



Governo do Estado do Paraná  
Secretaria de Estado da Educação  
Departamento de Educação Básica  
**Simpósio de Filosofia**

**Filosofia da Ciência**  
Concepções de Ciência  
A questão do método científico

Prof. Eduardo Salles de O. Barra  
Departamento de Filosofia  
Universidade Federal do Paraná  
[www.filosofia.ufpr.br](http://www.filosofia.ufpr.br)

Curitiba-PR  
2011

## INTRODUÇÃO À FILOSOFIA DE THOMAS KUHN

Daniel Tozzini  
Eduardo Salles O. Barra

Thomas Samuel Kuhn (1922-1996) nasceu em Cincinnati (EUA). Teve suas principais titulações acadêmicas obtidas na área de física, todas pela Universidade de Harvard. Mas foi pelos seus trabalhos em história e filosofia da ciência que ele se tornou mundialmente conhecido. Seu principal livro, *A Estrutura das Revoluções Científicas* (1962), foi considerado pelo jornal norte-americano *The New York Times* como um dos cem livros mais influentes do século XX. O texto a seguir, "A Função do Dogma na Investigação Científica", foi publicado originalmente em 1961 e se assemelha a uma síntese de seu livro mais conhecido. Para fins introdutórios, será apresentada a seguir a concepção de ciência defendida por Kuhn nos seus primeiros trabalhos.

As ideias filosóficas de Thomas Kuhn emergiram de três fontes distintas. A primeira foram as aulas de ciências naturais que ministrou para estudantes de ciências humanas em 1952, que em sua maior parte foram dedicadas aos estudos de história da ciência. Com o intuito de transmitir aos alunos uma visão sobre o modo como as teorias científicas surgiram no passado, suas concepções básicas sobre a natureza da ciência e de seu sucesso começaram a se estruturar. Nas análises de textos de cientistas do passado, ele não encontrava aquela imagem da história da ciência que havia aprendido em sua educação de cientista.

A segunda fonte das ideias de Kuhn foi o período (1958-1959) em que atuou como pesquisador convidado num centro de pesquisas em ciências humanas (*Center for Advanced Studies in the Behavioral Sciences*) na Universidade de Stanford, EUA. Foi nesse período que ele formulou de um de seus principais conceitos, o conceito de *paradigma*, pelo qual arregimentou tanto críticos quanto seguidores com os mais diversos interesses. Os desacordos entre os cientistas sociais no que se refere à natureza dos métodos e dos problemas científicos sugeriram-lhe que controvérsias do mesmo tipo pudessem ocorrer nas demais ciências naturais e que as circunstâncias que permitiriam, ao contrário do que ocorre nas ciências sociais, substituí-las por um período razoavelmente longo de consenso e concordância poderia estar na base das mais expressivas diferenças entre os ofícios de físicos e historiadores, químicos e sociólogos, biólogos e psicólogos.

Por fim, as ideias de Kuhn emergiram da influência de autores tais como Alexandre Koyré, Ludwik Fleck, Jean Piaget, W. Quine. Koyré foi o mais influente historiador da ciência na segunda metade do século XX, trazendo para essa disciplina os métodos de análise e interpretação de textos desenvolvidos pelos grandes representantes da corrente historiográfica conhecida como a concepção estruturalista na história da filosofia. Com Piaget, Kuhn diz ter aprendido a compreender os cientistas do passado tais como Aristóteles em analogia com as primeiras ideias de uma criança nos estágios iniciais de seu desenvolvimento cognitivo.

Até os anos 1960, eram poucos os filósofos da ciência que se interessavam também pela história da ciência, exceto apenas como fonte de algumas anedotas e exemplos de feitos geniais dos cientistas munidos dos seus métodos infalíveis de investigação da natureza. Para Kuhn, conceitos empregados como fundamentais por gerações desses filósofos não poderiam ser sustentados após serem submetidos a uma rigorosa análise historiográfica.

Em linhas gerais, a história da ciência, para Kuhn, tem o seguinte percurso: ciência pré-paradigmática (atividades desorganizadas), ciência normal, época de crise, ciência extraordinária, revolução científica e, por fim, um novo período de ciência normal e o consequente reinício cíclico do mesmo percurso. Nisso consiste aquilo que Kuhn chamou de a *estrutura* das revoluções científicas, isto é, a forma comum às mudanças conceituais e práticas de grande alcance ocorridas nas ciências ao longo de sua história. O conteúdo de cada revolução científica é, obviamente,

específico de cada ciência particular. Ele pode ser representado, por exemplo, pelo problema teórico que desencadeou ou permitiu as mudanças que se verificaram durante um determinado período numa ciência. Normalmente, após terem produzidos seus efeitos sobre a comunidade científica e o modo como praticam o seu ofício, as revoluções tornam-se conhecidas pelos nomes de seus principais protagonistas: revolução copernicana, revolução newtoniana, revolução lavoisieriana, revolução darwinista, revolução mendeliana, revolução einsteiniana. O que Kuhn sustentou é que, apesar da enorme diversidade de conteúdos entre todas essas ditas revoluções científicas, ela tinham uma forma comum, isto é, uma estrutura, que poderia ser descrita pela percurso sequencial daqueles estágios acima, onde basicamente se alternam períodos de ciência normal e ciência extraordinária.

O estágio pré-paradigmático é o primeiro estágio de um campo de conhecimento em vias de se tornar uma ciência. Como seu próprio nome diz, ela é a atividade exercida por uma comunidade científica antes da aquisição de um *paradigma*. Podemos aqui entender por *paradigma* um conjunto de crenças, regras, compromissos e valores compartilhados que guiam uma comunidade científica. O estágio pré-paradigmático é, portanto, caracterizado pela competição de diversas concepções sobre o que devem ser essas crenças, regras, compromisso ou valores que serviram para conferir unidade e promover o progresso das pesquisas científicas naquele campo. Nesses momentos, então, diversos grupos ou indivíduos partem de hipóteses independentes para investigar um certo grupo de fenômenos razoavelmente comum. Mas a ausência de um paradigma comum entre eles faz com que suas pesquisas pareçam uma atividade feita ao acaso. Toda diversidade encontrada na natureza parece ter de ser levada em consideração. Não há limites de exploração. Além disso, os períodos pré-paradigmáticos são marcados por profundos debates a respeito de métodos, problemas e padrões de soluções.

Os períodos de ciência normal têm início com a aquisição de um conjunto de normas, regras, crenças e valores comuns a uma certa comunidade científica. É quando os cientistas abandonam os debates sobre questões acerca dos fundamentos dos seus temas de estudo e passam compartilhar concepções comuns os aspectos teóricos e práticos mais relevantes do seu campo de estudo. Durante os períodos de ciência normal, a atividade exercida pelo cientista está dirigida, basicamente, para ampliar e refinar a articulação entre os fenômenos e as teorias, ambos conforme são fornecidos pelo paradigma vigente naquele momento. Esse trabalho, Kuhn chamou de "resolução de quebra-cabeça" – em inglês, *puzzles*, que pode também ser traduzido como enigma. Tratava-se de um aspecto da prática científica que lhe exigiu uma certa expansão do sentido do termo "paradigma". Além de conter o repertório comum de normas, regras, crenças e valores de uma certa comunidade científica, o paradigma deveria também incluir. Esse paradigma é, basicamente, um conjunto de suposições teóricas e realizações exemplares que servissem de guias para guiar a atividade científica, impondo-lhe modelos, padrões e limites. A atividade de "resolução de quebra-cabeça" consiste precisamente em adequar a teoria aos fenômenos – e vice-versa – segundo esses modelos, padrões e limites impostos pelo paradigma, que assim condicionariam igualmente tanto os desenvolvimentos da teoria quanto o avanço das pesquisas nos laboratórios e na coleta de dados. Um problema, para ser considerado um genuíno quebra-cabeça, deve limitar-se à natureza de soluções aceitáveis e aos métodos para obtê-las. Uma tentativa frustrada na execução desse tipo de solução raramente recai sobre o paradigma, sendo considerado, em geral, como um fracasso pessoal do cientista, que foi incapaz de resolver o problema em questão.

Um paradigma oferece ao cientista uma maneira de enxergar as coisas, uma visão de mundo. A educação de um cientista é profundamente marcada pela rigidez metodológica e a ortodoxia conceitual que a manutenção de um paradigma exige – uma atitude de aversão à flexibilidade e a divergência de opiniões somente comparável, segundo Kuhn, dentre os demais grandes temas de estudos teóricos, ao que se espera encontrar entre estudantes de teologia no que

diz respeito aos seus temas mais fundamentais. Assim, o aprendizado de um cientista é fruto de uma educação destinada a preservar e disseminar a autoridade de um corpo já articulado de problemas, dados e teorias, fato esse que faz do baixo anseio dos cientistas para produzir novidades e, até mesmo, da sua incapacidade de propor novas abordagens para antigos problemas, indicadores muito mais do êxito do que do fracasso educacional – desta característica vem a concepção de Kuhn sobre a função do *dogma* na investigação científica em seu texto de 1961.

Os cientistas adeptos de uma determinada tradição da ciência normal têm, portanto, como atividade regular – isto é, normal ou ordinária – a resolução quebra-cabeças. Tal como no jogo com o qual Kuhn faz uma analogia, não é suficiente juntar as peças para remontar um quadro ou uma paisagem, pois é necessário encaixá-las de acordo com o formato particular de cada uma delas ou, então, com as suas peças estando viradas para cima; os problemas dos cientistas também devem obedecer a certas regras e compromissos. Quebra-cabeças são, portanto, problemas científicos com solução assegurada, problemas cujas respostas somente a falta de habilidade dos cientistas pode impedi-los de encontrá-las.

Todavia, frequentemente os cientistas deparam-se com comportamentos da natureza que não se encaixam nas especificações oferecidas pelo paradigma em vigor. Esses comportamentos são chamados de anomalias. O exemplo dos movimentos retrógrados dos planetas era, por exemplo, considerado uma anomalia pelos pitagóricos antes de a teoria ter sofrido algumas modificações para explicá-los. Os cientistas, por vezes, tentam trabalhar o paradigma com o intuito de, com pequenas modificações, adequá-lo à natureza. Em alguns casos as anomalias são solucionadas, em outros, não. Apesar de existirem casos em que realmente a anomalia não consegue ser assimilada pela atividade normal, muitas vezes, não basta que isto ocorra para que o paradigma ou a teoria sejam refutados. Quando assimilada, a anomalia é associada a uma descoberta. Com ela, o cientista torna-se capaz de explicar um número maior de fenômenos previamente conhecidos, visto que muitas vezes requer a substituição de alguma crença ou algum procedimento. Somente quando a anomalia persiste por muito tempo, gerando um alto grau de insegurança nas atividades profissionais dos cientistas, podem-se verificar consequências danosas para o paradigma vigente. É, então, na possibilidade de se instaurar uma crise no paradigma vigente que a anomalia, ou as falhas consecutivas em testes, podem afetar a teoria vigente. Falhas em testes ou resultados negativos por si só não são suficientes para garantir que um paradigma seja substituído por outro – outro aspecto relacionado ao *dogma* científico.

Uma crise na ciência normal pode ser vista como um momento no qual cientistas estão num estado psicológico de insegurança profissional – a crença e a convicção no poder de resolução do paradigma vigente se encontra abalada. A principal fonte de crise é a anomalia (comportamento da natureza que não se encaixa na perspectiva oferecida pelo paradigma vigente) persistente que resiste a consecutivos e grandes esforços para ser resolvida. Um estado de crise pode acabar de três maneiras: ou o problema é solucionado pelo paradigma vigente; ou é posto de lado para uma tentativa de resolução futura, quando houver, por exemplo, instrumentos mais elaborados; ou pode fazer emergir um novo candidato a paradigma. Nesse último caso, inicia-se a atividade de ciência extraordinária e, com isso, uma batalha para habilitar-se à posição de um novo paradigma.

Na disputa entre duas concepções teóricas rivais, cada grupo utiliza os seus próprios recursos metodológicos e conceituais para argumentar a favor de sua própria concepção. Esse fato torna o debate entre paradigmas comparável a um diálogo de surdos<sup>1</sup>, pois, segundo Kuhn, dois paradigmas rivais são incompatíveis e incomensuráveis. Incompatíveis porque não é possível um cientista defender dois paradigmas rivais ao mesmo tempo sem cair em contradição. O Sol e a Terra

1 Esta expressão, no original em inglês, não é tão problemática quanto sua tradução em analogia para o português. Diz Kuhn: "they will inevitably talk through each other" (KUHN, 1996, p. 109). Literalmente: eles falam um através do outro.

não podem, por exemplo, serem ao mesmo tempo o centro do Universo. Incomensuráveis porque não há medida comum entre eles. Os termos e conceitos de um paradigma não pode ser traduzido na linguagem de outro. O resultado é uma comunicação falha entre partidários de paradigmas em competição. Por isso, para que um paradigma seja aceito em lugar de outro, em geral, deve ocorrer uma combinação de diversos fatores (valores), tais como: resolver os problemas que precipitam a crise do antigo paradigma, possuir maior precisão quantitativa, prever de novos fenômenos, ao lado de outros fatores de natureza social e comunitária, tais como possuir maior poder de persuasão e de influenciar os compromissos da comunidade de seus promotores, e criar teorias com maior valor estético e/ou político, entre outros. Com isso, fica claro que o teste no interior de um paradigma é somente um entre um grande número de fatores que conduzem à substituição de um sistema de teorias.

Segundo Kuhn, a ciência, apesar de aparentar ser um empreendimento cumulativo e estar em constante progresso, não está caminhando em direção a um único fim e aproximando-se cada vez mais da verdade. O progresso, nesses termos cumulativos e lineares, acontece somente durante os períodos de ciência normal, dentro de um paradigma em vigor. Ao ser aceito pela comunidade após uma revolução científica, um novo paradigma, em geral, é capaz de explicar alguns problemas extraordinários e grande parte daqueles problemas que o anterior explicava. Mas, com frequência, muitos problemas antes relevantes são abandonados. O progresso da ciência não pode ser comparado com um processo linear no qual tijolos são adicionados um a um em busca do término da obra – visão do senso comum e tradicional da ciência. Neste processo há perdas e ganhos, e não somente conquistas.

## A FUNÇÃO DO DOGMA NA INVESTIGAÇÃO CIENTÍFICA<sup>1</sup>\*\*

Thomas S. Kuhn

Estou certo de que cada um dos participantes deste simpósio se expôs, a dada altura de sua carreira, à ideia do cientista como o investigador sem preconceitos em busca da verdade: o explorador da natureza – o homem que rejeita preconceitos quando entra no laboratório, que coleciona e examina os fatos crus, objetivos, e que é fiel a tais fatos e só a eles. Estas são as características que fazem do testemunho dos cientistas um valioso elemento na propaganda de produtos variados e em exclusivo nos Estados Unidos. Mesmo perante uma audiência internacional não é preciso esclarecer mais. Ser científico é, entre outras coisas, ser objetivo e ter espírito aberto<sup>2</sup>.

Provavelmente nenhum de nós acredita que o cientista da vida real na prática consegue preencher tal ideal. A experiência pessoal, os romances de Sir Charles Snow<sup>3</sup> ou o estudo da história da ciência fornecem numerosas contra evidências. Embora a atividade científica possa ter um espírito aberto, qualquer que seja o sentido que esta frase possa ter, o cientista individual muito frequentemente não o tem. Quer o seu trabalho seja predominantemente teórico, quer seja experimental, o cientista normalmente parece conhecer, antes do projeto de investigação estar razoavelmente avançado, pormenores dos resultados que serão alcançados com tal projeto. Se o resultado aparece rapidamente, ótimo. Se não, ele lutará com os seus instrumentos e com as suas equações até que, se for possível, lhe forneçam os resultados que estejam conformes com o modelo que ele tinha previsto desde o começo. Não é só com o seu trabalho de investigação que o cientista mostra a sua firme convicção sobre os fenômenos que a natureza pode produzir e sobre as maneiras as quais eles podem se encaixar com a teoria. Com frequência, as mesmas convicções evidenciam-se mais claramente ainda nas suas réplicas ao trabalho de outros cientistas. Desde a recepção de Galileu<sup>4</sup> ao trabalho de Kepler<sup>5</sup>, à recepção de Nageli<sup>6</sup> ao trabalho de Mendel<sup>7</sup>, à rejeição dos

2 A discussão que se inicia trata de um debate sobre a comunidade científica ser ou não aberta a críticas. A visão comum da ciência a enxerga como uma atividade estritamente racional e detentora de um método infalível que a conduz pelas descobertas. Mas a história, para Thomas Kuhn, mostra que os cientistas tendem a resistir às novidades e teorias rivais. Muitas vezes, é somente com a morte dos cientistas mais velhos que a nova geração passa a aceitar realmente uma nova proposta teórica, diferente daquela já consagrada.

3 Charles Percy Snow (1905-1980) foi um escritor e físico inglês. Ele é o autor de "As Duas Culturas" (The Two Cultures), onde denuncia o abismo existente entre duas culturas da sociedade moderna – a da comunidade dos cientistas naturais e da comunidade dos estudos sobre humanidades (filosofia, literatura e história). Haveria entre elas uma falha de comunicação que seria responsável pela impossibilidade de resolução de problemas do mundo.

4 Galileu Galilei (1564-1642) foi um físico, matemático e astrônomo italiano. Dentro outros, estudou o movimento dos pêndulos e dos planetas.

5 Johannes Kepler (1571-1630) foi um astrônomo e matemático alemão. É conhecido por ter formulado as três leis fundamentais da mecânica celeste, chamadas de Leis de Kepler.

6 Karl Wilhelm von Nägeli (1817-1891) foi um botânico suíço. Estudou a divisão celular e ficou conhecido por ter desestimulado Gregor Mendel a continuar seu trabalho sobre genética.

7 Gregor Johann Mendel (1822-1884) foi um botânico austriaco. É considerado um dos fundadores da genética e ficou conhecido por seus estudos sobre a transmissão de caracteres hereditários.

trabalhos de Gay Lussac<sup>8</sup> por Dalton<sup>9</sup>, à rejeição de Maxwell<sup>10</sup> por Kelvin<sup>11</sup>, as novidades inesperadas nos fatos e nas teorias têm, o que é significativo, encontrado resistências e com frequência têm sido rejeitadas por muitos membros, dos mais criativos, da comunidade profissional científica. O historiador, pelo menos este, raramente precisa de Planck<sup>12</sup> para lembrar-lhe que: "Uma verdade científica nova não é geralmente apresentada de maneira a convencer os que se opõem a ela... simplesmente a pouco e pouco eles morrem, e nova geração que se forma familiariza-se com a verdade desde o princípio" (PLANCK, 1948).

Fatos familiares como estes – e eles poderiam facilmente ser multiplicados – não parecem ser reveladores de uma atividade cujos praticantes sejam pessoas de espírito especialmente aberto. Poderão esses fatos serem reconciliados a nossa imagem habitual da investigação científica produtiva? Se, no passado, tal reconciliação não parecia apresentar problemas fundamentais, isso se devia, provavelmente, ao fato de que tais resistências e preconceitos eram geralmente considerados como elementos estranhos à ciência. Esses fatos seriam, é o que nos têm ensinado muitas vezes, não mais do que o produto das inevitáveis limitações humanas; em um verdadeiro método científico não há lugar para tal; e esse método é de tal modo poderoso que a mera idiossincrasia humana não pode por muito tempo impedir o seu êxito<sup>13</sup>. Com essa maneira de ver, os exemplos de *parti pris*<sup>14</sup> científicos são reduzidos ao estatuto de anedotas e justamente com este ensaio tenta-se atacar tal ponto de vista. A verossimilhança, por si só, sugere que se impõe um ataque desse tipo. Preconceito e resistência parecem ser mais a regra do que exceção no desenvolvimento científico avançado. Além disso, em condições normais eles caracterizam a melhor investigação e a mais criativa e

8 Louis Joseph Gay-Lussac (1778-1850) foi um físico e químico francês. É conhecido pelas suas contribuições às leis dos gases.

9 John Dalton (1766-1844) foi um químico e físico inglês. É conhecido, dentre outros, pela descoberta do daltonismo – incapacidade que algumas pessoas têm de distinguir certas cores.

10 James Clerk Maxwell (1831-1879) foi um físico e matemático britânico. Ficou conhecido por seus estudos sobre electromagnetismo e pelas suas contribuições às chamadas equações de Maxwell.

11 Lord Kelvin ou William Thomson (1824-1907) foi um físico e matemático britânico. É conhecido por ter criado a escala Kelvin de temperaturas absolutas.

12 Max Karl Ernst Ludwig Planck (1858-1947) foi um físico alemão. É um dos fundadores da física quântica.

13 Na visão comum, a ciência é um empreendimento exemplar. Seus resultados e desenvolvimento a aproximam cada vez mais de um ideal de controle e previsão dos fenômenos naturais. Por meio da elevação da razão, os homens criam e descobrem teorias cada vez mais eficazes. Pelo diálogo, a comunidade científica resolve seus impasses e escolhe o melhor caminho a trilhar. Testes e experimentos são cautelosamente executados de maneira objetiva. Cabe ao homem julgar seus resultados, descartando as hipóteses não fundamentadas empiricamente e articulando cada vez mais as bem-sucedidas. Dar a algo o status de científico é endossá-lo; é garantir que aquilo passou por procedimentos seguros e foi avaliado racionalmente antes de ser aprovado. Ser científico é sinônimo de imparcialidade na escolha de teorias; de neutralidade em relação aos valores sociais, culturais, religiosos e políticos; e de autonomia na aplicação e no direcionamento das pesquisas e de seus resultados. Variáveis subjetivas encontradas nas ciências – tais como influências sociais, culturais e religiosas –, eram vistas como fraquezas humanas e deveriam ser eliminadas. Kulm quer combater esta imagem de ciência e mostrar que tais variáveis têm seu lugar e seu papel na atividade científica.

14 *Parti pris*: Opinião assumida antecipadamente, de maneira preconcebida.

também a mais rotineira. Não está também em questão qual a sua origem. Não se trata de características anômalas de indivíduos, mas de características da comunidade com raízes profundas no processo como os cientistas são treinados para trabalhar na sua profissão. As fortes convicções que existem antes da própria investigação frequentemente aparecem como precondições para o sucesso das ciências.

É claro que estou a adiantar-me demais na minha história, mas com isso fiz destacar o meu tema principal. Embora o preconceito e a resistência às inovações possam muito facilmente pôr um freio ao progresso científico, a sua onipresença é, porém, sintomática como característica requerida para que a investigação tenha continuidade e vitalidade. Características desse tipo, tomadas coletivamente, eu classifico como o dogmatismo das ciências maduras, e nas páginas que se seguem tentarei precisar alguns dos seus aspectos. A educação científica "semeia" o que a comunidade científica, com dificuldade, alcançou até aí – uma adesão profunda a uma maneira particular de ver o mundo e praticar a ciência. Tal adesão pode ser, e é, de tempos em tempos, substituída por outra, mas nunca pode ser facilmente abandonada. E, enquanto característica da comunidade dos praticantes profissionais, tal adesão mostra-se fundamental, em dois aspectos, para a investigação produtiva. Definindo para cada cientista individual os problemas suscetíveis de ser analisados e ao mesmo tempo a natureza das soluções aceitáveis para eles, a adesão é de fato um elemento necessário à investigação. Normalmente o cientista é um solucionador de quebra-cabeças como um jogador de xadrez, e a adesão induzida pela educação é o que lhe dá as regras do jogo que se pratica no seu tempo. Na ausência delas, ele não seria um físico, um químico ou o que quer que fosse aquilo para que fosse preparado<sup>15</sup>.

Além do mais, essa adesão tem um segundo papel na investigação que é algo incompatível com o primeiro. A força que ela tem e a unanimidade com que é partilhada pelo grupo profissional fornecem ao cientista individual um detector imensamente sensível dos focos de dificuldades de onde surgem inevitavelmente as inovações importantes nos fatos e nas teorias. Nas ciências, a maior parte das descobertas de fatos inesperados e todas as inovações fundamentais da teoria são respostas a um fracasso prévio usando as regras do jogo estabelecido. Portanto, embora uma adesão quase

15 Kuhn refere-se a adesão de um novo cientista a uma comunidade específica. Esta adesão ocorre por meio da pedagogia da ciência, auxiliada, sobretudo, pela utilização de manuais. Por meio deles, o cientista aprende sua profissão. Ele oferece modelos e exemplo de como problemas científicos podem ser resolvidos. Cabe ao cientista por meio de analogias e de suas aplicações resolver problemas similares. A isso Kuhn chamou de quebra-cabeça (em inglês, *puzzle*, ou podendo ser traduzido em português também para "enigmas"). Tais quebra-cabeças são problemas encontrados por cientistas no seu trabalho do dia a dia. São problemas com soluções asseguradas, que somente a falta de criatividade o deixariam sem solução. Tendo aderido a uma comunidade científica, é somente com dificuldade que um cientista, substituirá suas crenças. A isso Kuhn chamou de preconceito e resistência (dogmatismo científico).



dogmática seja, por um lado, uma fonte de resistência e controvérsia, é também um instrumento inestimável que faz das ciências a atividade humana mais consistentemente revolucionária. Uma pessoa não precisa fazer da resistência ou do dogma uma virtude para reconhecer que as ciências maduras não poderiam viver sem eles<sup>16</sup>.

Antes de continuar a examinar a natureza e as consequências do dogma científico, vejamos o esquema de educação através do qual ele é transmitido por uma geração de profissionais à seguinte. Os cientistas não formam, está claro, a única comunidade profissional que adquire pela educação um conjunto de padrões, instrumentos e técnicas que mais tarde usam no seu próprio trabalho criativo. Porém uma vista rápida que seja da pedagogia científica sugere que ela pode induzir uma rigidez profissional praticamente impossível de alcançar noutros campos, exceto talvez na teologia. Admito que essa exposição esteja detornada pelo esquema americano que é o que conheço melhor. Os contrastes que tenho em vista, porém, devem ser visíveis igualmente nas devidas proporções na educação europeia e britânica.

Talvez, a característica mais extraordinária da educação científica, que é levada a um ponto desconhecido noutros campos de atividade criativa, seja a de ser feita por meio de manuais, obras escritas especialmente para estudantes. Até que ele esteja preparado, ou quase preparado para fazer a sua dissertação, o estudante de química, física, astronomia, geologia, ou biologia, raramente é posto ante o problema de conduzir um projeto de investigação, ou colocado ante os produtos diretos da investigação conduzida por outros - isto é, as comunicações profissionais que os cientistas escrevem para os seus colegas. As coleções de "textos originais" jogam um papel limitado na educação científica. Igualmente o estudante de ciência não é encorajado a ler os clássicos da história do seu campo - obras onde poderia encontrar outras maneiras de olhar as questões discutidas nos textos, mas onde também poderia encontrar problemas, conceitos e soluções padronizados que a sua futura profissão há muito pôs de lado e substituiu<sup>17</sup>. Whitehead<sup>17</sup> apanhou esse aspecto bastante específico das ciências quando algures escreveu: "Uma ciência que hesita em esquecer os seus fundadores está perdida."

Ser baseada quase exclusivamente em manuais não é tudo que diferencia a educação

16 Kuhn critica a visão tradicional oferecida pela filosofia da ciência, sobretudo pelo filósofo Karl Popper, que defende que teorias científicas devem ser descartadas perante as primeiras dificuldades. Para Kuhn, a educação do cientista lhe oferece uma maneira de ver o mundo e métodos para lidar com resoluções de problemas científicos. Não fosse a insistência do cientista em manter e sustentar esta visão do mundo, dificilmente a ciência progrediria. Pois é somente com o desenvolvimento deste método que mais problemas podem ser resolvidos, e não com o seu abandono.

17 Alfred North Whitehead (1861-1947) foi um matemático e lógico britânico. Foi colaborador do também matemático e filósofo britânico Bertrand Russell.

científica<sup>18</sup>. Os estudantes de outras áreas são, ao fim e ao cabo, também expostos à ação de tais livros, embora raramente depois do segundo ano de universidade, e mesmo nos primeiros anos, não de uma forma tão exclusiva. Mas, enquanto que, nas ciências, se há manuais diferentes é porque expõem assuntos diferentes, nas humanidades e em várias ciências sociais, há manuais que apresentam diferentes tratamentos para uma mesma problemática. Mesmo livros que estão em concorrência para ser adotados em um mesmo curso científico diferem, sobretudo, só no nível de apresentação e nos pormenores pedagógicos e não no conteúdo ou no conjunto das ideias. É com dificuldade que se pode imaginar um físico ou um químico afirmar que foi obrigado a começar a educação dos seus alunos de terceiro ano quase a partir de primeiros princípios porque a exposição prévia do assunto a que eles tinham sido submetidos se fizera por livros que violavam consistentemente a ideia que ele tinha da disciplina. Observações desse tipo não são, pelo contrário, pouco usuais em várias ciências sociais. Aparentemente os cientistas estão de acordo sobre o que é que cada estudante deve saber da matéria. Essa é a razão que explica por que, na preparação de um currículo pré-profissional, eles podem usar manuais em vez de uma combinação eclética de originais de investigação.

Igualmente a técnica de apresentação dos assuntos, característica dos manuais científicos, não é a mesma que nos outros campos. Exceto nas introduções ocasionais, que os estudantes raramente leem, os leigos não fazem grande esforço para descrever o tipo de problemas que o profissional será chamado a resolver ou discutir, a diversidade de técnicas que a experiência pôs à disposição para a sua resolução. Pelo contrário, esses livros apresentam, desde o começo, soluções concretas de problemas que a profissão aceita como paradigmas, e então pede-se aos estudantes, quer usando um lápis e papel quer servindo-se de um laboratório, que resolvam por si mesmo problemas modelados à semelhança, na substância e no método, dos que o livro lhes deu a conhecer. Só na instrução elementar de línguas ou no treino de um instrumento musical é tão importante e essencial a prática de "exercícios de dedo". E estes são justamente os campos em que o objeto da instrução é produzir com o máximo de rapidez "quadros mentais" fortes ou *Einstellungen*. Sugiro que nas ciências o efeito dessas técnicas é exatamente o mesmo. Embora o desenvolvimento científico seja particularmente produtivo em novidades que se sucedem, a educação científica continua a ser uma iniciação relativamente dogmática a uma tradição preestabelecida de resolver problemas, para a qual o estudante não é convidado e não está preparado para apreciar.

<sup>18</sup> Kuhn discute a diferença entre a educação das ciências maduras (física, química, biologia, etc.) e a educação de outros campos de estudos (ciências humanas, literatura, filosofia). Enquanto nas primeiras há consenso no conteúdo encontrado em seus manuais, as segundas, além de pouco utilizarem manuais para sua apresentação, possuem embates teóricos desde os primeiros anos de estudos de seus praticantes.

O esquema de educação sistemática dos manuais que acabamos de descrever não existia em nenhuma parte e em nenhuma ciência (exceto talvez na matemática elementar) até o começo do século XIX. Mas, antes dessa época, certo número de ciências mais desenvolvidas claramente já evidenciava, em certos casos desde há já bastante tempo, as características especiais indicadas acima. Onde não existiam manuais, havia com frequência paradigmas universais aceitos para a prática das várias ciências. Eram constituídos pelos feitos científicos descritos em livros que todos os praticantes em um dado campo conheciam intimamente e admiravam, feitos que davam os modelos para as suas próprias investigações e os padrões para avaliar os seus próprios resultados. A *Physica* de Aristóteles<sup>19</sup>, o *Almagesto* de Ptolomeu<sup>20</sup>, os *Principia* e a *Opticks* de Newton<sup>21</sup>, a *Elettricidade* de Franklin<sup>22</sup>, a *Química* de Lavoisier<sup>23</sup> e a *Geologia* de Lyell<sup>24</sup> – estas obras e muitas outras foram todas utilizadas implicitamente, durante algum tempo, para definir os problemas legítimos e os métodos de investigação para sucessivas gerações de praticantes. No seu tempo cada um desses livros, juntamente com outros escritos segundo o modelo iniciado por eles, teve no seu domínio mais ou menos a mesma função que têm hoje os manuais de uma ciência.

Todas as obras indicadas acima são, como é sabido, clássicos da ciência. Assim sendo, poder-se-ia pensar que elas se assemelham aos grandes clássicos em outros campos criativos, um Rembrandt<sup>25</sup>, ou um Adam Smith<sup>26</sup>. Tratando essas obras, ou os feitos que estão por trás delas, como paradigmas em vez de clássicos, quero sugerir que há algo especial nelas, algo que as coloca à parte tanto dos outros clássicos da ciência como de todos os clássicos de outros domínios de criação.

Parte desse “algo especial” é o que chamarei a exclusividade dos paradigmas. Em qualquer época os praticantes de uma dada especialidade poderão reconhecer numerosos clássicos, alguns dos quais – tal como acontece com as obras de Ptolomeu e Copérnico ou Newton e Descartes<sup>27</sup> –

19 Aristóteles (384 a.C.-322 a.C.) foi um filósofo grego. Foi aluno de Platão e professor de Alexandre, o Grande. Escreveu sobre física, metafísica, poesia, música, lógica, filosofia, biologia etc. Durante muito tempo sua obra, dentre elas a sobre física, foi referência para os estudiosos.

20 Cláudio Ptolomeu (90-168) foi um cientista grego. Sua obra conhecida como *Almagesto* era referência entre os astrônomos. Defendia a organização um sistema geocêntrico, no qual a Terra estaria no centro do Universo.

21 Isaac Newton (1643-1727) foi um cientista inglês. Suas obras foram amplamente utilizadas e consultadas por cientistas posteriores a ele. Dentre elas estavam *Philosophiæ Naturalis Principia Mathematica* e *Opticks*.

22 Benjamin Franklin (1706-1790) foi um jornalista, diplomata e cientista norte-americano. Ficou conhecido por seus trabalhos sobre eletricidade.

23 Antoine Laurent de Lavoisier (1743-1794) foi um químico francês. Sua obra é considerada um marco inicial da química moderna. É considerado por muitos o descobridor do oxigênio.

24 Charles Lyell (1797-1875) foi um advogado e geólogo britânico. Tal como os outros anteriormente citados, sua obra tornou-se referência no início da ciência a qual se dedicou.

25 Rembrandt Harmenszoon van Rijn (1606 – 1669) foi um pintor holandês. É um clássico da arte europeia. Possui uma famosa pintura, chamada de *Aula de Anatomia do Dr. Tulp*, na qual ele representa parte da história da medicina.

26 Adam Smith (1723 – 1790) foi um economista e filósofo escocês. É considerado um autor clássico da economia.

27 René Descartes (1596 – 1650) foi um filósofo, físico e matemático francês. É conhecido pela célebre frase: “Penso,

praticamente incompatíveis entre si. Mas um dado grupo, se tem mesmo um paradigma, só pode ter um. Ao contrário da comunidade dos artistas – que se pode inspirar simultaneamente nas obras de, por exemplo, Rembrandt e Cézanne<sup>28</sup> e que, portanto, estuda um e outro – a comunidade dos astrónomos não tinha alternativa senão escolher entre os modelos em competição fornecidos por Copérnico e Ptolomeu. Além disso, uma vez feita a escolha, os astrónomos passavam a esquecer a obra que tinham rejeitado. Desde o século XVI só houve duas edições completas do *Almagesto*, ambas produzidas no século XIX e dirigidas exclusivamente aos académicos. Nas ciências maduras parece não existir uma função equivalente à de um museu de arte ou uma biblioteca de clássicos. Os cientistas sabem quando é que os livros, e mesmo os jornais científicos, estão ultrapassados. Embora não os destruam, eles os transferem, como qualquer historiador da ciência pode testemunhar, das bibliotecas ativas da especialidade para o nunca usado depósito geral da universidade. As obras atualizadas que vieram tomar o seu lugar são tudo o que o progresso da ciência exige.

Essa característica dos paradigmas está estreitamente ligada a outra, que tem particular importância na minha utilização do termo. Ao aceitar um paradigma, a comunidade científica adere toda ela, conscientemente ou não, à atitude de considerar que todos os problemas resolvidos, o foram de fato, de uma vez para sempre. Tal é o que Lagrange<sup>29</sup> tinha em vista quando dizia de Newton: "Não há senão um Universo e não pode haver senão um homem na história universal para interpretar as suas leis"<sup>30</sup>. Os exemplos, quer de Aristóteles, quer de Einstein<sup>30</sup>, provam que Lagrange estava errado, mas tal não altera a importância que teve a sua convicção para o desenvolvimento da ciência. Acreditando que o que Newton fizera não precisava ser feito, Lagrange não se deixava atrair por novas reinterpretações fundamentais da natureza. Pelo contrário, ele poderia começar onde os homens que partilhavam o mesmo paradigma newtoniano tinham ficado, esforçando-se uns e outros por chegar a uma formulação mais clara do paradigma e a uma estruturação que o aproximasse cada vez mais das observações da natureza. Esse tipo de trabalho só pode ser feito por pessoas que sentem que o modelo que usam é inteiramente seguro. Não há nada que se assemelhe nas artes, e os paralelos nas ciências sociais são no melhor dos casos parciais. Os paradigmas determinam todo um esquema de desenvolvimento para as ciências maduras que não se

logo existo".

28) Paul Cézanne (1839 – 1906) foi um pintor pós-impressionista francês.

29) Joseph Louis Lagrange (1736 – 1813) foi um matemático italiano. Estudou, entre outros, o cálculo diferencial e a teoria da probabilidade. Era um entusiasta das ideias de Newton.

30) Albert Einstein (1879 – 1955) foi um físico teórico alemão radicado nos Estados Unidos. É conhecido pela teoria da relatividade.

assemelha ao esquema usual noutros domínios<sup>31</sup>.

Tal diferença poderia ser ilustrada comparando-se o desenvolvimento de uma ciência baseada em paradigma com, por exemplo, a filosofia ou a literatura. O mesmo objetivo pode, porém, ser alcançado de maneira mais econômica, contrastando-se o esquema de desenvolvimento inicial de qualquer ciência com o esquema característico da mesma ciência quando já na maturidade. Não consigo deixar de pôr a questão demasiado esquemática, mas o que tenho em vista é isto. Exceto em domínios como a bioquímica, com origem na combinação de especialidades já existentes, os paradigmas são uma aquisição a que se chega relativamente tarde no processo de desenvolvimento científico. Durante os seus primeiros anos uma ciência trabalha sem recurso a eles, pelo menos não de forma tão inequívoca e limitadora como nos casos referidos atrás. A óptica física antes de Newton ou o estudo do calor antes de Black<sup>32</sup> e Lavoisier são exemplos de esquemas de desenvolvimento pré-paradigmáticos como o que examinei adiante com a história da eletricidade. Enquanto esse desenvolvimento continua, isto é, até que se chega a um primeiro paradigma, o desenvolvimento de uma ciência aproxima-se mais do desenvolvimento das artes e da maior parte das ciências sociais do que do esquema que a astronomia, por exemplo, tinha já adquirido na antiguidade e que hoje é comum a todas as ciências.

Para perceber a diferença entre desenvolvimento científico pré e pós-paradigmático, consideremos um exemplo simples<sup>33</sup>. No começo do século XVIII, como no século XVIII e antes dele, havia quase tantos pontos de vista sobre a natureza da eletricidade como o número de experimentadores importantes, homens como Hauksbee<sup>34</sup>, Gray<sup>35</sup>, Desaguliers<sup>36</sup>, Du Fay<sup>37</sup>, Nollet<sup>38</sup>, Watson<sup>39</sup> e Franklin<sup>40</sup>. Todos os diversos conceitos que eles possuíam sobre a eletricidade tinham

31 Kuhn está defendendo a importância de um corpo de crenças rígido e seguro como fundamento do desenvolvimento da ciência. Sem esta atitude dogmática de resistir a mudanças e a resultados de experimentos científicos opostos ao que suas teorias predizem, a ciência não se desenvolveria como conhecemos. E isso é diferente entre as ciências maduras (física, química, biologia, etc.) e a outras formas de conhecimento (artes, filosofia, ciências sociais, etc.). Nas primeiras seus participantes estudam somente a teoria predominante, ignorando de certo modo os fatos do passado. Já nas segundas, os estudantes têm contato com uma variedade de teorias diferentes, muitas vezes contraditórias.

32 Joseph Black (1728 – 1799) foi um físico e químico escocês. É oferecido a ele o crédito de ter descoberto o dióxido de carbono (que ele chamou de "ar fixo") e o magnésio.

33 Neste momento, Kuhn fundamenta sua teoria com a história da eletricidade. De acordo com ele, o início desta atividade foi marcada pela discussão sobre a natureza da eletricidade. Neste momento, os estudos ainda estavam em fase de ciência pré-paradigmática, na qual todos os dados parecem ser relevantes e cientistas reconstituem fundamentos a todos os instantes.

34 Francis Hauksbee (1666–1713) foi um físico inglês que estudou eletricidade e eletrostática.

35 Stephen Gray (1666 – 1736) foi um físico e astrônomo inglês.

36 Jean Théophile Desaguliers (1683 – 1744) foi um filósofo natural francês.

37 Charles François de Cisternay du Fay (1698 – 1739) foi um químico francês.

38 Jean-Antoine Nollet (1700 – 1770) foi um físico francês.

39 John Broadus Watson (1878 – 1958) foi um psicólogo norte-americano nascido nos Estados Unidos.

40 Benjamin Franklin (1706 – 1790) foi um jornalista, diplomata e cientista norte-americano. Ficou conhecido por

algo em comum – eram em parte derivados das experiências e observações e em parte de uma ou outra versão da filosofia mecânico-corpúscular que orientava toda a investigação científica da época. Contudo, esses elementos comuns davam aos seus trabalhos só uma vaga semelhança. Somos forçados a admitir a existência de várias escolas e subescolas em competição cada uma indo buscar a sua força à sua ligação a uma versão particular (cartesiana ou newtoniana) da metafísica corpúscular, e cada uma dando relevo especial ao conjunto de fenômenos elétricos mais facilmente explicado por ela. As outras observações eram explicadas usando construções *ad hoc*<sup>41</sup> ou eram deixadas como problemas importantes para investigação futura<sup>42</sup>.

Um dos primeiros grupos de teóricos da eletricidade seguia a prática usual do século XVII, e tomava, portanto, a atração e geração de eletricidade por fricção como os fenômenos elétricos fundamentais. Tinham tendência a considerar a repulsão como um efeito secundário (no século XVII ela era explicada por uma espécie de efeito de ressalto mecânico) e a adiar tanto quanto possível a discussão e a investigação sistemática sobre o efeito de Gray, que se acabara então de descobrir, a condução elétrica. Outro grupo estreitamente ligado a este considerava a repulsão como o efeito fundamental, enquanto outro ainda tomava ao mesmo tempo a repulsão e a atração como manifestações elementares da eletricidade. Cada um destes últimos grupos alterava a sua teoria e a sua investigação da maneira que lhe convinha, mas acabava por ter tanta dificuldade como o primeiro, para explicar o mais elementar dos efeitos de condução. Esses efeitos serviam de ponto de partida para um terceiro grupo, que tinha tendência a falar da eletricidade como um “fluido”, percorrendo os condutores e não como um “eflúvio” emanado dos corpos não-condutores. Esse grupo, por sua vez, tinha dificuldade em reconciliar a sua teoria com um número razoável de efeitos de atração e repulsão<sup>43</sup>.

Em épocas diferentes, cada uma dessas escolas trouxe contribuições significativas para o corpo de conceitos, fenômenos e técnicas de onde Franklin extraiu o primeiro paradigma para as ciências elétricas. Uma definição de cientista que exclua os membros dessas escolas, deverá excluir igualmente os seus sucessores modernos<sup>44</sup>. Contudo, alguém que se debruça sobre o

seus trabalhos sobre eletricidade. Tal com os demais, elaborou estudos relacionados à eletricidade.

41 Construções para um fim determinado, específico. Criada com aquele intuito.

42 Neste ponto, Thomas Kuhn está respondendo a tradição filosófica anterior a ele. O debate ocorre em torno do chamado “problema da demarcação” – que é a tentativa de criar um critério para distinguir os tipos de conhecimentos que podem ser considerados científicos das demais formas de conhecimento (metafísica, religião, etc.). Seus principais rivais eram os membros do Positivismo Lógico e Karl Popper. O Positivismo Lógico era um grupo de filósofos e físicos do século XX que se encontravam regularmente na cidade de Viena, Áustria, para discutir questões filosóficas. Seus membros mais conhecidos são Rudolf Carnap (1891 – 1970) e Moritz Schlick (1882 – 1936). Eles, de modo geral, classificavam como científicas aquelas proposições que poderiam ser verificadas na experiência sensível. O alvo do critério de demarcação do positivismo lógico era, principalmente, a metafísica (que tem como principais objetos de estudo a imortalidade da alma, Deus e a liberdade) que pretendia

desenvolvimento da eletricidade antes de Franklin pode muito bem tirar a conclusão de que, embora os praticantes no ofício fossem cientistas, o resultado imediato da sua atividade era algo menos do que ciência. Cada experimentador em eletricidade era forçado a construir o seu domínio de novo a partir da base, uma vez que o conjunto de convicções que ele podia tomar como certas era muito limitado. Ao fazer isso, a sua escolha de experiências e observações fundamentais era relativamente livre, porque o conjunto de métodos, padrão e fenômenos que cada teórico da eletricidade podia utilizar e explicar era extraordinariamente reduzido. Como consequência, durante a primeira metade do século, as investigações em eletricidade tendiam a andar em círculo, voltando sempre ao mesmo ponto. Novos efeitos eram descobertos repetidas vezes, mas muitos deles perdiam-se rapidamente de novo. Entre os que se perderam, havia muitos efeitos causados pelo que hoje se chama a carga induzida e também a famosa descoberta de Du Fay dos dois tipos de eletricidade. Franklin e Kinnorsley<sup>43</sup> ficaram surpreendidos quando, cerca de quinze anos depois, o segundo descobriu que uma esfera carregada que fosse repelida pelo vidro friccionado era atraída pelo lacre ou pelo âmbar<sup>44</sup>. Na ausência de uma teoria bem articulada e amplamente aceita (uma propriedade que nenhuma ciência possui de início e que poucas das ciências sociais, se é que alguma, possuem atualmente), a situação só muito dificilmente poderia ter sido diferente. Para os teóricos da eletricidade, durante a primeira metade do século XVIII não havia maneira de distinguir consistentemente entre efeitos elétricos e não-elétricos, entre acidentes de laboratório e novidades essenciais, ou entre exhibições brilhantes e experiências que revelassem aspectos essenciais da natureza da eletricidade.

Esta é a situação que Franklin mudou<sup>45</sup>. A sua teoria explicava muitos – embora não todos – efeitos elétricos reconhecidos pelas várias escolas anteriores que no período de uma geração todos os teóricos da eletricidade foram convertidos a maneiras de ver quase idênticas. Embora não pusesse fim a todos os desacordos, a teoria de Franklin constituiu o primeiro paradigma da

---

oferecer um conhecimento seguro e confiável tal como a ciência, mas que, segundo eles, não conseguam. Karl Popper (1902 – 1994) foi um filósofo austríaco, naturalizado britânico, que defendia que o conhecimento científico, apesar de não poder ser verificado pela experiência – conhecido como problema da indução), poderia ser falsado por ela. A proposição, por exemplo, “todos os corvos são negros”, não poderia ser verificada, pois jamais poderíamos ter certeza de que no futuro um corvo não será negro. Mas bastaria que vissemos um corvo branco para que tivéssemos certeza de que a proposição “todos os corvos são negros” é falsa. Uma teoria, para ser classificada como científica, deveria dar condições para que pudesse ser falseada pela experiência. O alvo de Popper com sua demarcação era, sobretudo, a psicologia, a astrologia e a teoria marxista – chamadas por ele de pseudociências, pois pretendiam ser confiáveis como a física, mas não ofereciam oportunidade de serem falseadas, por possuírem afirmações vagas e terem, escopo de explicação muito amplo – pretendem explicar todo e qualquer fenômeno, inclusive aquele utilizado para contrariá-las. Thomas Kuhn defende que a tradição científica superada, ultrapassada, não perde o status de ser científico por ter sido substituída. Ela continua dando conta de um grande número de problemas aos quais se propôs a resolver.

43 Ebenezer Kinnorsley (1711 – 1778) foi um cientista britânico especialista em eletricidade.

eletricidade e a experiência dele dá um tom e um sabor novo às investigações em eletricidade nas últimas décadas do século XVIII. O fim dos debates inter-escolas pôs fim à constante reavaliação dos fundamentos; a convicção de estarem a seguir o caminho correto dava coragem aos teóricos da eletricidade para se lançarem em trabalhos de maior envergadura, mais exatos e exotéricos. Liberto das preocupações gerais levantadas com os fenômenos elétricos, o novo grupo agora unido podia orientar-se para fenômenos elétricos selecionados e estudá-los com muito mais pormenor, concebendo aparelhagem especializada para seu trabalho e utilizando-a com uma persistência e um grau de sistematização desconhecidas dos anteriores teóricos da eletricidade. Nas mãos de um Cavendish<sup>44</sup>, de um Coulomb<sup>45</sup> ou de um Volta<sup>46</sup>, a verificação dos fenômenos elétricos e a articulação da teoria da eletricidade tornaram-se, pela primeira vez, atividades altamente orientadas. Como consequência, a eficiência e a eficácia da investigação em eletricidade aumentaram extraordinariamente, comprovando ao nível social o preceito metodológico de Francis Bacon<sup>47</sup>: "A verdade emerge mais rapidamente a partir do erro do que da confusão."

Está claro que estou exagerando tanto a rapidez como o grau de acabamento com que se faz a transição para um paradigma. Mas isso não torna o próprio acontecimento menos real. O amadurecimento da eletricidade como ciência não acompanha o desenvolvimento geral da eletricidade. Os autores sobre eletricidade durante as primeiras quatro décadas do século XVIII possuíam bastante mais informação acerca dos fenômenos elétricos do que os seus antecessores dos séculos XVI e XVII. Durante o meio século depois de 1745, muito poucos fenômenos elétricos se vieram acrescentar à lista dos já existentes. Porém, nos aspectos importantes os textos sobre eletricidade das últimas duas décadas do século pareciam mais distantes de Gray, Du Fay e mesmo Franklin do que estavam essas teorias da eletricidade do começo do século XVIII dos seus antecessores de há mais de cem anos. Durante o período de 1740 a 1780, os teóricos da eletricidade, como um grupo, alcançaram o que os astrônomos tinham conseguido na antiguidade, os estudiosos da mecânica na Idade Média, os da óptica física no fim do século XVII e os da geologia histórica no começo do século XIX. Tinham chegado a um paradigma, e a posse deste permitia-lhes tomar os fundamentos do seu campo de atividade como bem estabelecidos e enveredar para problemas mais concretos e mais complexos<sup>48</sup>. É difícil conceber outro critério que estabeleça tão claramente o

44 Henry Cavendish (1731 – 1810) foi um físico e químico britânico. realizou experimentos em eletricidade.

45 Charles-Augustin de Coulomb (1736 – 1806) foi um físico francês. Para homenageá-lo, foi dado seu nome à unidade de carga elétrica, o Coulomb.

46 Alessandro Giuseppe Antonio Anastasio Volta (1745 – 1827) foi um físico italiano, conhecido pela invenção da pilha elétrica.

47 Francis Bacon (1561 – 1626) foi um filósofo inglês. Possui uma obra, *Novum Organum*, que trata do método da ciência moderna. É conhecido pela defesa da indução (a passagem de observações singulares a conclusões universais) na ciência.



campo de atividade de uma ciência.

Essas observações devem já começar a esclarecer o que é que considero ser um paradigma. É, em primeiro lugar, um resultado científico fundamental que inclui ao mesmo tempo uma teoria e algumas aplicações exemplares aos resultados das experiências e da observação. Mais importante ainda, é um resultado cujo completar está em aberto e que deixa toda espécie de investigação ainda por ser feita. E, por fim, é um resultado aceito no sentido de que é recebido por um grupo cujos membros deixam de tentar ser seu rival ou deixam de criar-lhe alternativas. Pelo contrário, tentam desenvolvê-lo e explorá-lo numa variedade de formas a que voltarei a seguir. A discussão do trabalho que os paradigmas deixam para ser feito tornará ainda mais claro tanto o seu papel como os motivos para a sua especial eficácia. Antes, porém, é preciso frisar um aspecto bastante importante. Embora o acolher de um paradigma pareça historicamente uma pré-condição para investigação científica mais eficaz, os paradigmas que aumentam a eficácia da investigação não necessitam de ser, e geralmente não são, permanentes. Pelo contrário, no esquema de desenvolvimento das ciências maduras vai-se passando, em regra, de um paradigma para outro. Esse esquema diferencia-se do esquema característico dos períodos de começo ou de pré-paradigma não por causa da eliminação total do debate em torno dos fundamentos, mas pela restrição drástica de tal debate, aos períodos ocasionais de mudança de paradigma.

O *Almagesto* de Ptolomeu, por exemplo, não deixa de ser um paradigma pelo fato da tradição de investigação que partia dele acabar por ser substituída por outra incompatível baseada nos trabalhos de Copérnico e Kepler. Nem o *Opticks* de Newton deixou de ser um paradigma para os estudantes dos fenômenos da luz no século XVIII, por ter sido depois substituído pela teoria ondulatória do éter de Young<sup>48</sup> e Fresnel<sup>49</sup>, um paradigma que por sua vez cedeu lugar à teoria do deslocamento eletromagnético que se constitui a partir de Maxwell. Não há dúvida de que o trabalho de investigação que um dado paradigma permite torna-se uma contribuição duradoura para o corpo do conhecimento científico e técnico, mas os paradigmas eles próprios são com frequência postos de lado e substituídos por outros<sup>50</sup> bastante incompatíveis com eles. Não podemos recorrer a noções como "verdade" ou "validade"<sup>51</sup> a propósito dos paradigmas na tentativa de compreender a especial eficácia da investigação que a sua aceitação permite.

48 Thomas Young (1773 – 1829) foi um cientista britânico.

49 Augustin-Jean Fresnel (1788 – 1827) foi um engenheiro francês que estudou a teoria das ondas ópticas.

50 A substituição de um paradigma por outro é o que Thomas Kuhn chama de revolução científica.

51 A verdade ou a validade, para Kuhn, só pode ser definida dentro do escopo de um paradigma. Não faz sentido, por exemplo, perguntar se é verdade que a combustão é causada pela queima de oxigênio ou pelo flogístico (teoria anterior a obra de Lavoisier que explica a combustão por meio do oxigênio). São duas maneiras distintas de conceber os fenômenos. Cada qual explica um certo número de problemas, e não explica outros. Pode-se questionar somente qual teoria explica um maior número de problemas ou qual é mais simples, por exemplo.

Pelo contrário, o historiador com frequência tem de reconhecer que, com a rejeição da perspectiva proposta por dada escola pré-paradigmática, uma comunidade científica rejeitou o embrião de uma importante ideia científica a que seria forçada a voltar mais tarde. Mas está longe de ser óbvio que a profissão atrasou o desenvolvimento científico com esse procedimento<sup>52</sup>. Teria a mecânica quântica nascido antes, se os cientistas do século XIX mais facilmente estivessem prontos a admitir que a visão corpuscular da luz de Newton poderia ainda ter algo de significativo a ensinar-lhes sobre a natureza? Penso que não, embora nas artes, nas humanidades, e em várias ciências sociais tal visão menos doutrinária é adorada com frequência em relação aos efeitos clássicos do passado. Ou teriam a astronomia e a dinâmica avançado mais depressa se os cientistas tivessem reconhecido que tanto Ptolomeu como Copérnico<sup>53</sup> tinham escolhido processos igualmente legítimos para descrever a posição da Terra? Tal posição foi, de fato, sugerida durante o século XVII e foi depois confirmada pela teoria da relatividade. Mas até lá ela foi, juntamente com a astronomia de Ptolomeu, vigorosamente rejeitada, vindo à tona de novo só no fim do século XIX quando, pela primeira vez, se relacionava concretamente aos problemas insolúveis postos pela prática usual da física não-relativista. Poder-se-á argumentar, e é isso que farei realmente, que uma atenção demorada durante os séculos XVIII e XIX, quer para as obras de Ptolomeu, quer para as posições relativistas de Descartes, Huygens<sup>54</sup> e Leibniz<sup>55</sup>, teria atrasado em vez de acelerar a revolução na física com que começou o século XX. O avançar de paradigma em paradigma, em vez do perpetuar uma concorrência entre clássicos reconhecidos, deve ser uma característica funcional e um fato inerente ao desenvolvimento científico maduro.

Muito do que se disse até aqui tem a intenção de indicar que – exceto durante os períodos ocasionais extraordinários a ser discutidos na última parte deste artigo – os praticantes de uma especialidade científica madura aderem profundamente à determinada maneira de olhar e investigar

<sup>52</sup> O desenvolvimento científico, segundo Kuhn, não é linear. Não existe o melhor paradigma para todos os casos possíveis. O que existe é uma noção de desenvolvimento científico comparada à noção de evolução darwiniana das espécies. Um paradigma é melhor em certas situações e para certos objetivos, mas não para todos. Tal como as tartarugas de galápagos, com pescoços curtos e longos. As primeiras são melhores em regiões de plantas baixas e as segundas em regiões de plantas altas.

<sup>53</sup> A querela principal entre Ptolomeu e Copérnico trata de saber como o Universo é organizado. O primeiro defendia um sistema geocêntrico – com a Terra no centro do Universo – e o segundo um sistema heliocêntrico – com o Sol no centro do Universo. Um dos problemas (anomalias) principais para os ptolomaicos era explicar os movimentos retrógrado dos planetas, que consistia no constatar que, ao se observar o céu, alguns planetas alteravam sua rota por algum momento e se moviam para trás. Isso era uma anomalia porque, para eles, a órbita dos planetas eram circulares e constantes em torno da Terra. Já para os copernicauos, o movimento retrógrado dos planetas não era um problema, pois a soma da rotação da Terra em torno do Sol, que não estava imóvel como para os ptolomaicos, mais a rotação dos demais planetas em torno do Sol era causadora do aparente movimento retrógrados do planetas. Nota de Daniel L. Tozzini).

<sup>54</sup> Christiaan Huygens (1629 - 1695) foi um matemático, astrônomo e físico holandês.

<sup>55</sup> Gottfried Wilhelm Leibniz (1646 - 1716) foi um filósofo, cientista e matemático alemão. Juntamente com Newton é considerado o fundador do cálculo moderno – cálculo infinitesimal e integral.

a natureza baseada em um paradigma. O paradigma diz-lhes qual o tipo de entidades com que o universo está povoado e qual a maneira como essa população se comporta; além disso, informa-os de quais as questões sobre a natureza que podem legitimamente ser postas e das técnicas que podem ser devidamente aplicadas na busca das respostas a essas questões. De fato, um paradigma diz tantas coisas aos cientistas que as questões que ele deixa para investigar raramente têm algum interesse intrínseco para os que estão fora da profissão. Embora pessoas cultivadas como um grupo possam ficar fascinadas ao ouvir descrever o espectro das partículas elementares ou os processos de réplica molecular, em regra, o seu interesse rapidamente fica exausto com uma apresentação das convicções que de antemão estão na base da investigação desses problemas. O resultado do projeto de investigação individual é indiferente a eles, e o seu interesse tem poucas probabilidades de voltar a ser despertado outra vez até que, como aconteceu com a não-conservação da paridade, a investigação inesperadamente leve a mudanças nas convicções que guiam a investigação. Sem dúvida essa é a razão pela qual tanto os historiadores como os divulgadores devotaram tão grande parte de sua atenção aos episódios revolucionários de que resulta uma mudança de paradigma e desprezaram tão completamente o tipo de trabalho que mesmo os maiores cientistas necessariamente fazem durante a maior parte do tempo.

A minha posição ficará ainda mais clara se eu agora perguntar o que é que fica para a comunidade científica fazer quando existe um paradigma. A resposta – tendo em vista a resistência a inovações que existe e que é escondida frequentemente debaixo do tapete – é que, dado um paradigma, os cientistas esforçam-se, usando todas as suas capacidades e todos os seus conhecimentos para o pôr cada vez mais de acordo com a natureza. Muito do seu esforço, principalmente nas fases iniciais de desenvolvimento do paradigma, tornando-o mais preciso em áreas em que a formulação original fora, como não podia deixar de ser, vaga. Por exemplo, conhecendo já que a eletricidade era um fluido com partículas em interação mútua à distância, os teóricos da eletricidade após Franklin podiam tentar determinar a lei quantitativa da força entre as partículas elétricas. Outros podiam buscar as inter-relações entre o comprimento da faísca, deflexão do eletroscópio, a quantidade de eletricidade, e a geometria dos condutores. Foi sobre problemas desse tipo que, nas últimas décadas do século XVIII, trabalharam Coulomb, Cavendish e Volta, e encontramos um grande paralelismo com o desenvolvimento de qualquer outra ciência madura. Os esforços atuais para determinar as forças quânticas que governam as interações dos núcleons pertencem precisamente à mesma categoria de problemas de articulação de um paradigma.

Esse tipo de problemas não constitui o único campo a conquistar que um paradigma propõe

à comunidade que o aceita. Há sempre muitos outros campos onde o paradigma supostamente funciona, mas em que não foi, de fato, ainda aplicado. O ajustamento do paradigma à natureza em tais casos com frequência ocupa os melhores talentos científicos de uma geração. As tentativas no século XVIII de desenvolver a teoria de Newton das cordas vibrantes constituem um exemplo significativo, e os trabalhos atuais sobre a teoria quântica dos sólidos constitui outro exemplo. Além disso, existe sempre trabalho imenso, fascinante a ser feito para melhorar o acordo em um campo onde se demonstrou já existir certo acordo aproximado. Trabalho teórico em problemas desse tipo é ilustrado no século XVIII com a investigação das perturbações que fazem desviar os planetas das suas órbitas keplerianas e igualmente no século XIX com a elaboração de uma teoria refinada dos espectros dos átomos complexos e das moléculas. E acompanhando todos esses problemas e muitos outros se coloca toda uma série ininterrupta de barreiras experimentais. Aparelhagem especial teve de ser inventada e construída para permitir a determinação de Coulomb da lei da força elétrica. Novos tipos de telescópios eram exigidos para observações que, uma vez efetuadas, iam exigir uma teoria newtoniana das perturbações melhorada. O projeto e construção de aceleradores mais potentes são necessidades cuja falta se faz continuamente sentir em ligação com o esforço de articular teorias das forças nucleares mais eficazes. Esses são os tipos de trabalho em que quase todos os cientistas passam a maior parte do seu tempo\*.

Tenho a impressão de que o resumo que fiz da investigação científica normal não precisa aqui de ser mais aprofundado, mas há dois aspectos que devem ainda ser destacados. Primeiro, todos os problemas referidos atrás eram dependentes de paradigma, com frequência de várias maneiras. Alguns deles – por exemplo, a dedução dos termos de perturbação na teoria planetária de Newton – não podiam sequer ser colocados na ausência de um paradigma apropriado. Com a passagem da teoria de Newton para a teoria relativista, alguns deles transformaram-se em problemas diferentes e nem todos foram ainda hoje resolvidos. Outros problemas – por exemplo, a tentativa de determinar a lei das forças elétricas – podiam ser e eram, pelo menos de uma forma vaga, colocados antes do aparecimento do paradigma em que acabaram por ser resolvidos. Mas, na sua forma primitiva, não podiam ser atacados com êxito. Aqueles que descreviam as atrações e as repulsões elétricas em termos de "eflúvios" tentaram medir as forças resultantes colocando um disco carregado a uma distância determinada por baixo do prato de uma balança. Nessas condições não se conseguiu chegar a resultados consistentes susceptíveis de interpretação. A pré-condição para o sucesso acabou por ser um paradigma que reduzia a ação elétrica a uma ação do tipo gravitacional, ação à distância entre partículas pontuais. A partir de Franklin os teóricos da

eletricidade passaram a pensar a ação elétrica nesses termos; tanto Coulomb como Cavendish os tinham em vista ao conceber as suas aparelhagens. Finalmente, em ambos esses casos, bem como em todos os outros, era necessária uma adesão ao paradigma para fornecer uma motivação com sentido. Quem conceberia e construiria complicados aparelhos de uso altamente específico, ou quem passaria meses tentando resolver determinada equação diferencial, sem a garantia segura de que o seu esforço, se tivesse êxito, daria o fruto desejado de antemão?

Essa referência ao resultado de um projeto de investigação que é desejado de antemão leva à segunda característica notável daquilo a que estou agora chamando de investigação normal, de base paradigmática. O cientista que trabalha nela de modo algum se ajusta à antiga imagem do cientista como um explorador ou um inventor de novas e luminosas teorias que permitem previsões brilhantes e inesperadas. Pelo contrário, em todos os problemas discutidos atrás todo o resultado mesmo em pormenor era conhecido desde o início. Nenhum cientista que aceitasse o paradigma de Franklin poderia duvidar da existência de uma lei de atração entre partículas minúsculas de eletricidade, e era razoável supor que essa lei se poderia exprimir por uma relação algébrica simples. Alguns deles, mesmo, previam que teria de ser uma lei envolvendo o inverso do quadrado da distância. Nunca os físicos nem os astrónomos newtonianos duvidaram que as leis do movimento e da gravitação de Newton acabariam por reproduzir os movimentos observados da Lua e dos planetas, embora, por mais de um século, a complexidade matemática impedisse que fosse obtido um bom acordo em todos os casos. Em todos esses problemas, como na maioria dos que os cientistas abordam, o ataque não é dirigido com o fim de desvendar o desconhecido, mas de obter o conhecido. A fascinação deles é causada não pelo resultado que poderão vir a descobrir, mas pela dificuldade em conseguir mesmo o resultado. Em vez de se assemelhar a uma exploração, a investigação normal apresenta-se antes como o esforço de juntar um cubo mágico<sup>56</sup> cujo aspecto final é conhecido desde o princípio.

Estas são as características da investigação normal que eu tinha em vista quando, no começo deste ensaio, descrevia a pessoa envolvida nela como um solucionado de *quebra-cabeças*, à maneira de um jogador de xadrez. O paradigma que ele adquiriu graças a uma preparação prévia fornece-lhe as regras do jogo, descreve as peças com que se deve jogar e indica o objetivo que se pretende alcançar. A sua tarefa consiste em manipular as peças segundo as regras de maneira que

<sup>56</sup> No texto original está escrito "cubo chinês". O cubo mágico (similar ao cubo chinês) é um quadrado tridimensional que possui lados coloridos. O objetivo do puzzle é montá-lo ordenadamente, deixando cada uma das cores em um de seis lados. Tal como na analogia feita por Kuhn, tanto o jogador de cubo mágico, como o cientista de uma ciência normal (madura) já sabe de antemão a que resultado chegar. As regras estão dadas e somente a falta de habilidade e imaginação pode impedi-lo.

seja alcançado o objetivo em vista. Se ele falha, como acontece com a maioria dos cientistas, pelo menos na primeira tentativa de atacar um problema, esse fracasso só revela a sua falta de habilidade. As regras fornecidas pelo paradigma não podem então ser postas em questão, uma vez que sem essas regras começaria por não haver quebra-cabeças para resolver. Não há, portanto, dúvidas de que os problemas (ou quebra-cabeças), pelos quais o praticante da ciência madura normalmente se interessa, pressupõem a adesão profunda a um paradigma. E é uma sorte que essa adesão não seja abandonada com facilidade. A experiência mostra que, em quase todos os casos, os esforços repetidos, quer do indivíduo, quer do grupo profissional, acabam finalmente por produzir, dentro do âmbito do paradigma, uma solução mesmo para os problemas mais difíceis. Esta é uma das maneiras como avança. Nessas condições, devemos surpreender-nos com a resistência dos cientistas à mudança de paradigmas? O que eles estão detendo não é, no fim de contas, nada mais nem menos do que a base do seu modo de vida profissional.

Chegando aqui, uma das principais vantagens do que comecei chamando de dogmatismo científico deve ser evidente. Como uma vista de olhos rápida a qualquer história natural baconiana<sup>57</sup> ou a descrição do desenvolvimento pré-paradigmático de qualquer ciência mostram, a natureza é demasiado complexa para ser explorada ao acaso mesmo de maneira aproximada. Tem que existir algo que diga ao cientista onde procurar e por que procurar, e esse algo, que pode muito bem não durar mais que essa geração, é o paradigma que lhe foi fornecido com a sua educação de cientista. Em virtude desse paradigma e da necessária confiança nele, o cientista em grande parte deixa de ser um explorador, ou pelo menos de ser um explorador do desconhecido. Em vez disso, ele luta por articular e concretizar o conhecido, e esse objetivo específico leva-o a conceber diversos aparelhos e variadas versões da teoria. Desses quebra-cabeças que o levam a projetar e a adaptar, ele tira o seu prazer. A menos que tenha uma sorte extraordinária, é do êxito em resolver os quebra-cabeças que irá depender a sua reputação. A tarefa em que ele está empenhado caracteriza-se, a dada altura, e inevitavelmente, por uma visão drasticamente reduzida. Mas dentro do campo para que está focada a sua visão o esforço continuado para ajustar os paradigmas à natureza produz um conhecimento e uma compreensão de pormenores esotéricos que não poderiam ter sido alcançados de nenhuma outra maneira. Desde Copérnico e o problema da precessão de Einstein e o efeito fotoelétrico, o progresso da ciência tem sempre dependido precisamente desse aspecto esotérico. Uma das grandes virtudes da adesão a paradigmas consiste em que ela liberta os cientistas para que se possam ocupar com os pequenos quebra-cabeças. Porém, essa imagem da investigação científica como resolução

<sup>57</sup> Referente ao já citado Francis Bacon, defensor da indução e que estudou o método científico.

de quebra-cabeças ou ajustamento de paradigmas deve estar, em última análise, bastante incompleta. Embora o cientista possa não ser um explorador, os cientistas estão sempre descobrindo tipos novos e inesperados de fenômenos. Embora o cientista não se esforce normalmente por inventar novos tipos de teorias fundamentais, tais teorias com frequência têm surgido da prática continuada da investigação. Mas nenhuma inovação desse gênero apareceria se a atividade a que chamei de ciência normal tivesse sempre êxito. De fato com muita frequência o indivíduo envolvido na solução de quebra-cabeça oferece resistência às novidades que se apresentam, e o faz por razões muito aceitáveis. Para ele trata-se de alterar as regras do jogo e qualquer alteração de regras é intrinsecamente subversiva. Esse elemento subversivo toma-se, claro está, mais aparente em inovações teóricas de grande importância como as associadas aos nomes de Copérnico<sup>58</sup>, Lavoisier<sup>59</sup> ou Einstein<sup>60</sup>. Mas a descoberta de um fenômeno não antevisto pode ter o mesmo efeito destrutivo, embora geralmente em um grupo mais reduzido e por um período de tempo mais curto. Uma vez realizada a primeira das experiências, o *écran* luminoso de Rontgen<sup>61</sup> demonstrava que a anterior aparelhagem padrão de raios catódicos<sup>62</sup> se comportava de maneira que ninguém tinha antevisto. Havia uma variável não-prevista a ser controlada; as investigações anteriores, já a caminho de se constituir em paradigmas, necessitavam de ser reavaliadas; velhos quebra-cabeças tinham de ser resolvidos de novo, recorrendo-se a um conjunto de regras algo diferente. Mesmo sendo facilmente assimilável, uma descoberta como a dos raios X pode violar um paradigma que previamente orientara a investigação. O que se segue é que, se a atividade normal de solucionar quebra-cabeças tivesse sempre êxito, o desenvolvimento da ciência não poderia conduzir a qualquer tipo de inovação fundamental.

Mas está claro que a ciência normal nem sempre tem êxito e ao reconhecer esse fato deparamos com a segunda grande vantagem da investigação de base paradigmática. Ao contrário de muitos dos antigos teóricos da eletricidade, o praticante de uma ciência madura sabe com precisão razoável a que tipo de resultado pode chegar com a sua investigação. Em consequência disso, está em posição especialmente favorável para detectar um problema de investigação que saia do

58 Substituição do sistema geocêntrico (Terra no centro do Universo) pelo heliocêntrico (Sol no centro do Universo) – episódio da história chamado de revolução copernicana.

59 Substituição do flogístico ou do calórico (princípios ou elementos que, antes de Lavoisier, estavam associados à explicação da combustão) pelo oxigênio.

60 Substituição da concepção newtoniana de espaço e tempo absolutos pela noção de espaço/tempo relativo.

61 Wilhelm Conrad Röntgen (1845-1923) foi um físico alemão. Ele ganhou notoriedade por ter descoberto os raios-X de maneira acidental.

62 Os raios catódicos são radiações nas quais os elétrons emergem do polo negativo de um eletrodo (ânodo), e se propagam na forma de um feixe de partículas negativas ou feixe de elétrons acelerados.

esperado. Por exemplo, como Galvani<sup>63</sup> ou Röntgen, ele pode se deparar com um efeito que sabe que não deveria ocorrer. Ou, por exemplo, como Copérnico, Planck ou Einstein, pode concluir que os fracassos repetidos dos seus antecessores, ao ajustar o paradigma à natureza, é evidência inescapável da necessidade de mudar as regras com que se tenta fazer esse ajustamento.. Ou, por exemplo, como Franklin ou Lavoisier, pode concluir depois de repetidas tentativas que nenhuma das teorias existentes pode ser articulada de forma a explicar determinado efeito recentemente descoberto. Como se vê por esses exemplos e por muitos outros, a prática científica normal de solucionar de quebra-cabeças pode levar, e leva de fato, ao reconhecimento e isolamento de uma anomalia<sup>64</sup>. Um reconhecimento dessa natureza é, penso eu, condição para quase todas as descobertas de novos tipos de fenômenos e para todas as inovações fundamentais da teoria científica. Depois que um primeiro paradigma foi alcançado, uma quebra nas regras do jogo preestabelecido é o prelúdio habitual para uma inovação científica importante<sup>65</sup>.

Vejamos primeiro o caso das descobertas. Muitas delas, como a lei de Coulomb ou a descoberta de um novo elemento para preencher um espaço vazio na tabela periódica, não levantam dificuldades. Não levam a "novos tipos de fenômenos", são sim a descobertas antecipadas graças a um paradigma e obtidas por solucionadores de quebra-cabeças experientes: essa espécie de descobertas é um produto natural do que passei a chamar de ciência normal. Mas nem todas as descobertas pertencem a essa categoria; muitas delas não poderiam ter sido antecipadas por extrapolação do conhecido; de certa maneira, tinham de ocorrer "por acidente". Por outro lado, o acidente de onde elas surgiram não poderia ter ocorrido a uma pessoa qualquer que simplesmente estivesse olhando ao redor. Nas ciências maduras a descoberta requer equipamento muito especializado, tanto do ponto de vista da concepção como instrumental, e esse equipamento especializado tem vindo a ser constantemente desenvolvido e aplicado com o fim de resolver os quebra-cabeças da investigação normal. A descoberta aparece quando esse equipamento deixa de funcionar da forma como deveria. Além disso, como falhas temporárias de várias espécies ocorrem em quase todos os projetos de investigação, a descoberta surge só quando o fracasso é

63 Luigi Galvani (1737 – 1798) foi um médico, professor de anatomia, italiano. É responsável pela descoberta, com experimentos feitos em rãs, que músculos e células podem produzir eletricidade (eletricidade galvânica, bioenergia, eletricidade animal).

64 Tal como a noção de verdade para Kuhn, só há sentido em falar de anomalias quando já se tem instituído um paradigma. É só pelo contraste com a organização dos fenômenos oferecida pelo paradigma que uma anomalia é identificada. É pela ordem que se identifica a desordem.

65 Este prelúdio é o estado de crise – insegurança na capacidade de resolver problemas do paradigma vigente. Se a crise for longa e forte o suficiente, um novo candidato a paradigma irá ganhar adeptos e será iniciada a atividade de ciência extraordinária. Caso o paradigma rival venha a vencer a disputa, angariando a maioria dos membros da comunidade em questão, há o que Kuhn chama de revolução científica. Há uma mudança de crenças, regras, compromissos e valores dos cientistas.



particularmente persistente ou espetacular ou quando pareça pôr em questão convicções, e maneiras de proceder aceitas. Os paradigmas estabelecidos são, portanto, muitas vezes duplamente precondições para descobertas. Sem eles o projeto que sai do esperado nunca poderia ter sido iniciado. E mesmo depois que o projeto saiu do esperado, como acontece com a maior parte deles durante algum tempo, o paradigma pode ajudar a determinar se o fracasso merece mais investigação. A resposta normal e adequada a um fracasso na resolução de quebra-cabeças consiste em lançar a culpa nos talentos ou aparelhos de alguém e a seguir mudar para outro problema. Se não quer perder tempo, o cientista deve ser capaz de discernir entre uma anomalia essencial e um fracasso accidental.

Esse esquema – descoberta graças a uma anomalia que põe em dúvida convicções e técnicas estabelecidas – tem vindo sempre a ser repetido ao longo do desenvolvimento científico. Newton descobriu a composição da luz branca<sup>66</sup> por não ser capaz de reconciliar a dispersão observada com a dispersão prevista pela então recente lei de Snell<sup>67</sup> da refração (ver KUHN, 1958). A bateria elétrica foi descoberta quando os detectores de cargas estáticas então existentes deixaram de se comportar como o paradigma de Franklin fazia prever (ver GALVANI, 1954). O planeta Netuno foi descoberto em virtude do esforço desenvolvido para explicar as anomalias na órbita de Urano (ver ARMITAGE, 1950). O elemento cloro e o composto monóxido de carbono surgiram quando das tentativas de reconciliar a nova química de Lavoisier com as observações de laboratório<sup>68</sup>. Os chamados gases nobres foram o produto de uma longa série de investigações originadas na presença de uma pequena, mas persistente, anomalia na medição da densidade do azoto<sup>69</sup> atmosférico (ver RAMMSAY, 1896). O elétron foi introduzido para explicar algumas propriedades anômalas da condução de eletricidade através dos gases, e o seu *spin*<sup>69</sup> foi sugerido para esclarecer anomalias doutro tipo observadas no espectro atômico (ver THOMSON, 1937; CHALMERS, 1949; RICHTMEYER, KENNARD e LAURITSEN, 1955; e R. D. RUSK, 1958). Nas ciências maduras as inovações inesperadas são descobertas principalmente depois de algo ter corrido mal.

Porém, se uma anomalia é significativa na preparação do caminho para novas descobertas, ela tem um papel ainda mais importante na invenção de novas teorias. Contrariamente a uma

66 As experiências com a luz branca de Newton estão relacionadas com a dispersão de cores por um prisma. A sua teoria apóia-se então, nas suas experiências de dispersão de cores por um prisma. Com elas, Newton concluiu que a luz branca era composta por outras cores e que um prisma possuía a propriedade de separá-las.

67 A lei de Snell ou lei de refração é uma expressão que fornece o desvio angular sofrido por um raio de luz ao passar para um meio com índice de refração diferente do qual ele estava percorrendo.

68 Elemento químico, nitrogénio. Um dos mais abundantes no Universo.

69 Momento cinético próprio do elétron ou de outra qualquer partícula, devido à rotação da partícula sobre si mesma.

convicção estabelecida, embora não universal, as novas teorias não são inventadas para explicar observações que não tinham antes sido ordenadas por nenhuma outra teoria. Pelo contrário, praticamente em qualquer época do desenvolvimento de uma ciência avançada, todos os fatos cuja relevância é aceita apresentam-se como se ajustando bem à teoria existente ou estando em via de se ajustar. O processo de fazê-los ajustar melhor dá origem a muitos dos problemas padrões da ciência normal. E quase sempre cientistas convictos conseguem resolvê-los. Porém nem sempre conseguem, e quando falham repetidas vezes e cada vez mais, então o seu setor da comunidade científica depara com o que algures chamei de "crise". Ao reconhecer que algo está fundamentalmente errado na teoria com que trabalham, os cientistas tentarão articulações da teoria mais fundamentais do que as que eram admitidas antes (É típico, nos tempos de crise, encontrar numerosas versões diferentes da teoria paradigma<sup>10</sup>). Ao mesmo tempo, irão começar mais ou menos ao acaso experiências na zona da dificuldade, na esperança de descobrir algum efeito que sugira a maneira de pôr a situação a claro. Unicamente em situações desse gênero, sugiro, é uma inovação fundamental na teoria científica não só inventada, mas aceita.

O estado da astronomia de Ptolomeu era, por exemplo, uma catástrofe reconhecida por toda a gente antes de Copérnico propor uma mudança de base na teoria astronômica, e o prefácio onde Copérnico apresenta as suas razões para inovar constitui uma descrição clássica de uma situação de crise (ver KUHN, 1957). As contribuições de Galileu para o estudo do movimento tomaram por ponto de partida dificuldades bem conhecidas da teoria medieval, e Newton reconciliou a mecânica de Galileu com a teoria copernicana<sup>11</sup>. A nova Química de Lavoisier era um produto das anomalias criadas simultaneamente com a proliferação de novos gases e os primeiros estudos sistemáticos das relações entre os pesos<sup>12</sup>. A teoria ondulatória da luz foi desenvolvida em um ambiente de crescente desconforto devido às anomalias surgidas nos efeitos de difração e polarização para a teoria corpuscular de Newton (ver WHITTAKER, 1951-3, vol. 2; WHEWELL, 1847, vol. 2, e KUHN, 1961). A termodinâmica, que depois veio a aparecer como uma superestrutura para as ciências existentes, foi estabelecida unicamente à custa da rejeição das prévias teorias paradigmáticas do calórico<sup>13</sup>. A mecânica quântica nasceu de uma série de dificuldades que envolviam a radiação do corpo negro, o calor específico e o efeito fotoelétrico (ver RICHTMEYER *et al.*; HOLTON, 1953). De novo a lista podia ser alargada, mas a questão que interessa deve já estar bem clara. As novas teorias surgem do trabalho conduzido de acordo com as velhas teorias, e isso só acontece quando se observa alguma coisa que não está andando bem. O prelúdio ao seu aparecimento é uma anomalia amplamente conhecida, e tal conhecimento só pode

existir em um grupo que sabe muito bem o que seria terem as coisas seguido o caminho certo.

Como as limitações de espaço e de tempo me forçam a parar aqui, a minha exposição sobre o dogmatismo tem de ficar esquemática. Não tentarei sequer tratar aqui da estrutura fina que, em qualquer momento, o desenvolvimento científico apresenta. Mas há outra consequência da minha tese que necessita de um comentário final. Embora a investigação susceptível de ter êxito requeira uma adesão profunda ao *statu quo*, a inovação continua a ocupar uma posição central. Os cientistas são treinados para funcionar como solucionadores de quebra-cabeças dentro de regras estabelecidas, mas são também ensinados a considerar-se eles próprios como exploradores e inventores que não conhecem outras regras além das ditadas pela natureza. O resultado é a aquisição de uma tensão<sup>70</sup>, em parte ao nível da comunidade, entre as habilitações profissionais de um lado e a ideologia profissional do outro. É quase certo que a tensão e a capacidade de mantê-la são elementos importantes para o êxito da ciência. Até aqui tratei exclusivamente da dependência da investigação da tradição, a minha discussão é inevitavelmente unilateral. Em todas essas questões há muito mais para ser dito.

Mas ser unilateral não significa necessariamente estar errado, e pode mesmo ser uma atitude preliminar essencial antes de se fazer um exame mais penetrante das condições necessárias para uma vida científica com êxito. Quase ninguém, talvez mesmo ninguém, precisa de ser informado de que a vitalidade da ciência depende da continuidade nas inovações que abalem as tradições. Mas, aparentemente em conflito, a dependência da investigação de uma profunda adesão a instrumentalidades e convicções estabelecidas recebe o mínimo possível de atenção. Pressiono para que lhe seja dada mais atenção. Até que isso aconteça, algumas das características mais importantes da educação científica e do desenvolvimento da ciência continuarão a ser extremamente difíceis de compreender.

## BIBLIOGRAFIA

- ARMITAGE, A. (1950). *A Century of Astronomy*. Sampson Low. BARBER, B. (1961). "Resistance by scientists to scientific discovery", *Science*, N° 84, pp. 596-622.
- CHALMERS, T. W. (1949). *Historic Researches, Chapters in the History of Physical and Chemical Discovery*. Morgan Bros., Londres.
- COHEN, I. B. (1941) (org.). *Benjamin Franklin's Experiments: A New Edition of Franklin's Experiments and Observations on Electricity*. Cambridge, Mass.

<sup>70</sup> Em outros textos Kuhn chama essa tensão de "tensão essencial" – que é dada pelo contraste entre a inevitável atitude dogmática do cientista que o faz empenhar-se na conservação e sustentação do paradigma vigente e a sua ideologia o faz enxergar a si mesmo como um explorador da natureza e inventor de teorias.

- COHEN, I. B. (1952). "Orthodoxy and scientific progress". *Proceedings of the American Philosophical Society*, Vol. 96, pp. 505-12.
- COHEN, I. B. (1956). *Franklin and Newton: An Inquiry into Speculative Newtonian Experimental Science and Franklin's Work in Electricity as an Example Thereof*, Harvard University Press.
- DELAMBRE, J. H. B. (1816), (p. 353) eloge, *Mémoires de... l'Institut .. année 1812, parte 2, p. 46*.
- DESAGULIERS, J. T. (1741), (p. 356). "Some charged bodies will attract each other". *Philosophical Transactions*, N° 42, pp. 140-3.
- DU FAY (1735). "De l'attraction et repulsion des corps electriques". *Mémoires de... l'Académie ... de l'année 1733, Paris*, pp. 457-760.
- GALVANI, L. (1954), *Commentary on the Effects of Electricity on Muscular Motion*, trad. inglesa de M. G. Foley (notas e introdução de I. B. Cohen), Nowalk, Conn.
- GUERLAIN, H. (1956). "The origin of Lavoisier's work on combustion", *Archives internationales d'histoire des sciences*, N° 12, pp. 113-35.
- HOLTON, G. (1953), *Introduction to Concepts and Theories in Physical Science*, Addison-Wesley.
- KOPP, H. (1945), *Geschichte der Chemie*, Braunschweig.
- KOYRÉ, A. (1939), *Etudes Galiléennes* (3 vols.), Paris.
- KUHN, T. S. (1957), *The Copernican Revolution: Planetary Astronomy in the Development of Western Thought*, Harvard University Press.
- KUHN, T. S. (1958). "Newton's optical papers", em I. B. COHEN (org.), *Isaac Newton's Papers & Letters on Natural Philosophy*, Cambridge, Mass.
- KUHN, T. S. (1959a), "The essential tension, tradition and innovation scientific research", em C. W. TAYLOR (org.), *The Third (1959) University of Utah Conference on the Identification of Creative Scientific Talent*, Salt Lake City.
- KUHN, T. S. (1959b), "Energy conservation as an example of simultaneous discovery", em M. CLAGETT (org.), *Critical Problems in the History of Science*, pp. 321-56, Madison.
- KUHN, T. S. (1961). "The function of measurement in modern physical science", *Isis*, N° 52, pp. 161-93.
- KUHN, T. S. (1962), *The Structure of Scientific Revolutions*. University of Chicago Press.
- MASON, S. F. (1956), *Main Currents of Scientific Thought*, Nova York. (Ed. rev., 1966, como *History of the Sciences*, Collier Macmillan.)
- MEYER, E. VON (1891), *A History of Chemistry from the Earliest Time to the Present Day*, trad. ingl. de G. McGowan, Londres.
- NEEDHAM, H. J. T. (1746), *Relatório das investigações de Lemonier*, *Philosophical Transactions*, N° 94, p. 247.
- PARTINGTON, J. R. (1948). *A Short History of Chemistry*, Londres, 2ª (prov. Macmillan).
- PARTINGTON, J. R., e MCKIE, D. (1937, 1938, 1939). "Historical studies of the phlogiston