

O que deve o público saber sobre a Matemática?*

Philip J. Davis

Division of Applied Mathematics

Brown University, Providence, Rhode Island, E.U.A.

Em 21 de Março de 1819, Thomas Jefferson, então reformado em Monticello, escreveu uma carta a John Adams, então reformado em Quincy, mencionando certas teorias sobre a estabilidade das órbitas dos planetas. "Os cálculos," admite Jefferson, "não são para qualquer um, mas os resultados são fáceis de compreender." Nenhum cientista americano pode ler estas palavras sem se sentir emocionado, ao observar que os pais fundadores da nação eram homens com uma tal preparação e disposição de espírito que podiam falar das ideias da Mecânica Celeste com algum conhecimento de causa. C. P. Snow - que, há uma geração atrás, nos preveniu contra a separação entre a cultura tecnológica e a cultura humanística - também teria ficado satisfeito ao saber que Jefferson, no parágrafo seguinte, dedica a sua atenção à pronúncia de certas palavras gregas.

Da época de Adams e Jefferson até hoje, as nossas vidas foram sofrendo uma influência cada vez maior da tecnologia e da matemática. A intensidade e a rapidez com que estes desenvolvimentos aconteceram tê-los-ia surpreendido muito; a mim surpreende-me com certeza. Tomem-se alguns exemplos simples. Se eu quiser informações sobre um comboio, marco um certo indicativo no meu telefone. A seguir, marco mais alguns algarismos que correspondem à hora e local de destino. Ouço então uma mensagem automática que me informa sobre quais as opções que tenho. A matemática subjacente a esta tecnologia é substancial. Ou então tome-se um campo que seguramente todos consideram não-técnico: o desporto. Muitos desportos, por exemplo o futebol, são hoje em dia objecto de análise estatística e estratégica.

Olhe para a primeira página do seu jornal e conte quantos números lá se encontram. Vá à página do desporto ou à página da economia e faça o mesmo. Dar-se-á conta de que estamos a flutuar - a afogar-nos, talvez - num mar de números. Na maior parte dos casos, esta matemática não ultrapassa o nível da aritmética elementar. No que se refere à matemática mais difícil, como a que se estuda na licenciatura ou no mestrado, encontramos aplicações dela em todo o lado: na economia, nas ciências físicas e biológicas, nas ciências sociais.

Perante a crescente matematização da nossa civilização, é paradoxal que o cidadão vulgar saiba tão pouco sobre isso, tão pouco sobre as técnicas da matemática, os seus conceitos, a sua história, as suas aspirações (se é que se pode dizer que o produto da nossa imaginação tem aspirações). Se interrogado sobre quem foram os maiores matemáticos dos últimos cem anos, o público provavelmente só se lembrará do nome de Einstein, e isto seria um erro de apreciação. Sempre que a matemática é notícia nos jornais, é para nos alertar para as eternas crises na educação e para apontar o dedo acusador: o Joãozinho não sabe somar porque Muito de vez em quando, os jornais noticiam a obtenção de um novo resultado matemático, e da maneira como o texto é escrito fica-se muitas vezes com a impressão de que foi descoberta a chave do universo. Realizações menos "espectaculares" - como a matemática usada nas modernas técnicas de prospecção petrolífera, ou nos aparelhos que controlam o tráfego aéreo, ou nos foguetões que vão à Lua - ficam enterradas no fundo de uma salada chamada *informática*.

* **O que deve o público saber sobre a matemática?** é reproduzido com a autorização de *Daedalus*, Journal of the American Academy of Arts and Sciences. Foi aí originalmente publicado no número intitulado "A New Era in Computing", Inverno de 1992, Vol. 121/1.

A nossa ignorância deste assunto tão belo - uma árvore de ideias com raízes antigas e frutos modernos - é profunda e cheia de temores, superstições e má informação. Estarão os Estados Unidos, portanto, como afirmaram algumas pessoas, mal preparados para evoluir para uma civilização que exige um nível mais elevado de capacidades matemáticas? Não necessariamente, mas devemos esperar que, à medida que se vai dando essa evolução, ao menos se compreenda a natureza dela.

Aqui há uns meses, um dos mais importantes administradores de empresas da região veio ter comigo com uma confissão. Dava-se conta de que a importância da ciência e da matemática estava a aumentar e de que ele, pessoalmente, não percebia nada nem duma nem doutra. No seu trabalho quotidiano, lá ia fingindo; chegou a comprar um computador pessoal e andava às voltas com ele em casa. Mas sabia bem que estava a fazer matemática a um nível mesmo muito elementar. E presumia que - apesar dos programas da Harvard Business School - muitos dos seus colegas gestores estavam no mesmo barco. "Como é que nós podemos tomar decisões inteligentes, que terão consequências daqui a dez anos, com esta ignorância toda?" E atirou-me com um desafio: "Suponha que eu juntava vinte ou trinta dos meus colegas e os punha a ouvi-lo durante uma hora. O que é que lhes dizia sobre a matemática?"

Só uma hora? Impossível. Mas aceitei o desafio como me foi posto e, embora o encontro ainda não tenha tido lugar, já pensei alguma coisa sobre o que diria num tempo tão limitado. Na minha imaginação, ampliei a assistência de modo a incluir as sombras dos antigos presidentes Adams e Jefferson.

A resposta convencional a este desafio seria dizer ao grupo alguma coisa sobre aquilo a que se costuma chamar matemática *discreta*. É um assunto que, do ponto de vista educativo, está na moda, e está a ser feito um esforço considerável para que os programas das universidades evoluam nessa direcção. A matemática discreta provém da contagem, dos arranjos de um número finito de objectos, das configurações. A matemática discreta está próxima das regras da aritmética, dos programas de computador, da lógica, da matemática das comunicações, de certas teorias físicas modernas, de problemas de optimização, das probabilidades, dos modelos económicos concretos, etc.

A matemática *contínua*, o seu complemento, provém do estudo de quantidades que variam continuamente com o tempo: a velocidade de um carro quando acelera numa curva, a forma do fluxo de água que sai de uma torneira aberta. A correspondência entre Adams e Jefferson tem a ver com matemática contínua, por meio da qual a Mecânica Celeste e muitos outros ramos da física matemática obtiveram incríveis sucessos teóricos e práticos. Por essa razão, há muitos anos que os tópicos habituais dos programas de matemática no liceu são: álgebra, geometria, trigonometria, análise. A análise é o tratamento da variação contínua.

Por outro lado, muitas autoridades pensam que, nos próximos anos, se assistirá a vastas e impressionantes aplicações dos métodos da matemática discreta. O seu estudo formal abrange assuntos como álgebra de Boole, teoria dos grupos, teoria das matrizes, teoria dos autómatos, análise combinatória, e muitos outros.

Uma conferência de uma hora, portanto, sobre matemática discreta? Apesar da sua importância, decidi que não. Ao fim de poucos minutos teria de entrar nos pormenores do assunto, e por mais leve que fosse a exposição o meu público ficaria logo para trás. E não ficariam sequer em condições de poder repetir a observação de Jefferson: "Embora os pormenores não sejam para qualquer um, as implicações são razoavelmente claras." E, afinal, os homens de negócios na assistência são pessoas que, quando sentem necessidade de um perito, estão habituadas a ir à procura e contratá-lo. A matemática pode ser contratada como se contrata qualquer especialidade.

Talvez fosse mais vantajoso eu dizer qualquer coisa sobre o pensamento matemático, sobre o papel que ele desempenha na nossa vida técnica e comercial e na vida da imaginação. Também tentaria falar sobre a natureza das conclusões que se obtêm através da matemática e, por esta via, chegar às seguintes

questões: Porque é que ainda queremos mais? Quais seriam as implicações para o quotidiano se o nível de conhecimentos matemáticos exigidos para viver aumentasse substancialmente? Tentaria falar de tudo isto desenvolvendo os seguintes cinco pontos:

1. A matemática abrange teorias da quantidade, do espaço, dos padrões. É também o estudo das estruturas simbólicas abstractas usadas para tratar dessas teorias.

Mas é impossível, de facto, capturar em poucas frases todo o campo de acção da matemática. O mundo da matemática é habitado por dezenas de estruturas abstractas e de relações cuja explicação e exploração sistemática é simultaneamente uma ciência, uma arte, uma linguagem e um ofício. Uma afirmação mais precisa exigiria uma descrição das cerca de cem subáreas abrangidas pela matemática. Se uma coisa tem a ver com quantidade, espaço, padrão, configurações, regularidades - tudo interpretado no sentido mais lato - então é matemática. Se tem a ver com implicação lógica, ou contingência, com operações que podem ser simbolizadas e manipuladas iterativamente, é matemática. Estes tópicos são formalizados, axiomatizados, abstractizados, generalizados, explorados e aplicados.

2. Todas as ciências físicas e algumas ciências sociais vêm tendendo para uma crescente matematização.

Como criação do intelecto, a matemática faz parte do mundo dos conceitos mentais. Os seus processos simbólicos revelaram-se capazes de descrever ou modelar certos fenómenos do mundo físico. O porquê deste facto é realmente um dos grandes mistérios, embora os filósofos tenham ensaiado explicações desde a antiguidade.

Um modelo matemático serve para descrever e para prever. Nalgumas áreas - como a mecânica celeste e a navegação, ou certas partes da física contemporânea - o sucesso com que isto pode ser feito é absolutamente espectacular. Em áreas como a economia, a previsão do tempo e a teoria da guerra, os sucessos ainda estão para vir. Para além das funções de descrição e previsão, a matemática também tem uma função de prescrição. Por exemplo, há muitas maneiras de conceber uma política de impostos; essas maneiras podem ser descritas matematicamente. Aos deuses não importa a opção que fazemos; mas, uma vez escolhida a regra matemática, temos de nos haver com as suas consequências. Estas, por sua vez, podem ser susceptíveis de uma análise matemática adicional. A matematização não aparece pronta-a-usar. Por exemplo, para encorajar boas relações raciais já se usaram estratégias aleatórias e de quotas. Ambas são políticas com base matemática, mas têm naturezas opostas.

Segue-se, portanto, que a matematização bem sucedida traz com ela o simbólico e o abstracto. E implica a disponibilidade para substituir as complexidades do mundo natural por uma imitação matemática simplificada (muitas vezes demasiado simplificada) desse mundo. A matematização bem sucedida implica também a disponibilidade para aceitar as consequências de tal substituição.

3. A comunidade científica está constantemente a criar nova matemática e novas aplicações de matemática antiga.

Embora seja normalmente apresentada nas escolas como um conjunto fixo de conhecimentos, a matemática não é uma colecção estática de matérias que possam ser resumidas em, digamos, cinquenta volumes. A matemática cresce em resposta a processos internos e externos. Internamente, as suas próprias formas e linguagem sugerem questões a responder, e estas apresentam oportunidades para expansão. Externamente, a vontade de resolver problemas difíceis do mundo "real" leva à criação de novos conceitos, processos e estratégias matemáticas.

A matemática recém-descoberta pode ser pouco visível aos olhos do público. Se uma aplicação da matemática tiver muito sucesso, pode ser "automatizada" e depois completamente ignorada. Por exemplo, qualquer sistema de controle de aterragens de aviões tem uma pesada componente matemática na sua automatização. Mas os pilotos, os controladores de tráfego aéreo e os passageiros só têm que se pronunciar sobre a sua qualidade operacional, não têm que se envolver com as suas complexidades matemáticas.

Desde a 2ª Guerra Mundial, a criação de matemática nova tem sido apoiada sobretudo pelo governo. Embora tanto as prioridades como os quantitativos dos futuros financiamentos da investigação sejam problemáticos, não se pode dizer que os níveis recentes sejam perigosamente baixos. A produção de matemática nova ou de aplicações não é um processo garantido. O processo de descoberta ou invenção não pode ser automatizado. Em matemática não fazem muito sentido programas de emergência. Uma possível excepção recente é a recomendação de que o país invista fortemente em supercomputadores de grande dimensão para facilitar a solução de certos problemas muito difíceis da ciência e da engenharia. Neste caso, os objectivos e os métodos são ambos razoavelmente claros, e as necessidades nacionais face à concorrência são substanciais.

4. Embora o computador seja uma ferramenta indispensável para a transformação da teoria na mais concreta utilidade prática, a matemática não se reduz ao computador.

Na sequência de numerosos sucessos computacionais espectaculares, tem havido uma tendência para identificar completamente a matemática com a computação. Embora um dos objectivos internos da matemática, de facto, seja rotinizar os seus próprios processos - o que leva à informatização -, essa rotinização é objecto de investigação e não pode ela própria ser levada a cabo automaticamente na falta de interpretação e inspiração humanas.

Alguns arautos do computador afirmaram que a física teórica do futuro vai sofrer uma revolução que a tornará indistinguível da computação. As metodologias de Galileu, Newton, Maxwell e Einstein estarão então tão mortas como o colarinho engomado.

Nós não sabemos o que o futuro trará (é isso que faz dele o futuro) mas deve notar-se que quando os triunfos tecnológicos são atingidos com um auxílio indispensável do computador - nas viagens espaciais, por exemplo - a computação está solidamente apoiada em conhecimentos matemáticos laboriosamente adquiridos desde a antiguidade até hoje e nas leis físicas do movimento descobertas pelos cientistas referidos há pouco - bem como por muitos outros - a partir do século XVII.

Poucas descobertas feitas com o auxílio da experiência computacional dos últimos trinta anos se podem comparar, em profundidade, à compreensão científica fundamental conseguida pelas capacidades de investigação do cérebro humano neste período tão fértil da física matemática. É portanto um erro identificar computação com matemática, ou física matemática com computação, ou pensar que o computador - ou o supercomputador - é o cérebro transcendente supremo e, portanto, o instrumento exclusivo da investigação científica, do desenvolvimento, do ensino.

Também vale a pena notar que, se a computação é apenas uma parte da matemática, a área recente das ciências da computação tem aspectos teóricos que levaram eles próprios à criação de muita matemática nova, mas que só em parte têm a ver com máquinas reais. Grande parte desta nova disciplina seria considerada totalmente irrelevante para um programador com a tarefa concreta, por exemplo, de trabalhar num novo sistema informático para a bolsa.

5. A razoabilidade do objectivo da matematização em grande escala não pode ser logicamente demonstrada ou invalidada. Trata-se de um sonho, e a sua prossecução é um acto de fé que caracteriza a nossa civilização.

A matematização acontece tanto consciente como inconscientemente, como resultado dos poderes de modelação e de prescrição da matemática. Em certo sentido, seguir pela via da matematização foi uma opção nossa. Não temos nenhuma necessidade lógica estrita de introduzir a estatística no futebol. O primeiro jogo Harvard-Yale em 1883 não foi jogado dessa maneira. A informatização do desporto leva a novas estratégias, novas ênfases - no fim de contas, a um novo desporto. Não é absurdo pensar que, se as tendências actuais se mantiverem, para falar de futebol com conhecimento de causa será preciso um conhecimento profundo de desvios-padrão, teoria da optimização e técnicas de programação.*

Os arquitectos costumam dizer que primeiro construímos os nossos edifícios e depois constroem-nos eles a nós. A matemática é uma estrutura da imaginação e nós simultaneamente construimo-la e somos construídos por ela.

Pode imaginar-se uma civilização sem matemática. Para perceber as implicações que isto teria, leiam-se descrições da civilização esquimó de há cinquenta anos. Mas não é esse o nosso caso. Uma vez aceite, a matemática traz consigo certas consequências práticas e filosóficas. A crescente matematização pode mudar as nossas acções e as nossas crenças mais profundas. Esperamos que as suas consequências sejam agradáveis; quanto à prossecução dela, trata-se de um acto de fé.

O que começa como uma intromissão acaba por ser uma necessidade. Em nenhum sentido lógico precisamos de nos preocupar, como Laplace, com a estabilidade do sistema solar. As coisas, afinal, são o que são. Mas compreender a questão, como Jefferson, enriquece muito a nossa percepção do universo e coloca o assunto - ainda que remotamente - no domínio das coisas sobre as quais a humanidade talvez possa vir a ser capaz de fazer algo.

(tradução de: João Filipe Queiró, Departamento de Matemática - Universidade de Coimbra)

* N. T. - O autor refere-se aqui, é claro, ao futebol americano. As habilitações necessárias para se falar sobre o "nosso" futebol (*soccer*, para os americanos) são, como é notório, muito menos exigentes.