CAPÍTULO VII

Da Natureza da Computação à Computação da Natureza

Carlos Fiolhais

Departamento de Física da Universidade de Coimbra

O computador conquistou por direito próprio um lugar na sociedade moderna. Encontra-se por todo o lado, nas mais diversas facetas da actividade humana. O seu impacte é indiscutível não só nas Ciências Exactas e Naturais mas também na Filosofia, na Psicologia, na Pedagogia, na Arte, etc. Por exemplo, a chamada "inteligência artificial" estuda as possíveis relações entre o computador e o cérebro. Dada uma tão vasta gama de aplicações, afigura-se pois pertinente a busca de uma definição de computador e de computação.

O que faz, afinal, um computador? O que o distingue das outras máquinas?

Um computador moderno efectua cálculos: "computa". Realiza, a uma velocidade prodigiosa, longas sequências de operações — somas, subtracções, produtos e divisões — que, de outra forma, não seriam exequíveis. A questão inicial dá então lugar a outra: o que é, afinal, um processo de cálculo?

Uma resposta possível consiste em dizer que um processo de cálculo é uma correspondência entre estados ou símbolos. Uma vez que também se podem efectuar cálculos com um ábaco ou simplesmente com os dedos, serão o ábaco ou os dedos computadores? O ábaco ou os dedos servem, de facto, para efectuar cálculos — e nisso não se distinguem dos mais modernos computadores digitais. O ábaco, antecessor dos instrumentos electrónicos de cálculo que na década de oitenta invadiram o mundo, permite uma correspondência entre sucessivos estados constituídos por bolinhas num arame, tal como uma calculadora de hoje permite uma correspondência entre "estados" internos. Esses "estados", do ábaco ou da calculadora, podem ser abreviadamente representados por símbolos matemáticos.

Vejamos, com mais pormenor, a distinção entre estados e os respectivos símbolos e, para tanto, invoque-se um problema anedótico. O computador é reconhecidamente um instrumento útil em Matemática. Não admira por isso que, desde há algum tempo, tenha sido utilizado na pedagogia dessa disciplina. Quando, nos anos sessenta, se introduziram calculadoras no ensino da Matemática, logo houve quem propusesse problemas novos que requeriam o uso de calculadoras. Conta-se até que um dia um professor perguntou a um dos seus alunos: "Se a duas calculadoras juntares outras duas, com quantas calculadoras ficam?"

Esta questão poderia perfeitamente ser resolvida com um ábaco ou com os dedos, em vez de quatro calculadoras reais. Mas poderia ainda, com evidente economia de calculadoras, ser resolvida apenas com uma: carregava-se na tecla com o símbolo dois, na tecla com o símbolo mais, outra vez no dois e finalmente na tecla do sinal de igual. Diz-se que, no primeiro caso, com as quatro calculadoras, com o ábaco ou com os dedos, se efectuou um cálculo analógico, que houve uma sucessão de entidades físicas, enquanto no segundo caso o cálculo foi digital, já que os estados em causa foram conjuntos de "zeros" e "uns", isto é "desocupado" e "ocupado", na memória da máquina. A palavra "digital" tem a ver com "dedos" e provém do modo como os processos de contagem eram efectuados em tempos primitivos. No vocabulário moderno, "digital" significa porém que se transformou toda a informação numérica de entrada em "zeros" e "uns", que depois foram combinados de alguma maneira. O sinal "mais", por exemplo, fez desencadear num circuito electrónico uma certa operação com "zeros" e "uns". Repare-se que os estados internos da calculadora e as suas operações são indicados carregando nas teclas sinalizadas pelos símbolos matemáticos convencionais. Prime-se o símbolo "dois", o símbolo "mais" e outra vez o símbolo "dois", aparecendo no visor o resultado — "quatro". Pode-se até escrever simplesmente numa folha de papel: $2 + 2 = 4$. Este é o começo de toda a Matemática.

O conteúdo humorístico na história das quatro calculadoras está no facto de, em matemática, os computadores poderem fazer bastante mais do que somar simplesmente dois mais dois. No princípio, a Matemática limitava-se a processos de contagem com inteiros. Apareceram depois os números racionais e até os irracionais (o matemático alemão do século passado Leopold Kronecker disse que "Deus criou os números inteiros e tudo o resto é obra dos homens"). Os supercomputadores mais avançados permitem hoje determinar o "pi" até um número recorde de casas decimais, confirmar conjecturas que resistiram ao decorrer dos tempos (o problema das quatro cores, por exemplo) e resolver complicadíssimos sistemas de equações diferenciais não lineares. Existe uma nova Matemática — a Matemática experimental — que recorre ao computador e encontra nele a sua razão de ser. E alguns matemáticos andam de tal maneira entretidos a carregar em teclas que já há quem legitimamente se interrogue sobre se "os matemáticos ainda fazem Matemática". Não parece que façam a Matemática antiga. Mas a nova Matemática, a Matemática computacional, é a continuação da velha por outros meios. Trata-se, em qualquer dos casos, ontem como hoje, de formalizar o poder do raciocínio lógico, criando para isso símbolos e estabelecendo relações entre eles. Em última análise, uma conta complicada não passa de uma sequência de numerosas operações do tipo "dois mais dois". Os mais poderosos computadores, mesmo quando resolvem ou procuram resolver problemas algébricos abstractos, não fazem mais do que um numerosíssimo conjunto de operações elementares do tipo da soma.

Uma vez que a Matemática é a linguagem da Natureza, não é de estranhar que o computador tenha entrado na Física e no ensino da Física. Tal como no problema das quatro calculadoras, também se podem propor maneiras ingénuas e supérfluas de utilizar computadores no ensino da Física. É conhecida a anedota do professor que perguntou a um examinando como se podia medir uma torre com um barómetro. O aluno respondeu, tranquilo, que havia várias maneiras: podia deixar-se cair o barómetro do cimo da torre e cronometrar o respectivo tempo de queda, ou até oferecer um barómetro ao porteiro para ele revelar quanto media a torre... (o professor pretendia apenas que o aluno respondesse que a medida a pressão atmosférica no topo e na base da torre permitia determinar a diferença de altitude). Pode-se mudar um pouco a questão e perguntar como se determina a altura da torre com o auxílio de um computador. Existem ainda várias maneiras: lançar a máquina do alto e ver quanto tempo é que demora a cair ou oferecê-la simplesmente de presente a alguém que saiba a resposta pretendida.

Deixar cair a máquina do cimo é uma maneira de calcular a altura da torre, se se considerarem conhecidas previamente as leis de Newton para o movimento dos corpos. Mas os computadores, como são caros, podem e devem ser usados para averiguar a altura da torre de uma maneira que seja repetível. Com efeito, em Física, os computadores são usados correntemente para realizar simulações do comportamento da Natureza. Da mesma maneira que em Matemática servem para fazer contas complicadas, em Física servem para refazer as "contas complicadas" que a natureza faz. Numa experiência de lançamento de uma pequena pedra do cimo de uma torre, pode verificar-se, com um cronómetro, quanto tempo o grave demora a cair. Em alternativa, pode introduzir-se no computador o algoritmo para resolver a equação de Newton, a que obedecem todos os objectos em queda (pedras ou computadores!). No programa, leva-se em conta o peso da pedra e a resistência do ar que ela tem de enfrentar. Obtém-se, ao fim de pouco tempo (talvez menos do que o computador demoraria a cair), o tempo que a pedra demorou a cair. Dizemos que a queda da pedra (ou do computador) representa um cálculo analógico, enquanto o cálculo no computador é um cálculo digital, baseado em zeros e uns.

Tanto no exemplo retirado da Matemática como no exemplo retirado da Física, o computador foi utilizado para efectuar um cálculo. Tanto na soma com a ajuda da calculadora como na simulação da queda do computador, apareceu o resultado de um processo de cálculo. No primeiro caso, trata-se de uma simples adição. No segundo caso, para resolver a equação de Newton, foram obtidas as posições e velocidades do grave em cada instante, a partir dos respectivos valores no instante anterior, por um conjunto de somas, subtracções, multiplicações e divisões. A expressão matemática da segunda lei de Newton, apesar de aos leigos parecer eventualmente complicada (mete segundas derivadas e tudo!), pode ser substituída por uma sucessão de somas, subtracções, multiplicações e divisões, se se considerar o espaço e o tempo discretos em vez de contínuos (a aproximação do espaço e tempo discretos é boa, para todos os efeitos práticos, se os intervalos considerados forem pequenos). Um processo de cálculo é, portanto, em qualquer caso, uma sequência de estados ou dos respectivos símbolos: o "dois mais dois" da contagem de objectos ou o número apreciável de operações da queda dos graves.

Atente-se na distinção entre as representações analógica, que é um retrato o mais fiel possível da realidade física, e a digital, que de algum modo reduz o mundo real a elementos matemáticos simples. No caso de possuirmos numa mesa duas calculadoras e lhes juntarmos outras duas, estamos decerto a realizar um cálculo: tinha-se antes um "estado" com duas calculadoras separadas de outras duas calculadoras e tem-se depois um "estado" com quatro calculadoras. O processo de cálculo diz-se analógico, pois se trata de uma associação entre estados físicos. Se, no outro caso, atirarmos o computador pela janela, confiando nas leis de Newton, tem-se também um processo de cálculo analógico, uma vez que ocorre uma sucessão de "estados" na realidade material. O digital pode substituir o analógico com algumas vantagens. Esses processos, o da soma de objectos ou da queda de um grave, podem ser recriados por meio de operações lógicas com zeros e uns num computador. O computador efectua correspondências entre estados internos a grande velocidade, servindo-se de velozes electrões para materializar os zeros e uns e as transformações entre eles.

A consideração de processos analógicos conduz a extrapolações imediatas, que podem ser menores ou maiores. A própria Natureza, como um todo, pode ser vista como um gigantesco computador. Trata-se de um computador analógico, pois o Universo é uma sucessão temporal de estados físicos. O que é que se ganha com essa afirmação, que parece trivial? Aparentemente nada, pois se se disser que todos os processos naturais são cálculos, tudo é, no fundo, um processo de cálculo e a definição de cálculo perde toda a operacionalidade. Uma coisa deve ser apenas uma coisa e não tudo.

Para escapar dessa dificuldade, alguns autores afirmam que não basta uma correspondência entre estados ou símbolos para definir um processo de cálculo, sendo necessário antes que lhes seja dado um significado e que ao cálculo seja, portanto, atribuído um determinado sentido e propósito. De acordo com essa exigência, os processos de cálculo destinam-se a conhecer algo de novo. A computação digital é uma invenção humana e envolve claramente uma intenção, pelo que satisfaz a exigência anterior.

O mesmo acontece com alguma computação analógica. Nos exemplos mencionados, pretende-se num caso saber quantas calculadoras há ao todo e, noutro caso, determinar a altura da torre. É evidente que nesses exemplos existe um sujeito que quer e pode conhecer. Trata-se, de algum modo, de uma noção antropomórfica. Mas a natureza faz cálculos sem uma finalidade aparente: o grave, por exemplo, cai sem se saber para quê. De acordo com a definição teleológica de cálculo, um processo de cálculo seria algo de intrinsecamente artificial. Não admira que haja quem não adira facilmente a uma restrição desse tipo.

Qualquer que seja a definição de cálculo que se adopte e quer se ultrapassem ou não as dificuldades discutidas, o computador entrou definitivamente na Matemática e na Física, modificando as práticas dessas disciplinas. Mais do que discutir a natureza da computação, importa pois ver o que já foi conseguido e o que se pode ainda conseguir em processos de computação da Natureza. A Matemática, que se terá iniciado com a necessidade prática dos processos de contagem, transformou-se depois num corpo abstracto. A Matemática pode hoje ser vista como uma "ciência dos padrões" e do "reconhecimento de padrões": o computador serve para regressar à heurística e à visualização. A Física, por sua vez, pode ser vista como uma "ciência dos padrões naturais", sendo o computador um instrumento privilegiado para reconhecer e decifrar a Natureza, recorrendo nuns casos à simples imitação do mundo real e noutros à completa exploração de mundos irreais. A Natureza é o computador-modelo que os físicos querem imitar com os computadores digitais que construiram. Verifica-se que a Natureza pode fazer aquilo que um computador faz e o computador pode fazer aquilo que a natureza faz. A Natureza pode portanto ser copiada ou, melhor ainda, recriada.

A Natureza faz, à sua maneira, contas: o movimento entre os planetas é um processo de cálculo, é um problema que se pode expressar por contas. Foi o físico norte-americano Eugene Wigner quem afirmou um dia que existe no mundo uma "desrazoável eficácia da Matemática". Queria ele dizer com isso que a Matemática é a linguagem natural da Natureza. De facto, as leis da Física provam eloquentemente que a Natureza é Matemática. Se as operações matemáticas podem ser efectuadas com zeros e uns, facilmente se conclui da desrazoável eficácia do computador, esse instrumento rápido de fazer contas com zeros e uns, para compreender a Natureza.

São agora pertinentes algumas perguntas: porque é que a Natureza é Matemática? Será que achamos o mundo como matemático porque dispomos de um cérebro que por um processo de evolução se tornou "matemático", extraordinariamente apto para reconhecer e decifrar padrões? Será que, sendo o cérebro uma porção da natureza — um pedaço de matéria — é ele próprio também um computador, um computador analógico e não digital, capaz de interpretar os fenómenos naturais? Os investigadores da inteligência artificial perseguem e aprofundam a ideia de que o cérebro é um computador. Deparam-se-lhes dificuldades sobre dificuldades e as propostas para as ultrapassar são as mais variadas. Hoje em dia, fala-se muito de redes neuronais, que são computadores analógicos particulares, não tão exactos e infalíveis como os vulgares computadores digitais mas capazes de fazer bem aquilo que estes últimos fazem mal, como por exemplo os processos que existem no cérebro, do género de ver, ouvir e falar. As redes neuronais são protótipos, ainda que incipientes, do cérebro. Os computadores do futuro terão talvez, em vez da electrónica, a Biologia como suporte conceptual e até mesmo material.

Mas o que se ganha com a perspectiva computacional do mundo e do cérebro? Estar-se-á apenas perante uma metáfora? Já houve quem afirmasse que a cada época corresponde um instrumento privilegiado e que o computador é o instrumento por excelência da nossa época, tal como noutras épocas e noutras circunstâncias existiram outros artefactos caracterizadores. Quando a engenharia se limitava a ser hidráulica, dizia-se que o coração era uma bomba, enquanto hoje, quando a engenharia informática suscita as atenções, se diz que o cérebro é um computador. Vivemos, de facto, na era da informação. O computador é um instrumento essencial do nosso tempo porque processa rapidamente informação, isto é estados ou símbolos com significado (o que é o "significado", o significado do "significado", é claramente um outro problema em aberto).

O computador parece ser algo mais do que uma metáfora ou uma moda: ele é extraordinariamente eficaz, conferindo aos seus utilizadores possibilidades que outrora eram inimagináveis. Jorge Luís Borges conta-nos a história de um rei que tinha um grupo de cartógrafos tão perfeitos que, a certa altura, conseguiram realizar um mapa perfeito (e também inútil!): uma mapa que tinha uma escala um para um. Os computadores, desde a época dos ábacos mais arcaicos, têm evoluído para máquinas que permitem cartografias cada vez mais perfeitas da realidade. O computador, por meio da imitação do mundo real e da criação de mundos irreais, confere ao homem um maior e melhor domínio da Natureza. Se é verdade que imitar é conhecer, não é menos certo que, como afirmou Francis Bacon, "conhecer é poder". Pode-se, em vez de aguardar simplesmente a tempestade, predizê-la no computador e, se possível, preveni-la na prática. Este era o sonho de von Neumann de interferir nas nuvens e regular o tempo. Em vez de se jogarem jogos verídicos de guerra mundial podem-se realizar jogos de estratégia no computador e ver quem ganha, sem se experimentar a maçada de se perder na situação real. Este é o sonho infantil de alguns estrategos da guerra mundial: reduzir um conflito em larga escala a um jogo do galo, tal como no filme "Jogos de Guerra", em que uma criança quase desencadeia a guerra mundial a partir de um computador caseiro. Não se sabe se os sonhos da nuvem ou da guerra são passíveis de concretização (talvez não!) mas a história do homem tem mostrado que todas as imaginações que são exequíveis acabam mais cedo ou mais tarde por acontecer. Tudo o que se pode fazer, faz-se. O paradoxal, como ensina a alegoria do mapa, acontece porém quando o poder extremo é a ausência de qualquer poder!

Não é ainda possível "um mapa perfeito", um "mapa um para um" da realidade e, quando ele for possível, revelar-se-á certamente inútil. Apesar de todas as suas limitações, o computador permite prever, de alguma maneira e quando mais não seja parcialmente, o futuro e escolher o "melhor dos mundos", o "melhor dos futuros possíveis". O "melhor" aqui pressupõe bem entendido uma avaliação que é necessariamente humana e que parece estar para além dos processos computacionais nas máquinas actualmente disponíveis.

O computador nas Ciências, tanto Exactas e Naturais como Humanas, pode hoje antecipar o futuro. A sua relevância no presente resulta afinal do simples facto de permitir, ainda que com dificuldades e constrangimentos, conhecer e portanto escolher futuros…