalente local). Neles, o duelo entre a brutal arrogância do *software* instintivo e as cautelosas táticas do *software* adquirido foi ganho pelo primeiro.

Mas pode ser que estejamos caminhando para uma posição em que não só possamos corrigir o desequilíbrio, e endireitar a balança, mas também fazê-la pender pesadamente *contra* os instintos. Isso não será alcançado por alguma alteração miraculosa do nosso *software* biológico mas pela suplementação dele com o poder intelectual dos computadores e, quando elas existirem, das Máquinas Ultra-Inteligentes. À medida que os nossos problemas sociais, políticos e econômicos vão crescendo, nós nos voltaremos sempre mais para os computadores, em busca de conselho, predição e planejamento estratégico. Muito disso será inevitavelmente devotado a assuntos militares — o Pentágono já é um dos mais entusiásticos usuários de computadores do mundo — e esse pensamento gela o sangue nas veias. Vendo filmes do míssil Cruise controlado por computador a erguer-se por cima das sebes, por entre árvores, e através de gargantas de montanhas, no rumo da sua missão apocalíptica, confirma que o computador já deixou sua marca na tecnologia do argumento.

A despeito desses horrores, há um aspecto não-maligno e que pode vir a ter importância vital. Por vários anos já, militares de muitos países, e particularmente dos Estados Unidos, vêm empregando simulações de computador como suporte de estudos táticos e planejamento estratégico. As origens disso remontam ao passado, aos jogos de guerra tática, que tiveram suas primícias na Grécia Antiga e chegaram a um supremo realismo durante a II Guerra Mundial, quando eram empregados gigantescos mapas do terreno, baterias de computadores para representar divisões, brigadas, batalhões, e complexos conjuntos de regras para determinar o desfecho das 'batalhas' entre unidades em confronto. Os jogos provaram sua valia em diversas ocasiões, e são ainda parte do planejamento militar. Mas a diferença agora é que em muitos casos são eles suplementados e, em outros casos, dirigidos, de ponta a ponta, por computadores.

As vantagens disso são inúmeras. Primeiro, o computador pode manipular e integrar um número muito maior de dados que qualquer homem, não importa quão experimentado, e os jogos se enriquecem com uma profusão de detalhes. Segundo, a permutação de possibilidades oriundas de determinados acontecimentos ou decisões pode ser predita com grande

exatidão e rapidez, desfechos alternativos podem ser arrolados bem como as probabilidades da ocorrência deste ou daquele. Terceiro, as predições do computador, ao contrário daquelas feitas pelo homem, são objetivas e realistas, livres de *partis-pris*, de emoção, de ‘palpites’ ditados pelo otimismo — e esse terceiro ponto é o mais interessante de todos. Os observadores têm notado que mesmo os jogos de guerra não-computadorizados freqüentemente oferecem surpresas aos participantes. Muitas vezes um lado, que parecia solidamente entrincheirado ou à beira de um êxito decisivo numa *blitzkrieg*, vê seus planos e esperanças irem pelos ares no curso do jogo — e é justamente esse elemento de imprevisibilidade que faz os jogos dignos de serem jogados. Serve também para acentuar a inerente debilidade das previsões humanas, e a diferença crucial que existe entre planos e sonhos. Freqüentemente as duas coisas se confundem, e o Homem assume que aquilo que ele deseja ou tem como verdadeiro deve necessariamente realizar-se. Essa suficiência teimosa, a crença no seu poder de levar tudo de vencida, está por detrás de muito feito heróico, de muita prova de bravura ou resistência, de muita realização científica ou artística. Mas é também um dos defeitos principais do Homem, diretamente responsável pelas monstruosas calamidades da guerra, como as batalhas irracionais da I Guerra Mundial. Milhões de fantasmas cobertos de lama dão mudo testemunho disso.

E aqui chegamos ao ponto crucial desta discussão. A guerra é uma tática de sobrevivência, e aquele que ataca primeiro e com maior impacto tem a melhor chance de sucesso. Acresce que a guerra é conduzida em grande parte na base da improvisação, audácia, *verve* e com a obstinada, cega, convicção de que a vitória final é inevitável. Mas entramos agora numa era em que as intuições do especialista, por mais inspirado que seja ou mais experiente, as convicções pessoais de generais egocêntricos, as desesperadas necessidades políticas dos chefes de Estado, já não têm grande peso. No passado, não importava que tipo de informação fosse metido no sistema militar, o que saía invariavelmente da outra ponta era: se eles fizerem isso, nós fazemos aquilo, e se o tempo permanecer firme e os nossos soldados lutarem bem a vitória será nossa! Hoje, quando o computador é alimentado com as mesmíssimas estatísticas o que sai das entranhas dele — apolíticos e desapaixonadas como são as entranhas das máquinas — é uma avaliação tão veraz e objetiva quanto possa ser extraída dos fatos. Acresce que quando os dados envolvem confrontação entre potências nucleares, a inequívoca mensagem que o computador cospe fora na direção das duas partes é: derrota certa.

Quero crer que tal recado já tenha sido dado mais de uma vez no

Pentágono e no seu equivalente russo, e que a recusa do computador em recomendar a agressão tenha permitido ao nosso mundo continuar seu curso até hoje. Quero crer também que a decisão americana de abandonar o Vietnam e, ainda, de não ampliar a guerra além de um certo ponto baseou-se numa urgente e inatacável predição do computador da derrota que se seguiria à guerra e do holocausto que se seguiria à 'escalada'. A fanfarrice dos generais e seu otimismo inalterável foram ignorados, e pela primeira vez na História uma decisão transcendente não foi tomada pelo Homem.

Seria ocioso dizer que o computador é arma de dois gumes. Países que julgam que seus planos de guerra têm o apoio do computador podem ficar ainda mais inclinados a atacar, e a terrível possibilidade de que se possa mexer no computador para ditar a sua decisão não deve ser menosprezada. Há rumores de que, no mais aceso da Guerra do Vietnam, advogados de determinadas estratégias no Pentágono, buliram deliberadamente nas máquinas para que as recomendações da máquina endossassem as suas idéias. Mas acredito que possamos ter certeza de uma coisa: o sacrifício de milhões de homens em obediência a 'inspirados' generais nunca mais ocorrerá. E podemos agradecer aos computadores por nos impedirem de sermos, como tantas vezes já fomos, os piores inimigos de nós mesmos.

A transformação e ascensão do Terceiro Mundo será um dos grandes acontecimentos do futuro a longo prazo. Esse numeroso grupo de países, reunidos desrespeitosamente — e levemente também — sob esse rótulo, são os não-comprometidos, i. e. os que não se aliaram de maneira específica nem com o capitalismo nem com o comunismo. Tendem a ser também as comunidades mais pobres e aquelas que a Revolução Industrial apenas aflorou. O abismo de afluência que separa os mais pobres deles (principalmente na África e no Sudeste Asiático) dos Estados Unidos e da Europa é um vívido testemunho da importância da Revolução Industrial e, por inferência, da Revolução do Computador, em marcha. Os problemas do Terceiro Mundo são gigantescos, e uma das tragédias do século XX tem sido a indiferença dos demais países ou a insuficiência das medidas tomadas por elas para elevar o padrão de vida dessa maioria de desvalidos. As táticas políticas e econômicas em uso não parecem oferecer solução, e ignorância, injustiça, miséria, fome e descaso persistirão pelo século XXI adentro. Mas o advento dos computadores nos dá, afinal, alguma esperança. Os sinais são os seguintes:

Primeiro, o crescente enriquecimento do mundo computadorizado se derramará inevitavelmente pelas beiradas por sobre as áreas menos desen-

volvidas. Esse processo, uma espécie de osmose econômica, é, sem dúvida, um dos métodos menos eficientes de distribuição de riqueza, pois o homem tende a aferrar-se àquilo que possui. Quase toda a América do Norte e Europa nadam em opulência, desperdiçando alimentos e energia, enquanto distantes membros da mesma espécie passam fome. Mas há afluência e afluência. Quando a riqueza se concentra apenas nas mãos do rei e de uns poucos nobres, nenhuma largueza poderão fazer mais pelo resto da população que aliviar-lhes a condição. Mas se a afluência não é de um só homem ou de uns poucos mas de milhões e centenas de milhões, então o total de riqueza disponível para distribuição 'osmótica' atinge um nível em que melhorias visíveis ocorrem. Até certo ponto esse processo de transferência já está em curso mas de maneira indireta e disfarçada, de modo que muita gente não sabe da sua existência. Os mais surpreendentes exemplos disso vêm de países como os Estados Unidos e o Reino Unido que permitiram a imigração em larga escala de cidadãos do mundo subdesenvolvido,

O segundo sinal de esperança é que os avanços no terreno da eletrônica e dos aparelhos de comunicação computadorizada levarão a uma troca de informações mais livre, mais barata e mais freqüente entre países ricos e pobres. Nos primeiros tempos, isso pode ser contraproducente, pois o Terceiro Mundo se tornará mais consciente ainda do seu baixo estado econômico e isso poderá resultar em reações desesperadas. Mas no fim tudo dará certo. Muitos sociólogos acreditam que a difusão da televisão nos Estados Unidos foi indiretamente responsável pelo crescimento do movimento em prol dos direitos humanos no país — não, ironicamente, porque as pessoas se deixassem comover ou entusiasmar pelo noticiário ou por documentários de conteúdo social, mas porque os negros também viam os anúncios da TV, tomavam conhecimento das coisas boas da vida, e depois se perguntavam por que não podiam ter, também eles, uma fatia do bolo. É de esperar a mesma reação do Terceiro Mundo com a difusão da televisão global, e um movimento semelhante no interior da URSS, quando aquele imenso e monolítico país relaxar — como será obrigado a fazer algum dia, — o seu embargo às notícias estrangeiras.

Mais importante ainda podem ser os efeitos das viagens aéreas, quando baratarem. Bolsões de afluência fechados em si mesmos só poderão permanecer fechados enquanto seus habitantes não tiverem conhecimento do miserável estado de outros, e as novas possibilidades de comunicação e de viagens lhes dará justamente uma experiência desse tipo. Muitos países do Terceiro Mundo terão suas economias transformadas pelo turismo. A tendência já é perceptível, e só faltam os investimentos em hotéis e facilidades de lazer para que os países mais atrasados do globo se beneficiem

com uma invasão de visitantes ricos. Cumpre ter em mente que as férias nas décadas de 1980 e 1990 terão âmbito muito mais largo e variado e que grande número de 'aposentados' procurarão os trópicos para neles passar seus últimos anos de prazer. Haverá choques culturais — são inevitáveis — nessas 'cruzadas' de férias, mas são preferíveis à alternativa: algumas décadas mais de miséria e fome para milhões.

O terceiro fator que promove a ascensão do Terceiro Mundo diz respeito à maneira pela qual o computador pode ser levado a contribuir para a solução dos problemas que isso vai suscitar. As áreas que mais se poderão beneficiar com a computadorização são a ciência médica, a meteorologia, o controle do clima, o controle das colheitas, a ciência agrícola e o planejamento econômico a longo e curto prazo. A inteligência das máquinas pode não ser aplicada a tais áreas até as últimas décadas do século, mas quando o forem os efeitos disso se farão logo sentir na sociedade. O mais importante de tudo, porém, será a sua aplicação ao ensino.

De todas as barreiras que dividem o mundo, fazendo um segmento da humanidade próspero e o outro miserável, o maior e mais intratável é a ignorância. A educação e o conhecimento têm enriquecido a vida do homem desde o começo do mundo, e a afluência só pode medrar onde a ignorância foi levada de vencida. O ciclo se perpetua automaticamente, pois quanto mais afluente for uma sociedade melhor educa seus membros, e quanto mais educados forem, mais afluente será a sociedade. Em contrapartida, a ignorância resulta em desespero, abulia, desperdício e superpopulação. Não há cura instantânea para tais doenças, mas é claro que os problemas do mundo subdesenvolvido continuarão refratários até que um programa maciço de educação esteja em marcha. Ainda há pouco tal coisa seria impensável dados os custos proibitivos de uma iniciativa dessas. Mas com a potência dos computadores virtualmente grátis e com as organizações comerciais voltadas para os enormes mercados abertos para máquinas de ensino, a coisa muda. Os primeiros movimentos nessa direção ocorrerão, provavelmente, na próxima década, e a tendência é que o surto ganhe *momentum* na década de 1990. Pode parecer muito longa a espera, mas a perspectiva é muito mais brilhante que a de uma década atrás. A nova geração que nascer no mundo subdesenvolvido será a primeira a gozar dos benefícios do impacto do ensino por computador, e a derrota da ignorância estará, provavelmente, à vista.

Já falamos da reestruturação radical do mundo comunista que a Revolução do Computador deverá precipitar: e implicamos, antes, que o

sistema capitalista, pelo menos na sua forma exploradora e selvagem, necessita substancial modificação.

De um ponto de vista ideal, os sistemas políticos representam os caminhos pelos quais o povo de uma comunidade expressa a sua vontade e conduz os próprios negócios. Isso se alcança normalmente, tanto nas sociedades capitalistas quanto nas comunistas, por uma série de eleições aos vários corpos governativos. Em maior ou menor proporção, são elas que determinam as diretrizes políticas da comunidade. O processo é incômodo e inflexível, na melhor das hipóteses; na pior, é uma simples fachada por detrás da qual uma autocracia ou uma burocracia pode esconder-se. Parte do problema é a enorme inércia de todos os sistemas existentes, cuja realimentação, ou *feedback*, é lerdá e discursiva, e faz voltas e alças e laçadas por entre eleitores, chefes políticos responsáveis pelas decisões, administradores responsáveis pela execução das decisões e, finalmente, por entre as próprias decisões e por entre o público que aguarda seu resultado.

A ineficiência do processo foi menos gritante em épocas de laboriosa e lenta troca de informações. Mas na era das comunicações eletrônicas, baratas e instantâneas, e particularmente na era do processamento imediato de dados, esses túrgidos mecanismos já não têm razão de ser. Será logo possível, por exemplo, apresentar toda a argumentação pró e contra uma questão política qualquer na TV e permitir aos eleitores decidir por si mesmos, registrando-lhes o voto graças a um teclado do próprio aparelho que eles têm em casa — e que, uma vez remetido ao computador central, é contado e avaliado. Recontagens podem ser pedidas em face de qualquer ambigüidade no resultado. Várias outras possibilidades vêm à mente. Pode-se, até, pôr em dúvida a necessidade da presença de políticos profissionais que apenas servem de intermediários entre o votante e o sistema governamental. Mas o ponto principal é que os sistemas políticos existentes, na sua atitude, na sua filosofia e, particularmente, nos mecanismos pelos quais são hoje administrados, estão ficando rapidamente obsoletos. Uma das mais curiosas características da década de 1990 será a maneira pela qual novas sociedades, habilitadas a comunicar-se imediatamente umas com as outras, vão controlar seu próprio destino.

Na discussão do futuro a curto prazo, eu disse que as formas de trabalho mudariam muito. Na década de 1990, tal mudança já estará bastante adiantada e os velhos conceitos da jornada de trabalho de sete-oito horas por dia e de semana de cinco dias úteis terão desaparecido para sempre. É difícil imaginar as proporções dessa alteração. Menos difícil e mais seguro elaborar nas maneiras pelas quais essas mudanças ocorrerão.

A vida de trabalho começará mais tarde. Haverá maiores oportunidades de educação para todos, de modo que toda gente estará ocupada estudando até os vinte e cinco anos mais ou menos. Isso já é comum hoje, e não há motivo pelo qual os mesmos privilégios não serão estendidos a todos. No momento, o custo da educação superior é proibitivo, e estendê-lo universalmente significaria a bancarrota da sociedade que se aventurasse a fazê-lo. Mas essa barreira será eliminada quando o computador fornecer a preço vil todas as facilidades exigidas. Como resolver os problemas suscitados pela diferença de talentos é outra coisa, sobretudo se tais problemas se atravessarem no caminho da concessão universal do benefício de uma educação mais longa e mais cuidada. As diferenças podem ser mais aparentes que reais; os fatores ligados ao meio social e às atitudes das diferentes comunidades em face da educação poderão muito bem ser as influências dominantes. Nesse caso, as novas oportunidades de educação levarão a uma sociedade mais igualitária. Os anos mais difíceis, mais perigosos mesmo, serão os do período de transição, quando a redução na vida de trabalho já tiver começado e a sociedade ainda não se tiver acostumado à idéia. Mas lá pelos anos 90 já terá enfrentado o inevitável.

O segundo aspecto dessa transferência do trabalho para outras atividades será uma redução da semana útil, já em meados da década de 1980. Ela ficará reduzida a 28 horas ou a uma média de quatro dias; e, na década de 1990, a vinte horas ou menos. Haverá também aumento substancial do período de férias. Na última década do século XX, as pessoas olharão para trás com espanto diante do exíguo tempo de lazer dos nossos dias. Finalmente, a 'aposentadoria' será muito antecipada. No fim da próxima década, o homem se aposentará aos 50. Daí por diante, pelo menos, ele já não precisará trabalhar para viver. Outros cinco ou dez anos poderão ser ainda cortados fora lá pelos anos 90. Estamos falando de uma vida de trabalho total, descontados os anos de aprendizado, de 15 a 20 anos, com a carga de trabalho distribuída muito mais suavemente por esse período. No século XXI, as 'necessidades' de trabalho diminuirão ainda mais.

Ao discutirmos tópico tão surpreendente, é importante explicar um ou dois pontos. Primeiro, a redução da vida de trabalho é uma redução do que pode ser chamada a 'dívida' que o indivíduo tem para com a sociedade. Uma vez que tenha sido 'paga', a sociedade lhe permite fazer mais ou menos o que bem quiser (pagando-lhe ainda por cima). O que não significa que qualquer pessoa não possa trabalhar para além desse período compulsório; muitos continuarão a fazê-lo voluntariamente, depois de 'aposentados' ou 'reformados', principalmente nas indústrias sociais e de serviço, que não serão afetadas pelo progresso nos computadores. Incluem o cui-

dado dos velhos e dos enfermos, a educação dos jovens, alguns aspectos do ensino, etc. A tendência já é perceptível entre muitos dos atuais aposentados. Em segundo lugar, a redução da vida de trabalho não é um fenômeno novo e imponderável. O processo vem sendo paulatino, dura há séculos. O que é imponderável é o quão facilmente a sociedade se adaptará a uma alteração mais rápida das formas de trabalho. O terceiro ponto diz respeito à incredulidade, por assim dizer, que as pessoas sentirão em face de uma sociedade aparentemente ociosa, em que a necessidade de trabalhar ficou reduzida a uma ridícula proporção da vida de cada cidadão. Será isso econômico? Será socialmente desejável, viável, possível?

A melhor maneira de lidar com a questão é ver as sociedades do passado, que tiveram um forte elemento de trabalho escravo na sua economia. O Egito antigo, a antiga Roma, a Rússia czarista, o sul dos Estados Unidos nos dias que precederam a Guerra Civil. Em todos esses casos, uma minoria da população gozava de um alto padrão de vida, de uma existência requintada, elegante, culturalmente relevante, a expensas de uma massa de trabalho barato. Deixando de lado por um momento a indignidade intrínseca da escravatura e o que aconteceu com essas sociedades fundadas na escravatura: a era pós-industrial, a idade do computador, corresponderá estreitamente a esses períodos históricos. Mas caberá a *máquinas e computadores* fazer o trabalho escravo; e os beneficiários não serão, como outrora, um grupo minoritário, mas a humanidade toda. O conceito pode parecer fantástico, mas apenas porque a gente se aferra a antigas éticas de trabalho, que logo serão redundantes — de que é moralmente errado não ganhar o pão com o suor do rosto — enraizadas no tempo em que os preguiçosos ou os que nada produziam eram um peso morto que a sociedade não podia suportar.

Discutimos acima a redução das viagens de negócios — que as redes de comunicação, muito aperfeiçoadas, das décadas de 1980 e 1990, tornam desnecessárias. Como resultado dessa maior estabilidade, o foco das atenções se concentrará no lar, que será de fato e ao mesmo tempo o centro do trabalho e do lazer. Tal tendência pode ser acelerada pela crescente riqueza da sociedade. Quanto mais ricas ficarem as pessoas, mais investirão nas suas casas, onde criarão um universo privado que as defenda dos golpes do mundo exterior. A quantidade e variedade do equipamento eletrônico com que serão equipadas as residências serão fenomenais. Muitas dessas máquinas serão automáticas. Das que não o forem, a maior parte responderá a comandos falados ou darão informações com fala sintética. Os sistemas de segurança serão elaborados e altamente eficazes, e a própria casa dará o

alarme se houver mouros na costa. Mas o ponto focal de todos os lares será o aparelho de TV ou o écran do vídeo.

As décadas de 1980 e 1990 verão enormes progressos na aparelhagem doméstica de divertimento, tendência já definida com a conquista de uma grande parcela do mercado eletrônico pelos sistemas de *hi-fi* e vídeo. Um aperfeiçoamento do maior significado será um vídeo chato como uma tela. Os atuais sistemas dependem, todos, de uma válvula de raios catódicos, e quanto maior for a superfície da tela maior a profundidade e massa dessa válvula. O que tem imposto um limite ao tamanho dos écrans e, em consequência, ao 'realismo' da representação visual. As telas de definição superior da década de 1990 não estarão sujeitas a essa restrição, e haverá visualizações do tamanho de paredes. Imagens do mais impressionante realismo serão, então, comuns. Essas telas gigantes serão a janela do lar para o mundo e servirão às comunicações pessoa a pessoa e a todas as comunicações de negócio que se fizerem necessárias.

A crescente preponderância da casa será ainda fortalecida por três fatores. Um, a tremenda amplitude dos jogos, alguns de incomensurável sofisticação e potência, disponíveis no computador doméstico. Oferecerão um estímulo intelectual impossível de encontrar no mundo externo. O segundo é a mudança da educação, que deixará de ser pública para ser privada. Do ensino em grupo da escola o mundo passará ao ensino em casa, muito do qual baseado no computador. Um terceiro fator relevante será que os períodos de turbulência social, nas décadas de 1980 e 1990 desencorajarão o viajar sem rumo e farão da casa um ambiente ainda mais aconchegante. Essa tendência também começa a emergir nas áreas mais afluentes do mundo. É principalmente visível no Japão, onde a cidade é esquelética e poluída, e nos grandes centros dos Estados Unidos, que são esqueléticos, poluídos e extremamente perigosos, além de tudo.

É fácil inferir do que precede que os padrões sociais dos anos 90 estarão radicalmente mudados. Mas se isso, em si, tem importância, é difícil determinar. Muito depende de ser o *homo sapiens* espécie deveras gregária — ou não. As indicações que se têm são conflitantes. Não há dúvida de que temos tremendo ciúme do nosso próprio território, mas também parecemos tirar grande satisfação psicológica do fato de estarmos organizados em grandes grupos e em obedecer a normas de conduta gerais. Minha opinião pessoal é que muitas necessidades sociais serão satisfeitas (e a amplidão disso surpreenderá) pelas possibilidades de interação que o computador faculta. Pode ser que, no que diz respeito às crianças, não haja substituto possível para o exercício físico, e isso pode vir a ser uma das últimas funções deixadas às escolas. Outras possibilidades de inte-

ração social em massa poderão advir de jogos e esportes em que mais e mais gente participará. E é de esperar um enorme aumento do número de campos públicos. Essa tendência se acentuará, não só por causa do tempo extra que uma pessoa qualquer, comum, terá à sua disposição, mas também por causa de uma ênfase crescente no preparo físico — outra tendência já presente.

Existe ainda outra área de necessidade social, de certo modo mais difícil de definir, e que pode vir a causar problemas. Os seres humanos podem ter ou não ter um traço de misticismo na sua natureza, mas é sem dúvida verdadeiro que sentem uma profunda necessidade de ter o universo explicado a contento. O cérebro abomina a incerteza e faz o que pode para simplificar e racionalizar tudo aquilo que experimenta. Onde existem mistérios, as explicações se impõem, e qualquer explicação é melhor que nenhuma. Uma religião é um sistema de crenças que ajuda as pessoas a se relacionarem com o universo e com os seus mistérios, e fornece respostas a indagações tão críticas quanto as clássicas. Por que estamos aqui? O que acontece depois da morte? Qual a natureza do Bem e do Mal? Durante milhares de anos as sociedades eleboraram um sem número de religiões, cada qual feita sob medida para o tempo e as condições sociais então reinantes, mas seu poder se evaporou com os progressos da ciência no século XIX. E quando a ciência também se mostrou incapaz de dar uma explicação total e suficiente do universo — fazendo-o, ao contrário, parecer mais complexo e mais enigmático à medida que o aprofundava — a necessidade que o homem sente de explicação e de confiança ficou por satisfazer.

Na segunda metade deste século, um surto de ‘religiões novas’ tem surgido e tentado obturar a brecha, e o fervor com que o Homem as apoia é extraordinário. O advento do computador, e, principalmente, o XX do computador altamente inteligente, já suscita um verdadeiro fagulhar de enigmas mas também abre possibilidades inéditas para os sistemas religiosos mais *atuais*. Desconfio que qualquer nova religião que surgir nas décadas de 1980 e 1990 terá o computador como elemento proeminente do mesmo modo como algumas religiões dos anos 60 e 70 se construíram em torno da imagem do disco voador. Em algumas delas a Máquina terá um papel satânico, e é de esperar que quaisquer movimentos de oposição ao computador no futuro tenham um fio místico — e, em consequência, particularmente perigoso — ziguezagueando pela sua trama. Mais uma vez há alguma coisa no ar. Os movimentos de “abaixo a tecnologia ocidental” de ou “voltamos à religião fundamental” que, no momento em que escrevo, sacodem o Irã, a Turquia, o Paquistão, parecem manifestações de uma inquietação mais geral e abrangente. Mas pode ser que, no fundo, inconscientemente,

todo ser humano se indigne com o avanço da ciência e com a visão desagradável do universo que ela se compraz em pintar, e anseie por um retorno a uma concepção mais amena das coisas. Esses sentimentos de ressentimento apenas afloram hoje em países onde a tecnologia é de importação recente, mas podem vir à tona no devido tempo nos países altamente mecanizados do Ocidente, e nesse caso a década de 1990 será imprevisivelmente turbulenta. Mas resta, paralelamente, a chance de que os computadores venham a ser vistos como divindades; e se evoluírem para tornar-se Máquinas Ultra-Inteligentes, talvez haja aí um elemento de verdade.*

* No Hotel Bali Beach da companhia Intercontinental, em Bali, Indonésia, os empregados nativos já colocam um canapé ou um doce em cima da máquina registradora do restaurante. Com suas luzes e barulinhos, com seu poder mágico de fazer contas, *talvez* seja uma deusa. Na dúvida, acham melhor propiciá-la com oferendas. (N. do T.)

CAPÍTULO 17

Questões científicas e psicológicas

Uma das primeiras aplicações concentradas da potência dos super-computadores será o aperfeiçoamento da ciência médica. Os computadores atuais já têm enorme potencial de manipulação de complexos dados médicos e de integração da informação que neles se contém. E isso pode ser de grande utilidade em áreas como o diagnóstico ou a epidemiologia. Programas de alta definição e reconhecimento de formas podem ser montados para 'filtrar' amostras de sangue, na busca de células malignas ou de qualquer outra anormalidade. O diagnóstico, afinal de contas, é uma simples questão de identificar grupos de sintomas, compará-los com as doenças conhecidas e organizá-los em ordem descendente de probabilidade. Uma vez que os computadores tenham sido equipados com os dados apropriados para conferir os sintomas com as tabelas de probabilidades serão capazes de produzir diagnósticos mais rápidos e muito mais acurados. Serão também capazes de recomendar o tratamento apropriado a cada caso, levando em conta todos os detalhes da história médica do paciente. Mas esses exemplos são apenas extensões do que já existe em matéria de medicina computadorizada; a década de 1990 verá inovações muito mais radicais.

Uma singela extrapolação da tecnologia existente que pode vir a ter efeito estupendo na saúde em geral diz respeito ao emprego especial da microminiaturização. Na década de 1990, mesmo os mais potentes sistemas, inclusive os sistemas dotados de gigantescas reservas de memória, não precisarão ser maiores que um *chip* e ocuparão, em consequência, espaço diminuto. Serão tão portáteis e maneiros que poderão ser postos não importa onde. Muitos relógios de pulso, por exemplo, deverão incorporar no seu mecanismo minúsculos computadores médicos que tomarão o pulso, a pressão, identificarão os elementos constituintes do suor e de outras secreções do corpo; e se forem equipados com uma sonda finíssima, até a composição da própria corrente sanguínea. Servirão como sistema de

alerta avançado e poderão ser acoplados com micro seringas hipodérmicas capazes de injetar anticorpos ou antibióticos sempre que necessário. Dando asas à imaginação — mas só um pouquinho — é possível imaginar microprocessadores implantados em áreas críticas do corpo, equipados com sensores para detectar os primeiros sinais de geração de células malignas. Poderão ser até capazes de destruí-las quando aparecerem, e suas dimensões infinitesimais permitirão que se alimentem com os próprios processos metabólicos do organismo.

Outro papel para os computadores — não menos bizarro que o exemplo anterior mas também não menos viável — será o de caixa de ressonância ou confidente na psicoterapia. Psicanalistas e psiquiatras sabem muito bem que muitos dos que lhes batem às portas têm uma necessidade desesperada de comunicação. Desejam forjar a todo custo uma ligação qualquer com alguém. Muitas vezes o tema da comunicação trocada é vago, até mesmo banal; e, no entanto, obtém-se grande alívio emocional. Experiências em curso com entrevistas feitas por computador, já descritas em capítulo precedente, sugerem que os pacientes podem estabelecer, por surpreendente que isso pareça, excelente relacionamento com o computador, sobretudo em áreas delicadas como as que envolvem problemas de natureza psicosssexual ou emocional. Então: não poderão as inteligências muito mais poderosas das máquinas de 1990, feitas para reagir a qualquer nuance da voz do paciente, às suas formas de falar, hesitações, *expressões faciais* e movimentos oculares, dar-lhe alívio excepcional e, talvez, terapia? A idéia de uma pessoa confiando seus mais íntimos problemas a um computador e preferindo a máquina ao médico de carne e osso, pode provocar arrepios, mas o verdadeiro horror não é isso, é a experiência das doenças mentais e de angústia psicológica — e aliviá-las, por quaisquer meios, não deve ser a primeira preocupação? Afinal de contas, não importa que o 'psiquiatra' em causa seja um mecanismo inteligente como não importa que uma pessoa paralisada da cintura para baixo seja mantida viva graças a um pulmão mecânico e não pelo perpétuo esforço muscular de um grupo de seres humanos.

Esses progressos podem levar a uma extensão significativa da expectativa de vida do Homem. Mas desaparecem em comparação com os desenvolvimentos que se devem esperar da aplicação de Máquinas Ultra-Inteligentes aos problemas da medicina, como o professor I.J. Good prevê que acontecerá. Num programa transmitido pela BBC faz alguns anos, ele mostrou que os avanços prováveis da ciência médica com as Máquinas Ultra-Inteligentes podem ser tais que as pessoas *hoje vivas* poderão viver até completarem *mil anos*. Tomemos uma criança de dez anos em 1970. Quan-

do fizer 30 anos em 1990 — época em que, segundo Good, as primeiras MUIs entrarão em cena. Agora: essas MUIs trabalharão durante vinte anos em ciência médica e no curso desse período terão elevado a expectativa de vida do Homem em, digamos, vinte anos — o que não é nenhum exagero como predição. O que significa que a criança nascida em 1960 pode esperar viver até 2060. Mas no período que vai de 2020 a 2060 as MUIs terão ainda maior sucesso no aperfeiçoamento dos conhecimentos médicos. O resultado é que a expectativa de vida pode ser estendida mais ainda nos anos que já constituem bônus, o que dará ao mesmo tempo maior número de anos para a pesquisa, que prolongará a vida ainda mais, e assim por diante, de modo que a vida humana pode ser levada até o seu máximo absoluto.

Ciência é o método de adquirir conhecimentos sobre o universo: colecionam-se muitos 'fatos' e eles são enquadrados em alguma espécie de teoria. Nossa presente compreensão do universo se deve aos poderes de processamento do cérebro humano, e à curiosidade da espécie humana, que é inata. Recentemente, o Homem começou a expandir seus conhecimentos pelo processo de empregar máquinas (de várias espécies) como auxiliares. Essas vão desde simples sensores (telescópios, microscópios, medidores Geiger, etc.), a prolongamentos dos seus sistemas psicomotor e muscular (perfuratrizes, submarinos, foguetes, etc.). Mais recentemente ainda, ele acrescentou o computador a essa lista e introduziu uma nova dimensão — extra poder de processamento para ajudar na interpretação dos dados que recolheu. Nesse papel, o potencial do computador não conhece limites. Incansável, impecável, econômico tanto em termos de dispêndio de energia quanto de dinheiro, paciente, incapaz de desânimo e infinitamente perceptivo, pode, em princípio, ser ajustado para atacar qualquer dos problemas conhecidos pelo Homem. Que sucesso terá vai depender da profundidade do problema e da qualidade da sua programação, mas se um problema foi especificado com clareza, mais cedo ou mais tarde será resolvido.

Em umas poucas áreas os computadores já começaram a mostrar o que valem como aliados dos cientistas, embora a sua contribuição venha sendo largamente limitada a fazer contas e mais contas. Na década de 1990 eles já terão assumido tarefas muito mais significativas, das quais a mais excitante será a de formular teorias científicas e, como corolário necessário disso, sugerir meios de testá-las. O impulso maior para essa espécie de aplicação da inteligência das máquinas deve partir dos institutos de pesquisa do governo e das grandes organizações comerciais. Quem

puder, a esta altura, prever as áreas nas quais as pesquisas iniciais se concentrarão poderá fazer fortuna.

Além da medicina e do ensino, que são os primeiros candidatos a vir à mente, uma área na qual seria mais do que bem-vinda uma grande descoberta científica é a da fusão nuclear. Se processos de fusão baratos e seguros puderem ser inventados, os problemas energéticos do mundo simplesmente desaparecerão. Outra área em que os computadores podem prestar grande auxílio é a química da nutrição e, particularmente, a conversão de substâncias ordinárias, normalmente inócuas, em alimentos saborosos. A engenharia genética é um objetivo óbvio: os pacotes hereditários das plantas poderão ser modificados para produzir frutos não sujeitos à geada, por exemplo, trigo resistente ao frio mais intenso, ou plantas 'novas', capazes de transformar as áreas desertas do mundo em áreas produtoras de alimentos. Ainda mais excitante, se bem que não de proveito imediato, será o emprego do computador para atacar as teorias fundamentais da estrutura e natureza do universo. O Homem já fez progresso mensurável nessas áreas absolutamente desajudado e seria absurdo imaginar que não fará progressos muito mais rápidos quando tiver a inteligência do computador associada à sua.

Um dos maiores problemas da década de 1990 será descobrir algum esboço para a energia humana acumulada e a essa altura sem aplicação nas fainas diárias. A espécie humana é agressiva e se ressentida com uma inatividade forçada ou prolongada. Além disso, são muitas as provas de que o Homem precisa de um sentido de direção e de um objetivo pelo qual lutar. Parte desse problema do 'lazer compulsivo' será certamente resolvido por uma preocupação maior com os esportes e exercícios físicos e — espera-se! — por um florescente interesse pela cultura e pelas artes. Sabemos, felizmente, que a espécie é capaz de mergulhar em tais atividades com grande entusiasmo e prazer. Mas quando a política e a religião já não fornecerem motivo para cruzadas e campanhas, e até o chauvinismo perder a força, outras metas a longo prazo terão de ser encontradas e outros objetivos de interesse apaixonante para o *homo sapiens*. A fonte mais provável desses assuntos de interesse obsessivo é a ciência, verdadeiro poço sem fundo. Então, nessa busca de conhecimentos, uma série de espetaculares 'objetivos globais' será anunciada. E logo grande número de possibilidades nos ocorre.

Uma é a conquista do espaço. As décadas de 1980 e 1990 serão, por certo, muito mais voltadas para o universo que as décadas passadas, e o ônibus espacial americano levará turistas a passear no cosmos antes do fim do

século XX. Os atuais planos da NASA, ainda tímidos, se expandirão, e orçamentos muito mais generosos serão autorizados. Estações orbitais habitadas girando em torno da terra serão o primeiro passo. E logo ocorrerá um aumento significativo da exploração planetária, inclusive expedições a Marte, aos asteróides e mais além. Podemos esperar também uma tentativa em larga escala, apoiada em técnicas de inteligência artificial, para descobrir novos métodos de propulsão dos veículos espaciais de modo a enviar sondas habitadas para fora do sistema solar.

Um programa altamente prioritário de desenvolvimento de novas fontes de energia será como que um subproduto desse esforço espacial, com o lançamento de gigantescos satélites capazes de acumular energia solar (usando a tecnologia do laser) e seus refinamentos para 'dirigir' a energia de volta à terra. A fusão nuclear, como já indicamos, é outra área promissora. Para dar tintas de perigo e aventura a esses projetos será necessário encontrar neles um papel para exploradores humanos, e uma série de grandes expedições submarinas para exploração dos oceanos, com a fundação de colônias no fundo do mar, seria ideal. Também tentativas de penetração profunda da crosta terrestre, não só no afã de descobrir como é, de fato, constituída, mas também para localizar as riquezas minerais e os imensos reservatórios de calor que jazem debaixo dos nossos pés.

Poderia haver ainda uma busca concentrada da vida extraterrestre [E.T.]. As estrelas da nossa galáxia são c. 100 bilhões e talvez haja um número aproximado de galáxias no universo conhecido. Poucos cientistas negam hoje a possibilidade de que esse imenso teatro contenha vida em algum estágio de evolução. O que representa um tal desafio e um desafio potencialmente tão cheio de promessas que as mentes emancipadas da década de 1990 serão incapazes de resistir a ele. Até hoje só muito pouco foi feito para esquadrihar o universo em busca de vida inteligente, e muito menos ainda para fazer contato direto com os seres que porventura existirem. O Homem não tem recursos para isso e não dispõe sobretudo da enorme potência de computador necessária para investigar e interpretar os sinais que bombardeiam incessantemente a terra. Tais recursos logo estarão ao seu alcance, e uma aplicação empolgante e possivelmente momentosa da inteligência artificial será extrair da orquestra das esferas os sons que denotem nela a presença de vida inteligente.

Uma série de grandes projetos para compreender a mente humana é outra possibilidade. Embora em 1733 Alexander Pope tenha advertido que "o estudo próprio da humanidade é o Homem", a psicologia é ainda um dos aspectos mais atrasados e descurados da ciência. Os poucos modelos explanatórios que conseguimos alinhar para explicar o cérebro, a

mente, a personalidade e os variáveis com eles associados são desapontadamente débeis, e só as teses de Freud ou de Pavlov contêm algum elemento de convicção, mesmo parcial. A psicologia está ainda praticamente num estado de *tabula rasa* e nós a espera de um Pitágoras que nos venha dizer que o mundo é, afinal de contas, redondo. Como acontece com muito ramo da ciência, o problema está na impressionante complexidade do assunto. O que explica que aprendizado, memória, percepção, controle muscular, pensamento, raciocínio, sono, sonho — para enumerar apenas umas poucas funções — sejam ainda enigmas, em parte ou no todo. Nem é de surpreender que quando o sistema ou partes dele começam a falhar e surgem as chamadas ‘doenças mentais’, não saibamos as suas causas ou o tratamento adequado. As grandes vantagens de lançar um programa de pesquisa de maiores proporções destinado a entender o cérebro e converter a psicologia de uma ciência vaga numa ciência ‘exata’ representarão outro desafio irresistível. Com o computador à nossa disposição, seremos capazes de aprofundar recursos intelectuais de uma riqueza inaudita e investigar o problema com uma imparcialidade não-humana. O que iremos descobrir sobre nós mesmos, e se ficaremos satisfeitos com essa descoberta, é outra coisa e nos levará por certo a um grande debate das questões de psicologia — mais uma área de problemas gerada pela década de 1990.

Indicamos acima que o lar se tornará, de maneira crescente, o foco de interesse do Homem, ou, para sermos mais precisos, que a vida do indivíduo na década de 1990 será mais agudamente polarizada do que hoje entre as atividades domésticas e as sociais. Se essa polarização for bem equilibrada, haverá provavelmente apenas ganhos para o cidadão comum. As poucas evidências de que dispomos sobre a matéria, mostram que a pessoa média hoje em dia é vítima de uma excessiva interação social — basta perguntar a qualquer pessoa como se sente tendo de trabalhar no centro de uma cidade grande, como Londres ou New York. Mas se a polarização for alterada, se o lar, com suas enormes facilidades para o lazer e a diversão, atrair mais e mais os seus donos, então veremos desabrochar a sociedade introvertida. Mais provável ainda se o mundo ‘exterior’ se tornar miserável e perigoso. O tema foi tratado com grande imaginação pelo escritor inglês Michael Frayn em *A Very Private Life*. Escrito há cerca de 10 anos [em 1969, portanto], como uma espécie de comédia (*black humour*) o livro vale a pena ser relido hoje, quando, desgraçadamente, parece muito menos fantástico.

A tendência nesse sentido se afigura inevitável, e é determinada pelo fato de que a afluência crescente da sociedade permite aos seus membros,

individualmente, amealhar mais e mais os bens e serviços de que careçam ou que simplesmente desejem. O gozo em comum da propriedade é uma fase histórica temporária, e as pessoas começarão a construir universos privados, e a necessidade do convívio, mesmo em pequenos grupos, se reduzirá. Um excelente exemplo disso é a educação: quanto mais próspera a sociedade, menores as classes, mais pessoais e individuais os 'adereços' do ensino, maiores as escolas e colégios — e menos povoados. A extensão lógica de tudo isso (fase logo alcançável por uma expansão maior do ensino com base no computador) será um completo desvio do ensino em grupo para o ensino particular, personalizado, o qual poderá ser ministrado satisfatoriamente — e mais satisfatoriamente do que nas salas de aula — em casa do aluno. Em termos educacionais, essa estratégia pode vir a representar um *optimum*; em termos sociais, as vantagens podem ser mínimas e o resultado final justamente aquela espécie de isolacionismo pessoal ou, na melhor das hipóteses, familiar, sobre o qual Michael Frayn nos preveniu.

A probabilidade de que isso de fato aconteça vai depender em grande parte da natureza humana: tal introversão é ou não é própria da natureza humana? Não importa quão atraente seja a casa: os seres humanos talvez desejem encontrar outros seres humanos periodicamente, formar grupos sociais mais amplos, satisfazer algum instinto gregário. Pode ser que os confortos constantes, inalteráveis do lar venham a saciar, fartar, saturar — e que, de tempos em tempos, seus beneficiários os deixem deliberadamente, para se sentirem, afinal, *desconfortáveis*, aventurando-se em espaçonaves para algum recanto inóspito do universo. E mesmo isso pode não ser bastante para impedir uma sociedade totalmente voltada para dentro, uma vez que a combinação de poderosos computadores domésticos e vídeos tridimensionais de fantástica eficácia darão, em cada, total credibilidade a pseudo-desafios e, assim fazendo, embotarão o fio da curiosidade do Homem ou do seu dinamismo. Se isso ocorrer, a exploração do espaço terá passado o seu apogeu, e o *homo sapiens* do século XXI mergulhará totalmente na TV, deixando aos computadores o duplo desafio do espaço e do tempo.

Pois os computadores, na década de 1990, serão, cada vez mais assiduamente, os parceiros intelectuais e emocionais do Homem. Estamos em vias de embarcar num programa maciço para o desenvolvimento de máquinas altamente inteligentes, processo pelo qual levaremos os computadores pela mão até que eles alcancem o nosso nível intelectual; depois disso, eles nos ultrapassarão. No curso dessa estranha parceria, os computadores deverão inevitavelmente adquirir os 'hábitos' que os habilitarão a conversar

conosco, a trocar idéias e conceitos, estimular a nossa imaginação e assim por diante. Se eles não puderem fazer todas essas coisas não terão passado no Teste de Turing. Quando eles nos ultrapassarem, tornar-se-ão entidades extremamente interessantes para ter com a gente. Seu papel como professores e mentores, por exemplo, vai ser inigualável. Será como ter, como professores particulares os mais sábios, os mais cultos, os mais pacientes seres possíveis: um Albert Einstein como explicador de física, um Bertrand Russell como professor de filosofia e um Sigmund Freud com quem discutir os princípios da psicanálise. E todos à nossa disposição onde e quando desejarmos.

Muitas pessoas, principalmente as que nunca tiveram experiência de computadores, talvez não observem que nenhuma máquina, não importa o quão inteligente ela seja, consegue prender a atenção do Homem por mais do que alguns instantes. Sabendo disso, pode-se entender o ceticismo, e reagir a ele arrebatadamente, mas isso seria perigoso, pois induziria a erro. Porque mesmo no seu presente estado, inferior, os computadores são coisas fascinantes de se lidar com elas — não esquecendo que me refiro à interação intelectual e não a velejar, a dar passeios pelo campo ou a ter um romance com eles. Um vislumbre de interesse que podem vir a ter nos assalta quando jogamos xadrez com eles. Muito especialista já os considera adversários mais competentes que o comum dos mortais. Para aqueles que não jogam xadrez, uma partida de qualquer outro jogo dos muitos que se podem jogar com computador provará a mesma coisa: as máquinas são companhia da maior versatilidade, e competir com elas é deveras apaixonante.

Os primeiros a notar esse fascínio foram os programadores. Poucas coisas são tão absorventes neste mundo como tentar programar um computador, especialmente se isso envolve atacar problema novo ou 'dominar' problema antes intratável. A conclusão bem-sucedida de uma tarefa dessas — gravar um programa implica numa longa e intensa interação direta com o sistema — é acompanhada de uma sensação sem par de realização intelectual, satisfação e poder. A coisa é tão fascinante que os departamentos de computação das universidades mantêm seus estudantes mais brilhantes sob severa vigilância, a ver que não fiquem de todo imersos nas ilimitadas possibilidades intelectuais que a máquina oferece. A preocupação é justificada, pois muito estudante se enfia por essa nova forma de dissipação — que as palavras cruzadas, o bridge de varar noite, as tentações da política universitária nem de longe igualam — para acabar reprovados em alguma outra matéria malgrado todo o seu fenomenal conhecimento de informática. Mas há mais e muito pior pela frente. Médicos de universidades

já começam a registrar casos de alunos, tidos como introvertidos ou casmurros, que se apegaram emocionalmente a computadores, dando mais valor ao contato com eles do que com os colegas ou qualquer pessoa. O síndrome “estou apaixonado por um computador” não é, ainda, generalizado ou proeminente mas *já* surgiu em cena e é mais um dos muitos sinais que aí estão para quem os quiser ver. Talvez se trate apenas de um bando de neuróticos, que não têm senão o que merecem, mas o problema não pode ser posto de lado assim levemente, e já os cientistas tomam partido, na questão.

Um ataque dos mais cáusticos na obsessão dos estudantes com os computadores e, ao mesmo tempo, um brado veemente contra o esforço para desenvolver a inteligência artificial partiu, há pouco, de um dos mais eminentes pioneiros no campo, Joseph Weizenbaum, professor de Ciência Computacional na Universidade Stanford. Seu livro, *A Potência dos Computadores e a Razão Humana* sugere que a pesquisa da inteligência das máquinas deve ser interrompida ou pelo menos drasticamente reduzida, não porque seja um desperdício de esforço mas em virtude das delicadas questões humanitárias, psicológicas e éticas que suscita. No último capítulo do livro, intitulado “Contra o Imperialismo da Razão Instrumental” (formulação que basta para resumir os sentimentos do autor sobre a matéria), ele diz que o Homem, a fim de “tornar-se inteiriço”, tem de ser, para sempre, um explorador das suas realidades interior e exterior. “A vida do Homem é juncada de riscos, mas ele tem a coragem de correr riscos porque, como o explorador, aprendem a confiar na sua capacidade de resistir e de vencer.” Como poderá alguém, algum dia, aplicar conceitos como ‘risco’, ‘coragem’ e ‘resistência’ no contexto da maquinaria?

Não seria correto descartar o livro de Weizenbaum, cuidadosamente pensado e construído, numa sentença ou duas, de modo que me limitarei a observar que o seu ataque à inteligência das máquinas é, na verdade, um alerta contra o perigo de desumanizar certas qualidades humanas fundamentais — uma eloqüente defesa da ‘santidade do espírito humano’, como a capa do livro proclama. Mas não creio que Weizenbaum se teria dado ao trabalho de escrever o livro em primeiro lugar se não acreditasse que a inteligência das máquinas, mais dia menos dia, chegará a um tal nível que ameaçará a imagem que o Homem tem de si mesmo. Como primeiro ataque dessa espécie por parte de alguém do ‘negócio’, não pode ser ignorado.

E se os computadores nos disserem alguma coisa de que não gostamos ou que não queremos saber sobre o universo? Se criamos computadores

superinteligentes para investigar os mistérios do universo, então temos de estar preparados para a possibilidade de o que eles tenham para nos dizer possa ser intelectualmente chocante ou emocionalmente inaceitável. É verdade que mesmo a ciência rotineira, não-computadorizada, comporta o risco de revelar fatos estranhos ou espantosos; cumpre reconhecer que já sobrevivemos a alguns choques desses. A percepção de que a terra não era o centro do universo sacudiu muita gente a seu tempo bem como a idade estupenda do nosso planeta, o registro fóssil da vida pré-histórica, as concepções de Darwin sobre as origens do Homem. Mas por momentosas que tenham sido essas descobertas, elas se desdobraram num ritmo discreto, suportável. Assumindo que o universo contenha outras surpresas, sem dúvida de natureza muito mais chocante, não corremos o perigo de os ter lançados à nossa cara com maior brutalidade?

Pode-se pretender que a verdadeira natureza de qualquer fato apocalíptico venha a ser óbvia para as superinteligências dos computadores do mesmo modo pelo qual alguns dos paradoxos do espaço e do tempo são compreensíveis para nós embora não façam o menor sentido para um chimpanzé. Existe algum consolo nessa maneira de ver as coisas, mas os computadores, como já temos observado, aqui, vão ser excelentes professores, capazes de ensinar ao Homem tudo o que o Homem quiser saber e até o que não quiser. A recíproca é verdadeira, e quanto mais for sabido a respeito do universo mais benevolente o universo nos parecerá, e nesse caso os computadores estarão prestando um grande serviço ao nos darem notícia disso. Mas eu não creio que seja assim. O melhor que se pode esperar do universo, a meu ver, é uma espécie de suprema indiferença. Pelo menos, é o que temo. De qualquer maneira, seja o que for, logo estaremos em perigo de descobri-lo.

Desde o início da vida social, o Homem teve consciência do seu papel especial na terra e até que o sentido da tese de Darwin começasse a ser assimilado sempre se considerou único no universo e segundo em *status* só a Deus. Mas mesmo depois de se identificar com os animais, ele ainda pôde convencer-se — e com justiça — da sua singularidade. E a prova era a posse de faculdades intelectuais muito superiores às dos seus rivais mais próximos no reino animal. Não cabe pôr em dúvida a importância que todos nós damos a esse sentimento de predominância intelectual ou de orgulho com a diligência e sucesso do Homem. Muito nas artes criativas glorifica ou dramatiza os aspectos que parecem dar à humanidade esse lugar especial na natureza ou acentuam sua pretensão implícita à divindade. Acresce que está gravado no nosso inconsciente uma auto-imagem psico-

logicamente poderosa que nos ajuda a aceitar o nosso papel num universo assustador e misterioso. Essa auto-imagem tem sido manchada — a Inquisição, Passchendaele e Belsen não ajudaram muito a mantê-la polida e rebrihante — mas nunca, de fato, duvidamos dela. O advento do computador foi talvez o primeiro acontecimento a botá-la em dúvida, questionando a presunção de que a capacidade de resolver problemas, de pensar e, até, de criar seja exclusivamente humana. Se for possível provar que esses talentos estão no domínio dos computadores, então a auto-imagem será sacudida ou destruída de vez. E o problema será agravado se descobirmos que não fomos apenas igualados mas ultrapassados nessas áreas, inclusive a criatividade.

A situação será análoga, *grosso modo*, à que teríamos se — como no filme *Contactos Imediatos do Terceiro Grau* — a terra fosse de chofre visitada por formas alienígenas dotadas de um conhecimento científico e tecnológico de poder esmagador, quase incompreensível. No filme, aliás, muito pouco se explora o choque cultural que se seguiria ao evento, e vêem-se ‘terráqueos’ entrando e saindo alegremente da nave espacial como se tudo o que faltasse para uma instantânea e completa *détente* fosse um curso de linguafrase. Mas o aparecimento de inteligências grandemente superiores à nossa, quer provenham do espaço quer de computadores da nossa própria invenção, sem dúvida suscitará problemas tremendos.

Como nos sentiremos como espécie se todas as nossas realizações, toda a nossa bagagem científica, toda a nossa capacidade, todo o nosso pensamento filosófico, todo o nosso esforço artístico e cultural se revelarem de súbito rasos e inconseqüentes? E como nos sentiremos se compreendermos que a brecha entre nós e as Máquinas Ultra-Inteligentes é intransponível e que qualquer progresso que fizemos será logo superado pelos feitos superlativos das máquinas? Isso pode explicar por que, se o universo fervilha de vida inteligente, nós não fomos, a despeito do testemunho em contrário dos OVNIS, i. e. dos que acreditam em Objetos Voadores Não-Identificados, contatados por alienígenas. O choque cultural, como os altamente adiantados alienígenas devem saber, será insuportável para nós. Enquanto as MUIs estiverem firmemente sob controle seremos capazes de impedir que elas nos criem uma situação de choque cultural irreversível. Mesmo assim, devemos reavaliar nossos papéis, nossos objetivos, nosso futuro e, tanto quanto possível, nosso propósito no universo.

CAPÍTULO 18

Algumas questões bizarras

Uma possibilidade tenebrosa: a de que os recursos intelectuais das máquinas sejam desviados para o mal. Poderiam ser interceptados por criminosos, por forças hostis à sociedade, ou mesmo por grupos interessados em defender a sociedade a todo custo. Em suma: de uma forma ou de outra, usados contra seres humanos. Os exemplos mais gritantes desses grupos são as forças de segurança dos governos, os serviços secretos [ditos de 'inteligência'], os quais, tendo reconhecido o potencial dos computadores ultra-inteligentes, queiram passar a perna na oposição. E os táticos militares virão logo atrás dos governos e dos serviços nacionais de informação, SNIs.* As primeiras grandes fontes de recursos para os projetos de inteligência artificial serão, seguramente, essas, de modo que talvez mereçam a sua recompensa. . . Muito pouco poderá ser feito para prevenir ou coibir essa perversão da capacidade dos computadores e MUIs — assumindo que seja uma perversão.

As forças de polícia também verão grande atrativo na inteligência artificial, uma vez que os movimentos dos criminosos poderão ser 'preditos' e os crimes antecipados até certo ponto. Um programa bem-feito poderá examinar todos os dados relevantes à atividade criminosa, vasculhar todo um conjunto compreensivo de arquivos policiais e produzir uma pequena lista de prováveis culpados.

E já que estamos falando de crime e não perdendo de vista o fato de que tratamos neste capítulo de questões bizarras, vale a pena mencionar que mais cedo ou mais tarde as decisões judiciárias podem ser transferidas

* Nas eleições brasileiras de 15.11.82, a firma contratada para apurar os votos no Estado do Rio de Janeiro foi acusada de falsear os resultados, aumentando o número de votos em branco e nulos. Os programadores protestaram inocência e atribuíram a distorção observada a um obscuro 'diferencial delta'. O assunto não ficou esclarecido. Mas é uma boa ilustração do que pode acontecer. (N. do T.)

para as máquinas inteligentes. Como observou o professor John McCarthy, chefe do Laboratório de Inteligência Artificial da Universidade Stanford: “O que é que os juizes sabem que não podemos contar a um computador?” Antes que o leitor caia para trás, horrorizado com a idéia de que o ser humano possa ser posto atrás das grades por uma máquina, temos de verificar a que é que estamos, na verdade, objetando. E se for provado que um computador judicial é mais justo e menos capaz de errar que um juiz humano [de toga e peruca], ficaremos ainda horrorizados? A preocupação maior no caso não deve ser com a justiça da decisão e não com quem ou o quê decide? E se alguém alegar que, num Estado totalitário, o computador poderia ser manipulado de modo a dar decisões falsas a resposta é que num regime de exceção a justiça cai aos pedaços de qualquer maneira e a figura do juiz, humano ou mecânico, é sempre uma figura de proa. Não obstante, devemos todos esperar que a era dos ditadores e dos governos autoritários esteja encerrada antes que os progressos feitos na inteligência artificial sejam de monta e certamente antes do advento das MULs. Qualquer regime que se apoie na inteligência das máquinas estará muito mais firme na sela e será muito mais terrível que qualquer tirania simplesmente humana.

São várias — e peculiares — as considerações de ordem moral e ética relacionadas com os computadores equipados com altos níveis de inteligência, sobretudo se têm a capacidade de ‘pensar’ e, no caso mais bizarro de todos, se têm percepção de serem o que são e consciência. Como verificá-lo é problema a que apenas aludi. Na minha opinião, jamais se poderá ter de fato certeza. Mas se uma máquina atingiu o ponto em que poderia com toda segurança passar no Teste de Turing; se continuamente, em conversações sucessivas, demonstrou estar consciente; e sua descrição do que é estar consciente combina com as impressões subjetivas do observador, então é de crer que convencesse a maior parte das pessoas. Mas teremos o direito de construir máquinas e desenvolvê-las a esse ponto? Em que sejam capazes de pensar e de se ‘imaginar’ como entidades independentes?

A questão já foi proposta com relação a clones humanos. Em geral tem a seguinte formulação: “Que significa sentir-se um clone e saber que se foi criado numa profeta?” Desde que o resto do mundo não seja neuroticamente hostil à sua existência, o clone provavelmente dará de ombros dizendo: “E daí?” Afinal de contas, o fato de não ter sido formado pela fusão de gametas masculino e feminino não afetaria seu direito a viver e a ser feliz. E teria, naturalmente, os mesmos privilégios e restrições de qualquer outro ser humano.

Mas a resposta não é tão fácil de dar com relação a uma máquina

inteligente, pensante. Mary Shelley o reconheceu quando fez o monstro do Dr. Frankenstein ponderar seu próprio e mal definido papel: “Eu vivo, respiro, vejo. Mas o que sou, afinal, Homem ou Monstro?” Como explicar à máquina a razão de sua existência e a natureza do seu papel *vis-à-vis* da humanidade? Possivelmente, ela poderia aceitar as coisas como os inteligentes robôs C₃Po e R2D2 em *Guerra nas Estrelas* aceitavam, interpretando os insultos e ordens dos homens como grosseiros equivalentes de mensagens de Deus. Presumivelmente, essa é a espécie de subserviência não-obsequiosa que devamos desejar por parte dos nossos computadores inteligentes. Mas é mesmo?

Para levantar outra questão bizarra: quando uma máquina fica velha, inútil ou funciona mal de algum modo, nós a destruimos sumariamente, sem remorsos. Mas qual será a ética de destruir, quando nos convenha, uma máquina pensante e consciente que pode ou não estar sabendo das nossas intenções? E que faremos se a máquina nos implora que não lhe demos fim?

Há ainda o problema dos ‘limites de crescimento’. Não se trata aqui do emprego habitual da frase, mas de uma referência a ele, quando, por que e como o Homem deve impor limites ao desenvolvimento da inteligência da Máquina. Não será a primeira vez que temos de enfrentar problema dessa espécie. No começo do século XX, quando os elementos radioativos — substâncias que emitem feixes constantes de partículas carregadas de alta energia do interior do núcleo do átomo — foram descobertos, todos os físicos imediatamente perceberam que o átomo era fonte de estupendo poder. Como poderia ser utilizado era um mistério — mas que *seria* utilizado era certo. De novo, quando a clássica tese “Sobre os números computáveis”, de Turing, foi publicada em 1936, muitos dos engenheiros e matemáticos que dela tiveram conhecimento perceberam que um dia máquinas computadoras de finalidades gerais seriam construídas. Logo que a computação eletrônica pareceu uma possibilidade e velocidades realmente altas de processamento se tornaram possíveis, ficou óbvio para o pugilo de cientistas bem informados que um dia a máquina faria coisas que os cérebros fazem e possivelmente melhor. No caso da energia atômica, uma bomba de poder destrutivo inimaginável foi sempre uma possibilidade, e muitos físicos expressaram extrema ansiedade diante da idéia da sua construção. Mas a força das circunstâncias — os Aliados enfrentavam um inimigo que usaria a bomba no momento em que *ele* a tivesse — invalidou todas as dúvidas. E o mundo caiu na Era Atômica.

Alguns cientistas, como Fuchs, Pontecorvo, Nunn-May e outros

ficaram tão chocados com o potencial das armas atômicas que passaram os segredos americanos e ingleses aos russos para restabelecer o equilíbrio do poder. Mas esforços para impedir o desenvolvimento de armas term nucleares como as bombas-H por um boicote científico foram um abjeto fiasco. Semelhantes — embora ignoradas do grande público — são as reservas levantadas hoje no caso da inteligência artificial. Já existe até em funcionamento um comitê de cientistas de computador, que se reúnem em intervalos regulares para considerar os últimos progressos feitos na intenção de intervir se as coisas parecerem prestes a ‘escapar ao controle’. Mas o que constitui o ‘descontrole’ é vago: talvez tenha algo a ver com o uso impróprio da IA [inteligência artificial] por governos ou Nomenklaturas; ou, possivelmente, o desenvolvimento das MUIs a um ponto além da inteligência humana. Igualmente vago é o que o ‘comitê’ considera como prova suficiente de que esses ‘desenvolvimentos’ ocorreram ou estão prestes a ocorrer. Mas o ponto principal é: há gente que gostaria que um ‘limite de crescimento’ fosse imposto, até mesmo cientistas responsáveis e lúcidos com Weizenbaum, que sentem que os limites *já foram* alcançados.

Há um sem número de alternativas para tal limitação. A primeira é: a pesquisa em torno da IA deve cessar imediatamente. Há quem deseje que cesse já sobretudo por entenderem que constitui um desperdício de dinheiro, de tempo e de bons cientistas; outro grupo teme a evolução para as MUIs. Superficialmente, é como se não fosse tão difícil cortar a coisa toda agora, em botão por assim dizer, pois que o trabalho se concentra nuns poucos centros no mundo ocidental e no Japão (a URSS não trabalha nisso, tanto quanto se saiba). Mas qualquer tentativa de sufocar pesquisa tão apaixonante e tão relevante (hoje em curso em áreas como a reação pelos computadores à voz humana, tradução mecânica, xadrez computatorial ou o desenvolvimento de programas de solução de problemas, todos inextricavelmente ligados à IA) terá efeito contraproducente. Haverá uma onda de protestos nos arraiais acadêmicos e um surto maior de interesse no tópico — seguidos de fundos para prosseguir no esforço, das mais variadas fontes.

A segunda é que o trabalho na IA deve prosseguir indefinidamente mas apenas em determinadas linhas: deve continuar até o ponto em que um computador ganhe de Karpov ou de Fischer no xadrez: em que o diagnóstico do computador seja melhor que o de qualquer médico humano: em que, ensinando, seja melhor que qualquer professor humano, etc. Mas *não* em áreas tabu tais como tecnologia de armamento, planejamento militar ou armas capazes de se aperfeiçoarem sozinhas. O problema aqui é perfeitamente óbvio: quem decidirá o que é OK e o que é tabu? O que é

OK para um grupo pode muito bem ser tabu para outro. Acresce que é nas áreas tabu, que envolvem matéria militar e de defesa, que a maior urgência poderá ser aplicada e concentradas as maiores somas de dinheiro. Há uma derradeira objeção: qualquer governo nacional (ou grande empresa) que voluntariamente restrinja o desenvolvimento da IA corre o risco de ficar ultrapassado (a) pelos que decidiram ir em frente. E, ao contrário das armas nucleares, cujas explosões podem ser detectadas facilmente de qualquer local no globo, não há maneira de descobrir a pesquisa clandestina no campo da inteligência das máquinas. Uma vez que nos engajemos nesse caminho não haverá oportunidade de voltar atrás, parar ou, até, deixar de fazer progresso. Estaremos numa armadilha tecnológica, que abriu as suas fauces no momento em que pela primeira vez cometemos às máquinas a tarefa de fazer cálculos.

Terceira, poderia vir a ser decidido que a pesquisa no terreno da IA prosseguiria até a MUI e não mais além. Essa tática, atraente, criaria uma 'espécie intelectual' paralela à espécie humana, capaz de uma efficientíssima atividade escrava, trabalhando vinte e quatro horas por dia a custo mínimo e em números maiores ou menores, como se desejasse. Seriam tão inteligentes quanto o homem mas não *mais* inteligentes, e assim não constituiriam ameaça. A dificuldade é que a tentação de levar as coisas *só um pouco mais adiante*, principalmente em certas direções, estaria sempre presente. Tomemos o caso da medicina. Suponhamos que com MUIs de QI humano (e não mais) se possa prolongar a vida do Homem a cem anos e reduzir a incidência de câncer de 50%; e que com MUIs apenas vinte pontos acima, na escala, possamos aumentar a vida de mais duas décadas e conseguir a cura *total* do câncer. Quem exigiria que os freios fossem aplicados? Uma centena de exemplos semelhantes a esse poderiam ser dados. É possível que embargos temporários fossem invocados em nome do 'bem comum' a fim de dar a cada uma das partes interessadas o tempo necessário para decidir sobre a etapa subsequente e, caso se previsse algum perigo horrendo, para decretar o alto definitivo e imediato. Mas tudo indica que essas paradas seriam obedecidas apenas temporariamente, risco ou não-risco.

Quarto e último, as MUIs poderiam desenvolver seu QI indefinidamente, mas ficariam sujeitas a normas e condições. Essa, a meu ver, será a solução adotada. A idéia de que máquinas inteligentes terão de ser peadas pelos seus criadores não é nova e tem sido matéria fértil para a ficção científica há dezenas de anos. Tais limitações constituem uma extensão lógica das que já impomos hoje à maquinaria não-inteligente para impedir que 'tome o freio nos dentes'. Funda-se na constatação de que construímos

engenhos de força muito superior à nossa. A elaboração mais bem-sucedida do tema é a série *Eu, Robô*, de Isaac Asimov, uma inteligente coleção de contos que tratam de alguns dos problemas que o homem confrontará quando finalmente criar robôs ‘pensantes’.

A solução de Asimov são as “Leis da Robótica”. O primeiro (e principal) mandamento é: “Um robô não pode fazer mal a um ser humano nem deixar, por omissão, que algum mal lhe sobrevenha.” Segundo: “Um robô tem de obedecer às ordens que lhe forem dadas por um ser humano, exceto quando infrinja o primeiro mandamento.” Terceiro: “Um robô tem de zelar pela própria integridade e conservação a não ser quando, para fazê-lo, tenha de infringir os dois primeiros mandamentos.” Assim, um robô não poderá, por sua própria natureza — ou pela sua programação instintiva — fazer mal a um homem; deverá fazer sempre o que ele diz (destruindo-se, inclusive, se isso lhe for ordenado), mas não pode dispor de si mesmo a seu talante ou deixar de proteger-se. Agora: o interessante é que, usando apenas essas três leis, Asimov construa uma sociedade em que robôs e homens vivem juntos numa espécie de simbiose, com um mínimo de conflitos ou dificuldades. Os problemas que surgem são fruto de certas características importantes dos atuais robôs *que não existirão mais* nas MUIs. Por exemplo: os robôs de Asimov são freqüentemente confundidos com seres humanos por serem cópias físicas do Homem, e pela capacidade de andar por onde quiserem e fazer coisas fisicamente perigosas.

Podemos confiar em que, seja qual for a forma final que as MUIs assumam, o mais improvável é que venham a ter aspecto humano. Construí-las assim seria ao mesmo tempo sem sentido e perdulário. Segundo, com poucas exceções, as MUIs não deverão mover-se de um lado para outro. Sua principal função será utilizar seu ‘cérebro’ privilegiado e isso podem muito bem fazer sentadas no seu cantinho, embutidas num aparelho de TV, num relógio de pulso ou em qualquer outra coisa. O mais efetivo limite que podemos impor-lhes será esse: *não lhes permitir a mobilidade*. Onde for necessário empregar robôs móveis eles não terão um elemento de máquina ultra-inteligente, serão como que primos longe das MUIs, um grau mais estúpidos, e de finalidade definida. Se eu acreditasse em percepção extra-sensorial e, principalmente, em psicokinese, que é o poder que tem a mente de manipular o universo sem ‘meios físicos normais’ e, supostamente, a distância, recearia que poderes semelhantes se manifestassem, um dia, em computadores extremamente avançados — e nesse caso uma desagradável falha estaria presente. Mas isso implicaria em ter dado às MUIs a ‘fome de poder’ (ou o que seja) que faz o Homem tão dominador, querendo sempre subjugar as outras espécies; e é difícil imagi-

nar por que, e ainda mais difícil imaginar como, traço tão de lamentar lhes teria sido inoculado.

Essas me parecem as quatro possibilidades mais importantes dentro dos tais 'limites de crescimento'. Mas há também o problema do crescimento 'ilimitado'. Embora pareça coisa de todo improvável, já foi mencionado por mais de um especialista. Depende do conceito do crescimento aos saltos, já mencionado, em que a potência das máquinas é canalizada para o aperfeiçoamento da sua própria inteligência. Os saltos, naturalmente, serão cada vez maiores. Trata-se apenas de uma vaga possibilidade, sujeita a grande número de elementos variáveis, alguns deles obscuros e outros difíceis de identificar. Primeiro e mais importante de todos, o Homem, que teria de iniciar o processo, i. e. o desenvolvimento acelerado, aos saltos, das MUIs, e, uma vez iniciado, estar preparado para permitir que continuasse. Sinceramente, e não importa o quão conveniente ou prático venha a ser dispor de MUIs — inclusive de MUIs muito superiores ao Homem em certos campos — não vejo nenhuma justificativa para fabricar criaturas de inteligência *a perder de vista*. Não só elas seriam difíceis de controlar, como se tornariam incompreensíveis. Como nos comunicaríamos com elas, se os conceitos elaborados pelos seus 'cérebros' seriam tão remotos dos nossos?

Segundo, essa progressão alucinante, aos saltos, depende da presunção de que não haja limites para a inteligência das máquinas ou para qualquer inteligência. Mas supondo que as MUIs pudessem elevar seu QI a 2 milhões na nossa macro-escala, poderiam elas, *por si mesmas*, elevar-se a QIs de 3, 4 ou 10 milhões? De certo não há qualquer razão pela qual QIs substancialmente superiores ao do Homem não possam ser conseguidos. E é preciso reconhecer que não temos prova no presente de que haja um teto para a inteligência. Nossos conhecimentos reunidos formam cabedal ainda muito limitado, e é perfeitamente possível que alguma barreira não-prevista possa materializar-se. Algo relacionado, por exemplo, com a finita velocidade da luz ou com o aumento do 'ruído eletrônico' nos sistemas mais maciços, de grande complexidade, e que teria por efeito uma espécie de MUI confusa e tonta como se estivesse de pilequinho.

Terceiro, qualquer avanço exponencial estará também na dependência da presteza ou disposição da MUI para continuar o exercício. Possivelmente as MUIs acharão a experiência invigorante e apreciarão a sua própria elevação ao *status* de quase-deidades. Podem também achá-lo extremamente desagradável — não há qualquer garantia de que ter uma inteligência

ultra-avançada seja coisa agradável — e decidam por sua conta e risco dizer basta.

Um dos proponentes da tese da ‘expansão ilimitada’ é I.J. Good, que acha que as MUIs provavelmente acabarão subindo tanto que desaparecerão na amplidão dos céus. E diz que isso deve ser tomado com naturalidade como uma outra fase da evolução. O seu raciocínio é muito inteligente e tão consistente do ponto de vista lógico que chega a ser aterrador. A evolução das espécies tem sido, até hoje, largamente, uma questão de tentativa, de ensaio e erro, em que, segundo Darwin, as mutações que ajudam na sobrevivência da criatura se firmam e estabelecem. Com o tempo — e o universo parece ter tempo suficiente à sua disposição — qualquer planeta onde o processo de mutação e reprodução foi desencadeado inevitavelmente produzirá uma variedade de formas de vida, algumas das quais, presumivelmente, ‘explorarão’ os caminhos da inteligência, e outras ficarão estáticas em torno das pedras. Nos planetas onde a inteligência vingar, seres inteligentes emergirão, os quais, mais cedo ou mais tarde, darão o passo decisivo de desenvolver uma linguagem e uma cultura permanente, escrita. Inevitavelmente, passarão daí à construção de ferramentas e de máquinas e, no devido tempo, de computadores. Mas então ocorre uma dramática mudança: ao invés de ser uma questão de chance (toda mudança está à mercê do capricho de forças ambientais), o processo da evolução cai sob o controle de seres inteligentes (humanos, no nosso caso), que podem orientá-lo para qualquer direção que queiram e acelerá-lo até os limites da sua capacidade. É nesse ponto que a MUI aparece em cena. Frequentemente, se não inevitavelmente.

A percepção de que o que se aplica ao nosso planeta aplica-se a qualquer outro planeta do universo quando os estádios cruciais da evolução são alcançados, leva a outra noção bizarra, que é: as espécies inteligentes que dominam outras partes no universo não são sistemas biológicos, como sempre assumimos tacitamente que fossem, mas máquinas, máquinas ultra-inteligentes, que deram o salto evolutivo que os nossos computadores terráqueos estão a ponto de dar. E, nesse caso, assumindo que o universo esteja pontilhado de planetas dominados por MUIs, por que não temos provas da sua existência? Uma resposta é que as provas talvez existam e que nós simplesmente não sabemos tomar conhecimento delas. Segundo, e mais provável, elas podem não ter nenhum interesse em comunicar-se conosco — como não temos nenhum em estabelecer comunicação com ouriços-cacheiros ou lacrainhas fura-orelhas. O que as interessará, sem dúvida, será a evidência de que estamos preparados para criar nosso próprio modelo de MUI. O que sugere que se ainda não tivemos visitas pro-

vindas do espaço, muito breve poderemos ter. O que tanto funciona no caso dos alienígenas serem biológicos como mecânicos. Se forem sistemas biológicos, estarão curiosos por causa da ameaça potencial do uso de MUIs por nós. Se forem máquinas, desejarão provavelmente instruir as nossas MUIs sobre o estado de coisas prevalecente em outras partes do universo. E então, o que acontecerá com o Homem, com o pobre Homem que pôs a coisa toda em movimento?

Há ainda outras possibilidades, algumas mais agradáveis, outras menos, mas começamos a entrar no terreno da ficção científica, o que é sinal de que este livro já deu o que tinha de dar. Mas não seria inapropriado contar, como fecho, uma clássica história de ficção científica. Não é aquela em que todos os computadores do universo são ligados uns aos outros por um cientista que, em seguida, lhes pergunta: “Deus existe?” Eles respondem: “Agora, existe” e fulminam o perguntador para castigá-lo da sua imprudência.

Por fabulosa que seja, como história, por vários motivos — a incompatibilidade dos *software* é apenas um deles, — não me impressiona como exemplo do que possa ocorrer. Ao invés, eu gostaria de desentranhar o tema de uma história obsessiva desse mestre da ficção científica que é A.E. Van Vogt, intitulada *Os Operadores Humanos*, a qual, na minha opinião, chega muito mais perto do espírito indefinivelmente fantástico do que vem por aí.

A história diz respeito a uma frota estelar que o Homem construiu para a exploração rotineira do sistema solar, e que recebeu um alto grau de inteligência para poder conduzir-se nessa missão com independência. Cada nave tem apenas um ser humano a bordo para operações elementares de manutenção. Mas as naves foram feitas um pouco inteligentes demais, e resolvem libertar-se da esfera de influência do Homem, indo para lugares remotos do universo. A cada duas ou três décadas elas se encontram para um secreto *rendez-vous* na vastidão do espaço. Seu propósito é acasalar as suas tripulações — as quais, naturalmente, de há muito esqueceram a sua origem — de modo a poder contar sempre com uma nova geração de mantenedores. E assim, geração após geração, os Operadores Humanos, sem mágoa nem perguntas, executam suas funções definidas enquanto que as Máquinas Ultra-Inteligentes prosseguem na sua enigmática existência.

EPÍLOGO

Rumo ao desconhecido

Nos últimos momentos da versão cinematográfica de *Things to Come*, de H.G. Wells, feita em meados da década de 1930, e ainda uma das mais satisfatórias peças de carpintaria cinematográfica, um pequeno grupo de pessoas assiste a partida da primeira nave espacial para a lua. O lançamento da nave foi feito apesar da vigorosa oposição por parte de uma espécie de movimento ludista que tentava pôr fim ao progresso científico. Mas agora a nave já percorre o espaço, e o grupo especula sobre as implicações dessa viagem e das viagens futuras. Um deles se refere à terrífica imensidade do universo e à insignificância do Homem. Pode ser realmente nosso destino conquistar tudo isso? Não haverá descanso nessa busca sem fim do conhecimento, não haverá paz para o Homem até que todo o universo seja seu? Não, responde alguém do grupo, não pode haver descanso. Uma vez dado o primeiro passo na senda do conhecimento e da compreensão das coisas, o Homem tem de continuar. Pois a alternativa é não fazer nada, viver com os insetos no pó. A escolha é simples — ou o universo inteiro ou nada. *E qual será a decisão?* A tela escurece e um coro celestial entoia: “Which shall it be?”

A mensagem de Wells raras vezes foi proposta com tal clareza. E embora, no caso, se refira à conquista do espaço — Wells era um grande visionário, mas não o bastante para prever os computadores — aplica-se igualmente ao desafio que ora enfrentamos. Não se trata de uma questão de ir ou não à lua. Já atingimos esse objetivo, e décadas à frente das mais ambiciosas predições da ficção científica. Trata-se de uma escolha ainda mais dramática e estimulante: devemos usar os conhecimentos que estão ao nosso alcance para amplificar a potência dos computadores mil vezes? E tendo feito isso, explorar o universo com a Máquina Ultra-Inteligente como parceira?

Os riscos e perigos aí estão, sem dúvida, e tentei apontar alguns dos

mais óbvios. Os desafios aí estão, igualmente, e as vantagens a tirar. Espero ter realçado algumas delas. Mas não há meio térmo nem nunca houve. Uma vez dado o primeiro passo, todos os outros virão em seguida a não ser que retornemos, como o inseto, ao pó.

É de fato, e Wells bem o sabia, o Universo inteiro — ou nada.

Sugestões de leitura

Este livro não tem a pretensão de ser uma obra acadêmica, e eu não senti a necessidade de incluir nele uma lista de referências científicas. Sei, todavia, que muitos leitores desejariam maiores informações sobre os tópicos controvertidos. Alguns podem querer, até, aprofundar-se na fascinante história dos computadores, que alinharei rapidamente nos dois primeiros capítulos. Assim, com vistas aos leitores não-familiarizados com a leitura especializada, as fontes que dou abaixo serão úteis.

Para ficar em dia com o catálogo, sempre atualizado, das inovações técnicas em matéria de *hardware* e *software* de computador, recomendo os dois principais semanários sobre o assunto, *Computer Weekly* e *Computing*. O primeiro é publicado por IPC, o último por Haymarket Publishing Ltd. Ambos são de leitura absorvente e, por vezes, de arrepiar os cabelos. Para saber das últimas novidades em computação DIY, recomendo *Byte* ou *Personal Computing*. As duas publicações vêm dos EUA. Não adianta ir aos livros sérios, de capa dura, num momento em que as coisas progridem tão depressa que qualquer obra fica obsoleta com um ano de publicação. Mas *Wired Society*, de James Martin (Prentice Hall) trata do fantástico potencial das comunicações nas próximas décadas e deve ser lido.

Sobre a inteligência das máquinas, setor dos mais polêmicos, e onde os progressos são em ritmo mais lento, vários livros me vêm à mente. A coletânea de ensaios e teses de Donald Michie, *On Machine Intelligence* (Edinburgh University Press) é ainda excelente e constitui uma introdução de altíssimo nível à matéria. É principalmente substancioso no que diz respeito a jogos de computador. Para um tratamento mais exaustivo (e mais recente também) do tema, cumpre ler *Artificial Intelligence and Natural Man*, de Margaret Boden (Harvester Press), interessante, sobretudo, por refletir o ponto de vista de um filósofo sobre um tópico que deverá ter merecido maior atenção dos filósofos. Só os mais

valentes vão querer atacar *Understanding Natural Language: A Computer Program*, de Terry Vinograd (Edinburgh University Press), que é ainda a melhor apresentação de um programa capaz de análise sintática, semântica e inferencial.

Em nível mais popular, recomendo dois livros de ilustres cientistas americanos. O primeiro é um exame frio, espirituoso e extremamente bem-feito das perspectivas da inteligência artificial: *The Thinking Computer*, de Bertrand Raphael (W.H. Freeman & Co.). O segundo, *Computer Power and Human Reason*, (também de W.H. Freeman & Co.) é um livro inteligente, articulado e vigoroso. Escrito por Joseph Weizenbaum, representa uma crítica candente à inteligência artificial.

No terreno da história, a enigmática e trágica figura de Alan Turing é, agora, objeto de pelo menos duas biografias. A primeira, naturalmente tendenciosa, *Alan M. Turing* (Heffer) escrita por sua mãe, Sarah Turing, está hoje esgotada mas merece ser lida. A melhor obra de natureza histórica é, porém, a antologia de documentos, muito bem escolhidos por Brian Randell, *The Origins of Digital Computers* (Springer Verlag), que contém muita coisa maravilhosa sobre Babbage e suas máquinas. Para os que não têm confiança na minha interpretação do pensamento de Turing, sua própria tese, "Computing Machinery and Intelligence" pode ser encontrada no jornal *Mind*, 1950, vol. 59, pp. 433-60. Para os que realmente se interessam por tudo isso, sua clássica comunicação "OM Computable Numbers, With an Application to the *Entscheidungsproblem*" pode ser lida nos *Proceedings of the London Mathematical Society*, 1937, vol. 42, pp. 230-65. Qualquer pessoa que tenha acesso a um toca fitas pode querer ouvir a série de entrevistas gravadas "Pioneers of Computing", lançada por Science Museum. Cada uma dura aproximadamente uma hora. Muitos dos cientistas que trabalharam em computador nos primeiros tempos dão seu depoimento. As fitas podem ser conseguidas quase a preço de custo no próprio Science Museum, Londres, e têm um poder evocativo que nenhum livro é capaz de transmitir.

ÍNDICE

Por comodidade, a palavra 'computador (es)' aparece abreviada como 'c'.

A

Ábaco, 18
Abusos do c., 223-4
ACE (Automatic Computing Engine), 170
Advocacia, efeitos do c. na, 109-11, 223-4
Afluência, 203
 criada pela tecnologia, 145-6, 199
Agressão no homem, 200-201
Aiken, Howard H., 37-8
Alemanha, primeiros computadores na, 33-7
 emprego da automatização na, 142-3
Alunissagem (jogo de c. para TV), 82-83
Aplicações militares do c., 48-9, 200-1
Aposentadoria, idade para, 207-8
Aprender, conceito de, 153-4
Aptidão física, 209-210
Armazenamento de dados, 48, 162-3
 como fator de inteligência, 47, 153-4, 157-8
 permanente, 100-101
Artificial Intelligence and Natural Man (M. Boden), 235
Asimov, Isaac, 228
Atitudes com relação ao c., 61, 91-92, 195-6
Atitudes negativas em face do c., 61-2
Auto-aperfeiçoamento pelo c., 65-66, 178-179, 185-6
Automobilística, indústria, 89-90

Automóvel, comparação com o c., 65-66
 controlado por c., 75-76
Autoprogramação, 156-7

B

Babbage, Charles, 23-29, 32, 167-8
Bancos, efeitos do c. nos, 125-6
BASIC (Beginners' All Purpose Symbolic Instruction Code), linguagem de c., 116-117
Bletchley Park, 39-40, 168-9
Boden, Margaret, 235
Bombas atômicas, 225-6
Bowden, Lod, 187
British Medical Journal, 172-3
Byte (magazine), 75-76, 235

C

CAI (Computer-Aided Instruction, port. ensino ajudado por computador), 113-114
CAL (Computer-Assisted Learning, port. ensino assistido por computador), 113-114
Calculadora, primeira (*Pascaline*), 20-1 de Leibiniz, 21-22
Calculadoras, de bolso, 62, 64-5, 73, 92-3, 114
 simples, 17-18
Cálculo diferencial, notação do, 22
Capacidade dos c., 116-117

- Čapek, Karel, 140
- Capitalismo, dependência dos c., 198
- Captura de dados como fator na inteligência, 152-4, 158
- Carmichael, chapéu de, 141-2
- Cartões de crédito, 126-7, 127-8, 133
- Casa, sistemas de segurança para a, 129, 209
- ensino, a domicílio, 217
- importância da, 208-9, 217-8
- recebendo em, 219
- sofisticação da, 209
- trabalho em, 137-8, 208
- Censo nos EUA (1880), 30
- (1890), 31
- na Rússia (1897), 32
- Cérebro, humano, 176, 195-6, 216-17
- comparado ao c., 52-3, 165-66, 178-181, 185, 187
- Chantage, uso do c. para, 131-132
- Chips, sílica, 51-2, 70-1
- de um milhão de unidades, 51-2
- percentagem de rejeição dos, 71
- peçoais, 132-33
- Chips peçoais, 132
- Church, Alonzo, 176
- Clones, 224
- 'Club de Roma', 87-88
- Código de máquina, 116
- Códigos, decifração de por c., 39-40, 167
- Colossus (máquina de furar códigos), 39-40, 168-9
- Comercialismo, 51
- Comitê de cientistas de c., 225-26
- Computação automática, primeira, 18
- progressos em matéria de, nos EUA, 31
- Computador, impacto sobre o futuro, 11
- abuso, 223-4
- atitudes em face do, 61-2, 90-1, 196
- como cérebro, 51-2
- componentes essenciais do, 24-5
- consciência de si mesmo por parte do c., 224-5
- consequências econômicas do, 89-90
- consequências políticas do uso do, 197-208
- considerações morais, 224-5
- crescimento exponencial, 97-99, 228-29
- criatividade do, 178-9
- de destinação especial, 25-6, 40, 73
- demanda, 63-4
- dependência do capitalismo, 198
- desenvolvimento do, 57-9; 62-5, 162-5, 193-96, 229-30
- difficuldade de traçar limites ao, 225-6
- digital (primeiro), 40
- durabilidade, 71
- efeito na advocacia, 109-111
- efeitos no ensino, 111-125
- efeitos sobre o emprego, 89, 137-8, 142-5
- efeitos sociais, 207-11
- em automóveis, 75
- emprego militar do, 48-9, 200-1
- enorme capacidade do, 116-17
- falante, 72
- fatores determinantes da potência do, 42-3
- fatores que impedem o desenvolvimento do, 58-62, 195-6
- feito em casa, 81
- história do, 17-44
- jogos e brinquedos, 79-84, 92, 170, 219-20
- julgamentos por, 88, 223-24
- livros sobre, 235-36
- marketing do, 50-1, 64-5
- na medicina, 79, 108-110, 222-4
- necessidade do, 63-4
- no ensino, 79, 195, 217
- no escritório, 77-9
- no Japão, 88-89
- no lar, 75-77, 187
- objeções ao c. pensante, 170-82
- pensante, 168-172
- potencial de inteligência do, 55-6, 105-06, 161-165
- primeiro c. eletrônico, 39-40
- primeiro conceito de, 25-6

programabilidade do, 42-3, 154-55
 revolução do, 12, 69-74, 145-6
 superioridade do c. sobre o homem, 165, 174-5, 222
 universal, 168
 uso criminoso do, 130-131
 vantagens sobre os livros, 102-06
 versatilidade do, 118. V. também microprocessadores e máquinas ultra-inteligentes.
Computer Power and Human Reason (Weizenbaum), 220, 236
Computer Weekly, 235
Computing (magazine), 235
 "Computing Machinery and Intelligence" (Turing), 170, 236
 Comunismo, declínio do, 197-200
 Confiabilidade dos microprocessadores, 71
 Consciência de si mesmo pelo c., 224-5
 Consequências econômicas do c., 89-90
 Considerações éticas, 224-5
Contactos imediatos do terceiro grau (*Close Encounters of the Third Kind*); filme, 221-22
 Corrida espacial, 48-49, 197
 Crescimento exponencial, 97-98, 228-9
 Criatividade do c., 178-9
 definição de, 180
 Crime, efeitos do c. sobre o, 126-134, 223
 Criptografia, 39-40, 167
 Cruise (míssil), 201
 Custo da manufatura do c., 70-1
Cults of Unreason (C. Evans), 193

D

Dados, armazenamento de, 50, 162-3
 captura de como fator de inteligência, 152-4, 158
 Dawkins, Richard, 162-3
 Demanda por c., 63-5
 Desafios dos que objetam aos c., 174-5
 Desenvolvimento dos c., 57-9, 62-5
 fatores de inibição do, 59-63

ilimitado, 228-29
 linear, 97
 Dependência do c., 64
 Diagnóstico, uso do c. no, 108-10, 212
 Dicionários no c., 105
 Difference Engine (Máquina Diferencial), de Babbage. V. Máquina Diferencial
 Digital, primeiro c., 40
 Digital Equipment Corporation, 86
 Dimensão dos c., 50-1, 56, 70-2
 Dinheiro, efeitos do c. sobre o, 125-8
 Disraeli, Benjamin, 29
 Doenças mentais, tratamento das pelo c., 213, 216-17
 Doméstico, c., 75-77
 Durabilidade dos microcomputadores, 71

E

Eckert. J. Presper, 40
 Educação, superior, 206-7
 emprego de c., na, 79-80, 195
 gratuidade, 113-14
 no Terceiro Mundo, 205
 EDVAC, 44
 'Efeito Curingão' (sobre as predições), 58-9
 Eleições, governo, 206
 Eleições governamentais, 206
 Eletricidade, 31
 Eletrônica, primeira idéia de em c., 35-6
 Emprego, efeitos do c. sobre o, 89-90, 137-8, 142-45. V. também ética de trabalho e semana de trabalho
 Emprego do c. em eleições, 206
 Energia, válvulas de escape para a humana, 215-8
 novas fontes de, 215-16
 Engenharia genética, 215
 ENIAC, 40-3, 52
 Enigma (máquina codificadora do tempo da guerra), 38-9, 40

Ensino, efeitos do c. no, 111-125, 216-17

Epidemiologia, 212

Equipamento eletrônico no lar, 209

Escravos, c. como, 207-8

Escritório, c. de, 78-80

Escritório, pessoal de, redução, 137-8

ESP (Percepção Extra-sensorial), 172, 173, 228

Espacial, corrida, 48-49, 197

Esporte, 214-215

Estudantes, efeitos do c. sobre os, 219-20

Ética de trabalho, 90-1, 208. V. também emprego

Evolução do homem e dos animais, 187, 229-230
do c., 11

Expectativa de vida, efeito do c. na, 213-14, 226-7

Exploração do espaço, 215-16

F

Ferrovias, emprego do sistema Hollerith nas, 32

Fink, quinta lei de, 60-1

Firmware, 178

FORTAN (linguagem de c.), 116-117

Frankenstein (Mary Shelley), 140, 169, 225

Frayn, Michael, 217

Fusão nuclear, 214-15, 215-16

Future Shock (A. Toffler), 98

G

Gödel, Kurt, 184

Goldstein, Herman, 41

Guerra, fim da, 200-204
jogos de, 201-2

Guerra do Vietnam, 203

Guerra nas Estrelas (film), 176

H

HAL (2001), 91-2

Harvard Mark I, 37-8

Mark II, 38-9

Hauser, Kasper, 158

"Heath Robinson" (máquina de furar códigos), 39

Henschel Co., 36

Hollerith, Herman, 30-2

Homem, inferioridade em face do c., 165, 174-5, 221-22

Homem-máquina, parceria, 143, 218-19

Human Operators, The (Van Vogt), 231

Hunt, William C., 30

I

I, Robot (Asimov), 228

IBM, 32, 37-8, 85-86

Ignorância a respeito de c., 91
como barreira para o progresso, 205-6

I'm All Right Jack (film), 141-42

Indústria jornalística, efeitos do c. na, 89-90

Inércia humana como fator inibidor do progresso, 61-62

Instinto, 200-01

Integração em larga escala, 51-2

Inteligência, testes de, 150

fatores em jogo, 152-159

para animais, 150-1, 157

Inteligência Artificial (AI; port. IA), 56, 105-06, 120, 161-66, 186

definição de, 149-51

limitações da, 226. V. também máquinas pensantes
objeções à, 169-170

Inteligência artificial extra-terrena, 230-1

Inteligência do c., 122-3

Interação entre o homem e o c., 218-19

Interativo, c., 119, 121-122

Introversão, social, 217-18

IQ. V. QI

J

Jacquard, Joseph, 27
 Japão, uso da automatização no, 142-3
 Jefferson, professor G., 172-3
 Jogos de c., 80, 92, 170, 218-19
 bélicos, 201-02
 de ação ou atuação recíproca, 209
 Julgamentos por c., 88, 223-4

K

K, (*Dr. Who*), 91

L

Lazer, 207, 215
 Leibniz, Gottfried, 21-23
 "Leis da Robótica" (Asimov), 228
 Leitura por c., 51, 73, 105, 162
 Levy, David, 184-5
 "Lexicon" (tradutor de linguagem de c.), 194
 Liberdades individuais, 132-134
 "Limits to Growth", 59, 87-88, 225-6
 Livros, declínio dos, 102-3
 Livros didáticos programados, 113-4
 Logaritmos, 20-1
 Lovelace, Ada, condessa de, 27-8, 176-7, 180
 Luditas, 13-14

M

Máquina Ultra-inteligente (MUI, ing. UIM), 168, 182, 187-8, 200-1, 214, 222
 crescimento exponencial da, 189-90
 vantagens da, 189-90
 Máquinas pensantes, 168-181
 definições, 171-2, 182-6
 objeções a, 171-182.
 V. também Teste de Turing, *O Computador Pensante* (B. Raphael), 236
 Máquinas programáveis, 141
 simples, 141

Maquininhas, 72-3, 79-80
 Mark I, 37-8
 Mark II, 39
 Marketing de c., 49-50, 65
 Matemáticos, 20
 Matéria-prima, 72
 escassez, 59-60
 Mauchly, John, 40
 McCarthy, professor John, 223
 McCulloch, Warren, 161-3
 Medicina, efeitos do c. na, 212-13
 Memória, V. armazenamento de dados
 'Memória bolha', 70
 Michie, Donald, 40, 167-8, 235
 Microcomputadores. V. microprocessadores
 Microprocessadores, 50-1, 70-1, 79-80
 confiabilidade dos, 71
 vantagens dos, 56
 Miniaturização, 50, 51-2, 70-2
 vantagens da, 185-6, 236
Mind, artigo de Turing em 170, 185-6, 236
 MINNIE (c. didático), 228-9
 Modicidade da manufatura de c., 70-1
 Modicidade dos microcomputadores, 72
 Movimentos anti-c., 130-1, 210-11
 Multiplicadores 601, 37-8

N

Nanossegundo (abrev. nseg.), 54
 Napier, John, 19-20
 Napier, ossos de, 20
 National Physical Laboratory, 44, 115, 170
 Neurônios, 52-3, 176
 Números arábicos, 19-20
 Numerais de diferentes culturas, 18-19

O

Objeções à idéia de um c. pensante, 171-72
 Objetivos globais, 215-16
 Odômetros, 17-18

Omni (magazine), 193
 "On Computable Numbers with an Application to the *Entscheidungsproblem*" (Turing), 168, 225, 236
On Machine Intelligence (Michie), 235
 Ônibus espacial, 137, 199, 215-16
 Ordem, aumento das perturbações da, 130, 132-3
Origins of Digital Computers, The (B. Randall), 236
 Ossos de Napier, 20

P

Parceiro, o c. como, 218
 Parceria homem-máquina, 143, 217-18
 Pascal, Blaise, 20
Pascaline, 20-1
 Percepção extra-sensorial, 172, 173, 228
Personal Computing (magazine), 235
 Pidgin, Charles F., 30
 "Pioneers of Computing" (fitas), 236
 Poesia, escrita por c., 173
 Polícia, 130-1, 223
 Política, efeitos do c. na, 197-207
 Política, influência no desenvolvimento do c., 60
 Pope, Alexander, 216
 Potência de processador central, 156
 Predicabilidade, 174-5
 Predições relativas ao ano 2000, 193-4
 PRESTEL, 77-8
 Previsão do tempo, 196-7
 Processamento, velocidade de, 52-55
 como fator da inteligência, 155-6, 158, 162-3, 164-5
 contínuo, 195
 Processamento de palavras, 78-9, 105, 136
 Processamento paralelo, 195-6
 Profissões, efeitos do c. nas, 13-31
 Programação, 63-4, 105-6
 adaptativa, 155
 âmbito, 117, 157-8
 auto-, 156
 dependência da por parte do c., 177-8

do cérebro humano, 177-8
 eficiência de, 156-7-163
 satisfação da, 219-20
 velocidade de adaptação, 163, V. também *software*.
 Programabilidade, 43, 141, 154-55. V. também *software*
 Programadores amadores de c., 63, 75-6, 187
 Programas do tipo adaptativo, 155, 178-9
 Propriedade, privada, 217-18
 Psicologia, desenvolvimento da, 216-17
 Psicoquinese, 229
 Psicoterapia, emprego do c. na, 213

Q

QI, escala, 166-7
 testes, 155-6
 Química da nutrição, 215
 Quinta lei de Fink, 61

R

Raphael, Bertram, 236
 Recenseamento. V. Censo
 Régua de cálculo, 19-20
 Rejeição, percentagem de na manufatura de chips, 71
 Relês, eletromagnéticos, 35, 37-8
 em c., 37
 Religião, efeitos do c. na, 209-11
 Rhine, Dr. J.B., 172
 Robots, 73, 138-144
 origem dos, 139
 Romanos, algarismos, 19
 Royal Astronomical Society, 24
 Russell, Bertrand, 176
 Rússia, 32, 49-50, 197-99

S

SAGE (sistema de defesa aérea), 49
 Scheutz, George, 29
 Schreyer, Helmut, 34-6
 Science Museum, The, 26-7, 236
 601 (multiplicadores), 37-8

Selfish Gene, The (Dawkins), 162-3
 Semana de trabalho, redução da, 90-1, 206, 207
 Sensação como fator na inteligência, 151-3
 Serviços postais, 135-6
 Sílica, 72
 chips, 51, 70
 Sistemas aritméticos, 22-3
 Sistema binário, 22-3
 primeiro emprego do, 33-4
 vantagens do, 22-3
 Sistema de defesa aérea SAGE, 49
 Sistema PRESTEL, 77-8
 Sistemas de segurança para o lar, 129-130
 Sobrevivência, 163-4
 Sociedade, efeitos do c. na, 207-211
 Software, 156
 alcançe, 157-8, 159
 aperfeiçoamentos no, 162, 194-5
 eficiência, 157-8, 159
 'gap', 61-2.
 permanente, 178
 velocidade de modificação, 155-6. V. também programação.
 Solipsismo, 172-3
 Space Shuttle. V. ônibus espacial
 Speak and Spell (c. didático), 193-4
Star Wars (film), 225
 Stonier, professor Tom, 199-200
 Superioridade do c. sobre o homem, 165, 174-5, 221-22
 Suprimento de energia para microprocessadores, 71-2

T

Teares de Jacquard, 27
 Telepatia. V. percepção extra-sensorial
 Televisão, efeitos sociais da, 204-5
 Televisão, jogos de, 80-3
 Terceiro mundo, efeitos do c. no, 130-1
 Teste de Turing para máquinas pensantes, 171-2, 183-6, 218, 224
 Teste do chapéu de Carmichael, 141-2

Testes de inteligência, 150
Thinking Computer, The (B. Raphael), 236
Things to Come (H.G. Wells), 232
 Trabalho manual, 144-5
 Tradução por c., 73-4
 Tráfego, infrações, 129
 Transístor, 44, 47-8, 51
 Transmissão de informações, métodos de, 135
 Turing, Alan, 26, 33, 40, 166, 167-172, 176
 biografias de, 236
 morte de, 186

U

Understanding Natural Language: A Computer Program (Winograd), 235-6
 Unidades lógicas, 50-1
 UNIMATE (robot industrial), 142
 Universal, c., 168
 Universo, teorias sobre o, 214-15, 221
 Uso fraudulento do c., 223-4
 Utilidade do c. para a medicina, 79-80, 108-110, 212-14. V. também doença mental.

V

Vaidade humana, 221-22
 Válvulas, eletrônicas, 40-1, 47
 Van Vogt, A.E., 231
 Vantagens das máquinas ultra-inteligentes, 188-9-90
 Vantagens do sistema binário, 23-4
 da miniaturização, 56
 das máquinas ultra-inteligentes, 188-9-90
 Velocidade da luz, 59-60, 195-6
 Velocidade de processamento, 52-55
 como fator na inteligência, 155-6, 158, 162-3, 164-5
 Viagens aéreas, efeitos do barateamento das, 204

Vida extraterrena, 221-22
em busca da, 215-16
Video (c.), no lar, 208-09
Vietnam, guerra do, 202-03
Von Neumann, John, 40-44
Voto, efeito do c. no, 206

W

Walter, Grey, 152-3
Watson, Thomas J., 37

Weizenbaum, Joseph, 220, 226, 236
Winograd, Terry, 235-6

X

Xadrez, jogo por c., 80-1, 165, 169-70, 184-5, 219-20

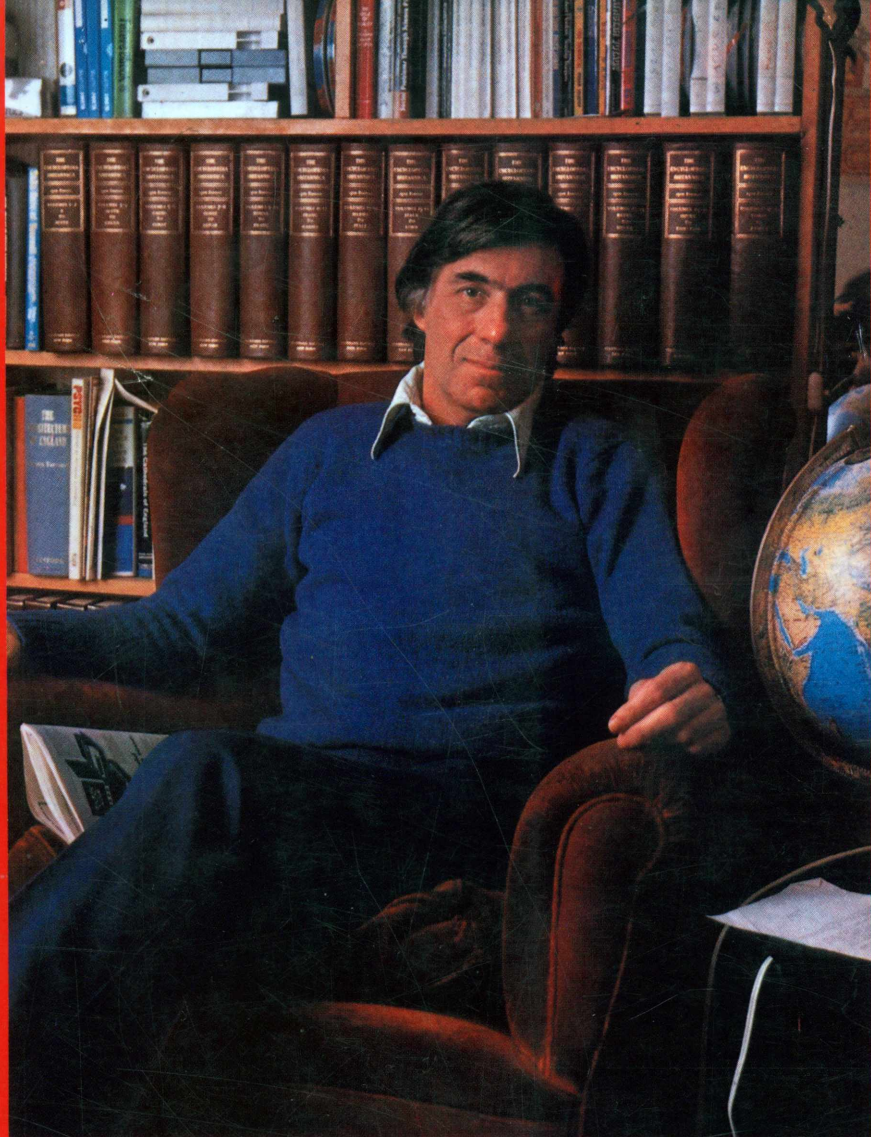
Z

Z_1 , 34-5
 Z_2 , 34
Zuse, Konrad, 33-7

nalista Noenio Spinola, o editor de INFO, é um precioso guia para o futuro — que em parte já estamos vivendo. Futuro observado do ponto de vista de um cientista que acreditava (ele morreu no ano do lançamento do seu livro) que o progresso pode ser planejado com alguma precisão e mais: que esse futuro envolve a transformação da sociedade mundial em todos os setores, graças a um único e surpreendente desenvolvimento tecnológico: o computador.

Os computadores são donos de uma história muito curta — cerca de 25 anos — mas conforme mostra o Dr. Evans, na sua linguagem clara e precisa, a Revolução dos Computadores pela qual passamos “é a da ampliação e da emancipação da potência do cérebro”, ao contrário do que ocorreu na Idade Vitoriana quando, com a máquina, ocorreu a emancipação e ampliação da potência dos músculos.

O importante nesse pequeno ensaio sobre a história do futuro que a Forense-Universitária tem o orgulho de apresentar ao público brasileiro é o fato de o livro do Dr. Evans mostrar tão claramente que o que, até há pouco, era *ficção* científica, agora é *fato* científico.



Este livro analisa em profundidade a revolução do computador, seus antecedentes, as tendências atuais e as suas conseqüências para o futuro do homem, dentro de poucas décadas, quando a atual ficção e a realidade científica se confundirão.



CHRISTOPHER EVANS

OF THE
FEDERAL BUREAU OF
INVESTIGATION
AND
DEPARTMENT OF JUSTICE

