

# INVESTIGAÇÃO CIENTÍFICA: INVENÇÃO E VERIFICAÇÃO\*

Carl G. Hempel

## 1 Um caso histórico como exemplo

Como simples ilustração de alguns aspectos importantes da investigação científica vamos considerar o trabalho sobre a febre puerperal, realizado pelo médico húngaro Ignaz Semmelweis, no Hospital Geral de Viena, de 1844 a 1848. Grande número de mulheres internadas no Primeiro Serviço da Maternidade do Hospital contraía após o parto uma doença séria, e muitas vezes fatal, conhecida como febre puerperal. Em 1844, das 3.157 mães hospitalizadas nesse Serviço, 260 (ou seja, 8,2 por cento) morreram da doença; em 1845 a percentagem era de 6,8 por cento e em 1846 de 11,4 por cento. Essas cifras se tornavam ainda mais alarmantes quando confrontadas com as dos casos de morte pela doença no Segundo Serviço de Maternidade do mesmo hospital, que abrigava quase tantas mulheres como o primeiro: 2,3, 2,0 e 2,7 por cento para os mesmos anos.

Atormentado pelo terrível problema, Semmelweis esforçou-se por resolvê-lo, seguindo um caminho que ele mesmo veio a descrever mais tarde em livro que escreveu sobre a causa e a prevenção da febre puerperal.<sup>1</sup>

Começou considerando várias explicações então em voga; algumas rejeitou logo por serem incompatíveis com fatos bem estabelecidos; outras, passou a submeter a verificações específicas.

Uma idéia amplamente aceita na época atribuía as devastações da febre puerperal a “influências epidêmicas”, vagamente descritas como mudanças “cósmico-telúrico-atmosféricas” espalhando-se sobre bairros inteiros e causando a febre nas mulheres internadas. Mas, raciocina Semmelweis, como poderiam tais influências afetar o Primeiro Serviço durante anos - e poupar o Segundo? E como

---

\*Capítulo 2 de HEMPEL, Carl G. *Filosofia da Ciência Natural*. Rio de Janeiro: Zahar Editores, 1981 (tradução de Plínio Sussekind Rocha da UFRJ).

<sup>1</sup>A narrativa do trabalho de Semmelweis e das dificuldades por ele encontradas constitui uma página fascinante da história da Medicina. Uma exposição pormenorizada que inclui traduções e paráfrases de largos trechos dos escritos de Semmelweis, encontra-se em W. J. Sinclair, *Semmelweis: His Life and His Doctrine* (Manchester, Inglaterra: Manchester University Press, 1909). Dessa obra é que foram tiradas as rápidas citações deste capítulo. Os pontos culminantes da carreira de Semmelweis estão focalizados no primeiro capítulo de P. de Kruif, *Men Against Death* (Nova York: Harcourt, Brace and World, Inc., 1932).

poderia reconciliar-se essa idéia com o fato de estar a febre grassando no hospital sem que praticamente ocorresse outro caso na cidade de Viena ou em seus arredores? Uma epidemia genuína, como o é a cólera, não poderia ser tão seletiva. Finalmente, Semmelweis nota que algumas das mulheres admitidas no Primeiro Serviço, residindo longe do hospital, vencidas pelo trabalho de parto ainda em caminho, tinham dado à luz em plena rua; pois, a despeito dessas condições desfavoráveis, a taxa de morte por febre puerperal entre esses casos de “parto de rua” era menor que a média no Primeiro Serviço.

Segundo outra opinião, a causa da mortalidade no Primeiro Serviço era o excesso de gente. Mas Semmelweis observa que esse excesso era ainda maior no Segundo Serviço, o que em parte se explicava como resultado dos esforços desesperados das pacientes para evitar o Primeiro Serviço já mal afamado. Ele rejeita também duas conjeturas semelhantes então correntes, observando que não havia diferença entre os dois Serviços quanto à dieta e ao cuidado geral com as pacientes.

Em 1846, uma comissão nomeada para investigar o assunto atribuía a predominância da doença no Primeiro Serviço a danos causados pelo exame grosseiro feito pelos estudantes de Medicina, que recebiam seu treino em obstetrícia apenas no Primeiro Serviço. Semmelweis observa, refutando esta opinião, que: a) os danos resultantes naturalmente do processo de parto são muito mais extensos que os que poderiam ser causados por um exame grosseiro; b) as parteiras que recebiam seu treino no Segundo Serviço examinavam suas pacientes quase do mesmo modo, mas sem os mesmos efeitos nocivos; c) quando, em consequência do relatório da comissão, o número dos estudantes de Medicina ficou diminuído da metade e os seus exames das mulheres foram reduzidos ao mínimo, a mortalidade, depois de breve declínio, elevou-se a níveis ainda mais altos do que antes.

Várias explicações psicológicas tinham sido tentadas. Uma delas lembrava que o Primeiro Serviço estava disposto de tal modo que um padre, levando o último sacramento a uma moribunda, tinha que passar por cinco enfermarias antes de alcançar o quarto da doente: o aparecimento do padre, precedido por um auxiliar soando uma campainha, produziria um efeito aterrador e debilitante nas pacientes dessas enfermarias e as transformavam em vítimas prováveis da febre. No Segundo Serviço não havia esse fator prejudicial porque o padre tinha acesso direto ao quarto da doente. Para verificar esta conjetura, Semmelweis convenceu ao padre de tomar um outro caminho e de não soar a campainha, chegando ao quarto da doente silenciosamente e sem ser observado. Mas a mortalidade no Primeiro Serviço não diminuiu.

Observaram ainda a Semmelweis que no Primeiro Serviço as mulheres no parto ficavam deitadas de costas e no Segundo Serviço, de lado. Mesmo achando a idéia inverossímil, decidiu, “como um náufrago se agarra a uma palha”, verificar se a diferença de posição poderia ser significativa. Introduzindo o uso da posição lateral no Primeiro Serviço a mortalidade não se alterou.

Finalmente, no começo de 1847, um acidente deu a Semmelweis a chave decisiva para a solução do problema. Um seu colega, Kolletschka, feriu-se no dedo com o bisturi de um estudante que realizava uma autópsia e morreu depois

de uma agonia em que se revelaram os mesmos sintomas observados nas vítimas da febre puerperal.

Apesar de nessa época não estar ainda reconhecido o papel desempenhado nas infecções pelos microrganismos, Semmelweis compreendeu que “a matéria cadavérica”, introduzida na corrente sanguínea de Kolletschka pelo bisturi, é que causara a doença fatal do seu colega. As semelhanças entre o curso da doença de Kolletschka e a das mulheres em sua clínica levaram Semmelweis à conclusão de que suas pacientes morreram da mesma espécie de envenenamento do sangue: ele, seus colegas, e os estudantes tinham sido os veículos do material infeccioso, pois vinham às enfermarias logo após realizarem dissecações na sala de autópsia e examinavam as mulheres em trabalho de parto depois de lavarem as mãos apenas superficialmente, muitas vezes retendo o cheiro nauseante.

Novamente, Semmelweis submeteu sua idéia a um teste. Raciocinou que, se estivesse certo, então a febre puerperal poderia ser prevenida pela destruição química do material infeccioso aderido às mãos. Ordenou então que todos os estudantes lavassem suas mãos numa solução de cal clorada antes de procederem a qualquer exame. A mortalidade pela febre logo começou a decrescer, caindo em 1848 a 1,27 por cento no Primeiro Serviço, enquanto que no Segundo era de 1,33.

Justificando ainda mais sua idéia ou sua *hipótese*, como também diremos, Semmelweis observou que ela explicava o fato de ser a mortalidade do Segundo Serviço mais baixa: lá as pacientes eram socorridas por parteiras, cujo treino não incluía instrução anatômica por dissecação dos cadáveres.

E a hipótese também explicava a menor mortalidade entre os casos de “partos de rua”: as mulheres que já chegavam trazendo seus bebês ao colo raramente eram examinadas após a admissão e tinham assim melhor sorte de escapar à infecção.

Finalmente, a hipótese explicava o fato de só serem vítimas de febre os recém-nascidos cujas mães tinham contraído a doença durante o trabalho de parto, pois então a infecção podia ser transmitida à criança antes do nascimento, através da corrente sanguínea comum à mãe e ao filho, o que era impossível quando a mãe permanecia sadia.

Ulteriores experiências clínicas levaram Semmelweis em pouco tempo a alargar sua hipótese. Numa ocasião, por exemplo, ele e seus colaboradores, após desinfetarem cuidadosamente as mãos, examinaram primeiro uma mulher em trabalho de parto que sofria de câncer cervical purulento; passaram em seguida a examinar doze outras mulheres na mesma sala, limitando-se a lavar as mãos sem repetir a desinfecção. Onze das doze pacientes morreram de febre puerperal. Semmelweis concluiu que essa febre podia ser causada não somente por material cadavérico, mas também por “matéria pútrida retirada de um organismo vivo”.

## 2 As etapas fundamentais para verificar uma hipótese

Vimos como, procurando a causa da febre puerperal, Semmelweis examinou várias hipóteses que haviam sido sugeridas como possíveis respostas. Porque essas hipóteses se apresentaram em primeiro lugar é uma questão debatida que iremos considerar mais tarde. De início, vamos examinar como uma hipótese, uma vez proposta, é verificada.

Às vezes, o procedimento é direto. É o que aconteceu com as conjeturas de que as diferenças em aglomeração, em dieta ou em atenção explicariam a diferença de mortalidade entre os dois Serviços de Maternidade. Como Semmelweis observou, elas não concordavam com os fatos imediatamente observáveis. Não existiam tais diferenças entre os Serviços; as hipóteses foram, portanto, rejeitadas como falsas.

Mas habitualmente a verificação não é tão simples e tão direta. Consideremos, por exemplo, a hipótese que atribuía a alta mortalidade no Primeiro Serviço ao temor evocado pelo aparecimento do padre com o seu auxiliar. Não sendo a intensidade do temor nem seu efeito sobre a febre diretamente determinados, como o são a diferença em aglomeração e em dieta, Semmelweis usou um método indireto de verificação. Perguntou a si mesmo: Existe algum efeito facilmente observável que ocorra caso seja a hipótese verdadeira? E raciocinou: *Se* a hipótese fosse verdadeira, *então* uma mudança apropriada no procedimento do padre deveria ser acompanhada de um declínio nos casos fatais. Verificou esta implicação por uma simples experiência e achando que ela era falsa rejeitou a hipótese.

Analogamente, para verificar a conjetura sobre a posição das mulheres durante o parto, raciocinou: *Se* a conjetura fosse verdadeira, *então* a adoção da posição lateral no Primeiro Serviço reduziria a mortalidade. Outra vez a experiência mostrou ser falsa a implicação e a conjetura foi afastada.

Nos dois últimos casos a verificação baseava-se no seguinte argumento: *Se* a hipótese considerada, que designaremos por  $H$ , for verdadeira, *então* certos eventos observáveis (e.g., declínio na mortalidade) deverão ocorrer sob certas circunstâncias especificadas (e.g., se o padre se abster de passar pelas enfermarias ou se o parto se realizar em posição lateral); mais brevemente, se  $H$  é verdadeira, também o é  $I$ , sendo  $I$  um enunciado que descreve as ocorrências observáveis a serem esperadas. É conveniente dizer que  $I$  é inferido de  $H$ , ou implicado por  $H$ , e que  $I$  é uma implicação verificável da hipótese  $H$ . (Mais tarde daremos uma descrição mais apurada da relação entre  $I$  e  $H$ ).

Nesses dois últimos exemplos a experiência mostrou ser falsa a implicação verificável e por isso a hipótese foi rejeitada. O raciocínio que conduziu à rejeição

pode ser esquematizado da seguinte maneira:

- a) Se  $H$  é verdadeiro, então  $I$  também o é.  
Mas (como mostra a evidência)  $I$  não é verdadeiro.  

---

 $H$  não é verdadeiro.

Qualquer argumento desta forma, chamado *modus tollens* em Lógica<sup>2</sup>, é dedutivamente válido, isto é, se suas premissas (as sentenças acima da linha horizontal) são verdadeiras, então sua conclusão (a sentença abaixo da linha horizontal) é infalivelmente verdadeira. Logo, se as premissas de *a*) já estiverem convenientemente estabelecidas, a hipótese  $H$  que está sendo verificada deve ser certamente rejeitada.

Consideremos agora o caso em que a observação ou a experiência apóia a implicação  $I$ . Da hipótese de ser a febre puerperal um envenenamento do sangue provocado pela matéria cadavérica, Semmelweis inferiu que medidas antissépticas apropriadas reduziram os casos fatais da doença. Desta vez, a experiência mostrou ser verdadeira a implicação. Mas esse resultado favorável não provava conclusivamente que a hipótese fosse verdadeira, pois o argumento subjacente teria a forma:

- b) Se  $H$  é verdadeiro, então  $I$  também o é.  
(Como mostra a evidência)  $I$  é verdadeiro.  

---

 $H$  é verdadeiro.

Este modo de raciocinar, chamado *a falácia da afirmação do conseqüente*, é dedutivamente não-válido, isto é, sua conclusão pode ser falsa ainda que suas premissas sejam verdadeiras<sup>3</sup>. E isso é de fato exemplificado pela própria experiência de Semmelweis. A versão inicial de sua interpretação da febre puerperal como uma forma de envenenamento do sangue mencionava a infecção com matéria cadavérica como sendo a única fonte da doença; corretamente ele raciocinara que, se essa hipótese fosse verdadeira, então a destruição das partículas cadavéricas pela antissepsia deveria reduzir a mortalidade. Além disso, sua experiência mostrou ser verdadeira a implicação. Logo, neste caso, as premissas de *b*) eram ambas verdadeiras. Contudo, sua hipótese era falsa, pois como ele descobriu depois, a febre podia também ser produzida por material pútrido proveniente de organismos vivos.

Assim, o resultado favorável de uma verificação, i. e., o fato de ser achada verdadeira a implicação inferida de uma hipótese, não prova que a hipótese seja verdadeira. Mesmo que muitas implicações de uma hipótese tenham sido sustentadas por verificações cuidadosas, ainda assim a hipótese pode ser falsa.

---

<sup>2</sup>Para detalhes, ver outro volume da coleção: W. Salmon, *Logic*, p. 24-25. (NE: p. 42-43 da tradução para o português publicada sob o título *Lógica*, por Zahar Editores, Rio, 1969.)

<sup>3</sup>Ver Salmon, *Logic*, p. 27-29, (NE: p. 44-47 da edição brasileira.)

O argumento seguinte também comete a falácia de afirmar o conseqüente:

- c) 
$$\frac{\begin{array}{l} \text{Se } H \text{ é verdadeiro, então também o são } I_1, I_2, \dots, I_n. \\ \text{(Como mostra a evidência) } I_1, I_2, \dots, I_n \text{ são verdadeiros.} \end{array}}{H \text{ é verdadeiro.}}$$

Isso ainda pode ser ilustrado pela hipótese final de Semmelweis em sua primeira versão. Como já indicamos anteriormente, da sua hipótese também se tiram as implicações de que entre os casos de parto de rua, admitidos no Primeiro Serviço, a mortalidade pela febre puerperal deveria ser menor que a média para o Serviço e que as crianças cujas mães tinham escapado da doença não contraíam a febre puerperal. Essas implicações também eram amparadas pela evidência - apesar de ser falsa a primeira versão da hipótese final.

Mas, observando que o resultado favorável de não importa quantas verificações não fornece prova conclusiva para uma hipótese, não devemos pensar que ao obter de um certo número de verificações um resultado favorável estaremos como se não tivéssemos feito verificação alguma. Pois cada uma de nossas verificações poderia ter tido um resultado desfavorável e poderia ter levado à rejeição da hipótese. Um conjunto de resultados favoráveis obtidos ao verificarmos diferentes implicações  $I_1, I_2, \dots, I_n$  de uma hipótese mostra que essa hipótese foi confirmada no que diz respeito àquelas implicações particulares; ainda que este resultado não produza prova completa da hipótese, fornece pelo menos certo suporte, alguma corroboração ou confirmação dela. Em que medida isso é feito dependerá de vários aspectos da hipótese e dos dados colhidos pela verificação. Esses aspectos serão examinados no capítulo 4.

Vejamos agora outro exemplo<sup>4</sup> que nos fará prestar atenção a outros aspectos da investigação científica.

Como já se sabia no tempo de Galileu, e provavelmente muito mais cedo, qualquer bomba aspirante que retira água de um poço por meio de um êmbolo móvel no interior de um cilindro não consegue elevar a água a mais de cerca de 10,5 metros acima da superfície livre do poço. Galileu ficou intrigado por esta limitação e sugeriu uma explicação apressada para ela. Depois da morte de Galileu, seu discípulo Torricelli propôs uma outra resposta. Argumentou que a Terra está envolvida por um oceano de ar que, em virtude do seu peso, exerce pressão sobre o seu fundo, e que é essa pressão sobre a superfície livre do poço que força a água a subir quando se levanta o êmbolo. Aquela altura máxima de cerca de 10,5 metros para a coluna d'água sobrelevada dá simplesmente uma medida de pressão exercida pela atmosfera sobre a superfície livre do poço.

Sendo evidentemente impossível determinar por inspeção direta ou por observação se a suposição é correta, Torricelli procurou verificá-la indiretamente. Raciocinou que se fosse verdadeira sua conjetura, então a pressão atmosférica seria também capaz de suportar uma coluna proporcionalmente menor de mer-

---

<sup>4</sup>O leitor encontrará uma exposição mais completa desse exemplo no capítulo 4 do livro fascinante de J. B. Conant, *Science and Common Sense* (New Haven: Yale University Press, 1951). Uma carta de Torricelli em que ele descreve sua hipótese e a verificação dela, além de um testemunho visual da experiência de Puy-de-Dôme, acha-se em W. F. Magie, *A Source Book In Physics* (Cambridge: Harvard University Press, 1963), p. 70, 75.

cúrio; com efeito, sendo a densidade do mercúrio cerca de 14 vezes menor que a da água, a altura da coluna de mercúrio deveria ser da ordem de  $10,5/14$  metros, isto é, da ordem de 75 cm. Verificou essa implicação por meio de um aparelho engenhosamente simples, que era, de fato, o barômetro de mercúrio. O poço de água é substituído por uma cuba contendo mercúrio, o cano de sucção da bomba é substituído por um tubo de vidro fechado numa das extremidades. Enchendo completamente o tubo com mercúrio e obturando a extremidade aberta com o dedo polegar, Torricelli inverteu-o, submergindo no mercúrio a extremidade tapada pelo polegar. Retirando em seguida o polegar, a coluna de mercúrio caiu a cerca de 75 cm, tal como previra.

Outra implicação dessa hipótese foi anotada por Pascal, raciocinando que, se o mercúrio no barômetro de Torricelli exerce sobre o mercúrio da cuba pressão igual à do ar, então a altura da coluna deve diminuir à medida que cresce a altitude, pois a atmosfera vai-se tornando menor. A pedido de Pascal, essa implicação foi verificada pelo seu cunhado, Périer, que mediu a altura da coluna de mercúrio no barômetro ao pé de Puy-de-Dôme, uma montanha com 1.600 metros de altura, para em seguida transportar cuidadosamente o aparelho até o cimo, lá repetindo a medida, enquanto um barômetro de controle ficava em baixo sob a supervisão de um assistente. Périer achou que a coluna de mercúrio levada ao topo da montanha se encurtara de mais de oito centímetros enquanto a do barômetro de controle permanecera invariável durante todo o dia.

### 3 O papel da indução na investigação científica

Vimos algumas investigações científicas nas quais um problema foi enfrentado ensaiando respostas em forma de hipóteses, que eram então verificadas derivando delas implicações apropriadas a serem confrontadas com a observação ou com a experiência.

Mas como se chega pela primeira vez a hipóteses apropriadas? Assegura-se às vezes que elas são inferidas de dados anteriormente coligidos por meio de um procedimento chamado *inferência indutiva*, para distingui-lo da inferência dedutiva, da qual difere, em pontos importantes.

Num argumento dedutivamente válido, a conclusão se relaciona com as premissas de tal modo que, sendo estas verdadeiras, então a conclusão é infalivelmente também verdadeira. Essa exigência fica satisfeita, por exemplo, por qualquer argumento da seguinte forma:

$$\begin{array}{l} \text{Se } p, \text{ então } q. \\ \underline{q \text{ não é o caso.}} \\ p \text{ não é o caso.} \end{array}$$

Uma rápida reflexão mostra que sejam quais forem os enunciados particulares que ocupem os lugares marcados pelas letras 'p' e 'q', a conclusão será certamente verdadeira se as premissas o forem. De fato, nosso esquema representa a forma de argumento chamada *modus tollens*, a que já nos referimos.

Outro tipo de inferência dedutivamente válida está ilustrado por este exemplo:

Qualquer sal de sódio, quando colocado na chama de um bico de Bunsen, torna a chama amarela.

Este pedaço de sal de pedra é sal de sódio.

---

Este pedaço de sal de pedra, quando posto na chama de um bico de Bunsen, tornará a chama amarela.

Diz-se muitas vezes que os argumentos dessa espécie levam do geral (aqui a premissa sobre todos os sais de sódio) ao particular (uma conclusão sobre o pedaço particular de sal de pedra). Ao contrário, as inferências indutivas levam de premissas sobre casos particulares a uma conclusão que tem o caráter de lei geral ou de princípio. Por exemplo, partindo das premissas de que cada uma das amostras particulares de vários sais de sódio que foram colocados na chama de Bunsen tornaram a chama amarela, a inferência indutiva levaria à conclusão geral de que todos os sais de sódio, quando colocados na chama de um bico de Bunsen, tornam a chama amarela. Mas é óbvio, neste caso, que a verdade das premissas *não* garante a verdade da conclusão; pois ainda que todas as amostras de sais de sódio examinadas até agora tenham tornado amarela a chama de Bunsen, é perfeitamente possível que novas espécies de sais de sódio sejam encontradas sem estarem de acordo com essa generalização. Além disso, mesmo algumas das espécies de sal de sódio já examinadas com resultado positivo poderiam deixar de satisfazer à generalização sob condições físicas especiais (tal como campos magnéticos intensos ou coisa parecida), em que ainda não foram examinadas. Por esse motivo, diz-se freqüentemente que as premissas de uma inferência indutiva implicam a conclusão apenas com maior ou menor probabilidade, enquanto as premissas de uma inferência dedutiva implicam a conclusão com certeza.

A idéia de que, em investigação científica, a inferência indutiva parte de dados previamente coligidos para chegar a princípios gerais apropriados, está claramente exposta no seguinte resumo do procedimento ideal de um cientista:

*Se tentássemos imaginar como um espírito de poder e alcance sobre-humanos, mas normal quanto aos processos lógicos de seu pensamento, ... usaria o método científico, diríamos o seguinte: Primeiro, todos os fatos seriam observados e registrados, sem seleção ou estimativa a priori quanto à importância relativa deles. Segundo, os fatos observados e registrados seriam analisados, comparados e classificados, sem outras hipóteses ou postulados além dos necessariamente envolvidos na lógica do pensamento. Terceiro, dessa análise dos fatos seriam tiradas, indutivamente, generalizações quanto às suas relações, classificatórias ou causais. Quarto, pesquisa adicional poderia ser tanto dedutiva como indutiva, empregando inferências a partir das generalizações previamente estabelecidas.<sup>5</sup>*

---

<sup>5</sup>A. B. Wolfe, "Functional Economics", em *The Trend of Economics*, org. R. G. Tugwell

Esta passagem distingue quatro etapas numa investigação científica ideal: 1) observação e registro de todos os fatos, 2) análise e classificação desses fatos, 3) derivação indutiva de generalizações a partir deles e 4) verificação adicional das generalizações. Admite expressamente que as duas primeiras etapas não façam uso de qualquer estimativa ou hipótese, restrição que parece ter sido imposta pela crença de que idéias preconcebidas prejudicariam a isenção necessária à objetividade científica da investigação.

A concepção expressa no trecho citado - que eu chamarei de *concepção indutiva estreita da investigação científica* - é insustentável por várias razões, que vamos resumir para ampliar e suplementar o que já observamos sobre o proceder científico.

Primeiro, uma investigação científica como esta apresentada nunca poderia desenvolver-se. Mesmo sua primeira etapa nunca seria executada, pois uma coleção de *todos* os fatos teria, por assim dizer, que aguardar o fim do mundo; nem mesmo poderia ser colecionada a totalidade de todos os fatos *até agora*, pois eles são em número infinito e de infinita variedade.

Teríamos, por exemplo, que examinar todos os grãos de areia em todos os desertos e em todas as praias, registrando-lhes a forma, o peso, a composição química, as distâncias mútuas, as temperaturas constantemente variando e a distância ao centro da lua também variando constantemente? Teríamos que registrar os pensamentos flutuantes que atravessam nossos espíritos nesse proceder fastidioso? As formas das nuvens e as cores cambiantes do céu? A construção e o fabricante do nosso equipamento para registro? Nossas próprias biografias e as dos nossos companheiros de investigação? Tudo isso e tanta coisa mais pertencem, afinal de contas, à “totalidade dos fatos até agora”.

Dir-se-á talvez que tudo quanto se requer na primeira fase é que sejam colecionados todos os fatos relevantes. Mas relevantes para quê? Ainda que o autor não o mencione, suponhamos que a investigação se restrinja a um *problema* bem determinado. Não deveríamos então começar colecionando todos os fatos - ou melhor, todos os fatos disponíveis - relevantes para o problema? A pergunta não tem sentido claro. Semmelweis procurava resolver um problema bem definido e entretanto colecionava dados os mais diversos nas diferentes etapas de sua investigação. E estava certo: pois os dados particulares a serem colecionados não estão determinados pelo problema em estudo mas pela tentativa razoável de resposta que o investigador formula em forma de conjetura ou hipótese. Se se conjetura que o aumento de mortalidade pela febre puerperal é devido ao aparecimento aterrador do padre com a campainha anunciadora da morte, o que se torna relevante é colecionar dados sobre as conseqüências do haver sido suprimida essa aparição; mas será totalmente irrelevante procurar saber o que aconteceria se os doutores e os estudantes desinfetassem suas mãos antes de examinar os pacientes. Esses dados é que passaram a ser relevantes relativamente à hipótese da contaminação eventual, para a qual os dados anteriores se tornaram irrelevantes.

“Fatos” ou dados empíricos só podem ser qualificados como logicamente re-

---

(Nova York, Alfred A. Knopf, Inc., 1924), p. 450 (os grifos são transcritos).

levantantes ou irrelevantes relativamente a uma dada hipótese, e não relativamente a um dado problema.

Suponhamos agora que uma hipótese  $H$  tenha sido proposta como tentativa de resposta a um problema em pesquisa: Que espécie de dados serão relevantes para  $H$ ? Nossos exemplos anteriores sugerem uma resposta: Um fato é relevante para  $H$  se sua ocorrência ou não-ocorrência puder ser inferida de  $H$ . Tomemos, por exemplo, a hipótese de Torricelli. Como vimos, Pascal inferiu dela que a coluna de mercúrio num barômetro deve ir diminuindo à medida que subimos na atmosfera. Portanto, qualquer verificação de que assim acontece num particular é relevante para a hipótese, mas igualmente relevante teria sido achar que a coluna de mercúrio permanecera estacionária ou que tivera diminuído para depois crescer durante a ascensão, pois tais fatos refutariam a implicação tirada por Pascal e, portanto, a hipótese de Torricelli. Diremos que os dados da primeira espécie são positivamente, ou favoravelmente, relevantes e que os da última espécie são negativamente, ou desfavoravelmente, relevantes.

Em suma, o preceito de que os dados devem ser reunidos sem a guia de uma hipótese preliminar sobre as conexões entre os fatos em estudo é autodestruidor e, certamente, não é seguido na investigação científica. Ao contrário, é necessário tentar hipóteses que dêem uma direção à investigação científica. Essas hipóteses é que determinam, entre outras coisas, quais dados devem ser coligidos a um certo momento da investigação.

Interessa notar que os cientistas sociais ao tentarem verificar uma hipótese usando o vasto arquivo de fatos registrados pelos Serviços de Recenseamento, ou por outras organizações coletoras de dados, ficam às vezes desapontados por não encontrarem registro algum dos valores de uma variável que desempenha um papel central na hipótese. Essa observação não visa, bem entendido, criticar o sistema usado para o censo: sem dúvida alguma as pessoas encarregadas de fazê-lo procuram selecionar fatos que possam ser relevantes para futuras hipóteses; visa simplesmente ilustrar a impossibilidade de coligir “todos os dados relevantes” sem conhecimento da hipótese para a qual os dados devem ter relevância.

Crítica semelhante pode ser feita à segunda etapa considerada no trecho citado. Um conjunto de “fatos” empíricos pode ser analisado e classificado de muitas maneiras diferentes, das quais a maioria nenhuma luz trará ao que se pretende atingir com uma determinada investigação. Semmelweis poderia ter classificado as mulheres nas enfermarias da maternidade conforme a idade, residência, estado civil, hábitos dietéticos etc.; nada disso forneceria qualquer indicação quanto à probabilidade de uma paciente vir a ser vítima da febre puerperal. O que Semmelweis procurava eram critérios de classificação que fossem vinculados àquela probabilidade de um modo significativo; assim era, como ele acabou achando, o de separar as mulheres examinadas por pessoal médico com mãos contaminadas; pois era com esta característica ou com a correspondente classe de pacientes que estava associada a alta mortalidade pela febre.

Portanto, para que uma maneira particular de analisar e classificar os dados empíricos possa conduzir a uma explicação dos fenômenos correspondentes é necessário fundamentá-la em hipóteses sobre como estão esses fenômenos corre-

lacionados; sem essas hipóteses, a análise e a classificação são cegas.

Essas nossas reflexões críticas sobre as duas primeiras etapas da investigação tal como foi descrito na passagem citada invalidam também a idéia de que as hipóteses só são introduzidas na terceira etapa, pela inferência indutiva a partir de dados previamente coligidos. Convém, entretanto, acrescentar algumas observações sobre o assunto.

A indução é não raro concebida como um método para passar dos fatos observados aos princípios gerais correspondentes por meio de regras mecanicamente aplicáveis. Segundo esta concepção, as regras da inferência indutiva forneceriam cânones eficazes para a descoberta científica; a indução seria um procedimento mecânico análogo à familiar rotina para multiplicação de inteiros, que leva, em número finito de passos predeterminados e executáveis mecanicamente, ao correspondente produto. Na realidade, não se dispõe até agora de nenhum procedimento geral e mecânico de indução; se assim não fosse, dificilmente se compreenderia, por exemplo, por que ficou até hoje sem solução o ultra-estudado problema da causa do câncer. Nem há que esperar pela descoberta de um tal procedimento. Pois - para mencionar apenas uma razão - as hipóteses e teorias científicas são habitualmente formuladas em termos que absolutamente não ocorrem na descrição dos dados empíricos em que estão baseadas e que elas servem para explicar. Por exemplo, as teorias sobre a estrutura atômica e subatômica da matéria contêm termos como "átomo", "elétron", "próton", "nêutron", "função psi" etc.; entretanto, estão baseadas em dados fornecidos pelo laboratório sobre os espectros de vários gases, rastros deixados em câmaras de nuvem e de bolha, aspectos quantitativos de reações químicas etc. cuja descrição pode ser feita sem emprego daqueles "termos teóricos". As regras de indução do tipo aqui considerado teriam portanto que fornecer uma rotina mecânica para construir, sobre a base dos dados encontrados, uma hipótese ou uma teoria formulada em termos de conceitos inteiramente novos, nunca usados na descrição daqueles dados. Certamente nenhuma regra de proceder mecânico poderia realizar isso. Poderia haver, por exemplo, uma regra geral que, aplicada aos dados de que dispunha Galileu referentes ao limite de eficiência das bombas aspirantes, produzisse uma hipótese baseada no conceito de um oceano de ar?

Certo, em situações especiais e relativamente simples, podemos receitar um procedimento mecânico para "inferir" indutivamente uma hipótese a partir de certos dados. Por exemplo, uma vez medido o comprimento de uma barra de cobre em diferentes temperaturas, os resultantes pares de valores associados podem ser representados num plano, mediante um sistema de coordenadas, por pontos, por onde se fará passar uma curva seguindo uma regra particular de interpolação. A curva assim obtida representa graficamente uma hipótese geral quantitativa, que exprime o comprimento da barra em função de sua temperatura. Mas, note-se, essa hipótese não contém qualquer termo novo, podendo ser expressa em termos dos conceitos de comprimento e temperatura que foram usados na descrição dos dados. Além disso, a escolha de valores "associados" de comprimento e temperatura, como dados, já pressupõe uma hipótese diretriz, a de que a cada valor de temperatura esteja associado exatamente um valor de comprimento da barra de cobre, ou, em outras palavras, que o comprimento da

barra seja função apenas de sua temperatura. A rotina mecânica da interpolação serve apenas para selecionar uma função particular como a apropriada. Este ponto é importante; pois suponhamos que em lugar de uma barra de cobre estejamos examinando gás nitrogênio encerrado num reservatório obturado por um êmbolo móvel e que meçamos o volume ocupado pelo gás em diferentes temperaturas. Se quiséssemos usar o mesmo procedimento para extrair dos dados colhidos uma hipótese geral representando o volume do gás como função de sua temperatura, fracassaríamos, porque o volume de um gás é função tanto da temperatura como da pressão exercida sobre ele, de modo que, à mesma temperatura, um dado gás pode ter diferentes volumes.

Assim, mesmo nesses casos simples, os procedimentos mecânicos para a construção de uma hipótese executam apenas parte do trabalho, pois eles pressupõem uma hipótese antecedente, menos específica (i. e., que uma certa variável física seja função apenas de uma outra variável física), que não pode ser obtida pelo mesmo procedimento.

Não existem, portanto, “regras de indução” aplicáveis em geral, mediante as quais hipóteses ou teorias possam ser mecanicamente derivadas ou inferidas dos dados empíricos. A transição dos dados à teoria requer uma imaginação criadora. As hipóteses e as teorias científicas não são *derivadas* dos fatos observados, mas *inventadas* com o fim de explicá-los. Constituem, se assim se pode dizer, palpites sobre os nexos que possam ser obtidos entre os fenômenos em estudo, sobre as uniformidades e estruturas que possam estar por baixo da ocorrência deles. “Palpites felizes”<sup>6</sup> dessa natureza requerem um grande engenho, especialmente quando encerram um afastamento radical dos modos correntes de pensamento científico, como aconteceu, por exemplo, com a teoria da relatividade e a teoria dos quanta. Naturalmente, esse esforço inventivo só pode ser beneficiado por uma familiaridade completa com o conhecimento corrente do campo em questão. Um principiante dificilmente fará uma descoberta científica importante, pois o provável é que as idéias que venham a lhe ocorrer sejam simples duplicatas do que já foi tentado antes ou entrem em conflito com teorias ou fatos bem estabelecidos de que ele tem conhecimento.

Sem embargo, os caminhos pelos quais se chega a palpites científicos proveitosos diferem muito de qualquer processo de inferência sistemática. Por exemplo, o químico Kekulé nos conta como, numa noite de 1865, enquanto dormitava diante de sua lareira, achou a solução para o problema de esboçar uma fórmula estrutural para a molécula de benzeno, após tê-la procurado sem sucesso por muito tempo. Olhando para as chamas pareceu-lhe ver átomos dançando em

---

<sup>6</sup> Esta caracterização já fora dada por William Whewell em sua obra *The Philosophy of the Inductive Sciences*, 2a ed. (Londres: John W. Parker, 1847), II, 41. Whewell também fala em “invenção” como “parte da indução” (p. 46). No mesmo espírito, K. Popper se refere a hipóteses e teorias científicas como “conjeturas”: ver, por exemplo, o ensaio “Science: Conjectures and Refutations” em seu livro *Conjectures and Refutations* (Nova York e Londres: Basic Books, 1962). Na verdade, A. B. Wolfe, cuja concepção estreitamente indutivista do procedimento científico ideal foi transcrita anteriormente, insiste em que o “espírito humano limitado” tem que usar um “procedimento grandemente modificado”, que exija imaginação científica e uma seleção de dados baseada em alguma “hipótese de trabalho” (p. 450 do ensaio citado na nota 5).

filas sinuosas. Subitamente, uma dessas filas formou um anel, como se fora uma serpente segurando seu próprio rabo e pôs-se a girar vertiginosamente como se estivesse caçoando dele. Kekulé acordou numa exultação: nele surgira a idéia, agora famosa e familiar, de representar a estrutura molecular do benzeno por um anel hexagonal. E passou o resto da noite trabalhando para tirar as conseqüências dessa hipótese.<sup>7</sup>

Esta última informação nos traz de volta à questão da objetividade científica. No seu esforço para achar uma solução do seu problema, o cientista pode soltar as rédeas de sua imaginação e o rumo do seu pensamento criador pode ser influenciado até por noções cientificamente discutíveis. Ao estudar o movimento planetário, por exemplo, Kepler foi inspirado por seu interesse numa doutrina mística sobre os números e por um apaixonado desejo de demonstrar a música das esferas. Nada disso impede que a objetividade científica fique salva-guardada. Pois as hipóteses e as teorias que podem ser livremente inventadas e livremente *propostas* não podem ser *aceitas* se não passarem pelo escrutínio crítico, especialmente pela verificação das implicações capazes de serem observadas ou experimentadas.

Não é sem interesse observar que a *imaginação* e a livre invenção desempenham um papel igualmente importante nas disciplinas cujos resultados são legitimados exclusivamente pelo raciocínio dedutivo; por exemplo, em Matemática. Pois as regras da inferência dedutiva tampouco oferecem regras mecânicas para a descoberta. Como ficou ilustrado acima pelo nosso enunciado do *modus tollens*, essas regras se exprimem habitualmente em forma de esquemas gerais, cujos casos particulares são argumentos dedutivamente válidos. Na verdade, tais esquemas determinam um modo de chegarmos a uma conseqüência lógica partindo de premissas dadas. Mas para qualquer conjunto de premissas que possam ser dadas, as regras de inferência dedutiva fornecem uma infinidade de conclusões validamente dedutíveis. Tomemos, por exemplo, a simples regra representada pelo seguinte esquema:

$$\frac{p}{p \text{ ou } q}$$

Ele nos diz, com efeito, que da proposição que *p* é o caso, segue-se que *p* ou *q* é o caso, onde *p* e *q* podem ser quaisquer proposições. O vocábulo ‘ou’ deve ser aqui entendido no sentido “não exclusivo”, de modo que ‘*p* ou *q*’ equivale a ‘ou *p* ou *q* ou *p* e *q* conjuntamente’. É claro que sendo verdadeira a premissa de um argumento deste tipo, também o é a conclusão; logo, é válido qualquer argumento da forma especificada. Mas, isolada, esta regra nos permite inferir uma infinidade de conseqüências diferentes a partir de qualquer premissa. Assim, de ‘a Lua não tem atmosfera’ ela nos autoriza inferir qualquer enunciado da forma ‘a Lua não tem atmosfera, ou *q*’, onde ‘*q*’ pode ser substituído por qualquer enunciado, seja ele falso ou verdadeiro; por exemplo, ‘a atmosfera da

<sup>7</sup>Cf. as transcrições do próprio relatório de Kekulé em A. Findlay, *A Hundred Years of Chemistry*, 2a ed. (Londres: Gerald Duckworth Co., 1948), p. 37; e W. I. B. Beveridge, *The Art of Scientific investigation*, 3a ed. (Londres: William Heineman, Ltd., 1957), p. 56.

Lua é muito tênue’, ‘a Lua não é habitada’, ‘o ouro é mais denso que a prata’, ‘a prata é mais densa que o ouro’ etc. (Não é sem interesse e não é difícil provar que se pode formar uma infinidade de enunciados diferentes em português; cada um deles pode ser posto no local da variável ‘ $q$ ’.) E, naturalmente, outras regras de inferência dedutiva acrescentam novos enunciados deriváveis de uma ou mais premissas. Portanto, para um dado conjunto de premissas, as regras de dedução não permitem achar uma diretriz para nossos procedimentos inferenciais. Não isolam um enunciado único como “a” conclusão a ser tirada das nossas premissas. Nem nos dizem como obter conclusões interessantes ou sistematicamente importantes; não fornecem uma rotina mecânica para, por exemplo, em Matemática tirar dos postulados teoremas significativos. A descoberta em Matemática de teoremas importantes e fecundos como a descoberta de teorias importantes e fecundas na ciência empírica requerem engenho inventivo; pede capacidade adivinhatória, imaginativa e retrospectiva. Mas aqui também, os interesses da objetividade científica ficam salvaguardados pela exigência de uma *validação objetiva* para tais conjeturas. Em Matemática, isso quer dizer *prova* por demonstração dedutiva a partir dos axiomas. E para provar que é verdadeira ou falsa uma proposição matemática apresentada como conjetura é necessário muitas vezes possuir engenho inventivo do mais alto nível; as regras de inferência dedutiva nem mesmo fornecem uma linha geral a seguir nessas provas. Antes, desempenham apenas um modesto papel de servirem como *critérios de legitimidade para os argumentos* oferecidos como provas: um argumento constitui uma prova matemática válida quando caminha dos axiomas até o teorema proposto por uma cadeia de passos inferenciais e cada um dos quais é válido de acordo com uma das regras da inferência dedutiva. Verificar se um dado argumento é uma prova válida neste sentido é bem uma tarefa puramente mecânica.

Não se chega ao conhecimento científico pela aplicação de algum procedimento de inferência indutiva a dados coligidos anteriormente mas, antes, pelo que é freqüentemente chamado “o método da hipótese”, i. e., pela invenção de hipóteses como tentativas de resposta ao problema em estudo e submissão dessas hipóteses à verificação empírica. Parte dessa verificação consistirá em apurar se a hipótese se ajusta ao que já fora estabelecido antes de sua formulação; outra parte, em derivar novas implicações para submetê-las a observações e experiências apropriadas. Como já notamos anteriormente, uma verificação numerosa, com resultados inteiramente favoráveis, não estabelece a hipótese conclusivamente; fornece apenas um suporte mais ou menos sólido para ela. Portanto, embora não seja indutiva no sentido estrito que examinamos com certa minúcia, a investigação científica é *indutiva num sentido mais amplo*, na medida em que aceita hipóteses baseadas em dados que não fornecem para ela evidência dedutivamente conclusiva, mas lhe conferem apenas um “suporte indutivo” ou confirmação mais ou menos forte. As “regras de indução” devem ser concebidas, em analogia com as regras de dedução, como cânones de validação e não propriamente de descoberta. Longe de gerarem uma hipótese que dê uma razão de certos dados empíricos, essas regras pressupõem que além desses dados empíricos que formam as “premissas” de um “argumento indutivo” seja *dada* também a hipótese proposta como sua “conclusão”. As regras de indução forneceriam

então critérios para a legitimidade do argumento. De acordo com certas teorias da indução, essas regras determinariam a força do apoio fornecido pelos dados à hipótese e deveriam exprimir esse apoio em termos de probabilidades. Nos capítulos 3 e 4 vamos considerar os vários fatores que afetam o apoio indutivo e a aceitabilidade das hipóteses científicas.