

À primeira vista, o sucesso da visão continuísta da física na explicação do mundo físico parece opor-se à perspectiva computacional discreta. Mas os lógicos empreenderam uma guerra de desgaste contra a noção de um contínuo de números ao longo dos últimos 50 anos. Matemáticos como Quine declaram que

assim como a introdução dos números irracionais ... é um mito conveniente [que] simplifica as leis da aritmética ... assim também os objetos físicos são entidades postuladas que arredondam e simplificam nossa explicação do fluxo da existência ... O esquema conceitual de objetos físicos é um mito conveniente, mais simples que a verdade literal, e que no entanto contém essa verdade literal como uma parte dissociada.

Até agora, não sabemos a pergunta lenta que devemos fazer ao universo, cuja resposta nos possa revelar se a computação é ou não mais primitiva que a simetria; ou, nas palavras de John Wheeler, se podemos obter

*IT from BIT.**

Meu ponto de vista pessoal é que essa esperança não poderá ser plenamente satisfeita. Para concluirmos que a computação é o aspecto mais básico da realidade, teríamos de constatar que o universo só faz coisas computáveis. O campo das manifestações matemáticas do universo teria de ser limitado à alçada dos construtivistas. Essa é a pena a pagar pelo abandono do contínuo e o apelo a aspectos computáveis do mundo como base para a explicação do todo. Já descobrimos, contudo, muitas operações matemáticas não-computáveis e os físicos já puderam espreitar muitas delas naquele fragmento da matemática geralmente exigido por nossa compreensão do mundo físico. No estudo da cosmologia quântica, encontraram-se exemplos em que se prevê, para uma quantidade em princípio observável, um valor igual a uma soma infinita de quantidades variáveis, que devem cada uma ser avaliada num tipo particular de superfície. Contudo, provou-se que a listagem das superfícies exige-

* *Bit*, na linguagem da computação, é a unidade de informação expressa como escolha entre duas possibilidades (de *binary digit*, isto é, dígito binário). Jogo de palavras entre *it* (pronomes pessoais) e *bit*, algo como "a essência a partir dos *bits*". (N.T.)

das é uma operação não-computável. Não pode ser efetuada sistematicamente por meio de um número finito de passos computacionais do tipo Turing. Há necessidade de um elemento novo para gerar cada membro do conjunto. Pode ser, é claro, que haja outro modo de calcular a quantidade observável em questão, que dispense a realização dessa operação não-computável, mas pode ser que não haja. Ademais, há outras características do mundo descontínuo, que a computação discreta habita, que tornam de fato a computabilidade menos provável.

Tomemos, por exemplo, uma equação diferencial comum e simples do tipo

$$dy/dx = F(x,y),$$

que está no cerne de todas as teorias físicas, onde $F(x,y)$ é uma função contínua de x e y que não pode ser diferenciada duas vezes. Isso significa que, embora possamos traçar a superfície F sem tirar a ponta do lápis do papel (a propriedade da continuidade), ela pode ter pregas e arestas aguçadas, como a ponta de um cone. Assim, mesmo que F seja uma função computável, pode não existir nenhuma solução computável para a equação diferencial. Se examinarmos equações diferenciais parciais que descrevem a propagação de ondas de algum tipo, sejam elas ondas quânticas ou gravitacionais que se propagam através da geometria do espaço-tempo, encontraremos o mesmo problema. Quando o perfil inicial da onda é descrito por uma função contínua, mas não-diferenciável duas vezes, pode não existir nenhuma solução computável da equação de onda em duas ou mais dimensões espaciais. O x do problema é a irregularidade do perfil inicial. Se este for diferenciável duas vezes, todas as soluções das equações de onda são computáveis. Mas se, no nível mais fundamental, as coisas forem discretas e descontínuas, podemos ser vítimas do problema da não-computabilidade.

As soluções dessas dificuldades, se é que podem ser encontradas, residem por certo num conceito ampliado do que entendemos por computação. Tradicionalmente, os cientistas da computação definem a capacidade máxima de computação de qualquer computador, seja ele real ou imaginário, como a da máquina idealizada de Turing. Uma vez que o mundo é fundamentalmente um sistema quântico, qualquer tentativa de explicar seu funcionamento interno em termos de um paradigma computacional deve se fundar numa sólida compreensão do que é de fato a computação quântica, e do que ela pode