thomas s. kuhn

A ESTRUTURA DAS REVOLUÇÕES CIENTÍFICAS

EDITORA PERSPECTIVA

Título do original inglês:
The Structure of Scientific Revolutions

Copyright © 1962, 1970 by The University of Chicago

5ª edição

Direitos reservados em língua portuguesa à
EDITORA PERSPECTIVA S. A.
Av. Brigadeiro Luís Antônio, 3025
01401-000 – São Paulo – SP – Brasil
Telefone: (011) 885-8388
Fax: (011) 885-6878
1998

SUMÁRIO

Prefácio 9

Introdução: Um Papel para a História 19

1. A Rota para a Ciência Normal 29
2. A Natureza da Ciência Normal 43
3. A Ciência Normal como Resolução de Quebra-Cabeças 57
4. A Prioridade dos Paradigmas 67
5. A Anomalia e a Emergência das Descobertas Científicas 77
6. As Crises e a Emergência das Teorias Científicas 93
7. A Resposta à Crise 107

8. A Natureza e a Necessidade das Revoluções Científicas 125
9. As Revoluções Como Mudanças de Concepção de Mundo 145
10. A Invisibilidade das Revoluções 173
11. A Resolução de Revoluções 183
12. O Progresso através de Revoluções 201
Posfácio — 1969: 217
1. Os paradigmas e a estrutura da comunidade 219
2. Os paradigmas como a constelação dos compromissos de grupo 225
3. Os paradigmas como exemplos compartilhados 232
4. Conhecimento tácito e intuição 237
5. Exemplares, incomensurabilidade e revoluções 244
6. Revoluções e relativismo 251
7. A natureza da ciência 254

PREFÁCIO

O ensaio a seguir é o primeiro relatório completo publicado sobre um projeto concebido originalmente há quase quinze anos. Naquele tempo eu era um estudante de pós-graduação em Física Teórica tendo já em vista minha dissertação. Um envolvimento afortunado com um curso experimental da universidade, que apresentava a ciência física para os não-cientistas, proporcionou-me a primeira exposição à História da Ciência. Para minha completa surpresa, esta exposição a teorias e práticas científicas antiquadas minou radicalmente algumas das minhas concepções básicas a respeito da natureza da ciência e das razões de seu sucesso incomum.

Eu retirara essas concepções em parte do próprio treino científico e em parte de um antigo interesse recreativo na Filosofia da Ciência. De alguma maneira, quaisquer que fossem sua utilidade pedagógica e sua plausibilidade abstrata, tais noções não se adaptavam às exigências do empreendimento apresentado pelo estudo histórico. Todavia, essas noções foram e são fundamentais para muitas discussões científicas. Em vista disso parecia valer a pena perseguir detalhadamente suas carências de verossimilhança. O resultado foi uma mudança drástica nos meus planos profissionais, uma mudança da Física para a História da Ciência e a partir daí, gradualmente, de problemas históricos relativamente simples às preocupações mais filosóficas que inicialmente me haviam levado à História. Com exceção de alguns artigos, este ensaio é a primeira de minhas publicações na qual essas preocupações iniciais são dominantes. Em parte este ensaio é uma tentativa de explicar a mim mesmo e a amigos como me aconteceu ter sido lançado da ciência para a sua história.

Minha primeira oportunidade de aprofundar algumas das idéias expostas a seguir foi-me proporcionada por três anos como Junior Fellow da Society of Fellows da Universidade de Harvard. Sem esse período de liberdade, a transição para um novo campo de estudos teria sido bem mais difícil e poderia não se ter realizado. Parte do meu tempo durante esses anos foi devotada à História da Ciência propriamente dita. Continuei a estudar especialmente os escritos de Alexandre Koyré e encontrei pela primeira vez os de Émile Meyerson, Hélène Metzger e Anneliese Maier.[1] Mais claramente do que muitos outros eruditos recentes, esse grupo mostrou o que era pensar cientificamente, numa época em que os cânones do pensamento científico eram muito diferentes dos atualmente em voga. Embora eu questione cada vez mais algumas de suas interpretações históricas particulares, seus trabalhos, junta-

1. Exerceram influência especial: ALEXANDRE KOYRÉ, *Etudes Galiléennes* (3 v.; Paris, 1939); ÉMILE MEYERSON, *Identity and Reality*, tradução de Kate Loewenberg (Nova York, 1930); HÉLÈNE METZGER, *Les doctrines chimiques en France du début du XVIIe à la fin du XVIIIe siècle* (Paris, 1923), e *Newton, Stahl, Boerhaave et la doctrine chimique* (Paris, 1930); ANNELIESE MAIER, *Die Vorläufer Galileis im 14. Jahrhundert* ("Studien zur Naturphilosophie der Spätscholastik", Roma, 1949).

mente com o *Great Chain of Being* de A. O. Lovejoy, foram decisivos na formação de minha concepção do que pode ser a história das idéias científicas. Sua importância é secundária somente quando comparada com os materiais provenientes de fontes primárias.

Contudo, muito do meu tempo durante esses anos foi gasto explorando campos sem relação aparente com a História da Ciência, mas nos quais a pesquisa atual revela problemas similares aos que a História vinha trazendo à minha atenção. Uma nota de rodapé, encontrada ao acaso, conduziu-me às experiências por meio das quais Jean Piaget iluminou os vários mundos da criança em crescimento e o processo de transição de um para outro.[2] Um colega fez-me ler textos de Psicologia da Percepção e em especial os psicólogos da Gestalt; outro introduziu-me às especulações de B. L. Whorf acerca do efeito da linguagem sobre as concepções de mundo; W. V. O. Quine franqueou-me o acesso aos quebra-cabeças filosóficos da distinção analítico-sintética.[3] Este é o tipo de exploração ao acaso que a Society of Fellows permite. Apenas através dela eu poderia ter encontrado a monografia quase desconhecida de Ludwik Fleck, *Entstehung und Entwicklung einer wissenschaftlichen Tatsache,* (Basiléia, 1935), um ensaio que antecipa muitas de minhas próprias idéias. O trabalho de Fleck, juntamente com uma observação de outro Junior Fellow, Francis X. Sutton, fez-me compreender que essas idéias podiam necessitar de uma colocação no âmbito da Sociologia da Comunidade Científica. Embora os leitores encontrem poucas referências a qualquer desses trabalhos ou conversas, devo a eles mais do que me seria possível reconstruir ou avaliar neste momento.

Durante meu último ano como Junior Fellow, um convite para fazer conferências para o Lowell Institute de Boston proporcionou-me a primeira oportunida-

2. Dois conjuntos de investigações de Piaget foram particularmente importantes, porque apresentavam conceitos e processos que também provêm diretamente da História da Ciência: *The Child's Conception of Causality*, tradução de Marjorie Gabain (Londres, 1930) e *Les notions de mouvement et de vitesse chez l'enfant* (Paris, 1946).

3. Desde então os escritos de Whorf foram reunidos por JOHN B. CARROLL em *Language, Thought and Reality — Selected Writings of Benjamin Lee Whorf* (Nova York, 1956). Quine apresentou suas concepções em "Two Dogmas of Empiricism", reimpresso na sua obra *From a Logical Point of View* (Cambridge, Mass., 1953) pp. 20-46.

de para testar minha concepção de ciência, que ainda estava em desenvolvimento. Do convite resultou uma série de oito conferências públicas sobre "A Busca da Teoria Física" (*The Quest for Physical Theory*), apresentadas em março de 1951. No ano seguinte comecei a lecionar História da Ciência propriamente dita. Os problemas de ensino de uma disciplina que eu nunca estudara sistematicamente ocuparam-me por quase uma década, deixando-me pouco tempo para uma articulação explícita das idéias que me haviam levado a esse campo de estudos. Contudo, afortunadamente, essas idéias demonstraram ser uma fonte de orientação implícita e de estruturação de problemas para grande parte de minhas aulas mais avançadas. Por isso devo agradecer a meus alunos pelas lições inestimáveis, tanto acerca da viabilidade das minhas concepções, como a respeito das técnicas apropriadas a sua comunicação eficaz. Os mesmos problemas e a mesma orientação dão unidade à maioria dos estudos predominantemente históricos e aparentemente diversos que publiquei desde o fim de minha bolsa de pesquisa. Vários deles tratam do papel decisivo desempenhado por uma ou outra metafísica na pesquisa científica criadora. Outros examinam a maneira pela qual as bases experimentais de uma nova teoria são acumuladas e assimiladas por homens comprometidos com uma teoria mais antiga, incompatível com aquela. Ao fazer isso, esses estudos descrevem o tipo de desenvolvimento que adiante chamarei de "emergência" de uma teoria ou descoberta nova. Além disso são apresentados outros vínculos do mesmo tipo.

O estágio final do desenvolvimento deste ensaio começou com um convite para passar o ano de 1958-1959 no Center for Advanced Studies in the Behavioral Sciences. Mais uma vez tive a oportunidade de dirigir toda minha atenção aos problemas discutidos adiante. Ainda mais importante foi passar o ano numa comunidade composta predominantemente de cientistas sociais. Esse contato confrontou-me com problemas que não antecipara, relativos às diferenças entre essas comunidades e as dos cientistas ligados às ciências naturais, entre os quais eu fora treinado. Fiquei especialmente impressionado com o número e a extensão dos desacordos expressos existentes entre os cien-

tistas sociais no que diz respeito à natureza dos métodos e problemas científicos legítimos. Tanto a História como meus conhecimentos fizeram-me duvidar de que os praticantes das ciências naturais possuam respostas mais firmes ou mais permanentes para tais questões do que seus colegas das ciências sociais. E contudo, de algum modo, a prática da Astronomia, da Física, da Química ou da Biologia normalmente não evocam as controvérsias sobre fundamentos que atualmente parecem endêmicas entre, por exemplo, psicólogos ou sociólogos. A tentativa de descobrir a fonte dessa diferença levou-me ao reconhecimento do papel desempenhado na pesquisa científica por aquilo que, desde então, chamo de "paradigmas". Considero "paradigmas" as realizações científicas universalmente reconhecidas que, durante algum tempo, fornecem problemas e soluções modelares para uma comunidade de praticantes de uma ciência. Quando esta peça do meu quebra-cabeça encaixou no seu lugar, um esboço preliminar deste ensaio emergiu rapidamente.

Não é necessário recontar aqui a história subseqüente desse esboço, mas algumas palavras devem ser ditas a respeito da forma que ele manteve através das revisões. Antes de terminar e revisar extensamente uma primeira versão, eu pensava que o manuscrito apareceria exclusivamente como um volume da *Encyclopedia of Unified Science*. Os editores desta obra pioneira primeiramente solicitaram-me o ensaio, depois mantiveram-me firmemente ligado a um compromisso e finalmente esperaram com extraordinário tato e paciência por um resultado. Estou em dívida para com eles, particularmente com Charles Morris, por ter-me dado o estímulo necessário e ter-me aconselhado sobre o manuscrito resultante. Contudo, as limitações de espaço da *Encyclopedia* tornaram necessário apresentar minhas concepções numa forma extremamente condensada e esquemática. Embora acontecimentos subseqüentes tenham relaxado um tanto essas restrições, tornando possível uma publicação independente simultânea, este trabalho permanece antes um ensaio do que o livro de amplas proporções que o assunto acabará exigindo.

O caráter esquemático desta primeira apresentação não precisa ser necessariamente uma desvantagem,

já que meu objetivo fundamental é instar uma mudança na percepção e avaliação de dados familiares. Ao contrário, os leitores preparados por suas próprias pesquisas para a espécie de reorientação advogada aqui poderão achar a forma do ensaio mais sugestiva e mais fácil de assimilar. Mas esta forma também possui desvantagens e essas podem justificar que eu ilustre, desde o começo, os tipos de ampliação em alcance e profundidade que mais tarde espero incluir numa versão mais extensa. A evidência histórica disponível é muito maior do que o espaço que tive para explorá-la. Além disso a evidência provém tanto da história da Biologia como da Física. Minha decisão de ocupar-me aqui exclusivamente com a última foi parcialmente baseada na intenção de aumentar a coerência deste ensaio e parcialmente na minha competência atual. A par disso, a concepção de ciência desenvolvida aqui sugere a fecundidade potencial de uma quantidade de novas espécies de pesquisa, tanto históricas como sociológicas. Por exemplo, necessitamos estudar detalhadamente o modo pelo qual as anomalias ou violações de expectativa atraem a crescente atenção de uma comunidade científica, bem como a maneira pela qual o fracasso repetido na tentativa de ajustar uma anomalia pode induzir à emergência de uma crise. Ou ainda: se tenho razão ao afirmar que cada revolução científica altera a perspectiva histórica da comunidade que a experimenta, então esta mudança de perspectiva deveria afetar a estrutura das publicações de pesquisa e dos manuais do período pós-revolucionário. Um desses efeitos — uma alteração na distribuição da literatura técnica citada nas notas de rodapé dos relatórios de pesquisa — deve ser estudado como um índice possível da ocorrência de revoluções.

A necessidade de uma condensação rápida forçou-me igualmente a abandonar a discussão de um bom número de problemas importantes. Por exemplo, minha distinção entre os períodos pré e pós-paradigmáticos no desenvolvimento da ciência é demasiado esquemática. Cada uma das escolas, cuja competição caracteriza o primeiro desses períodos, é guiada por algo muito semelhante a um paradigma; existem circunstâncias, embora eu pense que são raras, nas quais dois paradigmas podem coexistir pacificamente nos pe-

ríodos pós-paradigmáticos. A simples posse de um paradigma não é um critério suficiente para a transição de desenvolvimento discutida no Cap. 1. Mais importante ainda, com exceção de breves notas laterais, eu nada disse a respeito do papel do avanço tecnológico ou das condições sociais, econômicas e intelectuais externas no desenvolvimento das ciências. Contudo, não é preciso ir além de Copérnico e do calendário para descobrir que as condições externas podem ajudar a transformar uma simples anomalia numa fonte de crise aguda. O mesmo exemplo ilustraria a maneira pela qual condições exteriores às ciências podem influenciar o quadro de alternativas disponíveis àquele que procura acabar com uma crise propondo uma ou outra reforma revolucionária.[4] Penso que a consideração explícita de exemplos desse tipo não modificaria as teses principais desenvolvidas neste ensaio, mas certamente adicionaria uma dimensão analítica primordial para a compreensão do avanço científico.

E por fim o que talvez seja o mais importante: as limitações de espaço afetaram drasticamente meu tratamento das implicações filosóficas da concepção de ciência historicamente orientada que é apresentada neste ensaio. Tais implicações certamente existem e tentei tanto apontar como documentar as principais. Mas, ao fazer isso, abstive-me em geral da discussão detalhada das várias posições assumidas por filósofos contemporâneos no tocante a esses assuntos. Onde demonstrei ceticismo, este esteve mais freqüentemente dirigido a uma atitude filosófica do que a qualquer de suas expressões plenamente articuladas. Em conseqüência disso, alguns dos que conhecem e trabalham a partir de alguma dessas posições articuladas poderão achar que não compreendi suas posições. Penso que estarão errados, mas este ensaio não foi projetado para con-

4. Esses são discutidos em T. S. KUHN, *The Copernican Revolution: Planetary Astronomy in the Development of Western Thought* (Cambridge, Mass., 1957), pp. 122-32 e 270-71. Outros efeitos de condições externas intelectuais e econômicas estão ilustradas em meus trabalhos: "Conservation of Energy as an Example of Simultaneous Discovery", em *Critical Problems in the History of Science*, ed. Marshall Clagett (Madison, Wisconsin, 1959), pp. 321-56; "Engineering Precedent for the Work of Sadi Carnot", em *Archives internationales d'histoire des sciences*, XIII (1960), pp. 247-51; Sadi Carnot and the Cagnard Engine, *Isis*, LII, pp. 567-74 (1961). Portanto, considero que o papel desempenhado pelos fatores externos é de menor importância apenas em relação aos problemas discutidos neste ensaio.

vencê-los. Uma tentativa dessa ordem teria exigido um livro bem mais extenso e de tipo muito diferente.

Os fragmentos autobiográficos que abrem este prefácio servem para dar testemunho daquilo que reconheço como minha dívida principal, tanto para com os trabalhos especializados, como para com as instituições que me ajudaram a dar forma ao meu pensamento. Nas páginas seguintes procurarei desembaraçar-me do restante dessa dívida através de citações. Contudo, nada do que foi dito acima ou abaixo fará mais do que sugerir o número e a natureza de minhas obrigações pessoais para com muitos indivíduos cujas sugestões ou críticas sustentaram e dirigiram meu desenvolvimento intelectual, numa época ou noutra. Muito tempo passou desde que as idéias deste ensaio começaram a tomar forma; uma lista de todos que podem, justificadamente, encontrar alguns sinais de sua influência nestas páginas seria quase tão extensa quanto a lista de meus amigos e conhecidos. Nas circunstâncias presentes tenho que me restringir àquelas poucas influências mais significativas, que mesmo uma memória falha nunca suprimirá inteiramente.

Foi James B. Conant, então presidente da Universidade de Harvard, quem primeiro me introduziu na História da Ciência e desse modo iniciou a transformação de minha concepção da natureza do progresso científico. Desde que esse processo começou, ele tem sido generoso com suas idéias, críticas e tempo — inclusive o tempo necessário para ler e sugerir mudanças importantes na primeira versão de meu manuscrito. Leonard K. Nash, com o qual lecionei durante cinco anos o curso historicamente orientado que o Dr. Conant iniciara, foi um colaborador ainda mais ativo durante os anos em que minhas idéias começaram a tomar forma. Sua ausência foi muito sentida durante os últimos estágios do desenvolvimento de concepções. Felizmente, contudo, depois de minha partida de Cambridge, seu lugar como caixa de ressonância criadora foi assumido por Stanley Cavell, meu colega em Berkeley. Para mim foi uma fonte de constante estímulo e encorajamento o fato de Cavell, um filósofo preocupado principalmente com a Ética e a Estética, ter chegado a conclusões tão absolutamente congruentes com as minhas. Além disso, foi a única pessoa com

a qual fui capaz de explorar minhas idéias através de sentenças incompletas. Esse modo de comunicação atesta uma compreensão que o capacitou a indicar-me como ultrapassar ou contornar vários obstáculos importantes que encontrei durante a preparação de meu primeiro manuscrito.

Depois que esta versão foi esboçada, muitos outros amigos auxiliaram na sua reformulação. Penso que me perdoarão se nomear apenas quatro, cujas contribuições demonstraram ser as mais decisivas e de mais longo alcance: Paul K. Feyerabend de Berkeley, Ernest Nagel de Columbia, H. Pierre Noyes do Lawrence Radiation Laboratory e meu aluno, John L. Heilbron, que trabalhou em estreita colaboração comigo na preparação de uma versão final para a publicação. Todas as suas sugestões ou reservas pareceram-me extremamente úteis, mas não tenho razões para acreditar (e tenho algumas para duvidar) de que nem eles nem os outros mencionados acima aprovem o manuscrito resultante na totalidade.

Meus agradecimentos finais a meus pais, esposa e filhos precisam ser de um tipo bastante diferente. Cada um deles também contribuiu com ingredientes intelectuais para meu trabalho, através de maneiras que provavelmente sou o último a reconhecer. Mas em graus variados, fizeram algo mais importante. Deixaram que minha devoção fosse levada adiante e até mesmo a encorajaram. Qualquer um que tenha lutado com um projeto como este reconhecerá o que isto lhes custou eventualmente. Não sei como agradecer-lhes.

T. S. K.

Berkeley, Califórnia
Fevereiro 1962

INTRODUÇÃO: UM PAPEL PARA A HISTÓRIA

Se a História fosse vista como um repositório para algo mais do que anedotas ou cronologias, poderia produzir uma transformação decisiva na imagem de ciência que atualmente nos domina. Mesmo os próprios cientistas têm haurido essa imagem principalmente no estudo das realizações científicas acabadas, tal como estão registradas nos clássicos e, mais recentemente, nos manuais que cada nova geração utiliza para aprender seu ofício. Contudo, o objetivo de tais livros é inevitavelmente persuasivo e pedagógico; um conceito de ciência deles haurido terá tantas probabilidades de assemelhar-se ao empreendimento que os produziu como a imagem de uma cultura nacional obti-

da através de um folheto turístico ou um manual de línguas. Este ensaio tenta mostrar que esses livros nos têm enganado em aspectos fundamentais. Seu objetivo é esboçar um conceito de ciência bastante diverso que pode emergir dos registros históricos da própria atividade de pesquisa.

Contudo, mesmo se partirmos da História, esse novo conceito não surgirá se continuarmos a procurar e perscrutar os dados históricos sobretudo para responder a questões postas pelo estereótipo a-histórico extraído dos textos científicos. Por exemplo, esses textos freqüentemente parecem implicar que o conteúdo da ciência é exemplificado de maneira ímpar pelas observações, leis e teorias descritas em suas páginas. Com quase igual regularidade, os mesmos livros têm sido interpretados como se afirmassem que os métodos científicos são simplesmente aqueles ilustrados pelas técnicas de manipulação empregadas na coleta de dados de manuais, juntamente com as operações lógicas utilizadas ao relacionar esses dados às generalizações teóricas desses manuais. O resultado tem sido um conceito de ciência com implicações profundas no que diz respeito à sua natureza e desenvolvimento.

Se a ciência é a reunião de fatos, teorias e métodos reunidos nos textos atuais, então os cientistas são homens que, com ou sem sucesso, empenharam-se em contribuir com um ou outro elemento para essa constelação específica. O desenvolvimento torna-se o processo gradativo através do qual esses itens foram adicionados, isoladamente ou em combinação, ao estoque sempre crescente que constitui o conhecimento e a técnica científicos. E a História da Ciência torna-se a disciplina que registra tanto esses aumentos sucessivos como os obstáculos que inibiram sua acumulação. Preocupado com o desenvolvimento científico, o historiador parece então ter duas tarefas principais. De um lado deve determinar quando e por quem cada fato, teoria ou lei científica contemporânea foi descoberta ou inventada. De outro lado, deve descrever e explicar os amontoados de erros, mitos e superstições que inibiram a acumulação mais rápida dos elementos constituintes do moderno texto científico. Muita pesquisa foi dirigida para esses fins e alguma ainda é.

Contudo, nos últimos anos, alguns historiadores estão encontrando mais e mais dificuldades para preencher as funções que lhes são prescritas pelo conceito de desenvolvimento-por-acumulação. Como cronistas de um processo de aumento, descobrem que a pesquisa adicional torna mais difícil (e não mais fácil) responder a perguntas como: quando foi descoberto o oxigênio? quem foi o primeiro a conceber a conservação da energia? Cada vez mais, alguns deles suspeitam de que esses simplesmente não são os tipos de questões a serem levantadas. Talvez a ciência não se desenvolva pela acumulação de descobertas e invenções individuais. Simultaneamente, esses mesmos historiadores confrontam-se com dificuldades crescentes para distinguir o componente "científico" das observações e crenças passadas daquilo que seus predecessores rotularam prontamente de "erro" e "superstição". Quanto mais cuidadosamente estudam, digamos, a dinâmica aristotélica, a química flogística ou a termodinâmica calórica, tanto mais certos tornam-se de que, como um todo, as concepções de natureza outrora correntes não eram nem menos científicas, nem menos o produto da idiossincrasia do que as atualmente em voga. Se essas crenças obsoletas devem ser chamadas de mitos, então os mitos podem ser produzidos pelos mesmos tipos de métodos e mantidos pelas mesmas razões que hoje conduzem ao conhecimento científico. Se, por outro lado, elas devem ser chamadas de ciências, então a ciência inclui conjuntos de crenças totalmente incompatíveis com as que hoje mantemos. Dadas essas alternativas, o historiador deve escolher a última. Teorias obsoletas não são acientíficas em princípio, simplesmente porque foram descartadas. Contudo, esta escolha torna difícil conceber o desenvolvimento científico como um processo de acréscimo. A mesma pesquisa histórica, que mostra as dificuldades para isolar invenções e descobertas individuais, dá margem a profundas dúvidas a respeito do processo cumulativo que se empregou para pensar como teriam se formado essas contribuições individuais à ciência.

O resultado de todas essas dúvidas e dificuldades foi uma revolução historiográfica no estudo da ciência, embora essa revolução ainda esteja em seus primeiros estágios. Os historiadores da ciência, gradual-

mente e muitas vezes sem se aperceberem completamente de que o estavam fazendo, começaram a se colocar novas espécies de questões e a traçar linhas diferentes, freqüentemente não-cumulativas, de desenvolvimento para as ciências. Em vez de procurar as contribuições permanentes de uma ciência mais antiga para nossa perspectiva privilegiada, eles procuram apresentar a integridade histórica daquela ciência, a partir de sua própria época. Por exemplo, perguntam não pela relação entre as concepções de Galileu e as da ciência moderna, mas antes pela relação entre as concepções de Galileu e aquelas partilhadas por seu grupo, isto é, seus professores, contemporâneos e sucessores imediatos nas ciências. Além disso, insistem em estudar as opiniões desse grupo e de outros similares a partir da perspectiva — usualmente muito diversa daquela da ciência moderna — que dá a essas opiniões o máximo de coerência interna e a maior adequação possível à natureza. Vista através das obras que daí resultaram, cujo melhor exemplo talvez sejam os escritos de Alexandre Koyré, a ciência não parece em absoluto ser o mesmo empreendimento que foi discutido pelos escritores da tradição historiográfica mais antiga. Pelo menos implicitamente, esses estudos históricos sugerem a possibilidade de uma nova imagem da ciência. Este ensaio visa delinear essa imagem ao tornar explícitas algumas das implicações da nova historiografia.

Que aspectos da ciência revelar-se-ão como proeminentes no desenrolar desse esforço? Em primeiro lugar, ao menos na ordem de apresentação, está a insuficiência das diretrizes metodológicas para ditarem, por si só, uma única conclusão substantiva para várias espécies de questões científicas. Aquele que, tendo sido instruído para examinar fenômenos elétricos ou químicos, desconhece essas áreas, mas sabe como proceder cientificamente, pode atingir de modo legítimo qualquer uma dentre muitas conclusões incompatíveis. Entre essas possibilidades legítimas, as conclusões particulares a que ele chegar serão provavelmente determinadas por sua experiência prévia em outras áreas, por acidentes de sua investigação e por sua própria formação individual. Por exemplo, que crenças a respeito das estrelas ele traz para o estudo da Química

e da eletricidade? Dentre muitas experiências relevantes, quais ele escolhe para executar em primeiro lugar? Quais aspectos do fenômeno complexo que daí resulta o impressionam como particularmente relevantes para uma elucidação da natureza das transformações químicas ou das afinidades elétricas? Respostas a questões como essas são freqüentemente determinantes essenciais para o desenvolvimento científico, pelo menos para o indivíduo e ocasionalmente para a comunidade científica. Por exemplo, haveremos de observar no Cap. 1 que os primeiros estágios do desenvolvimento da maioria das ciências têm-se caracterizado pela contínua competição entre diversas concepções de natureza distintas; cada uma delas parcialmente derivada e todas apenas aproximadamente compatíveis com os ditames da observação e do método científico. O que diferenciou essas várias escolas não foi um ou outro insucesso do método — todas elas eram "científicas" — mas aquilo que chamaremos a incomensurabilidade de suas maneiras de ver o mundo e nele praticar a ciência. A observação e a experiência podem e devem restringir drasticamente a extensão das crenças admissíveis, porque de outro modo não haveria ciência. Mas não podem, por si só, determinar um conjunto específico de semelhantes crenças. Um elemento aparentemente arbitrário, composto de acidentes pessoais e históricos, é sempre um ingrediente formador das crenças esposadas por uma comunidade científica específica numa determinada época.

Contudo, esse elemento de arbitrariedade não indica que algum grupo possa praticar seu ofício sem um conjunto dado de crenças recebidas. E nem torna menos cheia de conseqüências a constelação particular com a qual o grupo está realmente comprometido num dado momento. A pesquisa eficaz raramente começa antes que uma comunidade científica pense ter adquirido respostas seguras para perguntas como: quais são as entidades fundamentais que compõem o universo? como interagem essas entidades umas com as outras e com os sentidos? que questões podem ser legitimamente feitas a respeito de tais entidades e que técnicas podem ser empregadas na busca de soluções? Ao menos nas ciências plenamente desenvolvidas, respostas (ou substitutos integrais para as respostas) a questões co-

mo essas estão firmemente engastadas na iniciação profissional que prepara e autoriza o estudante para a prática científica. Uma vez que essa educação é ao mesmo tempo rígida e rigorosa, essas respostas chegam a exercer uma influência profunda sobre o espírito científico. O fato de as respostas poderem ter esse papel auxilia-nos a dar conta tanto da eficiência peculiar da atividade de pesquisa normal, como da direção na qual essa prossegue em qualquer momento considerado. Ao examinar a ciência normal nos Caps. 2, 3 e 4, buscaremos descrever essa forma de pesquisa como uma tentativa vigorosa e devotada de forçar a natureza a esquemas conceituais fornecidos pela educação profissional. Nós perguntaremos simultaneamente se a pesquisa poderia ter seguimento sem tais esquemas, qualquer que seja o elemento de arbitrariedade contido nas suas origens históricas e, ocasionalmente, no seu desenvolvimento posterior.

No entanto este elemento de arbitrariedade está presente e tem também um efeito importante no desenvolvimento científico. Esse efeito será examinado detalhadamente nos Caps. 5, 6 e 7. A ciência normal, atividade na qual a maioria dos cientistas emprega inevitavelmente quase todo seu tempo, é baseada no pressuposto de que a comunidade científica sabe como é o mundo. Grande parte do sucesso do empreendimento deriva da disposição da comunidade para defender esse pressuposto — com custos consideráveis, se necessário. Por exemplo, a ciência normal freqüentemente suprime novidades fundamentais, porque estas subvertem necessariamente seus compromissos básicos. Não obstante, na medida em que esses compromissos retêm um elemento de arbitrariedade, a própria natureza da pesquisa normal assegura que a novidade não será suprimida por muito tempo. Algumas vezes um problema comum, que deveria ser resolvido por meio de regras e procedimentos conhecidos, resiste ao ataque violento e reiterado dos membros mais hábeis do grupo em cuja área de competência ele ocorre. Em outras ocasiões, uma peça de equipamento, projetada e construída para fins de pesquisa normal, não funciona segundo a maneira antecipada, revelando uma anomalia que não pode ser ajustada às expectativas profissionais, não obstante esforços repetidos. Desta e

de outras maneiras, a ciência normal desorienta-se seguidamente. E quando isto ocorre — isto é, quando os membros da profissão não podem mais esquivar-se das anomalias que subvertem a tradição existente da prática científica — então começam as investigações extraordinárias que finalmente conduzem a profissão a um novo conjunto de compromissos, a uma nova base para a prática da ciência. Neste ensaio, são denominados de revoluções científicas os episódios extraordinários nos quais ocorre essa alteração de compromissos profissionais. As revoluções científicas são os complementos desintegradores da tradição à qual a atividade da ciência normal está ligada.

Os exemplos mais óbvios de revoluções científicas são aqueles episódios famosos do desenvolvimento científico que, no passado, foram freqüentemente rotulados de revoluções. Por isso, nos Caps. 8 e 9, onde pela primeira vez a natureza das revoluções científicas é diretamente examinada, nos ocuparemos repetidamente com os momentos decisivos essenciais do desenvolvimento científico associado aos nomes de Copérnico, Newton, Lavoisier e Einstein. Mais claramente que muitos outros, esses episódios exibem aquilo que constitui todas as revoluções científicas, pelo menos no que concerne à história das ciências físicas. Cada um deles forçou a comunidade a rejeitar a teoria científica anteriormente aceita em favor de uma outra incompatível com aquela. Como conseqüência, cada um desses episódios produziu uma alteração nos problemas à disposição do escrutínio científico e nos padrões pelos quais a profissão determinava o que deveria ser considerado como um problema ou como uma solução de problema legítimo. Precisaremos descrever as maneiras pelas quais cada um desses episódios transformou a imaginação científica, apresentando-os como uma transformação do mundo no interior do qual era realizado o trabalho científico. Tais mudanças, juntamente com as controvérsias que quase sempre as acompanham, são características definidoras das revoluções científicas.

Tais características aparecem com particular clareza no estudo das revoluções newtoniana e química. Contudo, uma tese fundamental deste ensaio é que essas características podem ser igualmente recuperadas atra-

vés do estudo de muitos outros episódios que não foram tão obviamente revolucionários. As equações de Maxwell, que afetaram um grupo profissional bem mais reduzido do que as de Einstein, foram consideradas tão revolucionárias como estas e como tal encontraram resistência. Regularmente e de maneira apropriada, a invenção de novas teorias evoca a mesma resposta por parte de alguns especialistas que vêem sua área de competência infringida por essas teorias. Para esses homens, a nova teoria implica uma mudança nas regras que governavam a prática anterior da ciência normal. Por isso, a nova teoria repercute inevitavelmente sobre muitos trabalhos científicos já concluídos com sucesso. É por isso que uma nova teoria, por mais particular que seja seu âmbito de aplicação, nunca ou quase nunca é um mero incremento ao que já é conhecido. Sua assimilação requer a reconstrução da teoria precedente e a reavaliação dos fatos anteriores. Esse processo intrinsecamente revolucionário raramente é completado por um único homem e nunca de um dia para o outro. Não é de admirar que os historiadores tenham encontrado dificuldades para datar com precisão este processo prolongado, ao qual, impelidos por seu vocabulário, vêem como um evento isolado.

Invenções de novas teorias não são os únicos acontecimentos científicos que têm um impacto revolucionário sobre os especialistas do setor em que ocorrem. Os compromissos que governam a ciência normal especificam não apenas as espécies de entidades que o universo contém, mas também, implicitamente, aquelas que não contém. Embora este ponto exija uma discussão prolongada, segue-se que uma descoberta como a do oxigênio ou do raio X não adiciona apenas mais um item à população do mundo do cientista. Esse é o efeito final da descoberta — mas somente depois da comunidade profissional ter reavaliado os procedimentos experimentais tradicionais, alterado sua concepção a respeito de entidades com as quais estava de há muito familiarizada e, no decorrer desse processo, modificado a rede de teorias com as quais lida com o mundo. Teoria e fato científicos não são categoricamente separáveis, exceto talvez no interior de uma única tradição da prática científica normal. É por isso que uma descoberta inesperada não possui uma importância sim-

plesmente fatual. O mundo do cientista é tanto qualitativamente transformado como quantitativamente enriquecido pelas novidades fundamentais de fatos ou teorias.

Esta concepção ampliada da natureza das revoluções científicas é delineada nas páginas seguintes. Não há dúvida de que esta ampliação força o sentido costumeiro da concepção. Não obstante, continuarei a falar até mesmo de descobertas como sendo revolucionárias. Para mim, o que faz a concepção ampliada tão importante é precisamente a possibilidade de relacionar a estrutura de tais descobertas com, por exemplo, aquela da revolução copernicana. A discussão precedente indica como serão desenvolvidas as noções complementares de ciência normal e revolução científica nos nove capítulos imediatamente seguintes. O resto do ensaio tenta equacionar as três questões centrais que sobram. Ao discutir a tradição do manual, o Cap. 10 examina por que as revoluções científicas têm sido tão dificilmente reconhecidas como tais. O Cap. 11 descreve a competição revolucionária entre os defensores da velha tradição científica normal e os partidários da nova. Desse modo o capítulo examina o processo que, numa teoria da investigação científica, deveria substituir de algum modo os procedimentos de falsificação ou confirmação que a nossa imagem usual de ciência tornou familiares. A competição entre segmentos da comunidade científica é o único processo histórico que realmente resulta na rejeição de uma teoria ou na adoção de outra. Finalmente, o Cap. 12 perguntará como o desenvolvimento através de revoluções pode ser compatível com o caráter aparentemente ímpar do progresso científico. Todavia, este ensaio não fornecerá mais do que os contornos principais de uma resposta a essa questão. Tal resposta depende das características da comunidade científica, assunto que requer muita exploração e estudo adicionais.

Sem dúvida alguns leitores já se terão perguntado se um estudo histórico poderá produzir o tipo de transformação conceitual que é visado aqui. Um arsenal inteiro de dicotomias está disponível, sugerindo que isso não pode ser adequadamente realizado dessa maneira. Dizemos muito freqüentemente que a História é uma disciplina puramente descritiva. Contudo, as

teses sugeridas acima são freqüentemente interpretativas e, algumas vezes, normativas. Além disso, muitas de minhas generalizações dizem respeito à sociologia ou à psicologia social dos cientistas. Ainda assim, pelo menos algumas das minhas conclusões pertencem tradicionalmente à Lógica ou à Epistemologia. Pode até mesmo parecer que, no parágrafo anterior, eu tenha violado a muito influente distinção contemporânea entre o "contexto da descoberta" e o "contexto da justificação". Pode algo mais do que profunda confusão estar indicado nesta mescla de diversas áreas e interesses?

Tendo-me formado intelectualmente a partir dessas e de outras distinções semelhantes, dificilmente poderia estar mais consciente de sua importância e força. Por muitos anos tomei-as como sendo a própria natureza do conhecimento. Ainda suponho que, adequadamente reelaboradas, tenham algo importante a nos dizer. Todavia, muitas das minhas tentativas de aplicá-las, mesmo *grosso modo,* às situações reais nas quais o conhecimento é obtido, aceito e assimilado, fê-las parecer extraordinariamente problemáticas. Em vez de serem distinções lógicas ou metodológicas elementares, que seriam anteriores à análise do conhecimento científico, elas parecem agora ser partes de um conjunto tradicional de respostas substantivas às próprias questões a partir das quais elas foram elaboradas. Essa circularidade não as invalida de forma alguma. Mas torna-as parte de uma teoria e, ao fazer isso, sujeita-as ao mesmo escrutínio que é regularmente aplicado a teorias em outros campos. Para que elas tenham como conteúdo mais do que puras abstrações, esse conteúdo precisa ser descoberto através da observação. Examinar-se-ia então a aplicação dessas distinções aos dados que elas pretendem elucidar. Como poderia a História da Ciência deixar de ser uma fonte de fenômenos, aos quais podemos exigir a aplicação das teorias sobre o conhecimento?