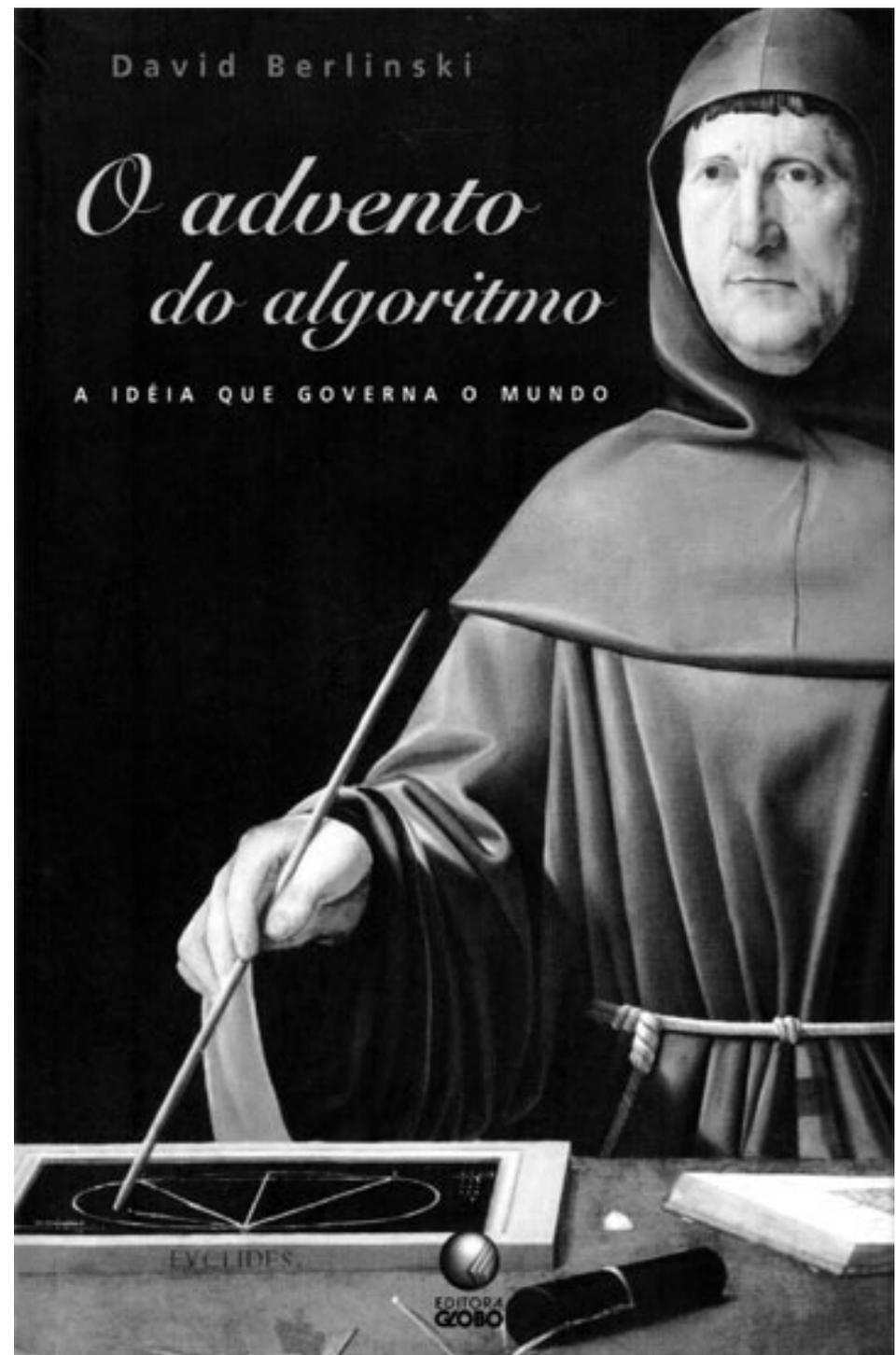


David Berlinski

O advento do algoritmo

A IDÉIA QUE GOVERNA O MUNDO



"DUAS IDÉIAS BRILHANTES sobre o veludo do joalheiro. A primeira é o cálculo, a segunda, o algoritmo." Assim começa este livro de David Berlinski. O cálculo é a idéia que tornou a ciência moderna possível – e o algoritmo, que Berlinski brilhantemente descreve aqui, é a idéia de um procedimento efetivo que tornou possível o mundo moderno. Depois do bem-sucedido *A Tour of the Calculus*, *O advento do algoritmo* completa a monumental tarefa de Berlinski: explicar para o leitor comum as idéias que criaram nosso mundo.

Enquanto o cálculo é um assunto que intimidou gerações de estudantes, o algoritmo é uma idéia relativamente nova, virtualmente desconhecida exceto pelos amantes da informática. Assim, para os milhões de pessoas cujas vidas são regularmente transformadas, enriquecidas e reguladas pelos computadores, aqui temos a história da busca e a descoberta do algoritmo – o conjunto de instruções que faz funcionar os computadores. Tão simples quanto a primeira receita e tão impalpável quanto o *quark* ou o *glúon*, o algoritmo foi descoberto por uma sucessão de lógicos e matemáticos que trabalhavam sozinhos e na obscuridade na primeira metade do século XX. Esses homens são os patriarcas dos computadores. Sua história, contada de modo muito elegante, e suas descobertas, explicadas de ma-

neira bastante clara, fazem de *O advento do algoritmo* o livro do Gênesis da revolução dos computadores. Leibniz, Gödel, Hilbert, Turing: mesmo que você esteja familiarizado com alguns desses nomes, depois de ler *O advento do algoritmo* vai conhecer esses cientistas, compreender sua genialidade e apreciar a grandeza teórica assim como a grandeza prática do algoritmo.



WRITERS HOUSE

DAVID BERLINSKI é autor de três romances e cinco obras de não-ficção. O mais recente é o best-seller *A Tour of the Calculus*. Berlinski doutorou-se pela Universidade de Princeton e contribui regularmente na revista *Commentary*. Seus ensaios sobre o darwinismo e o "big-bang" ficaram famosos. Também escreve para a *Forbes* ASAP. Mora em Paris.

PREFÁCIO

O BUROCRATA DIGITAL

HÁ MAIS DE SESENTA ANOS, lógicos matemáticos, ao definirem precisamente o conceito de algoritmo, deram substância à antiga concepção humana de um processo eficaz de cálculo. Essas definições levaram à criação do computador digital, um exemplo interessante de pensamento a subjugar a matéria para seus próprios fins.

O primeiro computador surgiu nos anos 1940 e, como certos insetos em estado de crisálida, materializou-se primeiro como uma curiosidade e, depois, nos anos 1950 e 1960, como um espectro. Em uma famosa caricatura no *New Yorker*, um computador, quando indagado sobre a existência ou não de um Deus, respondeu que *agora* existia um. Ainda temos a impressão de que, como o aprendiz de feiticheiro, apropriamo-nos de um invento que não compreendemos nem podemos controlar, mas, curiosamente, à medida que o computador digital ficava mais poderoso, também se tornava menos intimidador. Depois do desaparecimento de várias de suas encar-

nações anteriores, o computador assumiu o papel que lhe estava destinado. É essencialmente um dispositivo operacional, que serve para amplificar os balbucios inaudíveis de necessidades humanas, indispensável sem ser inestimável.

O computador digital é uma máquina e, como qualquer objeto, um prisioneiro ao fim de áridas leis da termodinâmica. Quando o tempo acaba, o combustível acaba também. Da mesma forma que o programador de computador martelando em um teclado com a ponta de dois dedos tensos. Como todos nós. Mas um algoritmo é outra coisa. Ocupando o espaço entre a agulhada do desejo e a resultante bolha de satisfação, é um instrumento abstrato de coordenação, que fornece os procedimentos para várias finalidades. Feito de sinais e símbolos, os algoritmos, como os pensamentos, vivem em um mundo além do tempo.

Todo computador se divide entre hardware e software, a máquina hospedeira de seu algoritmo, o ser humano de sua mente. Não é de surpreender que homens e mulheres tenham feito o que os computadores agora fazem muito antes que eles pudessem fazer qualquer coisa. A dissociação entre mente e matéria nos homens e nas máquinas é notável; sugere que quase toda organização estável e confiável de objetos pode executar um algoritmo e, portanto, ter alguma forma de inteligência.

Quanto a isto, o aparato do moderno computador digital é conveniente, mas dispensável. Compreender esta questão é praticamente confirmá-la de imediato. Afinal, o que é a burocracia além de uma organização social que, pelo menos desde o tempo dos antigos chineses, tem pacientemente se incumbido da execução de algoritmos complicados?

Se uma burocracia se parece com um computador no nível da organização social, a célula viva, se é que se parece com qualquer

coisa de nossa experiência, se parece com um computador no nível da organização molecular. A metáfora é inevitável e poucos biólogos conseguiram resistir a ela, por bons motivos. Nenhuma outra metáfora transmite as complexidades da replicação, transcrição e tradução celulares; e, que saibamos, nada além do algoritmo consegue dar conta das moléculas biológicas.

Essas reflexões podem indicar que o computador digital não representa a brilhante novidade na experiência humana que geralmente se imagina. Embora verdadeira, esta conclusão é, evidentemente, tranquilizadora demais para ser totalmente verdadeira. Há uma considerável diferença entre a execução de um algoritmo por uma burocracia social ou mesmo por uma célula bacteriana e a execução de um algoritmo por um computador digital. Depois de levarem o conceito de algoritmo à autoconsciência, os lógicos tornaram possível a criação de algoritmos de poder, elegância, concisão e confiabilidade inigualáveis. Um computador digital pode muito bem fazer o que um burocrata fazia, mas o faz com incrível rapidez, já que possui uma habilidade notável de comprimir o lento fluxo do tempo. Isto fez toda a diferença do mundo.

Quinhentos anos se passaram desde que Fernão de Magalhães deu a volta ao mundo, e o sol ainda se levanta como um raio a leste da China; no entanto, a velha e ranzinza percepção física de um mundo que deve ser circunavegado fisicamente para que ocorra uma troca entre seres humanos – isto desapareceu. A aurora beija os continentes um por um e, ao fazê-lo, uma série de comunicações codificadas se precipita pela superfície da Terra, retransmitida de ponto a ponto por cabos de fibra ótica, ou saltando sob forma triangular da Terra para satélites síncronos, serenos no céu sem nuvens. Há boas notícias em Lisboa e más notícias em Seul, ou vice-versa; montanhistas chegam ao cume do K2, mandam men-

sagens para suas esposas temerosas e depois vão dormir; *laptops* emitem sinais até extinguir as baterias (e seus donos); existem dados por toda parte, e informações sobre todos os assuntos imagináveis: o modo como as passas são feitas no Sudão, a história da última dinastia Sung, números de telefone de sadomasoquistas de Los Angeles, e fotos também. Um homem pode ser açoitado, flagelado e revistado sem jamais sair do ciberespaço; pode satisfazer a curiosidade ou os apetites, ler muita literatura francesa, declinar verbos em sânscrito ou examinar uma edição bilíngüe da *Ilíada* e descobrir a palavra grega que significa “greva” ou “afligir”; pode explorar as águas costeiras de Cap Ferrat – meio acinzentadas por causa da poluição, pelo que me lembro – ou ver o local onde estão enterrados tesouros no mar cor de vinho escuro ao longo da costa de Creta. Pode providenciar sua própria cremação pela Internet ou procurar remédios para doenças obscuras; pode entrar em contato com assembleias de bruxas da Carolina do Sul, ou trocar mensagens com grupos de *chat* que acreditam que a princesa Diana foi assassinada de acordo com instruções da Casa de Windsor, e que a própria rainha-mãe, velha e demente, deu a ordem que selou seu destino. A despeito de todos os grandes sonhos investidos em vão no computador digital, mesmo assim é verdade que, desde que os arquitetos da Constituição norte-americana levaram a sério a idéia de que todos os homens são criados iguais, nenhuma outra idéia transformou tanto as condições materiais da vida, as expectativas da raça humana.

INTRODUÇÃO

O VELUDO DO JOALHEIRO

DUAS IDÉIAS BRILHAM sobre o veludo do joalheiro. A primeira é o cálculo, a segunda, o algoritmo. O cálculo e o rico corpo de análise matemática à qual ele deu origem tornaram a ciência moderna possível; mas foi o algoritmo que tornou possível o mundo moderno.

As duas idéias são totalmente diferentes. O cálculo serve à visão majestosa da física matemática. É uma visão na qual se mostra que os verdadeiros elementos do mundo são seus componentes elementares: partículas, forças, campos, ou mesmo uma estranha combinação amalgamada de espaço e tempo. Usando a linguagem da matemática, um único conjunto de leis temerosamente comprimidas descreve sua natureza secreta. O universo que emerge desta descrição é alienígena, indiferente aos desejos humanos.

A grande era da física matemática acabou. O esforço de trezentos anos para representar o mundo material em termos matemáticos se exauriu. A compreensão que devia ter proporcionado está

infinitamente mais próxima do que estava quando Isaac Newton escreveu sua obra, no fim do século XVII, mas ainda está infinitamente distante.

Uma pessoa envelhece enquanto outra nasce, e se o tempo deixa de lado uma idéia, ele o faz acolhendo outra. O algoritmo agora ocupa um lugar central na nossa imaginação. É a segunda grande idéia científica do Ocidente. Não há uma terceira.

Um algoritmo é um *procedimento eficaz*, um modo de fazer uma coisa em um número finito de passos discretos. A matemática clássica é, em parte, o estudo de determinados algoritmos. Na álgebra elementar, por exemplo, os números são substituídos por letras para que se alcance um certo grau de generalidade. Os símbolos são manipulados por meio de regras seguras, práticas. O produto de $(a + b)$ e $(a + b)$ é obtido da seguinte forma: *primeiramente*, a é multiplicado por si mesmo; como *segundo* passo, a é multiplicado por b duas vezes; e, em *terceiro* lugar, b é multiplicado por si mesmo. Os resultados são *então* somados. O resultado é $a^2 + 2ab + b^2$, e é só. Uma máquina poderia executar os passos apropriados. Uma máquina *pode* executar os passos apropriados. Não envolve perícia. E a perícia não é necessária.

No mundo de onde surge a matemática e para o qual o matemático, como nós, deve voltar, um algoritmo, por assim dizer, é um conjunto de regras, uma receita, uma prescrição para a ação, um guia, uma diretiva concatenada e controlada, uma intimação, um código, um esforço feito para jogar um complexo xale verbal sobre o caos inarticulado da vida.

Meu caro rapaz, começa Lorde Chesterfield, dirigindo-se a seu filho morgânico, em uma série extraordinária de cartas notavelmente detalhadas, sensatas, espirituosas e, vez ou outra, ternas, com homilias e exortações transmitidas em inglês, francês, latim e grego.

O caro rapaz é exortado a *limpar* bem os dentes, *lavar* a roupa de cama, *administrar* bem suas finanças e a *disciplinar* seu gênio; é lembrado de que precisa *cultivar* as artes sociais e *adquirir* a arte da conversação e os elementos da dança; de que deve, acima de tudo, *aprender* a agradar. As elegantes cartas prosseguem interminavelmente, em um tom no mínimo pesaroso, já que Lorde Chesterfield devia saber que estava pregando no deserto, pois seu filho era um jovem estúpido, cheio de acne, um tanto apalermado, cujo desejo era de que seu refinado pai, pelo amor de Deus, parasse de ficar martelando persistentemente em meio a seu impenitente silêncio.

O mundo que o algoritmo torna possível é por natureza inverso ao mundo da física matemática. Seus objetos teóricos fundamentais são *símbolos*, e não múons, glúons, *quarks* ou o espaço e o tempo fundidos em um nó flexível. Algoritmos são artefatos humanos. Pertencem ao mundo da memória e do significado, desejo e propósito. A idéia de algoritmo é tão velha quanto as montanhas erodidas, mas é também astuta e se disfarça sob milhares de formas protéicas. Com sua inteligência imponente, o filósofo e matemático do século XVII Gottfried Leibniz penetrou longe no futuro, e viu máquinas universais de calcular e estranhas linguagens simbólicas escritas em uma notação universal; mas Leibniz era um escravo do tempo assim como seu servo, incapaz de aguçar suas visões mais profundas que, como cidades vistas em sonhos, se elevam, mantêm a forma por um instante e depois desaparecem irrecuperavelmente.

Apenas no século XX é que o conceito de algoritmo foi levado totalmente à consciência. A tarefa foi iniciada há mais de sessenta anos por um quarteto de brilhantes lógicos matemáticos: o sutil e enigmático Kurt Gödel; Alonzo Church, sólido e imponente como uma catedral; Emil Post, sepultado, como Morris Raphael Cohen, no City College de Nova York; e, é óbvio, o excêntrico e totalmente

original A. M. Turing, cujo olhar perdido parece vagar ansioso pela segunda metade do século XX.

Os matemáticos amam a matemática porque, como as Graças sobre as quais escreveu Safo, o assunto tem espinhos como as rosas silvestres. Se a beleza governa a alma dos matemáticos, a verdade e a certeza lembram a eles seu dever. No fim do século XIX, matemáticos curiosos a respeito de seus fundamentos se perguntaram por que a matemática era verdadeira e se era exata e, para seu assombro, descobriram que não podiam responder e não sabiam. Outros matemáticos profissionais continuaram a trabalhar na matemática, é claro, mas o fizeram com a sensação de que havia uma figura sinistra rastejando às escondidas na escadaria dos eventos. Vários esquemas redentores foram introduzidos. Alguns matemáticos, como Gottlob Frege e Bertrand Russell, argumentaram que a matemática é uma forma de lógica e herdeira, portanto, de sua presumível exatidão; seguindo David Hilbert, outros argumentaram que a matemática era um jogo formal jogado com símbolos formais. Cada um dos esquemas parecia incorporar uma parte da verdade, mas nenhum deles incorporava toda a verdade. Flagrados entre a crise e suas várias soluções, os lógicos se viram forçados a organizar um novo mundo que rivalizasse com o mundo abstrato, astuto e contínuo das ciências físicas, e o trabalho deles transformou o conceito de algoritmo, que era familiar e intuitivo, mas irremediavelmente obscuro, em um conceito formal e preciso.

Essa história é rica em imprevistos. Diferentemente de Andrew Wiles, que passou anos buscando uma prova do último teorema de Fermat, os lógicos não se propuseram a buscar o conceito que encontraram. Foram apenas sensíveis o suficiente para perceber o que encontraram. Mas o que encontraram não era exatamente o que buscavam. No fim, a agenda com a qual se comprometeram não

foi cumprida. No início do novo milênio, ainda não sabemos por que a matemática é verdadeira e se é exata. Mas sabemos que não sabemos de um modo incomensuravelmente mais rico do que antes. É descobrir isso tem sido um feito notável – que está entre os maiores e menos conhecidos da era moderna.