

Introdução

A primeira equação que a maioria de nós aprende é o sinônimo de simplicidade:

$$1 + 1 = 2$$

Tão elementar e ao mesmo tempo tão poderosa! Ela resume a própria definição de adição: uma unidade mais outra unidade é igual a duas unidades. É poderosa, também, porque tem o formato de todas as outras equações: em aritmética, na matemática como um todo, na física e em outras áreas da ciência. Ela nos mostra a arrumação de alguns objetos que possuem um tipo particular de relação entre si. Esta pequena mas fundamental equação nos abre tantas portas que até parece uma varinha mágica. É virtualmente o portal de entrada para o conhecimento – o primeiro passo, a base para todos os milhares de passos que virão a seguir. Richard Harrison, poeta e professor de inglês no Mount Royal College, em Calgary, Canadá, certa vez me escreveu esta profunda reflexão:

$1 + 1 = 2$ é o conto de fadas da matemática, a primeira equação que eu ensinei ao meu filho, a primeira expressão do poder milagroso que a mente tem de mudar o mundo real. Eu me lembro de meu filho com os indicadores em riste – os dedos “um” – quando aprendeu a expressão, e aquele momento de maravilha, talvez seu primeiro pensamento filosófico, quando ele percebeu que os dedos, separados por seu próprio corpo, poderiam ser unidos num só conceito por sua mente. ... Quando vi a mente do meu filho se abrir e entender que “ $1 + 1$ ” era mais que apenas “ $1 + 1$ ”, percebi aquela pequena equação como a chave que meu filho tinha, não para entender o maravilhoso no mundo lá fora, mas para o que era maravilhoso nele mesmo e em todos nós.

A descrição de Harrison nos mostra que aprender uma equação, pelo menos uma equação tão fundamental quanto $1 + 1$, é na verdade uma espécie de

jornada. É uma viagem em três estágios. Começamos inocentemente alheios à equação. Somos levados a ela pela educação formal, por acaso, por curiosidade ou pelo desejo de compreender algo, em geral acompanhado por insatisfação e frustração. Finalmente, a experiência de termos aprendido a equação transforma o modo como vemos o mundo, o que, naturalmente, nos enche, ainda que de forma passageira, desse sentimento de espanto.

Este livro trata dessas jornadas.

Os primeiros seres humanos viviam sem equações e não precisavam delas. Não havia equações no Jardim do Éden, nem na Árvore do Conhecimento. Não havia equações no paraíso sumério de Dilmun, nem tampouco no Ovo Cósmico que alguns chineses acreditam ter sido usado por P'an Ku para dar origem ao mundo, ou em qualquer dos outros lugares descritos nos mitos de criação. Os seres humanos nem tinham o *conceito* de equação. Este conceito é uma invenção humana, resultado de nossos esforços para dar sentido ao mundo. E mais: os homens não acordaram certo dia e de repente decidiram que iriam inventar as equações. A necessidade foi surgindo ao longo do tempo, e o conceito de equação, no sentido técnico-científico, só apareceu muito mais tarde na história.

A palavra latina *aequare* significa “tornar plano” ou “tornar nivelado”. Muitas palavras em português vêm dessa raiz, inclusive adequar, equidade, igualdade, equilíbrio, igualitário, equivalência e equívoco. A palavra “equação” a princípio significava apenas “separar em grupos iguais”. O “equador”, por exemplo, é uma linha imaginária, inventada por geógrafos, que separa a Terra em duas partes iguais. Astrólogos medievais usavam a palavra “equação” para se referir à prática de dividir arbitrariamente o caminho do Sol e dos planetas em áreas iguais, cada qual presumivelmente regida por uma constelação.¹

Enquanto isso, os números e a contagem começavam a se tornar importantes para os homens. Comerciantes usavam ambos em inventários, finanças e orçamentos; autoridades religiosas utilizavam-nos para contar os anos, as estações e ocasiões especiais como nascimentos, mortes e casamentos; e os governos os empregavam em censos, pesquisas e cobranças de impostos.² Isso gerou a necessidade de se criarem símbolos que representassem números e

quantidades.³ No século III AEC,* o matemático grego Diofanto deu outro passo: usou símbolos para representar quantidades *desconhecidas* e providenciou algumas regras para lidar com essas quantidades, incluindo a subtração e a adição. Ele mostrou não somente como utilizar símbolos para representar um número desconhecido de modo que este número pudesse ser descoberto a partir de outras quantidades conhecidas (algo que é chamado de equação determinada), mas também como os símbolos podiam descrever algo com um conjunto infinito de soluções (uma equação indeterminada ou diofantina). Havia ainda um longo caminho até chegarmos às equações modernas. Até Galileu e Newton expressaram seus importantes resultados – a lei da queda dos corpos de Galileu e as leis de movimento de Newton – em palavras, e não com as equações tão familiares aos estudantes de ciência. Antes do século XVIII, os cientistas naturais ainda não haviam tornado rotineira a prática de expressar suas conclusões na forma de equações como as conhecemos hoje.

Uma longa jornada histórica e conceitual foi necessária para escrever até a mais simples das equações. Em 1910, Alfred North Whitehead e Bertrand Russell, dois dos grandes matemáticos da história, publicaram os *Principia mathematica*, um famoso livro em três volumes que desenvolve os fundamentos da matemática, desde seus conceitos mais primordiais, baseado somente na lógica. Quando a equação $1 + 1 = 2$ aparece pela primeira vez? Bem depois da metade do volume I!⁴

Graças a essa longa jornada, a palavra “equação” acabou por ter um significado técnico, como parte de uma linguagem especialmente construída – referindo-se à afirmação de que duas quantidades mensuráveis, ou dois conjuntos de quantidades mensuráveis, são iguais. (No sentido estrito, então, afirmações expressando desigualdades não são equações.) Nessa linguagem codificada, indispensável para a moderna matemática e para a ciência, os símbolos substituem conjuntos de outras coisas sobre as quais várias operações (adição, subtração, multiplicação e divisão são as mais simples) podem ser feitas.⁵

Desde que essa linguagem técnica especial foi desenvolvida, cada equação possui dois diferentes tipos de descoberta. Cada qual é originalmente descoberta

* Abreviação de “antes da Era Comum”, notação que vem substituindo o mais usual a.C. (antes de Cristo), visto que hoje já se sabe que a data do nascimento de Jesus Cristo foi calculada com erro pelos primeiros cronologistas. Quando as datas não forem seguidas pelas letras AEC, isso significa que elas pertencem à Era Comum. (N.T.)

pela primeira pessoa que a formula – quem a introduz na cultura humana. E toda equação é descoberta por aquelas pessoas que a aprendem desde então.

A jornada de uma equação tem um cenário diferente de qualquer outro momento histórico. O surgimento de uma equação não se dá em campos de batalha sangrentos ou pelo embate de forças políticas. As equações têm uma tendência a surgir em lugares tranquilos, como escritórios e bibliotecas, longe das distrações e intromissões. Maxwell escreveu suas equações revolucionárias em sua sala de estudos; Heisenberg começou a vislumbrar a dele numa ilha isolada. Esses ambientes permitem aos cientistas confrontar suas insatisfações, explorar a sensação incômoda de que as peças não estão se encaixando e que precisam de ajustes ou do acréscimo de algo completamente novo. Nesses ambientes, os cientistas podem se concentrar em algum problema que geralmente pode ser enunciado com simplicidade enganadora: qual o tamanho deste lado de um triângulo retângulo? Qual a intensidade da força entre os objetos celestes? Como a eletricidade se move? Será que um determinado par de teorias contraditórias pode ser forçado a entrar em acordo? *Isso faz sentido?*

Quando surge a solução, ela parece lógica e até inevitável. Esse resultado é “recebido universalmente”, escreve Roger Cotes, que contribuiu para o prefácio à segunda edição da famosa obra-prima de Newton, *Princípios matemáticos da filosofia natural*.⁶ Os descobridores em geral sentem que tropeçaram em algo que sempre esteve ali. Assim, as equações parecem tesouros, são descobertas por algum indivíduo com mais discernimento, escavadas e examinadas, expostas nas prateleiras do grande armazém do conhecimento humano, passadas de geração a geração. Essa maneira de apresentar uma descoberta científica é tão conveniente, e tão útil aos livros-texto, que pode ser chamada de “conhecimento tipo caça ao tesouro”. Ela amplifica um processo complicado e nos dá um inventor, uma data, um local e, na maioria das vezes, uma causa ou um motivo. Um incidente ou um momento, como, por exemplo, a queda de uma maçã, se torna a sinédoque que cristaliza o longo processo do descobrimento. Gerações de estudiosos têm feito suas carreiras criticando o modelo e complicando o cenário. A “caça ao tesouro” é útil para todos!

O cenário de “caça ao tesouro”, por mais útil que seja, promove a ideia de que as equações são características fundamentais do mundo, e não que são

criadas por seres humanos. De fato, nós nascemos num mundo que já possuía equações que não foram criadas por “nós”. É por isso que, por vezes, elas parecem algo que não tem origem humana, que estão por aí desde muito antes de nós: no oitavo dia, Deus criou as equações, como a planta de seu trabalho. Ou, como disse Galileu, o “livro da natureza” é escrito com linguagem matemática.

Mas toda e qualquer equação tem uma gênese humana. Ela foi montada por alguém em particular. Em algum lugar e em algum momento, uma pessoa que sentiu uma necessidade – que não estava satisfeita com a situação –, queria entender algo ou queria apenas transformar algo desesperadamente complicado em alguma coisa mais fácil de ser entendida. Vez por outra, esse processo criativo se enraíza na Antiguidade, caso do teorema “pitagórico”, cujo princípio era conhecido muito antes de Pitágoras. Algumas vezes o processo criativo é conhecido em detalhes, graças a correspondências, rascunhos e anotações de seus inventores, como as equações produzidas por Newton e Einstein. Em todo caso, porém, elas não podem ser consideradas a totalidade do trabalho desses cientistas, pois eles – mesmo quando trabalhando sozinhos – estavam envolvidos em inúmeros diálogos com outros cientistas, num processo comum de tentar compreender a natureza.

Quando o cientista britânico Oliver Heaviside rearrumou o trabalho de Maxwell no que é hoje sua forma famosa – o que chamamos de “equações de Maxwell” –, ele comentou que simplesmente estava tentando entender melhor o trabalho de Maxwell. Essa motivação – imaginar que alguém pode expressar de maneira mais simplificada algo que já se sabe, ainda que vagamente – pode ser atribuída a todos os inventores de equações.

Depois que alguém inventa uma equação sobre algo fundamental – quando essa pessoa acabou com sua insatisfação –, nós e o mundo mudamos. As equações não servem apenas para nos ensinar como calcular algo, trazendo novas ferramentas ao mundo. Elas fazem algo mais, como disse Harrison. Ao aprender que $1 + 1 = 2$, o filho dele não obteve simplesmente mais um conjunto de dados, porém se transformou, ao obter um novo entendimento do mundo. Mas, com esse novo entendimento, vêm novas perguntas e novas insatisfações.⁷

A descrição de Harrison, finalmente, nos lembra que equações podem nos inspirar. A ciência não é uma atividade robotizada, na qual nos movemos no

mundo ou o observamos de forma indiferente, mas uma forma de vida com grande dimensão afetiva. Há, claro, o júbilo celebratório inerente a uma nova descoberta ou conquista. Mas se esse fosse o único sentimento relativo à ciência – o prazer de se fazer uma descoberta que leve à fama e à fortuna –, ela seria uma profissão triste, pois tais momentos são poucos e espaçados. Felizmente, as emoções da ciência são muito mais diversificadas e densas. O ato de fazer ciência é acompanhado por sentimentos que aparecem a todo instante – assombro, perplexidade, curiosidade, desejo, vontade de descobrir a resposta, tédio por nada acontecer, frustração de não se avançar no problema, a emoção de se estar no caminho certo. Tais sentimentos estão presentes, nem sempre ocultos, em geral despercebidos, mas facilmente reconhecíveis se estivermos atentos.

Quando entendemos uma equação importante pela primeira vez, vislumbramos estruturas escondidas no Universo, revelando uma conexão profunda entre o mundo e o modo como o enxergamos. Em tais momentos, nossa reação não é simplesmente: “É! Isso faz sentido.” Ou mesmo o chamado “momento a-ha!”. Essa caracterização simplista anda de mãos dadas com o cenário da “caça ao tesouro”, pois simplifica e condensa a emoção da descoberta num único instante. A emoção genuína – assombro – é muito mais sutil, rica e duradoura.

É natural, porém, até para os cientistas, deixar de admirar as equações, à medida que ficam mais envolvidos com o mundo e com seus interesses próprios, e menos atentos aos momentos de revelação, quando as equações surgiram pela primeira vez. Nós perdemos a capacidade de nos impressionar com qualquer objeto ou instrumento que faça parte do nosso dia a dia. As equações podem ser vistas apenas como mais um conjunto de ferramentas que encontramos no mundo, ou como tarefas desagradáveis que somos obrigados a cumprir.

Navegadores que aprendem muito sobre sua arte, como Mark Twain escreveu em *Vida no Mississipi*, em geral sofrem uma triste transformação. À medida que se tornam cada vez mais eficientes em perceber as nuances do rio, eles se tornam cada vez menos capazes de apreciar sua beleza e poesia. Características do rio – um tronco, uma depressão, uma região de corredeira – que no início traziam perplexidade e maravilhamento passam a ser apreciadas tão somente por serem úteis à navegação. Algo semelhante acontece com as equações.

Mas grandes cientistas são capazes de se maravilhar com o pioneirismo de seus antecessores. O físico Frank Wilczek escreveu uma série de artigos sobre a

simples equação $F = ma$, que expressa a segunda lei de movimento de Newton, chamando-a de “a alma da mecânica clássica” e dedicando-lhe o tipo de qualificação conveniente para as almas.⁸ O físico e cosmólogo Subrahmanyan Chandrasekhar escreveu um livro inteiro sobre o *Principia* de Newton, onde está proposta a segunda lei de movimento, comparando-o ao teto da Capela Sistina pintado por Michelangelo. E alguém que ouça as famosas *Palestras de física* de Richard Feynman poderá perceber a admiração espontânea pelas equações que pretendia ensinar a seus alunos. Esses três vencedores do Prêmio Nobel sabiam o suficiente para manter a perplexidade diante do mundo e das equações que nos permitem conhecê-lo.

Este livro tem por objetivo mostrar que as equações são muito mais que simples ferramentas. Como outras criações humanas, elas têm significado social e são dotadas de vigor cultural. Além das grandes equações, aqui estão também breves relatos sobre quem as descobriu, as insatisfações por trás da descoberta e o que elas dizem sobre a natureza do nosso mundo.