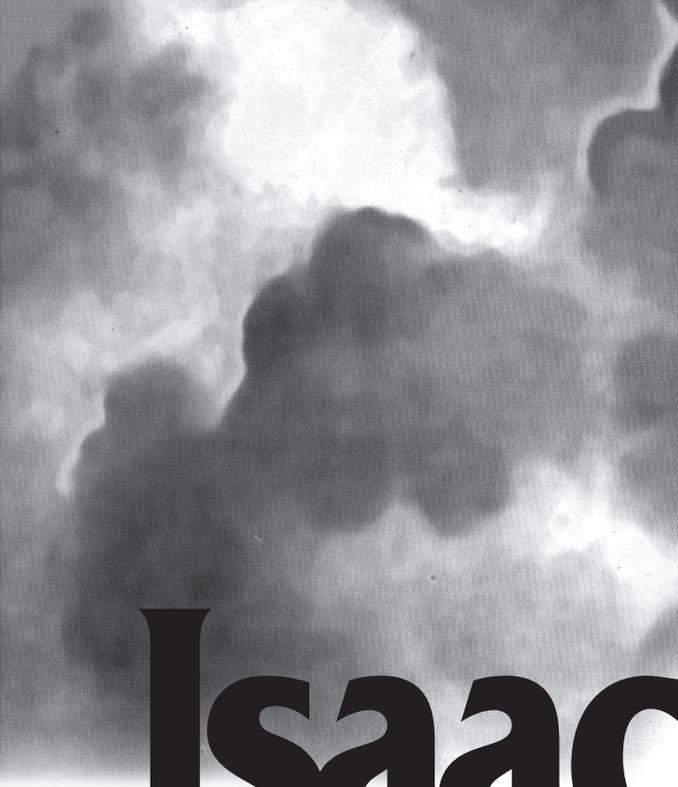


Newton aos 46
anos, em retrato
de Sir Godfrey
Kneller, 1689



A. F. R. DE TOLEDO PIZA

Isaac Newton

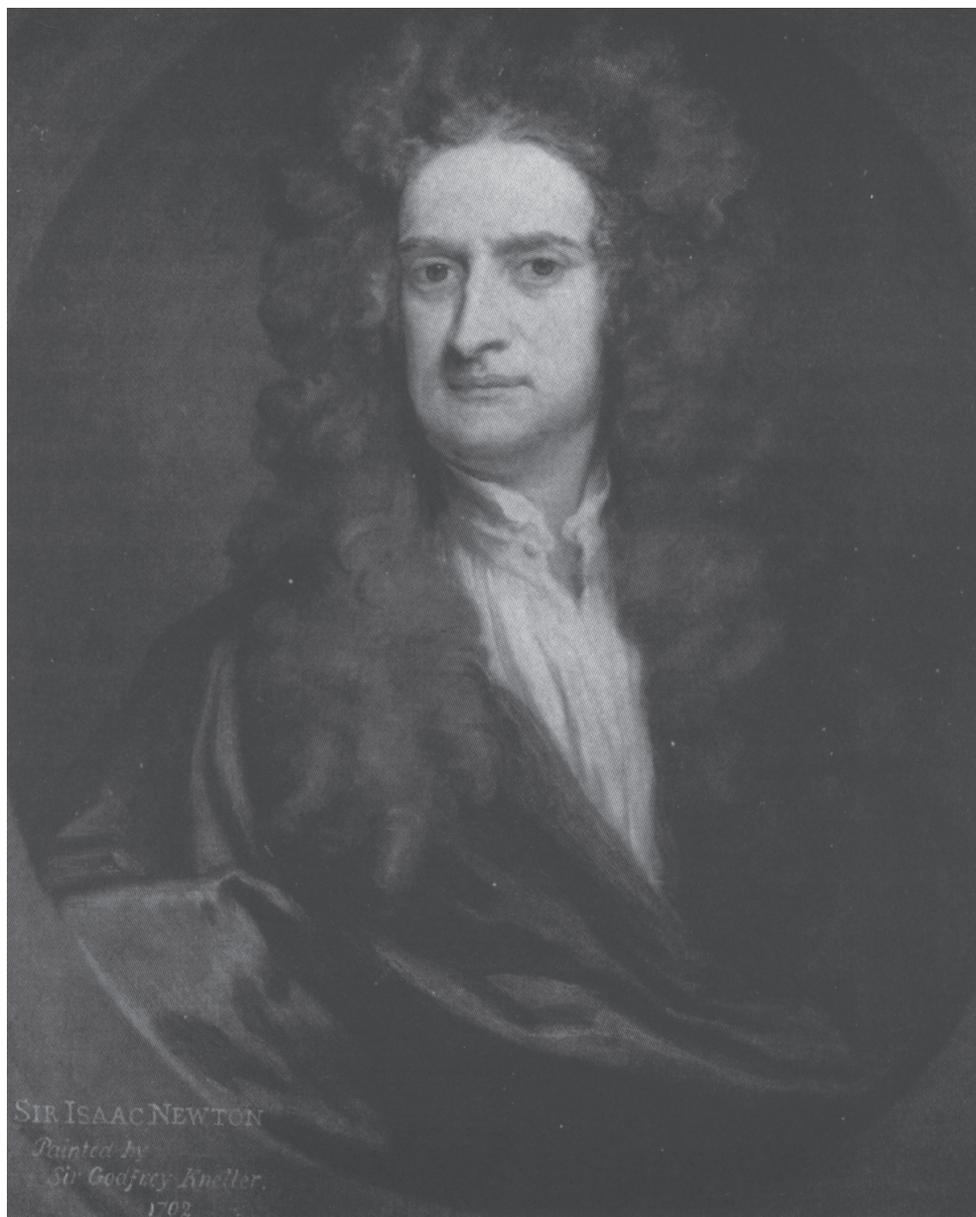
e o seu
sistema
do mundo

A figura de sir Isaac Newton na história da ciência é singular pelo menos por *duas* razões: não só ele formulou e implementou uma descrição dinâmica do mundo que continua a ser usada, essencialmente em sua forma original, até os dias de hoje (tendo ainda concomitantemente desenvolvido os instrumentos matemáticos necessários para isso), como também teve efetivamente que adotar, nessa empresa, toda uma série de contextualizações e atitudes de trabalho que eram à época estranhamente novas, embora viessem a se tornar de certa forma normais, mais tarde, para os físicos. Os conflitos e perplexidades gerados por esta segunda e não menos gigantesca tarefa foram sem dúvida dos mais graves e difíceis para o próprio Newton, como se pode depreender

A. F. R. DE TOLEDO PIZA
é professor do Instituto de Física da USP.

A Vida de Isaac Newton, de Richard S. Westfall, trad. Vera Ribeiro, Rio de Janeiro, Nova Fronteira, 1995.

Newton aos 59 anos, em retrato de Sir Godfrey Kneller, 1702



dos curiosos meandros revelados na extensa biografia escrita por Richard S. Westfall (1), cuja versão abreviada, mas ainda assim substancial, tornou-se disponível em 1995 na tradução brasileira de Vera Ribeiro, publicada pela Editora Nova Fronteira. Eles por certo contribuem decisivamente para os pontos mais abstrusos dentro da enorme complexidade que não se pode deixar de associar à obra de Newton.

Mas nem tudo o que temos de Newton participa dessa complexidade abstrusa. Existe, em particular, um texto de caráter retrospectivo, escrito cerca de 50 anos depois dos fatos de que trata e que é muito

citado, freqüentemente com o intuito de conduzir o leitor ao espanto diante da incrível lista de achados cruciais do jovem Newton durante um escasso e adverso – pois se tratava de tempos de peste negra – período de dois anos. No livro de Westfall ele é citado no contexto de uma extensa análise (capítulo 3) cujo propósito é “desmitificá-lo” com as bases documentais adequadas. O que aparentemente é sempre negligenciado nesse texto, no entanto, é o fato de que ele é tecnicamente significativo, preciso e sobretudo *simples*, especialmente no que se refere à gravitação, tratada com maior riqueza de detalhes que

1 Richard S. Westfall, *Never at Rest*, Cambridge University Press, 1980.

outros pontos. Vale a pena por isso voltar mais uma vez a ele, lendo-o como aparece à página 39 da edição brasileira do livro de Westfall:

“No início do ano de 1665, descobri o método de aproximação a uma série desse tipo & a regra para reduzir qualquer potência de qualquer binômio a tal série. No mesmo ano, em maio, descobri o método das tangentes de Gregory & Slusius &, em novembro, obtive o método direto das fluxões, & no ano seguinte, em janeiro, a teoria das cores, & em maio seguinte desvendei o método inverso das fluxões, &, no mesmo ano, comecei a pensar na gravidade como se estendendo até a órbita da Lua & (depois de descobrir como calcular a força com que [um] globo girando dentro de uma esfera pressiona a superfície da esfera), a partir da regra de Kepler de que os períodos dos planetas estão numa proporção sesquiáltera com suas distâncias do centro de suas órbitas, deduzi que as forças que mantêm os planetas em suas órbitas devem [variar], reciprocamente, com o quadrado se suas distâncias ao centro em torno do qual eles giram: & a partir disso, comparei a força necessária para manter a Lua em sua órbita com a força da gravidade na superfície da Terra, & descobri que elas se correspondem bem de perto. Tudo isso foi nos dois anos da peste, 1665-1666. Pois nessa época, eu estava no auge de minha fase de invenção & me interessava mais pela matemática & pela filosofia do que em qualquer ocasião posterior”.

Certamente 50 anos são um longo período de tempo na escala humana, e os 50 anos de que se trata aqui foram precisamente aqueles em que se desenvolveu toda a obra de Newton de que trata com riqueza de pormenores o trabalho de Westfall. (Não se deve esquecer que essa obra inclui extensas, elaboradas, e por ele apenas muito escassa e tardiamente publicadas, incursões de Newton pelo que hoje se chama estrutura da matéria, e que então se superpunha com o tortuoso trabalho alquímico) (2). Nessas condições, é crucial nunca per-

der de vista não só o caráter retrospectivo do texto, mas também o fato de que o retrospecto se beneficia da rica perspectiva oferecida pelos extensos desenvolvimentos posteriores. É em grande parte a isso, portanto, que deve ser atribuída a sua precisão técnica e simplicidade.

Voltemos então, mais atentamente, a percorrer os passos com que esse texto tardio de Newton chega às primeiras idéias sobre a gravitação universal. Existe, inicialmente, uma conjectura de enorme ousadia mas perfeita objetividade: “comecei a pensar na gravidade como se estendendo até a órbita da Lua”. Para que ela tenha verdadeiramente sentido, é a rigor necessário que se disponha de uma teoria dinâmica do movimento, e à época dos fatos Newton está longe ainda do que seria a sua formulação final das leis do movimento. Isso no entanto não impede a exploração da idéia, pois para fins imediatos basta um pequeno resultado específico: saber “calcular a força com que [um] globo girando dentro de uma esfera pressiona a superfície da esfera”. Essa é evidentemente nada mais que a *força centrípeta*, expressão cunhada mais tarde por Newton em oposição à *força centrífuga* de Huygens e ainda usada pelos vestibulandos de hoje, que a escrevem como mv^2/R . Se o raio da esfera é o raio da órbita da Lua e v a sua velocidade, isso impõe vínculos quantitativos sobre a magnitude da “gravidade na órbita da Lua”. O que o pequeno resultado específico faz, portanto, é transformar os elementos conhecidos do movimento da Lua (raio da órbita e período) numa força. O passo crucial seguinte envolve a comparação dessa força com a “força da gravidade na superfície da Terra”, supondo portanto que apenas a mesma “gravidade” esteja envolvida nos dois casos. Para isso é preciso comparar o efeito da “gravidade” em diferentes distâncias. Newton simplesmente observa então que esse passo pode ser dado sem maiores problemas “a partir da regra de Kepler de que os períodos dos planetas estão numa proporção sesquiáltera com suas distâncias do centro de suas órbitas”. Na linguagem dos vestibulandos de hoje os

2 B.J.T. Dobbs, *The Foundations of Newton's Alchemy*, Cambridge University Press, 1975.

períodos T são proporcionais a $R^{3/2}$ (proporção sesquiáltera), ou seja, $T = \alpha R^{3/2}$. Como a velocidade v é $2\pi R/T$, resulta que a força centrípeta mv^2/R é proporcional a $1/R^2$, “as forças que mantêm os planetas em suas órbitas devem [variar], reciprocamente, como o quadrado de sua distância ao centro em torno do qual eles giram”. Diante desses elementos, então, tudo está pronto para o teste crucial: calcular quanto vale, na superfície da Terra, “a força necessária para manter a Lua em sua órbita”. Newton descreve o resultado do teste dizendo: “descobri que elas se correspondem bem de perto”.

O livro de Westfall na realidade mostra e documenta quão mais difícil e tortuoso foi o caminho que levou à forma final, digamos “oficial”, da gravitação newtoniana. Isso porém apenas torna mais notável ainda que, tardiamente, Newton o esquematizasse de forma tão simples e direta. Talvez a forma apropriada de apreciar esse relato seja então vê-lo não como um relato histórico, mas como aquilo que, já no nosso tempo, Feynman chamou “a história da física por um físico”, acrescentando imediatamente que ela “nunca está correta. É uma espécie de história-mito convencional que (hoje) os físicos contam aos seus estudantes, e estes aos seus alunos, e que não está necessariamente relacionada com o desenvolvimento histórico real” (3). É importante perceber que, ao dizer que essa história-mito “nunca está correta”, Feynman quer dizer que ela nunca está *historicamente* correta. Ela é sem dúvida “fisicamente” correta, no sentido que exprime relações tidas como corretas no contexto da física vigente.

Como entender, então, o enorme contraste com as muitas abstrusas complicações dos *Principia* e da *Opticks*, por exemplo? Devo dizer, antes de mais nada, que o que estou a ponto de sugerir deve também ser tomado como uma “sugestão-mito”, que não pretende ter veracidade factual, mas que assim mesmo pretende indicar relações que podem ser tidas como corretas no contexto da obra de Newton.

Pois bem, uma circunstância possivelmente determinante da simplicidade direta

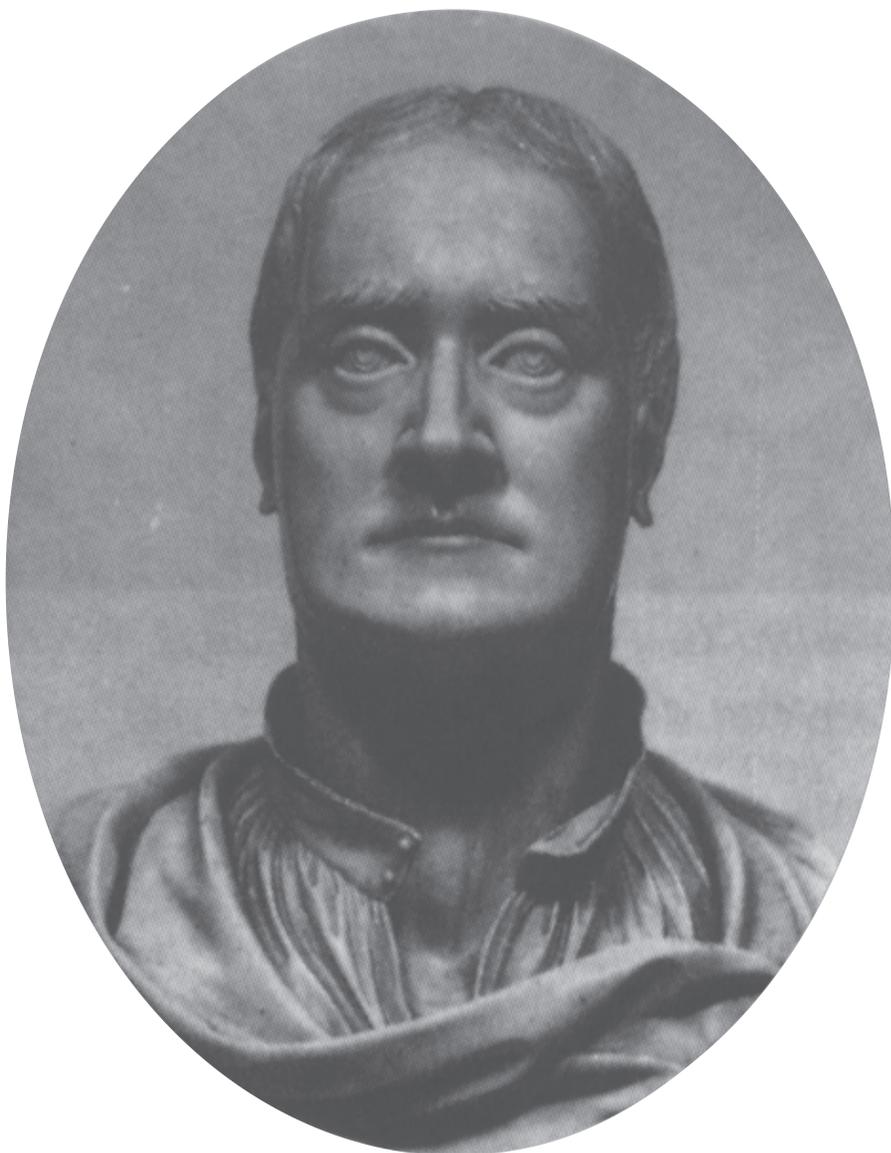
dessa exposição da idéia de uma gravitação universal pode ser justamente não ter sido um dos objetivos explícitos do texto levar a cabo uma tal exposição. Os outros pontos técnicos citados se restringem, de fato, praticamente a uma série de títulos, ou, como se costuma dizer hoje, “palavras-chave”. É portanto como se a trama interna do esquema que leva à gravitação se tivesse *imposto* a Newton, que não pôde deixar de incluí-la no texto. Essa curiosa “autonomia do objeto de trabalho” se encontra também no testemunho de muitos escritores quando afirmam que não escolhem os temas de seus livros, mas se sentem escolhidos pelos temas para escrevê-los; o que logo sugere que a física pode não ser algo assim tão distinto da literatura, ou de outras artes. Uma das crenças ainda hoje mais arraigadas entre os que se preocupam com esses assuntos é a existência de um “método” que distingue a ciência de outras atividades e lhe confere mais respeitáveis prerrogativas de veracidade. No entanto, como é perfeitamente ilustrado pelo pequeno exemplo que nos ocupa, a questão metodológica simplesmente *não se coloca* quando a ciência está de fato em pleno funcionamento. (A quem queira argumentar que Newton recorre finalmente a um “teste experimental” deve ser dito simplesmente que o resultado do “teste” — “descobri que elas se correspondem bem de perto” — é *objetivamente* inconclusivo.) É certo também que os caminhos eventualmente impostos pelas exigências internas do material de trabalho não são desprovidos de meandros. No caso da gravitação universal, por exemplo, a simplicidade inicial é rapidamente desfeita pela percepção de que a atração mútua de *todos* os corpos celestes deve em última análise invalidar as próprias leis de Kepler usadas para chegar até ela. Westfall analisa como Newton enfrentou tais meandros, e os converteu numa teoria do movimento do plano da órbita da Lua por influência do Sol, na teoria das marés e na teoria da precessão dos equinócios. Newton se preocupa ainda com a exigência teórica interna de que os efeitos da atração entre planetas, sobretudo entre os planetas maiores, Júpiter e Saturno, pertur-

3 Richard P. Feynman, *QED, a Estranha Teoria da Luz e da Matéria*, Gradiva (Portugal), 1988, p. 22.

bem suas respectivas órbitas, especialmente quando em conjunção; e sobre as complicações que poderiam decorrer da intrusão de cometas no sistema planetário (capítulo 8). Esses e outros pontos aumentam em muito o nível exigido de complexidade *técnica* do trabalho, mas a sua elaboração não implica em qualquer distanciamento mais profundo do enfoque inicial. Em particular a atitude, digamos, “transmetodológica” é exatamente a mesma.

Desse ponto de vista, portanto, o trabalho de Newton se desenvolve sem percal-

ços maiores que (e não são poucas) as dificuldades intrínsecas e as exigências técnicas engendradas por sua própria coesão interna. Dificuldades de uma ordem inteiramente diversa se manifestam imediatamente, no entanto, quando se trata de alguma forma de inseri-lo de volta no mundo das pessoas, que evidentemente *é também* o de Newton. Esse mundo tem suas próprias estruturas, critérios e sistemas, e sempre que eles entrem em conflito com os rumos do trabalho é necessário proceder com apaziguamentos e adaptações, recíprocas nos



Newton aos
75 anos. Busto
esculpido
por David de
Marchand, 1718



Newton aos 83 anos, retratado por John Vanderbank, 1726

melhores casos. É desses embates que parecem surgir as formulações metodológicas, em particular as muitas que devemos a Newton, como tentativas (nem sempre bem-sucedidas) de administrar os conflitos por via diplomática. Um sinal claro de que o próprio Newton serviu de palco para tais conflitos se encontra, notadamente, na famosa e também tardiamente publicada “Questão” (*Query*) 31 da última edição da *Opticks*, que Westfall descreve como “uma versão ampliada das especulações sobre as forças que Newton um dia planejara inserir nos *Principia*” (p. 256 da edição brasileira). Essas especulações estão a rigor bastante além dos limites da gravitação universal, mas esta mais uma vez se insinua no texto mais pormenorizadamente que seria de esperar, desta vez com um resumido relato de todas as suas implicações e exigências internas, o que para conveniência geral não pode ficar sem gestos de reparação. Em um de seus parágrafos quase finais, não citado ou comentado por Westfall, e outras vezes apenas mencionado de passagem como um parêntese algo intempestivo, lê-se o seguinte:

“Ora, graças a esses princípios [princípios do movimento ligados à estrutura da matéria, o que leva Westfall a descrever esta ‘Query’ como ‘o produto mais avançado

da química do século XVII] todas as coisas materiais parecem ter sido compostas das partículas duras e sólidas acima mencionadas, variadamente associadas na primeira criação pelo desígnio de um agente inteligente. Pois convinha a Ele, que as criou, ordená-las. E se Ele o fez, não é filosófico procurar qualquer outra origem do mundo, ou pretender que ele pudesse originar-se de um caos pelas meras leis da natureza; embora, uma vez formado, ele possa continuar por essas leis ao longo de muitas eras. Pois enquanto os cometas se movem em órbitas muito excêntricas em todos os modos e posições, um destino cego nunca poderia fazer com que todos os planetas se movessem de uma mesma maneira em órbitas concêntricas, excetuadas algumas irregularidades insignificantes que podem ter resultado das ações mútuas dos cometas e planetas uns sobre os outros e que estão aptas a aumentar até que o sistema necessite de uma reforma. Essa uniformidade maravilhosa no sistema planetário deve ser concedida ao efeito da escolha” (4).

Sem abdicar dos resultados de suas incursões pioneiras pelo vasto campo que viria a se chamar Teoria das Perturbações e que conduziria, por seus próprios caminhos, já no fim do século XX, à reativação da agora chamada Mecânica Clássica pelas possibilidades sentidas no “caos determinístico”, Newton termina por se render de certa forma ao Sistema de seu tempo, mantendo nas mãos de “um agente inteligente” o privilégio da “escolha” mas também, inevitavelmente, atribuindo-lhe a responsabilidade de eventuais “reformas”.

Muitos anos atrás ouvi, pronunciada meio entre dentes por Herman Feshbach logo depois de um dos tantos seminários informais do Center for Theoretical Physics do MIT, uma das observações mais reveladoras sobre a física e os físicos: “é importante ver o que eles fazem, não ouvir o que eles dizem”. Ao contrário do que “eles fazem” sob o domínio das exigências intrínsecas das suas intransigentes criaturas, “o que eles dizem” freqüentemente encerra como que piruetas mentais que tentam apaziguar o espírito desorientando o pensamento.

4 Isaac Newton, *Óptica*, trad. André Koch Torres Assis, São Paulo, Edusp, 1996, p. 291.