

A natureza econômica da investigação física (1868-82)

Ernst Mach (1838-1916)



Filme de bolha de sabão formado em um cubo de arame, seguindo a tendência dos líquidos de minimizarem a área das superfícies. Foto de Andrew Lambert (Science Photo Library), semelhante a desenho no livro de Mach, p. 6, a partir das pesquisas do belga Joseph Plateau (1873).

Trechos de dois artigos do livro *Palestras científicas populares*, de 1894, traduzidos da edição em inglês: *Popular scientific lectures*, trad. Thomas J. McCormack, Open Court, Chicago, 3ª edição de 1898. A edição em alemão viria a ter mais textos: *Populärwissenschaftliche Vorlesungen*, 4ª edição, Leipzig, 1910.

- (1) “The forms of liquids” (“As formas dos líquidos”), pp. 1-16, palestra de 1868, publicada em 1872.
- (2) “The economical nature of physical inquiry”, pp. 186-213, palestra de 1882.

Sobre o mesmo tópico, ver também o livro *Desenvolvimento histórico-crítico da mecânica* (1883), Cap. IV, seção IV.

Tradução para o português feita por Osvaldo Pessoa Jr., para o curso de Filosofia e História da Ciência Moderna (FLF0449), 1º semestre de 2012.

“As formas dos líquidos” (1872):

[13] [...] Isso nos ajudará, até certo ponto, a entender a criação de lindas e complicadas figuras pela tendência simples dos líquidos de assumirem superfícies de área superficial mínima. Mas surge a questão: por que os líquidos buscam superfícies de área superficial mínima?

As partículas de líquido ficam unidas. Gotas que entram em contato coalescem. Podemos dizer que as partículas de líquido se atraem mutuamente. Neste caso, elas buscam ficar [14] o mais próximo que elas podem entre si. As partículas da superfície se esforçam por penetrar o mais que elas podem no interior. Esse processo não pára, não pode parar, até a superfície se tornar a mais pequena que seja possível para ela sob as circunstâncias, até o menor número possível de partículas permanecer na superfície, até o maior número de partículas possível tiver penetrado no interior, até as forças de atração não tiverem mais trabalho para realizar. (Nota: Em quase todos os ramos bem desenvolvidos da física, tais problemas de máximos e mínimos desempenham um papel importante.)

A raiz do princípio da superfície mínima deve ser buscado, nesse sentido, em outro princípio muito mais simples, que pode ser ilustrado por alguma analogia como a seguinte. Podemos conceber as forças naturais de atração e repulsão como propósitos ou intenções da natureza. De fato, aquela pressão interior que sentimos antes de uma ação, e que chamamos de intenção ou propósito, não é afinal de contas tão essencialmente diferente da pressão de uma pedra em seu suporte, ou da pressão de um ímã sobre outro, que necessariamente não possamos usar o mesmo termo para os dois, pelo menos para propósitos bem definidos.

Nesse sentido, é o propósito da natureza trazer o ferro para junto do ímã, a pedra para mais perto do centro da Terra, e assim por diante. Se tal propósito puder ser realizado, ele assim o será. Mas onde ela não puder realizar seus propósitos, [15] a natureza nada faz. Nesse sentido, ela atua exatamente como faz um bom homem de negócios.

É um propósito constante da natureza trazer pesos para baixo. Podemos levantar um peso fazendo outro peso maior afundar; ou seja, satisfazendo outro propósito mais poderoso da natureza. Se imaginamos que com isso estamos fazendo a natureza servir a nossos propósitos, veremos em um exame mais atento que o contrário é verdade, que a natureza nos usou para atingir seus propósitos.

Equilíbrio e repouso só existem – e então sempre – quando a natureza é levada a encerrar a busca por seus propósitos, quando as forças da natureza estão tão completamente saciadas quanto elas possam estar. Assim, por exemplo, corpos pesados estão em equilíbrio quando seu assim chamado centro de gravidade está o mais baixo possível, ou quando o máximo de peso afundou o mais baixo possível, sujeito às circunstâncias.

Forçosamente sugere-se a ideia de que talvez este princípio também valha para outros domínios. O equilíbrio também ocorre no estado em que os propósitos das partes estão tão satisfeitos quanto eles possam temporariamente estar, ou como podemos dizer jocosamente, no jargão da física, quando o potencial social está no máximo. (Nota: Semelhantes reflexões podem ser encontradas em Quetelet, *Du système sociale*, 1848.)

Vemos assim que nosso mísero princípio mercantil está repleto de consequências. Resultado de sóbria pesquisa, ele [16] se tornou tão frutífero para a física como as incisivas questões de Sócrates para a ciência em geral. Se o princípio parece carecer de idealidade, mais ideais são os frutos que ele fornece.

Mas digam-me por que a ciência deveria se envergonhar de tal princípio? Seria a própria ciência algo mais do que um negócio? Sua tarefa não seria adquirir, com o menor trabalho possível, no menor tempo possível, com o mínimo de pensamento, a maior parte possível da verdade eterna?

“A natureza econômica da investigação física” (1882):

A comunicação do conhecimento científico sempre [193] envolve descrição, ou seja, uma reprodução mimética dos fatos no pensamento, cujo objetivo é substituir e salvar as complicações de novas experiências. Em outras palavras, para salvar o trabalho da instrução e da aquisição, busca-se uma descrição concisa e abreviada. As leis naturais nada mais são do que isso. Sabendo o valor da aceleração da gravidade e as leis da queda de Galileu, possuímos direções simples e compendiosas para reproduzir no pensamento todos os possíveis movimentos dos corpos em queda. Uma fórmula desse tipo é um substituto completo para toda uma tabela de movimentos de queda, pois por meio da fórmula podemos fácil e rapidamente construir os dados sem a menor sobrecarga para a memória.

Nenhuma mente humana poderia compreender todos os casos individuais de refração. Mas o conhecimento do índice de refração dos dois meios em questão, além da familiar lei dos senos, permite que possamos facilmente reproduzir ou preencher no pensamento cada caso concebível de refração. A vantagem aqui consiste em retirar a sobrecarga da memória, um fim que levado adiante imensamente pela preservação escrita das constantes naturais. Uma lei natural deste tipo não contém nada mais do que este relato compreensivo e condensado sobre fatos. Na verdade, a lei sempre contém menos do que o próprio fato, pois ela não reproduz o fato em sua totalidade, mas apenas aquele aspecto dele que é importante para nós, sendo que o restante é omitido de maneira intencional ou por necessidade. Leis naturais podem ser comparadas a um tipo intelectual [194] de ordem superior, em parte móvel, em parte estereotipado, que quando permanece nas novas edições da experiência pode se tornar um completo empecilho.

Quando passamos os olhos pela primeira vez sobre um domínio de fatos, ele nos aparece diversificado, irregular, confuso e cheio de contradições. Primeiro conseguimos apreender apenas fatos únicos, não relacionados com os outros. Esse domínio, como costumamos dizer, não é *claro*. Aos poucos vamos descobrindo os elementos simples e permanentes deste mosaico, a partir do qual poderemos construir todo o domínio. Quando tivermos atingido o ponto em que podemos identificar os mesmos fatos em toda parte, deixamos de nos sentir perdidos no domínio; compreendemo-lo sem esforço, ele está *explicado* para nós. [...]

[197] A física é experiência, arranjada em ordem econômica. Por meio desta ordem, torna-se possível não somente uma visão vasta e compreensiva do que alcançamos, mas também manifestam-se os defeitos e alterações necessárias, exatamente como ocorre em uma casa bem cuidada. A física compartilha com a matemática as vantagens da descrição sucinta e da definição breve e compendiosa, que impedem confusão, mesmo para ideias que contenham várias outras, aparentemente sem sobrecarregar o cérebro. Dessas ideias o rico conteúdo pode ser produzido a qualquer momento e exibido em sua luz perceptiva completa. Pense no exame de noções bem ordenadas contidas na ideia de potencial. Não é maravilhoso que ideias contendo tanto trabalho realizado possam ser tão fáceis de manipular?

Nosso primeiro conhecimento, portanto, é um produto da economia da auto-preservação. Através da comunicação, as experiências de *muitas* pessoas, de início adquiridas individualmente, são reunidas em *uma*. A comunicação do conhecimento e a necessidade que todos sentem de tratar do seu estoque de experiências com o gasto mínimo de pensamento, nos compelem a colocar nosso conhecimento em formas econômicas. Temos pois aqui uma pista que despe a ciência de todo o seu mistério, e nos mostra qual é o seu verdadeiro poder. Com relação a resultados específicos, ela não nos fornece nada que não poderíamos alcançar em um tempo suficientemente longo, sem o uso de métodos. Não há problema em toda matemática que não possa ser resolvido pela contagem direta. Mas com as atuais implementações da matemática, [198] muitas operações de contagem podem ser realizadas em poucos minutos, as quais levariam uma vida sem os métodos matemáticos. Da mesma forma que um único ser humano, restrito completamente aos frutos de seu próprio trabalho, nunca poderia acumular uma fortuna – pois é a acumulação do trabalho de muitos homens nas mãos de um único que é o fundamento da riqueza e poder – assim também nenhum conhecimento digno deste nome poderia ser reunido em uma única mente humana, limitada pela duração de uma vida humana e dotada apenas de poderes finitos, salvo pela mais refinada economia de pensamento e pelo cuidadoso acúmulo da experiência ordenada economicamente por milhares de colaboradores. O que nos parece aqui serem frutos da magia são simplesmente as recompensas de se cuidar da casa de maneira primorosa, como ocorre na vida civil. Mas o negócio da ciência tem a seguinte vantagem sobre todas as outras atividades, de que de *seu* acúmulo de riqueza ninguém sofre a menor perda. Essa também é sua benção, seu poder libertador e salvador.

O reconhecimento do caráter econômico da ciência nos ajudará, talvez, a entender melhor certas noções físicas.

Aqueles elementos de um evento que chamamos de “causa e efeito” são certos traços salientes dele, que são importantes para sua reprodução mental. Sua importância diminui e a atenção é transferida para características frescas a partir do momento em que o evento ou experiência em questão se torna familiar. Se a conexão de tais traços nos parece necessária, é apenas porque [199] a interpolação de certos elos intermediários, com os quais estamos bastante familiarizados, e que portanto possuem

maior autoridade para nós, é frequentemente feita com sucesso em nossas explicações. Aquela experiência *pronta*, fixada no mosaico de nossa mente, com a qual nos deparamos com novos eventos, Kant chama de um conceito inato do entendimento.

Os maiores princípios da física, resolvidos em seus elementos, não diferem em nada dos princípios descritivos do historiador natural. A pergunta “Por quê?”, que é sempre apropriada quando a explicação de uma contradição está envolvida, assim como todos os hábitos próprios do pensamento, pode ser extrapolada para além de seus limites, e ser perguntada onde nada resta para ser compreendido. Suponha que fôssemos atribuir à natureza a propriedade de produzir efeitos semelhantes em circunstâncias semelhantes; ora, não saberíamos como encontrar tais circunstâncias semelhantes. A natureza existe uma única vez. É somente nossa esquemática imitação mental que produz eventos semelhantes. Somente em nossas mentes, portanto, é que ocorre a dependência mútua de certos traços.

Todos os nossos esforços de espelhar o mundo no pensamento seriam fúteis, se não encontrássemos nada permanente nas variadas mudanças das coisas. É isso que nos impele de formar a noção de substância, cuja fonte não difere daquela das modernas ideias concernentes à conservação de energia. A história da física fornece numerosos exemplos desse impulso em quase todos os campos, e bons exemplos podem ser traçados para a pré-escola. “Para onde vai a luz quando ela é apagada?”, [200] pergunta a criança. O esvaziamento repentino de uma bexiga de hidrogênio é inexplicável para uma criança; ela fica por toda parte procurando aquele corpo grande que estava lá mas não está mais.

De onde vem o calor? Para onde vai o calor? Tais perguntas infantis nas bocas de pessoas maduras moldam o caráter de um século.