

Título do original inglês:
The Structure of Scientific Revolutions

Copyright © 1962, 1970 by The University of Chicago

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
(Câmara Brasileira do Livro, SP, Brasil)

Kuhn, Thomas S.
A estrutura das revoluções científicas / Thomas
S. Kuhn ; tradução Beatriz Vianna Boeira e Nelson
Boeira. — 9. ed. — São Paulo : Perspectiva, 2005.
— (Debates ; 115)

Título original: The structure of scientific revolutions.
Bibliografia.
ISBN 85-273-0111-3

1. Ciência - Filosofia 2. Ciência - História I. Título.
II. Série.

05-0699

CDD-509

Índices para catálogo sistemático:
1. Ciência : História 509

9ª edição

Direitos reservados em língua portuguesa à
EDITORA PERSPECTIVA S.A.
Av. Brigadeiro Luís Antônio, 3025
01401-000 – São Paulo – SP – Brasil
Telefax: (0-11) 3885-8388
www.editoraperspectiva.com.br
2005

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	147
10. A Invisibilidade das Revoluções	175

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 obtida 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 idiosincrasia 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 em princípio acientíficas 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, gradualmente 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

1) *Ponto de vista particularizado* → *comum a uma época*

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. Tendo sido instruído para examinar fenômenos elétricos ou químicos, o homem que 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, have-

remos de observar no capítulo um 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 consequências 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 as seguintes: 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 como 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 capítulos dois, três e quatro, buscare-

mos 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 esse elemento de arbitrariedade está presente e tem também um efeito importante no desenvolvimento científico. Esse efeito será examinado detalhadamente nos capítulos cinco, seis e sete. 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. Os episódios extraordinários nos quais ocorre essa alteração de compromissos profissionais são denominados, neste ensaio, de revoluções científicas. Elas são os complementos

2) pontos de vista parciais

ciência normal

3) Surto de anomalias

↓
revoluções científicas

desintegradores da tradição à atividade da ciência normal, ligada à tradição.

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 capítulos oito e nove, 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 através 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

repercuta 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 de a 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 simplesmente fatal. 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 capítulo dez examina por que as revoluções científicas têm sido tão dificilmente reconhecidas como tais. O capítulo onze 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 capítulo doze 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 nessa 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?

1. A ROTA PARA A CIÊNCIA NORMAL

Neste ensaio, “ciência normal” significa a pesquisa firmemente baseada em uma ou mais realizações científicas passadas. Essas realizações são reconhecidas durante algum tempo por alguma comunidade científica específica como proporcionando os fundamentos para sua prática posterior. Embora raramente na sua forma original, hoje em dia essas realizações são relatadas pelos manuais científicos elementares e avançados. Tais livros expõem o corpo da teoria aceita, ilustram muitas (ou todas) as suas aplicações bem sucedidas e comparam essas aplicações com observações e experiências exemplares. Uma vez que tais livros se tornaram populares no começo do século XIX (e mesmo mais recentemente, como no caso das ciências amadurecidas há pouco), muitos dos clássicos famosos da ciência desempenham uma função similar. A *Física* de Aristóteles, o *Almagesto* de Ptolomeu, os *Principia* e a *Óptica* de Newton, a *Eletricidade* de Franklin, a *Química* de Lavoisier e a *Geologia* de Lyell – esses e muitos outros trabalhos serviram, por algum tempo,

1) Ciência normal: define o que é o que nos é legítimo pesquisas

1) Paradigma
para definir implicitamente os problemas e métodos legítimos de um campo de pesquisa para as gerações posteriores de praticantes da ciência. Puderam fazer isso porque partilhavam duas características essenciais. Suas realizações foram suficientemente sem precedentes para atrair um grupo duradouro de partidários, afastando-os de outras formas de atividade científica dissimilares. Simultaneamente, suas realizações eram suficientemente abertas para deixar toda a espécie de problemas para serem resolvidos pelo grupo redefinido de praticantes da ciência.

Daqui por diante deverei referir-me às realizações que partilham essas duas características como "paradigmas", um termo estreitamente relacionado com "ciência normal". Com a escolha do termo pretendo sugerir que alguns exemplos aceitos na prática científica real - exemplos que incluem, ao mesmo tempo, lei, teoria, aplicação e instrumentação - proporcionam modelos dos quais brotam as tradições coerentes e específicas da pesquisa científica. São essas tradições que o historiador descreve com rubricas como: "astronomia ptolemaica" (ou "copernicana"); "dinâmica aristotélica" (ou "newtoniana"), "óptica corpuscular" (ou "óptica ondulatória"), e assim por diante. O estudo dos paradigmas, muitos dos quais bem mais especializados do que os indicados acima, é o que prepara basicamente o estudante para ser membro da comunidade científica determinada na qual atuará mais tarde. Uma vez que ali o estudante reúne-se a homens que aprenderam as bases de seu campo de estudo a partir dos mesmos modelos concretos, sua prática subsequente raramente irá provocar desacordo declarado sobre pontos fundamentais. Homens cuja pesquisa está baseada em paradigmas compartilhados estão comprometidos com as mesmas regras e padrões para a prática científica. Esse comprometimento e o consenso aparente que produz são pré-requisitos para a ciência normal, isto é, para a gênese e a continuação de uma tradição de pesquisa determinada.

Será necessário acrescentar mais sobre as razões da introdução do conceito de paradigma, uma vez que neste ensaio ele substituirá uma variedade de noções familiares. Por que a realização científica, como um lugar de comprometimento profissional, é anterior aos vários conceitos, leis,

teorias e pontos de vista que dela podem ser abstraídos? Em que sentido o paradigma partilhado é uma unidade fundamental para o estudo do desenvolvimento científico, uma unidade que não pode ser totalmente reduzida a componentes atômicos lógicos que poderiam funcionar em seu lugar? Quando as encontrarmos, no capítulo quatro, as respostas a estas questões e outras similares demonstrarão ser básicas para a compreensão, tanto da ciência normal, como do conceito associado de paradigma. Contudo, esta discussão mais abstrata vai depender da exposição prévia de exemplos da ciência normal ou de paradigmas em atividade. Mais especificamente, esses dois conceitos relacionados serão esclarecidos indicando-se a possibilidade de uma espécie de pesquisa científica sem paradigmas ou pelo menos sem aqueles de tipo tão inequívoco e obrigatório como os nomeados acima. A aquisição de um paradigma e do tipo de pesquisa mais esotérico que ele permite é um sinal de maturidade no desenvolvimento de qualquer campo científico que se queira considerar.

Se o historiador segue, desde a origem, a pista do conhecimento científico de qualquer grupo selecionado de fenômenos interligados, provavelmente encontrará alguma variante menor de um padrão ilustrado aqui a partir da história da óptica física. Os manuais atuais de física ensinam ao estudante que a luz é composta de fótons, isto é, entidades quântico-mecânicas que exibem algumas características de ondas e outras de partículas. A pesquisa é realizada de acordo com esse ensinamento, ou melhor, de acordo com as caracterizações matemáticas mais elaboradas a partir das quais é derivada esta verbalização usual. Contudo, essa caracterização da luz mal tem meio século. Antes de ter sido desenvolvida por Planck, Einstein e outros no começo do século XX, os textos de física ensinavam que a luz era um movimento ondulatório transversal, concepção que em última análise derivava dos escritos ópticos de Young e Fresnel, publicados no início do século XIX. Além disso, a teoria ondulatória não foi a primeira das concepções a ser aceita pelos praticantes da ciência óptica. Durante o século XVIII, o paradigma para este campo de estudos foi proporcionado pela Óptica de Newton, a qual ensinava que a luz era com-

2) Exemplos de paradigmas
↓
to os com concordam com a maioria de se fazer ciência

3) Dentro de paradigma

posta de corpúsculos de matéria. Naquela época os físicos procuravam provas da pressão exercida pelas partículas de luz ao colidir com os corpos sólidos, algo que não foi feito pelos primeiros teóricos da concepção ondulatória¹.

Essas transformações de paradigmas da óptica física são revoluções científicas e a transição sucessiva de um paradigma a outro, por meio de uma revolução, é o padrão usual de desenvolvimento da ciência amadurecida. No entanto, este não é o padrão usual do período anterior aos trabalhos de Newton. É este contraste que nos interessa aqui. Nenhum período entre a Antigüidade remota e o fim do século XVII exibiu uma única concepção da natureza da luz que fosse geralmente aceita. Em vez disso havia um bom número de escolas e subescolas em competição, a maioria das quais esposava uma ou outra variante das teorias de Epicuro, Aristóteles ou Platão. Um grupo considerava a luz como sendo composta de partículas que emanavam dos corpos materiais; para outro, era a modificação do meio que intervinha entre o corpo e o olho; um outro ainda explicava a luz em termos de uma interação do meio com uma emanção do olho; e haviam outras combinações e modificações além dessas. Cada uma das escolas retirava forças de sua relação com alguma metafísica determinada. Cada uma delas enfatizava, como observações paradigmáticas, o conjunto particular de fenômenos ópticos que sua própria teoria podia explicar melhor. Outras observações eram examinadas através de elaborações *ad hoc* ou permaneciam como problemas especiais para a pesquisa posterior².

Em épocas diferentes, todas estas escolas fizeram contribuições significativas ao corpo de conceitos, fenômenos e técnicas dos quais Newton extraiu o primeiro paradigma quase uniformemente aceito na óptica física. Qualquer definição do cientista que exclua os membros mais criadores dessas várias escolas excluirá igualmente seus sucessores

1. Joseph Priestley, *The History and Present State of Discoveries Relating to Vision Light and Colours*, Londres, 1772, pp. 385-390.

2. Vasco Ronch, *Histoire de la lumière*, trad. Jean Taton, Paris, 1956, caps. I-IV.

modernos. Aqueles homens eram cientistas. Contudo, qualquer um que examine uma amostra da óptica física anterior a Newton poderá perfeitamente concluir que, embora os estudiosos dessa área fossem cientistas, o resultado líquido de suas atividades foi algo menos que ciência. Por não ser obrigado a assumir um corpo qualquer de crenças comuns, cada autor de óptica física sentia-se forçado a construir novamente seu campo de estudos desde os fundamentos. A escolha das observações e experiências que sustentavam tal reconstrução era relativamente livre. Não havia qualquer conjunto-padrão de métodos ou de fenômenos que todos os estudiosos da óptica se sentissem forçados a empregar e explicar. Nessas circunstâncias o diálogo dos livros resultantes era frequentemente dirigido aos membros das outras escolas tanto como à natureza. Hoje em dia esse padrão é familiar a numerosos campos de estudos criadores e não é incompatível com invenções e descobertas significativas. Contudo, esse não é o padrão de desenvolvimento que a óptica física adquiriu depois de Newton e nem aquele que outras ciências da natureza tornaram familiar hoje em dia.

A história da pesquisa elétrica na primeira metade do século XVIII proporciona um exemplo mais concreto e melhor conhecido da maneira como uma ciência se desenvolve antes de adquirir seu primeiro paradigma universalmente aceito. Durante aquele período houve quase tantas concepções sobre a natureza da eletricidade como experimentadores importantes nesse campo, homens como Hauksbee, Gray, Desaguliers, Du Fay, Nollet, Watson, Franklin e outros. Todos seus numerosos conceitos de eletricidade tinham algo em comum – eram parcialmente derivados de uma ou outra versão da filosofia mecânico-corpúscular que orientava a pesquisa científica da época. Além disso, eram todos componentes de teorias científicas reais, teorias que tinham sido parcialmente extraídas de experiências e observações e que determinaram em parte a escolha e a interpretação de problemas adicionais enfrentados pela pesquisa. Entretanto, embora todas as experiências fossem elétricas e a maioria dos experimentadores lessem os trabalhos uns dos outros,

4)
Paradigmas
↓
periclitando
o fim
vamos
da ciência
X
competição
entre
visão
distor-
ções

suas teorias não tinham mais do que uma semelhança de família³.

Um primeiro grupo de teorias, seguindo a prática do século XVII, considerava a atração e a geração por fricção como os fenômenos elétricos fundamentais. Esse grupo tendia a tratar a repulsão como um efeito secundário devido a alguma espécie de rebote mecânico. Tendia igualmente a postergar por tanto tempo quanto possível tanto a discussão como a pesquisa sistemática sobre o novo efeito descoberto por Gray – a condução elétrica. Outros “eletricistas” (o termo é deles mesmo) consideravam a atração e a repulsão como manifestações igualmente elementares da eletricidade e modificaram suas teorias e pesquisas de acordo com tal concepção. (Na realidade este grupo é extremamente pequeno – mesmo a teoria de Franklin nunca explicou completamente a repulsão mútua de dois corpos carregados negativamente.) Mas estes tiveram tanta dificuldade como o primeiro grupo para explicar simultaneamente qualquer coisa que não fosse os efeitos mais simples da condução. Contudo, esses efeitos proporcionaram um ponto de partida para um terceiro grupo, grupo que tendia a falar da eletricidade mais como um “fluido” que podia circular através de condutores do que como um “eflúvio” que emanasse de não-condutores. Por seu turno, esse grupo tinha dificuldade para reconciliar sua teoria com numerosos efeitos de atração e repulsão. Somente através dos trabalhos de Franklin e de seus sucessores imediatos surgiu uma teoria capaz de dar conta, com quase igual

3. Duane Roller & Duane H. D. Roller, “Harvard Case Histories in Experimental Science”, Case 8, *The Development of the Concept of Electric Charge: Electricity from the Greeks to Coulomb*, Cambridge, Mass., 1954; e I. B. Cohen, *Franklin and Newton: An Inquiry into Speculative Newtonian Experimental Science and Franklin's Work in Electricity as an Example Thereof*, Filadélfia, 1956, caps. VII-XII. Estou em dívida com um trabalho ainda não publicado de meu aluno John L. Heilbron no que diz respeito a alguns detalhes analíticos do parágrafo seguinte. Enquanto se aguarda sua publicação, pode-se encontrar uma apresentação de certo modo mais extensa e mais precisa do surgimento do paradigma de Franklin em “The Function of Dogma in Scientific Research” de Thomas S. Kuhn, publicado em A. C. Crombie (ed.), *Symposium on the History of Science*, University of Oxford, jul. 9-15, 1961, que será publicado por Heinemann Educational Books Ltd.

facilidade, de aproximadamente todos esses efeitos. Em vista disso essa teoria podia e de fato realmente proporcionou um paradigma comum para a pesquisa de uma geração subsequente de “eletricistas”.

Excluindo áreas como a matemática e a astronomia, nas quais os primeiros paradigmas estáveis datam da pré-história, e também aquelas, como a bioquímica, que surgiram da divisão e combinação de especialidades já amadurecidas, as situações esboçadas acima são historicamente típicas. Sugiro que desacordos fundamentais de tipo similar caracterizaram, por exemplo, o estudo do movimento antes de Aristóteles e da estática antes de Arquimedes, o estudo do calor antes de Black, da química antes de Boyle e Boerhaave e da geologia histórica antes de Hutton – embora isso envolva de minha parte o emprego continuado de simplificações infelizes que rotulam um extenso episódio histórico com um único nome, um tanto arbitrariamente escolhido (por exemplo, Newton ou Franklin). Em partes da biologia – por exemplo, no estudo da hereditariedade – os primeiros paradigmas universalmente aceitos são ainda mais recentes. Permanece em aberto a questão a respeito de que áreas da ciência social já adquiriram tais paradigmas. A história sugere que a estrada para um consenso estável na pesquisa é extraordinariamente árdua.

Contudo, a história sugere igualmente algumas razões para as dificuldades encontradas ao longo desse caminho. Na ausência de um paradigma ou de algum candidato a paradigma, todos os fatos que possivelmente pertencem ao desenvolvimento de determinada ciência têm a probabilidade de parecerem igualmente relevantes. Como conseqüência disso, as primeiras coletas de fatos se aproximam muito mais de uma atividade ao acaso do que daquelas que o desenvolvimento subsequente da ciência torna familiar. Além disso, na ausência de uma razão para procurar alguma forma de informação mais recôndita, a coleta inicial de fatos é usualmente restrita à riqueza de dados que estão prontamente à nossa disposição. A resultante soma de fatos contém aqueles acessíveis à observação e à experimentação casuais, mais alguns dos dados mais esotéricos procedentes de ofícios estabelecidos, como a medicina, a metalurgia e a confecção de

calendários. A tecnologia desempenhou muitas vezes um papel vital no surgimento de novas ciências, já que os officios são uma fonte facilmente acessível de fatos que não poderiam ter sido descobertos casualmente.

Embora essa espécie de coleta de fatos tenha sido essencial para a origem de muitas ciências significativas, qualquer pessoa que examinar, por exemplo, os escritos enciclopédicos de Plínio ou as histórias naturais de Bacon, descobrirá que ela produz uma situação de perplexidade. De certo modo hesita-se em chamar de científica a literatura resultante. As “histórias” baconianas de calor, cor, vento, mineração, e assim por diante, estão repletas de informações, algumas das quais recônditas. Mas justapõem fatos que mais tarde demonstrarão ser reveladores (por exemplo, o aquecimento por mistura) com outros (o calor dos montes de esterco) que continuarão demasiado complexos para serem integrados na teoria.⁴ Além disso, visto que qualquer descrição tem que ser parcial, a história natural típica omite com frequência de seus relatos imensamente circunstanciais exatamente aqueles detalhes que cientistas posteriores considerarão fontes de iluminações importantes. Por exemplo, quase nenhuma das primeiras “histórias” da eletricidade mencionam que o farelo, atraído por um bastão de vidro coberto de borracha, é repellido novamente. Esse efeito parecia mecânico e não elétrico⁵. Além do mais, visto que o coletor de dados casual raramente possui o tempo ou os instrumentos para ser crítico, as histórias naturais justapõem frequentemente descrições como as mencionadas acima como outras de, digamos, aquecimento por antiperístase (ou por esfriamento), que hoje em dia não temos condição alguma de confirmar.⁶ Apenas muito ocasio-

4. Compare-se o esboço de uma história natural do calor no *Novum Organum* de Bacon, v. VIII de *The Works of Francis Bacon*, ed. J. Spedding, R. L. Ellis e D. D. Heath, Nova York, 1869, pp 179-203.

5. Roller & Roller, *op. cit.*, pp. 14, 22, 28 e 43. Somente depois do aparecimento do trabalho mencionado na última dessas citações é que os efeitos repulsivos foram reconhecidos como inequivocamente elétricos.

6. Bacon, *op. cit.*, pp. 235, 337, diz: “A água ligeiramente morna gela mais rapidamente do que a totalmente fria”. Para uma apresentação parcial da história inicial dessa estranha observação, ver Marshall Clagett, *Giovanni Marliani and Late Medieval Physics*, Nova York, 1941, cap. IV.

nalmente, como no caso da estática, dinâmica e óptica geométrica antigas, fatos coletados com tão pouca orientação por parte de teorias preestabelecidas falam com suficiente clareza para permitir o surgimento de um primeiro paradigma.

As escolas características dos primeiros estágios do desenvolvimento de uma ciência criam essa situação. Nenhuma história natural pode ser interpretada na ausência de pelo menos algum corpo implícito de crenças metodológicas e teóricas interligadas que permita seleção, avaliação e crítica. Se esse corpo de crenças já não está implícito na coleção de fatos – quando então temos à disposição mais do que “meros fatos” – precisa ser suprido externamente, talvez por uma metafísica em voga, por outra ciência ou por um acidente pessoal e histórico. Não é de admirar que nos primeiros estágios do desenvolvimento de qualquer ciência, homens diferentes confrontados com a mesma gama de fenômenos – mas em geral não com os mesmos fenômenos particulares – os descrevem e interpretam de maneiras diversas. É surpreendente (e talvez também único, dada a proporção em que ocorrem) que tais divergências iniciais possam em grande parte desaparecer nas áreas que chamamos ciência.

As divergências realmente desaparecem em grau considerável e então, aparentemente, de uma vez por todas. Além disso, em geral seu desaparecimento é causado pelo triunfo de uma das escolas pré-paradigmáticas, a qual, devido a suas próprias crenças e preconceitos característicos, enfatizava apenas alguma parte especial do conjunto de informações demasiado numeroso e incoativo. Os eletricitistas que consideravam a eletricidade um fluido, e por isso davam uma ênfase especial à condução, proporcionam um exemplo típico excelente. Conduzidos por essa crença, que mal e mal podia dar conta da conhecida multiplicidade de efeitos de atração e repulsão, muitos deles conceberam a idéia de engarrafar o fluido elétrico. O fruto imediato de seus esforços foi a garrafa de Leyden, um artifício que nunca poderia ter sido descoberto por alguém que explorasse a natureza fortuitamente ou ao acaso. Entretanto, este artifício foi desenvolvido independentemente, pelo menos por dois investigadores no

início da década de 1740.⁷ Quase desde o começo de suas pesquisas elétricas, Franklin estava especialmente interessado em explicar aquele estranho e, no caso, tão particularmente revelador aparelho. O sucesso na explicação proporcionou o argumento mais efetivo para a transformação de sua teoria em paradigma, apesar de este ser ainda incapaz de explicar todos os casos conhecidos de repulsão elétrica.⁸ Para ser aceita como paradigma, uma teoria deve parecer melhor que suas competidoras, mas não precisa (e de fato isso nunca acontece) explicar todos os fatos com os quais pode ser confrontada.

Aquilo que a teoria do *fluido elétrico* fez pelo subgrupo que a defendeu, o paradigma de Franklin fez mais tarde por todo o grupo dos eletricitistas. Este sugeria as experiências que valeriam a pena ser feitas e as que não tinham interesse, por serem dirigidas a manifestações de eletricidade secundárias ou muito complexas. Entretanto, o paradigma realizou esta tarefa bem mais eficientemente do que a teoria do fluido elétrico, em parte porque o fim do debate entre as escolas deu um fim à reiteração constante de fundamentos e em parte porque a confiança de estar no caminho certo encorajou os cientistas a empreender trabalhos de um tipo mais preciso, esotérico e extenuante.⁹ Livre da preocupação com todo e qualquer fenômeno elétrico, o grupo unificado dos eletricitistas pôde ocupar-se bem mais detalhadamente de fenômenos selecionados, projetando equipamentos especiais para a tarefa e empregando-os mais sistemática e obstinadamente do

7. Roller & Roller, *op. cit.*, pp. 51-54.

8. O caso mais problemático era a mútua repulsão de corpos carregados negativamente. A esse respeito ver Cohen, *op. cit.*, pp. 491-494 e 531-543.

9. Deve-se notar que a aceitação da teoria de Franklin não terminou com todo o debate. Em 1759, Robert Symmer propôs uma versão dessa teoria que envolvia dois fluidos e por muitos anos os eletricitistas estiveram divididos a respeito da questão de se a eletricidade compunha-se de um ou dois fluidos. Mas os debates sobre este assunto apenas confirmaram o que foi dito acima a respeito da maneira como uma realização universalmente aceita une a profissão. Os eletricitistas, embora continuassem divididos a esse respeito, concluíram rapidamente que nenhum teste experimental poderia distinguir as duas versões da teoria e portanto elas eram equivalentes. Depois disso, ambas escolas puderam realmente explorar todos os benefícios oferecidos pela teoria de Franklin (*Ibid.*, pp. 543-546, 548-554).

5) O que acontece quando surge um paradigma?
que jamais fora feito antes. Tanto a acumulação de fatos como a articulação da teoria tornaram-se atividades altamente orientadas. O rendimento e a eficiência da pesquisa elétrica aumentaram correspondentemente, proporcionando provas para uma versão societária do agudo dito metodológico de Francis Bacon: "A verdade surge mais facilmente do erro do que da confusão".¹⁰

No próximo capítulo examinaremos a natureza dessa pesquisa precisamente orientada ou baseada em paradigma, mas antes indicaremos brevemente como a emergência de um paradigma afeta a estrutura do grupo que atua nesse campo. Quando, pela primeira vez no desenvolvimento de uma ciência da natureza, um indivíduo ou grupo produz uma síntese capaz de atrair a maioria dos praticantes de ciência da geração seguinte, as escolas mais antigas começam a desaparecer gradualmente. Seu desaparecimento é em parte causado pela conversão de seus adeptos ao novo paradigma. Mas sempre existem alguns que se aferram a uma ou outra das concepções mais antigas; são simplesmente excluídos da profissão e seus trabalhos são ignorados. O novo paradigma implica uma definição nova e mais rígida do campo de estudos. Aqueles que não desejam ou não são capazes de acomodar seu trabalho a ele têm que proceder isoladamente ou unir-se a algum grupo.¹¹ Historicamente, tais pessoas têm

10. Bacon, *op. cit.* p. 210.

11. A história da eletricidade proporciona um excelente exemplo que poderia ser duplicado a partir das carreiras de Priestley, Kelvin e outros. Franklin assinala que Nollet, que era o mais influente dos eletricitistas europeus na metade do século, "viveu o bastante para chegar a ser o último membro de sua seita, com a exceção do Sr. B. - seu discípulo e aluno mais imediato" (Max Farrand [ed.], *Benjamin Franklin's Memoirs*, Berkeley, Califórnia, 1949, pp. 384-386). Mais interessante é o fato de escolas inteiras terem sobrevivido isoladas da ciência profissional. Consideremos por exemplo, o caso da astrologia, que fora uma parte integral da astronomia. Ou pensemos na continuação durante o fim do século XVIII e começo do XIX, de uma tradição anteriormente respeitada de química "romântica". Essa tradição é discutida por Charles C. Gillispie em "The *Encyclopédie* and the Jacobin Philosophy of Science: A Study in Ideas and Consequences", em *Critical Problems in the History of Science*, ed. Marshall Clagett, Madison, Wisconsin, 1959, pp. 255-289; e "The Formation of Lamarck's Evolutionary Theory", em *Archives internationales d'histoire des sciences*, XXXVII, 1956, pp. 323-338.

6) Meios de legitimação do novo paradigma

freqüentemente permanecido em departamentos de filosofia, dos quais têm brotado tantas ciências especiais. Como sugerem essas indicações, algumas vezes é simplesmente a recepção de um paradigma que transforma numa profissão ou pelo menos numa disciplina um grupo que anteriormente interessava-se pelo estudo da natureza. Nas ciências (embora não em campos como a medicina, a tecnologia e o direito, que têm a sua *raison d'être* numa necessidade social exterior) a criação de publicações especializadas, a fundação de sociedades de especialistas e a reivindicação de um lugar especial nos currículos de estudo têm geralmente estado associadas com o momento em que um grupo aceita pela primeira vez um paradigma único. Pelo menos foi isso que ocorreu, há século e meio atrás, durante o período que vai desde o desenvolvimento de um padrão institucional de especialização científica até a época mais recente, quando a parafarnália de especializações adquiriu prestígio próprio.

A definição mais estrita de grupo científico tem outras conseqüências. Quando um cientista pode considerar um paradigma como certo, não tem mais necessidade, nos seus trabalhos mais importantes, de tentar construir seu campo de estudos começando pelos primeiros princípios e justificando o uso de cada conceito introduzido. Isso pode ser deixado para os autores de manuais. Mas, dado o manual, o cientista criador pode começar sua pesquisa onde o manual a interrompe e desse modo concentrar-se exclusivamente nos aspectos mais sutis e esotéricos dos fenômenos naturais que preocupam o grupo. Na medida em que fizer isso, seus relatórios de pesquisa começarão a mudar, seguindo tipos de evolução que têm sido muito pouco estudados, mas cujos resultados finais modernos são óbvios para todos e opressivos para muitos. Suas pesquisas já não serão habitualmente incorporadas a livros como *Experiências... sobre a Eletricidade* de Franklin ou a *Origem das Espécies* de Darwin, que eram dirigidos a todos os possíveis interessados no objeto de estudo do campo examinado. Em vez disso, aparecerão sob a forma de artigos breves, dirigidos apenas aos colegas de profissão, homens que certamente conhecem o paradigma partilhado e que demonstram ser os únicos capazes de ler os escritos a eles endereçados.

40 A) Restrições do publicista
e do processo comunicativo
↳ linguagem especializada

8) Artigos x livros -

Hoje em dia os livros científicos são geralmente ou manuais ou reflexões retrospectivas sobre um ou outro aspecto da vida científica. O cientista que escreve um livro tem mais probabilidades de ver sua reputação comprometida do que aumentada. De uma maneira regular, somente nos primeiros estágios do desenvolvimento das ciências, anteriores ao paradigma, o livro possuía a mesma relação com a realização profissional que ainda conserva em outras áreas abertas à criatividade. É somente naquelas áreas em que o livro, com ou sem o artigo, mantém-se como um veículo para a comunicação das pesquisas que as linhas de profissionalização permanecem ainda muito tenuemente traçadas. Somente nesses casos pode o leigo esperar manter-se a par dos progressos realizados fazendo a leitura dos relatórios originais dos especialistas. Tanto na matemática como na astronomia, já na Antigüidade os relatórios de pesquisas deixaram de ser inteligíveis para um auditório dotado de cultura geral. Na dinâmica, a pesquisa tornou-se igualmente esotérica nos fins da Idade Média, recapturando sua inteligibilidade mais generalizada apenas por um breve período, durante o início do século XVII, quando um novo paradigma substituiu o que havia guiado a pesquisa medieval. A pesquisa elétrica começou a exigir uma tradução para leigos no fim do século XVIII. Muitos outros campos da ciência física deixaram de ser acessíveis no século XIX. Durante esses mesmos dois séculos transições similares podem ser identificadas nas diferentes áreas das ciências biológicas. Podem muito bem estar ocorrendo hoje, em determinados setores das ciências sociais. Embora se tenha tornado costumeiro (e certamente apropriado) lamentar o hiato cada vez maior que separa o cientista profissional de seus colegas de outras disciplinas, pouca atenção tem sido prestada à relação essencial entre aquele hiato e os mecanismos intrínsecos ao progresso científico.

Desde a Antigüidade um campo de estudos após o outro tem cruzado a divisa entre o que o historiador poderia chamar de sua pré-história como ciência e sua história propriamente dita. Essas transições à maturidade raramente têm sido tão repentinas ou tão inequívocas como minha discussão necessariamente esquemática pode ter dado a entender. Mas tampouco foram historicamente graduais, isto é, coextensivas

com o desenvolvimento total dos campos de estudo em que ocorreram. Os que escreveram sobre a eletricidade durante as primeiras décadas do século XVIII possuíam muito mais informações sobre os fenômenos elétricos que seus predecessores do século XVI. Poucos fenômenos elétricos foram acrescentados a seus conhecimentos durante o meio século posterior a 1740. Apesar disso, em pontos importantes, a distância parece maior entre os trabalhos sobre a eletricidade de Cavendish, Coulomb e Volta (produzidos nas três últimas décadas do século XVIII) e os de Gray, Du Fay e mesmo Franklin (início do mesmo século), do que entre esses últimos e os do século XVI.¹² Em algum momento entre 1740 e 1780, os eletricitistas tornaram-se capazes de, pela primeira vez, dar por estabelecidos os fundamentos de seu campo de estudo. Daí para a frente orientaram-se para problemas mais recônditos e concretos e passaram cada vez mais a relatar os resultados de seus trabalhos em artigos endereçados a outros eletricitistas, ao invés de em livros endereçados ao mundo instruído em geral. Alcançaram, como grupo, o que fora obtido pelos astrônomos na Antigüidade, pelos estudantes do movimento na Idade Média, pela óptica física no século XVII e pela geologia histórica nos princípios do século XIX. Elaboraram um paradigma capaz de orientar as pesquisas de todo o grupo. Se não se tem o poder de considerar os eventos retrospectivamente, torna-se difícil encontrar outro critério que revele tão claramente que um campo de estudos tornou-se uma ciência.

12. Os desenvolvimentos posteriores a Franklin incluem um aumento enorme na sensibilidade dos detectores de carga, as primeiras técnicas dignas de confiança e largamente difundidas para medir as cargas, a evolução do conceito de capacidade e sua relação com a noção de tensão elétrica, que fora recentemente refinada e ainda a quantificação da força eletrostática. Com respeito a todos esses pontos, consulte-se Roller & Roller, *op. cit.*, pp. 66-81; W. C. Walker, "The Detection and Estimation of Electric Charges in the Eighteenth Century" em *Annals of Science*, I, 1936, pp. 66-100; e Edmund Hoppe, *Geschichte der Elektrizität*, Leipzig, 1884, parte I, caps. III-IV.

2. A NATUREZA DA CIÊNCIA NORMAL

Qual é então a natureza dessa pesquisa mais especializada e esotérica permitida pela aceitação de um paradigma único por parte de um grupo? Se o paradigma representa um trabalho que foi completado de uma vez por todas, que outros problemas deixa para serem resolvidos pelo grupo por ele unificado? Essas questões parecerão ainda mais urgentes se observarmos um aspecto no qual os termos utilizados até aqui podem ser enganadores. No seu uso estabelecido, um paradigma é um modelo ou padrão aceito. Este aspecto de seu significado permitiu-me, na falta de termo melhor, servir-me dele aqui. Mas dentro em pouco ficará claro que o sentido de "modelo" ou "padrão" não é o mesmo que o habitualmente empregado na definição de "paradigma". Por exemplo, na gramática, *amo, amas, amat* é um paradigma porque apresenta um padrão a ser usado na conjugação de um grande número de outros verbos latinos – para produzir, entre outros, *laudo, laudas, laudat*. Nesta aplicação costumeira, o paradigma funciona ao permitir a reprodução de