

## 1. A estrutura das revoluções científicas

Marcos Antonio Alves  
Alan Rafael Valente

SciELO Books / SciELO Livros / SciELO Libros

ALVES, M. A., and VALENTE, A. R. A estrutura das revoluções científicas. In: *O estatuto científico da ciência cognitiva em sua fase inicial: uma análise a partir da Estrutura das revoluções científicas de Thomas Kuhn* [online]. Marília: Oficina Universitária; São Paulo: Cultura Acadêmica, 2021, pp. 25-52. ISBN: 978-65-5954-052-5. Available from: <http://books.scielo.org/id/w2nq4/pdf/alves-9786559540525-04.pdf>. <https://doi.org/10.36311/2021.978-65-5954-052-5>.



All the contents of this work, except where otherwise noted, is licensed under a [Creative Commons Attribution 4.0 International license](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

Todo o conteúdo deste trabalho, exceto quando houver ressalva, é publicado sob a licença [Creative Commons Atribuição 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

Todo el contenido de esta obra, excepto donde se indique lo contrario, está bajo licencia de la licencia [Creative Commons Reconocimiento 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

# 1

## A ESTRUTURA DAS REVOLUÇÕES CIENTÍFICAS

### APRESENTAÇÃO

Expomos, neste capítulo, a estrutura das revoluções científicas segundo Thomas Kuhn, explicitando quatro momentos da atividade de uma área de pesquisa. Iniciamos o capítulo tratando da concepção de paradigma, um dos principais conceitos introduzidos em *A estrutura das revoluções científicas*. Os paradigmas são como uma espécie de modelo que estabelece e norteia a atividade de uma comunidade científica. Ele também é fundamental para delimitar a fase em que uma área de pesquisa se encontra e para explicação das revoluções científicas. Na segunda seção apresentamos o estágio de pré-ciência, marcado pela competição entre paradigmas rivais. Em seguida, explicitamos a concepção de ciência normal, momento em que a prática científica se normaliza em torno de um paradigma dominante. O paradigma serve de guia para a comunidade científica, empenhada em solucionar os quebra-cabeças elencados em sua agenda. Na quarta seção tratamos do período de crise, originado, dentre outros fatores, por fenômenos que fogem à explicação paradigmática vigente, denominados de anomalias. Tal período é marcado pela desconfiança no paradigma dominante e fortalecido com o surgimento de paradigmas rivais mais promissores que o atual, gerando uma revolução científica, a ser tratada na quinta seção. Parte significativa deste capítulo foi publicado em Alves e Valente (2020).

Nossa exposição se refere à clássica abordagem explicativa do funcionamento da ciência, exposto por Kuhn em *A estrutura das revoluções científicas*, divulgada pela primeira vez em 1962. Não discutiremos mudanças posteriores, em maior ou menor grau, efetivadas por esse pensador em sua perspectiva, como, por exemplo, em relação à incomensurabilidade de teorias ou à sincronicidade de paradigmas rivais, tal como descrito, por exemplo, por Hoyningen-Huene (1993). Ademais, a exposição feita aqui é ingênua e basicamente descritiva, buscando expor os pontos que nos interessam para o alcance principal de nosso objetivo neste trabalho.

## 1.1 A CONCEPÇÃO DE PARADIGMA EM THOMAS KUHN

A aquisição de um paradigma dominante é um dos sinais de maturidade de uma área de pesquisa. Os paradigmas correspondem a modelos ou padrões bem aceitos norteadores da atividade científica de uma comunidade. Conforme Kuhn (2011a, p. 13), “[são] realizações científicas universalmente reconhecidas que, durante algum tempo, fornecem problemas e soluções modelares para uma comunidade de praticantes de uma ciência”.

Um paradigma envolve, dentre outras coisas, uma visão de mundo, princípios metodológicos, regras, teorias, comunidade científica e agenda de problemas a serem tratados pela comunidade em um dado momento.

De acordo com Kuhn (2011a, p. 220),

[...] o termo “paradigma” é usado em dois sentidos diferentes. De um lado, indica toda a constelação de crenças, valores, técnicas etc., partilhadas pelos membros de uma comunidade determinada. De outro, denota um tipo de elemento dessa constelação: as soluções concretas de quebra-cabeças que, empregadas como modelos ou exemplos, podem substituir regras explícitas como base para a solução dos restantes quebra-cabeças da ciência normal.

Nesse contexto, por exemplo, na física, podemos citar como paradigmas as abordagens aristotélica e newtoniana, esta última tendo, na modernidade, substituído aquela. Contemporaneamente, o paradigma

da relatividade tornou-se dominante nessa área, tendo como rival, ainda não demasiadamente ameaçador, a física quântica. Na astronomia, são exemplos os sistemas geocêntrico e heliocêntrico, este tendo substituído aquele e que, apesar de algumas mudanças internas, se mantém dominante na área.

No posfácio de *A estrutura das revoluções científicas*, Kuhn (2011a) menciona que o conceito de paradigma foi examinado por Margaret Masterman, que preparou um índice analítico em que o termo havia sido utilizado, na primeira versão da referida obra, pelo menos de 22 maneiras diferentes. Após uma revisão, o autor optou por dois usos distintos do termo que poderiam englobar as demais maneiras: o emprego mais global do conceito relacionado à noção de “matriz disciplinar” e a abordagem do conceito de paradigma, em função de exemplos compartilhados. Kuhn (2011a, p. 228) alinhava o seguinte conceito:

[...] o termo “teoria”, tal como é empregado presentemente na filosofia da ciência, conota uma estrutura bem mais limitada em natureza e alcance do que a exigida aqui. Até que o termo possa ser liberado de suas implicações atuais, evitaremos confusão adotando um outro. Para os nossos propósitos atuais, sugiro “matriz disciplinar”: “disciplinar” porque se refere a uma posse comum aos praticantes de uma disciplina particular; “matriz” porque é composta de elementos ordenados de várias espécies, cada um deles exigindo uma determinação mais pormenorizada.

Dentro da matriz disciplinar estão as “generalizações simbólicas”, expressões utilizadas sem maiores problemas de compreensão pelos integrantes do grupo, como, por exemplo, fórmulas lógicas e matemáticas, ou termos como “os elementos combinam-se em uma proporção constante às suas massas”. Na visão de Kuhn (2011a), essas expressões geralmente são aceitas pela grande maioria da comunidade. Sem elas, o grupo não teria ponto de apoio para a aplicação de técnicas de manipulação lógica e matemática. Ademais, em geral, o poder de uma ciência parece aumentar com o número de generalizações lógicas ao seu dispor.

As generalizações simbólicas funcionam em parte como leis e em parte como definições dos símbolos que elas empregam. Por exemplo, na expressão correspondente à noção de trabalho na física, em que  $t$  expressa

trabalho,  $F$  representa a força obtida a partir da multiplicação entre a massa e a aceleração e  $\Delta_s$  expressa o deslocamento, podemos obter a seguinte expressão:  $t = F \Delta_s$ . As generalizações aparecem no contexto das definições que são tautológicas e no ambiente das leis que podem, com o tempo, ser desenvolvidas e gradualmente corrigidas. O abandono de generalizações incontestáveis em uma teoria, frequentemente denominados postulados, são fatores que favorecem o agravamento de crises em uma área de pesquisa.

Outro componente da matriz disciplinar são os assim denominados “paradigmas metafísicos” ou “partes metafísicas dos paradigmas”. Na física e em outras áreas como a química, eles correspondem aos compromissos coletivos, por exemplo, como as crenças de que o calor corresponde à energia cinética das partes constituintes dos corpos e que todos os fenômenos perceptivos são decorrentes da interação dos átomos. Tais componentes representam modelos que incluem uma variedade de elementos ontológicos, no que tange à realidade. Eles ajudam a estabelecer os problemas e as soluções que guiam a comunidade de um paradigma. Kuhn (2011a, p. 64) enfatiza:

Por exemplo, depois de 1630 e especialmente após o aparecimento dos trabalhos imensamente influentes de Descartes, a maioria dos físicos começou a partir do pressuposto de que o Universo era composto por corpúsculos microscópicos e que todos os fenômenos naturais poderiam ser explicados em termos da forma, do tamanho, do movimento e da interação corpusculares. Esse conjunto de compromissos revelou possuir tanto dimensões metafísicas como metodológicas. No plano metafísico, indicava aos cientistas que espécie de entidades o Universo continha ou não continha – não havia nada além da matéria dotada de forma e em movimento. No plano metodológico, indicava como deveriam ser as leis definitivas e as explicações fundamentais: leis devem especificar o movimento e as interações corpusculares; a explicação deve reduzir qualquer fenômeno natural a uma ação corpuscular regida por essas leis.

Outro elemento fundamental dos paradigmas são os exemplares. Com essa expressão, são indicadas as soluções concretas dos inúmeros problemas ou exercícios com o quais os neófitos se deparam, desde o início de sua formação profissional, seja nos laboratórios, seja nos manuais científicos, seja ainda nos periódicos científicos. Essas soluções lhes

indicam, por meio de exemplos, as maneiras como devem proceder com seus trabalhos. Assim, como exemplifica Kuhn (2011a, p. 234), “[...] todos os físicos começam aprendendo os mesmos exemplares: problemas como o do plano inclinado, do pêndulo cônico, das órbitas de Kepler; e o uso de instrumentos como o vernier, o calorímetro e a ponte de Wheatstone”.

Em geral, afirma-se que os iniciantes de qualquer área da ciência só são capazes de resolver problemas após terem aprendido sobre as teorias e algumas regras que indicam a sua aplicabilidade, inseridos em um paradigma.

Um paradigma se fortalece quando possui a capacidade de atrair um grupo duradouro de partidários, afastando-os de outros paradigmas pretendentes. Ele garante a possibilidade de resolução dos problemas científicos pelos participantes do grupo adepto aos seus pressupostos, os quais se sentem desafiados a solucioná-los.

Os praticantes de uma mesma área de pesquisa associados a um paradigma estão comprometidos com as mesmas regras, padrões e pressupostos, constituindo uma comunidade. Seus integrantes são submetidos a uma educação com uma grande extensão de literatura técnica retirada de manuais e demais revistas científicas que demarcam o limite do objeto de estudo da área, os pressupostos, métodos e metodologias científicas. Os membros da comunidade acreditam ser os responsáveis pela busca e estudo de um conjunto de objetivos em comum, que inclui o treino de seus sucessores.

Uma comunidade, em seu interior, apresenta uma ampla comunicação coesa entre seus praticantes e um julgamento profissional referente aos avanços internos, os quais tendem a ser relativamente unânimes. Kuhn (2011a, p. 223) sugere níveis de comunidades:

A comunidade mais global é composta por todos os cientistas ligados às ciências naturais. Em um nível imediatamente inferior, os principais grupos científicos profissionais são comunidade: físicos, químicos, astrônomos, zoólogos e outros similares. Para esses agrupamentos maiores, o pertencente a uma comunidade é rapidamente estabelecido, exceto nos casos limites. Possuir a mais alta titulação, participar de sociedades profissionais, ler periódicos especializados, são geralmente condições mais do que suficientes.

Seguindo o exemplo de Kuhn (2011a), ainda existem subgrupos dentro de uma comunidade, como os biólogos adeptos da cronobiologia, que estudam a relação entre os seres vivos e o tempo, os físicos que estudam os astros e os grandes corpos, os engenheiros que apoiam o conexionismo e assim por diante. Esses tipos de comunidades são as produtoras e legitimadoras do conhecimento científico.

Os paradigmas funcionam como um mapa conceitual que permite maior profundidade e alcance explicativo da natureza. Nesse sentido, eles funcionam como um microscópio, possibilitando uma análise de um universo inacessível à visão comum. Sem a presença dos paradigmas, muitos fenômenos jamais poderiam ser explicados. Isso ocorre porque, muitas vezes, só é possível formulá-los a partir do escopo de um paradigma. Como exemplo, mencionamos a relação entre as situações-problema comuns no tratamento contemporâneo de doenças e as concepções aceitas pela comunidade científica de organismos microscópicos, as concepções éticas e profissionais sobre as células e os organismos vivos.

Kuhn se remete à presença de três diferentes enfoques que a atividade científica pode ter sobre os fatos. Em primeiro lugar, diz Kuhn (2011a, p. 46),

[...] temos aquela classe de fatos que o paradigma mostrou ser particularmente reveladora da natureza das coisas. Ao empregá-los na resolução de problemas, o paradigma tornou-os merecedores de uma determinação mais parecida, numa variedade maior de situações.

Parte dos exemplos atrelados a essa primeira análise dos fatos implica o aperfeiçoamento e a construção de aparelhos especiais para experimentação e comprovação de teorias. Esse primeiro foco não faz menção apenas à novidade da descoberta, mas também à precisão e à segurança explicativa que o paradigma acaba por receber.

Kuhn (2011a, p. 46) alude igualmente a um segundo tipo comum de fatos a serem analisados, com base na ótica dos paradigmas:

Uma segunda classe usual, porém mais restrita, de fatos a serem determinados diz respeito àqueles fenômenos que, embora frequentemente sem muito interesse intrínseco, podem ser diretamente comparados com as predições da teoria do paradigma.

Essa segunda classe de fatos faz referência à relação intrínseca entre os problemas teóricos dos paradigmas e os fenômenos da natureza. A aproximação teórica com o natural requer um aperfeiçoamento técnico que desafia tanto a capacidade teórica do observador quanto o treinamento e a sua imaginação. Exemplos clássicos referem-se às primeiras observações dirigidas por Galileu com seu telescópio. À época, foi extremamente dificultoso convencer a comunidade de pensadores de sua confiabilidade e adequação de uso. Tais aparelhos representam um esforço engenhoso de estreitar a relação entre teoria e natureza. No entanto, sem o treinamento ou aprofundamento ideal, podem resultar apenas em informações desconexas, ruidosas. Esse segundo tipo de trabalho com os fatos existe de uma maneira tão fundamental como o primeiro, acarretando o desenvolvimento de tecnologias e aparelhagens capazes de resolver razoavelmente o problema de comunicação entre o mundo e as teorias.

Por fim, a última e terceira classe de fatos e observações sugeridas por Kuhn (2011a, p. 48)

Consiste no trabalho empírico empreendido para articular a teoria do paradigma, resolvendo algumas de suas ambiguidades residuais e permitindo a solução de problemas para os quais ela anteriormente só tinha chamado a atenção.

Os esforços para articular um paradigma implicam a busca de ferramentas e valores numéricos mais precisos e constantes, capazes de apresentar maior poder explicativo para maior gama de fenômenos com maior simplicidade teórica. Esse terceiro tipo de fenômenos é causado e é causador do estreitamento entre teorias e explicações dentro de um mesmo paradigma ou, pelo efeito contrário, da desvinculação de constantes, que, embora sejam muito semelhantes, por se tratar de problemas próximos, causam apenas ambiguidade. Um dos exemplos de Kuhn (2011a) concerne ao paradigma da teoria calorífica, o qual sugere o processo de aquecimento e resfriamento por meio de misturas e mudanças de estados da matéria. Segundo Kuhn (2011a), a temperatura também poderia sofrer alterações por meio de muitos outros métodos, como por combinações químicas, por fricção ou por compressão. Uma vez estabelecidos esses fenômenos sobre o aquecimento, foi necessário reformular as bases do paradigma e as suas experiências posteriores, com o intuito de elucidar os problemas até então não respondidos pelo paradigma.



Tais aspectos mostram o desenvolvimento técnico, imaginativo e interno de um paradigma. Embora esses aspectos sejam importantes, boa parte deles reflete a sofisticação do paradigma, o que Kuhn denomina de progresso interno da área de pesquisa, quando ela se caracteriza como ciência normal.

Cientistas que aderem a algum paradigma devem ter em mente a necessidade de buscar compreender certos fenômenos do mundo e ampliar o alcance explicativo do paradigma. Quando este não se encontra capaz de responder a certas questões, seus adeptos tentam refinar suas teorias, métodos, procedimentos metodológicos, instrumentos e técnicas de observação, a fim de mantê-lo sustentável.

Os paradigmas possuem um momento de origem atrelado à fundação de uma comunidade razoavelmente coesa. A fase inicial de boa parte das áreas de pesquisa é marcada por um momento carente de um paradigma dominante, anterior ao seu estabelecimento como ciência madura, denominado “pré-ciência”.

## **1.2 PRÉ-CIÊNCIA**

A pré-ciência é a fase na qual uma área de pesquisa, uma vez inicialmente instituída, possui vários paradigmas rivais em competição igualitária. Segundo Borradori (2003), um período pré-paradigmático é conotado pelo acúmulo caótico de dados, além da pouca consolidação de uma comunidade de pesquisa que pensa ter adquirido respostas seguras sobre as entidades fundamentais que compõem o universo, das possibilidades de sua interação, além das questões que podem ser legitimamente feitas a respeito delas e quais técnicas podem ser empregadas na busca da solução de problemas a seu respeito.

Nesse momento não há a aceitação generalizada de qualquer conjunto de regras, métodos ou padrões científicos. Qualquer cientista ou grupo de cientistas precisa dispendir um bom tempo criando, explicando e justificando os seus conceitos, métodos, técnicas e pressupostos, visando a se fazer entender pelos demais indivíduos ou grupos, especialmente aqueles que não aderiram à sua perspectiva.

Na ausência de um paradigma bem estabelecido ou de um candidato a paradigma assim, os fatos que se apresentam ao desenvolvimento de alguma área da atividade científica parecem ser igualmente relevantes. Somente em poucos casos, fatos com tão pouca orientação por parte de teorias preestabelecidas falam com tamanha clareza e simplicidade, para permitir o surgimento de paradigmas fundadores de uma área. Expõe Kuhn (2011a, p. 37):

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 descrevam e interpretem de maneiras diversas.

Em suma, enquanto pré-ciência, uma área de pesquisa carece de amadurecimento. Ela começa a amadurecer quando um dos paradigmas rivais obtém força, sendo escolhido pela maioria dos pesquisadores da área, convergindo nas atividades e atenções. Um paradigma prevalece por parecer ser melhor que os seus rivais, prometendo, em tese, possuir maior poder explicativo e preditivo que os demais.

A aceitação de um paradigma envolve também a aceitação de suas teorias. Pode acontecer de teorias rivalizarem dentro de um mesmo paradigma na tentativa de explicar certos fenômenos. Nesse caso, não é o paradigma o alvo de escolha, mas suas teorias. No entanto, quando teorias estão associadas a paradigmas distintos, a escolha de uma delas também direciona a escolha do paradigma a que ela está submetida.

Embora não exista um critério de qualidade rigoroso para a aceitação de teorias, Kuhn (2011b, p. 341) explicita cinco características

indicadoras de qualidade extraídas de suas investigações ao longo da história do desenvolvimento da ciência:

Primeiro, uma teoria deve se conformar com precisão à experiência: em seu domínio, as consequências dedutíveis da teoria devem estar em clara concordância com os resultados da experimentação e da observação existente. Segundo, uma teoria deve ser consistente, não apenas internamente ou auto consistente, mas também com outras teorias correntes aplicáveis a aspectos da natureza que são afins. Terceiro, ela deve ter uma extensa abrangência; em particular, as consequências da teoria devem ir muito além das observações, leis ou subteorias particulares cuja explicação motivou sua formulação. Quarto, e fortemente relacionado, ela deve ser simples, levando ordem a fenômenos que, em sua ausência, permaneceriam individualmente isolados e coletivamente confusos. Quinto – um item um pouco incomum, mas de importância crucial para as decisões científicas efetivas –, uma teoria deve ser fértil em novos achados de pesquisa, deve abrir portas para novos fenômenos ou a relações antes ignoradas entre fenômenos já conhecidos.

Kuhn (2011a) explicita dois tipos de valor que podem servir de base para a escolha e a qualificação de teorias e paradigmas: cognitivos e extracognitivos. Segundo Laudan (1984, p. xii, tradução nossa): “[os valores cognitivos] representam uma propriedade de teorias que supomos serem constitutivas de uma ‘boa ciência’”. Para o caso das teorias, os principais valores cognitivos são adequação empírica, consistência, poder explicativo, simplicidade e fecundidade.

A adequação empírica supõe que a teoria se ajuste aos dados disponíveis, mostrando-se capaz de poderes preditivos sobre esses dados e de relatar algo a respeito de fenômenos. Visto que a ciência encontra suas justificativas no âmbito físico através da observação empírica, é essencial que uma teoria trate de problemas do mundo empírico.

A tese da consistência pressupõe que uma teoria não pode se firmar por meio de pressupostos que afirmem e neguem, ao mesmo tempo, sob o mesmo aspecto, uma mesma característica sobre fenômenos. Teorias incapazes de corresponder a esse requisito são inconsistentes ou contraditórias e, assim, não seriam informativas a respeito do mundo.

Ademais, uma boa teoria necessita da capacidade de inserir-se nos meandros da comunidade científica, tanto quanto na própria linguagem, facilitando sua compreensão pelos demais membros da comunidade; independentemente de suas propostas, as terminologias devem ser aceitas e compreendidas pela comunidade como um todo.

O poder explicativo expressa que as teorias sejam destinadas a analisar os principais fenômenos do mundo dentro de seu escopo. Elas precisam definir na mais ampla extensão e profundidade as leis que regem os processos e as estruturas da natureza.

A simplicidade acrescenta que uma boa teoria deve ser simples e clara, precisando ser conceitualmente capaz de ser formalizada e inteligível. Nesse sentido, entende-se que um dos objetivos da ciência é transformar o confuso no claro, com simplicidade. A ciência, em tese, é capaz de desvelar leis que garantem e regem os aspectos mais gerais do mundo. Caso uma teoria não seja capaz de apresentar alguma previsibilidade a propósito do mundo, devido à aparição de inúmeras anomalias que a refutam, é necessário sua reformulação ou surgimento de uma nova teoria, capaz de explicar os eventos que as outras são incapazes de fazer.

Segundo Kuhn (2011a), a fecundidade é o mais importante dos valores cognitivos. É necessário à teoria ser fecunda para o conhecimento do mundo, capaz de exibir novos fenômenos ou novas implicações que garantam a possibilidade de se observar um mesmo fenômeno de maneira diferente. Uma teoria incapaz de apresentar contribuições às questões referentes ao mundo ou a questões que ela pretende tratar nada ou pouco oferece ao desenvolvimento da área de pesquisa. Ademais, pressupõe-se que toda boa teoria seja fecunda a novos problemas, fornecendo quebra-cabeças aos pesquisadores da área, motivando-os e desafiando-os a montá-los, seguindo as regras do paradigma em que estão inseridos.

Os valores cognitivos, conforme expressos, não se garantem axiomáticamente como critérios de qualidade de teorias. Contudo, são idealizações identificadas na grande maioria das teorias científicas consideradas de qualidade. Embora tais valores tenham certo rigor, eles não podem servir como critério objetivo e definitivo para a escolha entre teorias ou paradigmas, dada certa imprecisão e conflito entre essas características. Há situações, por exemplo, nas quais a simplicidade pode ditar uma

escolha. Em outros casos, a relevância pode ser atribuída à consistência. Conforme Kuhn (2011b, p. 343):

A Astronomia heliocêntrica, que exigia o movimento da Terra, era inconsistente com as explicações científicas disponíveis desses e de outros fenômenos terrestres. Assim, tomado de maneira isolada, o critério da consistência fala de maneira inequívoca a favor da tradição geocêntrica.

A simplicidade, no entanto, favorecia Copérnico, mas somente quando avaliada de modo específico [...] se examinássemos a quantidade de expediente matemático exigido para explicar não os movimentos quantitativos detalhados dos planetas, mas seus aspectos qualitativos gerais (elongação limitada, movimento retrógrado e afins), veríamos, como bem sabe qualquer criança de escola, que Copérnico requer apenas uma circunferência por planeta e Ptolomeu, duas.

Assim, dois cientistas podem chegar a conclusões e escolhas diferentes sobre qual o melhor paradigma, pois esses critérios podem ser interpretados de maneira diversa: talvez os cientistas concordem nos critérios, mas discordem em suas valorações. Conforme exemplifica Kuhn (2011a), aquilo que, para Einstein, era considerado demasiado complexo ou incongruente, no que tange à teoria dos *quanta*, na qual se declara que a emissão e a absorção de energia eletromagnética dos corpos ocorrem através de “pacotes”, ao contrário do que é sustentado pela teoria ondulatória clássica, poderia ser, para Bohr, apenas uma dificuldade da época, a ser superada. Frisa Kuhn (2011b, p. 344):

[...] nenhuma lista de critérios já proposta é de fato útil [...] devemos levar em conta características que variam de cientista a cientista, sem comprometer com isso sua adesão aos cânones que tornaram a ciência científica. Embora existam e possam ser descobertos (sem dúvida, os critérios de escolha com que comecei este artigo estão entre eles), esses cânones não são, por si sós, suficientes para determinar as decisões de cada cientista. Para isso, os cânones compartilhados teriam de ser elaborados de modo que variem de um indivíduo a outro.

Os critérios de escolha levam em consideração os elementos resultantes das experiências anteriores de cada cientista até o momento em que foi necessário efetuar uma escolha. Dentro das experiências está o campo em que o indivíduo atuou, quão bem-sucedido ele foi, quanto tempo ele trabalhou na área e a quantidade de conceitos e técnicas contestados pelo novo paradigma.

Além dos valores cognitivos, para Kuhn (2011a), há os extracognitivos, que interferem no progresso e na consolidação da ação científica. Tais valores são relevantes nos momentos de aceitação dos paradigmas e de escolha de suas regras metodológicas. Segundo Lacey (1998), os valores extracognitivos<sup>1</sup> dizem respeito a crenças, deliberações, fins, desejos e outros estados intencionais. Eles estão intrinsecamente relacionados com instituições, ecossistemas e situações sócio-históricas. Alves (2013, p. 196) observa:

Fatores psicológicos, como a crença, sentimento ou esperança no poder explicativo de uma teoria, a intuição de pesquisadores a respeito de uma matriz disciplinar, a possibilidade de adequação do paradigma com possíveis valores ou princípios morais, sociais, podem auxiliar na escolha de um determinado paradigma em detrimento de outro. No entanto, apesar da influência de valores extra-cognitivos como estes serem relevantes, a escolha de um paradigma está amparada em valores cognitivos, os desideratos das teorias científicas que o constituem.

A elaboração dos valores cognitivos ocorre, também, influenciada pelas valorações constituídas pela comunidade científica. Muitas vezes garantidas pela existência de valores pessoais e sociais, elas interferem para que a comunidade continue coesa. A forma como um paradigma é escolhido, em vez de outro, depende não só necessariamente dos valores cognitivos, mas também da ação valorativa individual e coletiva. Visões de mundo, concepções religiosas, políticas, econômicas e sociais podem influenciar na composição e escolha de paradigmas, embora não sejam eles os sustentáculos da manutenção do paradigma.

---

<sup>1</sup> Lacey não utiliza o conceito “extracognitivo”. Para designar estes tipos de valores em seu arcabouço conceitual, ele faz uso dos termos “valores” ou “valores sociais”.

Imaginemos um caso em que haveria duas teorias, ambas inconsistentes entre si, mas que se fundamentassem nos mesmos dados empíricos, de tal modo que os dados não forneceriam uma base para decidir entre ambas as teorias. O critério para escolher entre uma ou outra pode ser constituído por valores sociais ou morais, que possuiriam um poder de escolha capaz de decidir quais linhas de pesquisas seriam priorizadas.

Tal maleabilidade permite a pensadores como Lakatos (1979, p. 178) asseverar que os elementos kuhnianos de escolha entre teorias e paradigmas são basicamente subjetivos e uma “[...] questão psicológica de massas”. Kuhn (2011b) rebate a crítica ao argumentar que a escolha de paradigma depende de uma mescla de fatores objetivos, como a precisão, e fatores subjetivos, ou critérios compartilhados e individuais.

Comumente, a luta entre paradigmas, embora possa levar um grande tempo e esforço, tende a chegar a um vencedor. É natural que um paradigma acabe sendo mais aceito pela maioria dos pesquisadores de uma área, constituindo uma comunidade científica. Nesse ponto, a área entra em um novo momento chamado ciência normal.

### **1.3 CIÊNCIA NORMAL E PROGRESSO INTERNO OU PARADIGMÁTICO**

O comprometimento de uma comunidade com um único paradigma é pré-requisito para o que Kuhn (2011a) chama de “ciência normal”. Borradori (2003, p. 210) descreve a passagem do período de pré-ciência para ciência normal como:

[...] a prática científica se normaliza em torno da instituição de um “paradigma”, que representa uma mescla normativa de teoria e de método. Uma amálgama, no qual se juntam um espectro de postulados teóricos, uma determinada visão de mundo, dos modos de transmissão dos conteúdos da ciência, além de uma série de técnicas de pesquisa.

A predominância de um paradigma propicia a criação de publicações especializadas, a fundação de sociedades de especialistas e a reivindicação de valorização desses elementos nos currículos. Ressalta Kuhn (2011a, p. 40):

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.

Em princípio, no período de pré-ciência, um paradigma não passa de uma promessa de explicação para certos fenômenos do mundo. Na ciência normal, tem-se a atualização dessas promessas para a comunidade, aplicando-se as previsões do paradigma aos conhecimentos e fatos que o paradigma julga relevantes, aumentando a sua capacidade explicativa e refinando o próprio paradigma, através do que Kuhn (2011a, p. 44) identifica como progresso interno:

Poucos dos que não trabalham realmente com uma ciência amadurecida dão-se conta de quanto trabalho de limpeza desse tipo resta por fazer depois do estabelecimento do paradigma ou de quão fascinante é a execução desse trabalho. Esses pontos precisam ser bem compreendidos. A maioria dos cientistas, durante toda a sua carreira, ocupa-se com operações de acabamento. Elas constituem o que chamo de ciência normal. Examinado de perto, seja historicamente, seja no laboratório contemporâneo, esse empreendimento parece ser uma tentativa de forçar a natureza a encaixar-se dentro dos limites preestabelecidos e relativamente inflexíveis fornecidos pelo paradigma. A ciência normal não tem como objetivo trazer à tona novas espécies de fenômenos; na verdade, aqueles que não se ajustam aos limites do paradigma frequentemente nem são vistos. Os cientistas também não estão constantemente procurando inventar novas teorias; frequentemente mostram-se intolerantes com aquelas inventadas por outro.

O progresso interno seria aquele que tem como resultado uma maior especialização e aperfeiçoamento dos métodos, modelos e princípios de uma área de pesquisa. Os adeptos de uma ciência normal trabalham com as teorias e fenômenos fornecidos e explicados pelo paradigma vigente. Essas características remetem ao conceito de especialização. Alves (2013, p. 199) sublinha que os adeptos de seus respectivos paradigmas costumam agir da seguinte maneira:



Os participantes de um paradigma costumam defendê-lo com todo vigor possível. Existe uma crença quase que incontestável no poder explicativo e preditivo das teorias que constituem um paradigma, na sua adequação e correção, ou na possibilidade de seu aprimoramento.

Há, ainda, um quadro típico de problemas e expectativas a serem resolvidos pelos praticantes e adeptos de um paradigma. Os chamados “quebra-cabeças” são problemas estipulados pelo poder explicativo do paradigma, embora, em geral, seus resultados não visem a uma novidade inesperada. Quebra-cabeça, para Kuhn (2011a, p. 59), “[...] indica, no sentido corriqueiro em que empregamos o termo, aquela categoria particular de problemas que servem para testar nossa engenhosidade ou habilidade na resolução de problemas”.

Ao adotar um paradigma, a comunidade científica também adquire uma série de quebra-cabeças a serem trabalhados. Em certa medida, a comunidade tende a aceitar apenas esses quebra-cabeças como problemas genuínos a serem resolvidos pelos seus integrantes. É comum que outros quebra-cabeças, os aceitos anteriormente por outro paradigma, passem a ser rejeitados pela comunidade, por se tratar, pela perspectiva do paradigma vigente, de metafísica, ou por serem pertinentes às especialidades de outra área. Eles também podem ser rejeitados por serem demasiadamente problemáticos ou por necessitarem de um gasto exagerado de energia em um dado momento. Kuhn (2011a) destaca que a ciência contemporânea tende a se desenvolver tão rapidamente devido à natureza de seus problemas, dado que seus praticantes, na concepção do paradigma, procuram se concentrar em questões que podem ser resolvidas apenas com os pressupostos fornecidos e graças à sua engenhosidade.

O empreendimento científico de uma área enquanto ciência normal, em seu conjunto, motiva e desafia seus adeptos a encaixar as peças de seus quebra-cabeças. Não obstante, um quebra-cabeças não consiste apenas em um problema solúvel no escopo do paradigma. É necessário que ele satisfaça certas regras que limitam tanto as possibilidades de sua solução aceitável quanto os possíveis métodos necessários e instrumentos preferíveis para encontrá-la. Tais regras valem para os problemas teóricos e para os problemas práticos. Elas criam uma relação de compromisso

do pesquisador para com o paradigma, sendo preciso respeitar os seus pressupostos adotados. Enquanto estes forem admitidos, auxiliam nas resoluções dos quebra-cabeças e permitem que os demais membros da comunidade as aceitem e possam passar para outros problemas. Segundo Mendonça e Videira (2007, p. 171):

A rigor, a ciência normal calcada no paradigma instaura o consenso nos três principais níveis da pesquisa. De fato, sob a égide de um paradigma, uma certa comunidade científica não discute mais sobre quais fatos devem ser investigados, quais métodos a serem empregados e o que se aceita como soluções. Em suma, ao praticar a ciência normal, os pesquisadores lidam – de maneira homogênea – com as questões ontológicas, metodológicas e epistemológicas.

Uma das críticas feitas à abordagem de Kuhn (2011a) assinala que seu conceito de ciência normal é pouco natural, ironicamente, não histórico, uma vez que, mesmo nas comunidades mais coesas, não existe tamanha padronização, com ausência de desacordos. No entanto, embora descreva esse momento como possuindo tal identidade coletiva, o autor não descarta a possibilidade de desacordos pontuais encontrados, por exemplo, na proposta momentânea de teorias diferentes para a explicação de certos fenômenos, em particular de anomalias.

Um caso ilustrativo dessas discordâncias internas é a existência de teorias atualmente concorrentes na física, mais propriamente, na cosmologia, a respeito da explicação de como é feita a matéria e como ela se comporta no nível subatômico. Conforme explicam Corbett *et al.* (2012), com a descoberta da partícula do bóson de Higgs, que dá massa às partículas elementares, a teoria com mais adeptos, denominada “modelo padrão”, deu um passo significativo na montagem do quebra-cabeças em questão, levando em consideração explicações a respeito da matéria escura, que serviria como uma espécie de cola do cosmos, dando liga ao universo, mantendo-o estável. Entretanto, tal teoria deixa uma série de lapsos explicativos, em especial na explicação da matéria escura, composta por partículas que o modelo padrão falha em explicar. Isso permite a emergência de outras teorias, como as de “Higgs composto”, “dimensões extras” e “supersimetria”. Inúmeros testes e experimentos empíricos são

realizados pela comunidade toda para corroborar ou mesmo provar as hipóteses e afirmações de cada teoria.

Apesar das diferenças teóricas, os pesquisadores inclinados sobre o quebra-cabeça nessa área da física seguem e são adeptos do paradigma da Teoria da Relatividade. É esta adesão que, na perspectiva de Kuhn (2011a), possibilitará a resolução do quebra-cabeças, se os pesquisadores se mantiverem entusiasmados e desafiados pela sua resolução. Mesmo havendo uma unidade entre os pesquisadores nessa área de pesquisa, há um grupo de dissidentes, defensores da Mecânica Quântica, o qual se mantém avesso a essa matriz disciplinar. Ele ainda é minoritário e, de alguma forma, permanece um tanto afastado do grupo geral, dos eventos, das publicações, até dos financiamentos de pesquisa. É possível, uma vez que as anomalias do paradigma vigente aumentem significativamente, que esse grupo venha a crescer, favorecendo um momento de crise paradigmática e gerando uma revolução científica que envolveria mudanças na física e, provavelmente, no corpo científico como um todo.

Enquanto ciência normal, há uma coesão comunitária na área, o que favorece ou mesmo possibilita o seu desenvolvimento e, por sua vez, de um paradigma. Esse progresso interno consiste no aprimoramento, dentre outras coisas, de melhores técnicas para a resolução de quebra-cabeças. Nas ciências médicas, por exemplo, o empenho de sua comunidade auxiliou no desenvolvimento do conhecimento, das intervenções e da cura do câncer, através de diferentes técnicas como cirurgia, quimioterapia, radioterapia e transplante de medula óssea.

Uma vez que os pesquisadores não precisam despender tempo para as questões de cunho filosófico ou metodológico, não é mais necessário discutir quais fatos devem ser levados em consideração, quais quebra-cabeças devem ser resolvidos nem quais soluções devem ser encontradas. Com esse consenso, o progresso interno empreendido por uma comunidade científica tende ao crescimento contínuo e cumulativo. Nesse sentido, falar de progresso científico durante a fase de ciência normal é sinônimo de progresso interno. Conforme explica Mendonça (2012, p. 539):

O progresso científico, no sentido de aprofundamento no conhecimento dos fatos, de aperfeiçoamento dos métodos de investigação e avanço nos resultados esperados é uma decorrência do consenso engendrado pelo paradigma. Nesse sentido, pode-se

afirmar que, durante a ciência normal, o conhecimento progride de forma linear e cumulativa. Esse aspecto da descrição kuhniana não é tão frequentemente discutido; às vezes, ele não é sequer notado, o que não ocorre com a sua concepção descontínuista de progresso concernente às revoluções científicas.

Assim, Kuhn (2011b) apresenta uma imagem sobre progresso científico em duas direções distintas, mas complementares: o paradigmático e o revolucionário. Isso o levou à sua famosa tese de que o desenvolvimento de qualquer área da ciência ocorre através de uma profunda e sutil tensão essencial entre os limites da normalidade e da revolução.

Apesar do período da ciência normal ser bem-sucedido em seu empreendimento, um paradigma, após sua consolidação, pode apresentar muitas limitações, quer naquilo que tange à sua precisão, quer no seu aprimoramento interno. Pode apresentar, ao longo do tempo, anomalias sérias, o que pode resultar em uma crise científica. A aparente solidez do paradigma começa a dismantelar e o período de ciência normal se transforma em um momento de rupturas. Nesse estágio, são questionados seus métodos, técnicas e fundamentos. A história da ciência é marcada por vários exemplos desse momento. A passagem do sistema geocêntrico para o heliocêntrico, na astronomia, é um deles. Investigamos, na próxima unidade, os elementos que levam um paradigma a entrar em crise e quais são as possíveis soluções para essa situação.

## **1.4 CRISE**

A atividade da ciência normal consiste em um empreendimento coletivo voltado para a resolução de quebra-cabeças estabelecidos na agenda do paradigma. Entretanto, é comum, nesse momento, que fenômenos anômalos sejam apreendidos, exigindo, por vezes, uma capacidade explicativa para além do paradigma dominante para tais fenômenos.

Kuhn (2011a, p. 77) assinala que a “[...] ciência normal não se propõe descobrir novidades no terreno dos fatos ou teorias; quando é bem-sucedida, não as encontra”. As chamadas “anomalias” são reconhecidas a partir do momento em que as expectativas do paradigma vigente são suplantadas por fenômenos que ou são extremamente difíceis de serem

explicados ou são tão anômalos que é impossível explicá-los a partir das teorias do paradigma. No primeiro caso, é comum que a teoria tente se ajustar, a fim de assimilar o novo fenômeno ao seu escopo explicativo, transformando o inesperado em esperado. O segundo caso é caracterizado pela necessidade da criação de novos conceitos e de um novo vocabulário para analisar o fenômeno, uma vez que a observação e a assimilação do novo fato a uma teoria estão muitas vezes associadas à descoberta do fenômeno.

O surgimento de anomalias pode ser resultado da descoberta de algum elemento natural novo, como, por exemplo, algum elemento químico ou o comportamento de algum elemento já conhecido. O enfrentamento de anomalias pode significar a reformulação conceitual em algum nível que, por sua vez, pode exigir alguma modificação no paradigma vigente. Kuhn (2011a, p. 82) alude ao exemplo de Lavoisier para explicar a relação entre o surgimento de anomalias, a descoberta de novos elementos e a criação de paradigmas com maior poder explicativo:

O que Lavoisier anunciou em seus trabalhos posteriormente a 1777 não foi tanto a descoberta do oxigênio como a teoria da combustão pelo oxigênio. Essa teoria foi a pedra angular de uma reformulação tão ampla da química que veio a ser chamada de revolução química [...] Muito antes de desempenhar qualquer papel na descoberta de um novo gás, Lavoisier convenceu-se de que havia algo errado com a teoria flogística [...] O trabalho sobre o oxigênio deu forma e estrutura mais precisas à impressão anterior de Lavoisier de que havia algo errado na teoria química corrente.

A experiência prévia de se observar a dificuldade de analisar um fenômeno a partir de um paradigma é um indicativo importante da necessidade de sua revisão. Muitas vezes, a percepção de uma anomalia, ou seja, de um fenômeno que o paradigma não está preparado para explicar, desempenha um papel importante para o ambiente das descobertas científicas. Apesar de não serem os únicos indicativos da necessidade da criação de paradigmas, as descobertas incluem uma série de elementos impactantes nessa mudança, como, por exemplo, a consciência prévia da existência de anomalias, o reconhecimento do plano conceitual e metodológico do fenômeno e, conseqüentemente, mudanças no paradigma

que, com frequência, estão relacionados com uma forte resistência oriunda da comunidade de pesquisadores mais ortodoxos.

Habitualmente, as descobertas emergem com muita dificuldade, seguindo um caminho extremamente contraintuitivo ou aparadigmático. Em princípio, as observações de cientistas estão atreladas à previsibilidade do paradigma a que são adeptos, mesmo em situações que mais tarde podem ser entendidas como anomalias. Enfatiza Kuhn (2011a, p. 91):

Contudo, uma maior familiaridade dá origem à consciência de uma anomalia ou permite relacionar o fato a algo que anteriormente não ocorreu conforme o previsto. Essa consciência da anomalia inaugura um período no qual as categorias conceituais são adaptadas até que o que inicialmente era considerado anômalo se converta no previsto. Nesse momento completa-se a descoberta.

Em sua fase de construção, espera-se que um paradigma consiga, com alguma eficiência, explicar boa parte dos fenômenos e objetos pretendidos pela sua área de atuação. Com o passar do tempo, quando o paradigma se consolida e a área de pesquisa passa ao estatuto de ciência normal, pode ocorrer o desenvolvimento interno do paradigma, com um refinamento metodológico e conceitual que, em geral, leva a comunidade científica à especialização de sua visão de mundo e a um aumento na precisão entre os fenômenos e as teorias. Kuhn (2011a, p. 91) salienta: “A ciência torna-se sempre mais rígida.” Por maior que sejam a precisão e o alcance explicativo de um paradigma, sempre há a possibilidade de haver anomalias sérias e algum indicativo da necessidade de mudança dele. A sua comunidade, no entanto, dificilmente o abandonará, sem a existência de provas consistentes, em vários laboratórios, circunstâncias ou situações de sua insuficiência e das impossibilidades de reformulá-lo.

Quando a existência de anomalias atinge certo nível, seja em sua quantidade, seja em sua relevância, a comunidade científica se encontra em uma situação em que é necessária a assimilação desses fenômenos, quer a partir da reformulação ou aprimoramento do paradigma, quer através da criação de um novo paradigma, capaz de explicar os fenômenos novos e os já conhecidos. Ao longo dessa mudança, é preciso que algumas crenças aceitas no paradigma vigente sejam descartadas e substituídas por outras.

Em boa parte dos casos, a presença de anomalias persistentes ocasiona, na comunidade científica, um período de crise crescente. As chamadas “crises” são decorrentes da insegurança gerada em face do fracasso constante da ciência normal em produzir previsões e explicações adequadas aos fenômenos da natureza. Frisa Kuhn (2011a, p. 95): “O fracasso das regras existentes é o prelúdio para uma busca de novas regras”.

Os cientistas, mesmo já com pouquíssima confiança nas previsões e explicações do paradigma dominante, com frequência não são capazes de se desvencilhar do veículo de sua crise, sem uma opção razoavelmente segura e com poder explicativo potencialmente superior ao seu anterior. Baseando-se em fatos históricos, como a Revolução Copernicana, por exemplo, uma crise é superada e um paradigma é abandonado apenas quando existir alguma alternativa disponível potencialmente capaz de substituir o vigente.

Na visão de Kuhn (2011b), os motivos que levam cientistas a abandonar um paradigma englobam muito mais do que a comparação entre teorias, envolvendo a comparação mútua entre os paradigmas com a natureza, juntamente com a aceitação da comunidade científica. A resistência dos membros da comunidade, às vezes, é tamanha em tentar salvar o paradigma das crises que é comum observarmos uma constante tentativa de modificações na matriz e proposição de hipóteses *ad hoc*. Enfatiza Kuhn (2011a, p.109):

Tal como artistas, os cientistas criadores precisam, em determinadas ocasiões, ser capazes de viver em um mundo desordenado – descrevi em outro trabalho essa necessidade como “a tensão essencial” implícita na pesquisa científica.

O momento de crise não é demarcado pelo abandono absoluto de todo e qualquer paradigma. Diferentemente da pré-ciência, a crise é caracterizada pelo momento de perda de credibilidade do paradigma dominante e surgimento de novos paradigmas rivais promissores, diferentes e contraditórios com o anterior, os quais competem pela aceitação da comunidade científica.

Kuhn (2011b) aborda a relação tênue entre os quebra-cabeças da ciência normal e as anomalias constantes nos momentos de crise.

Eles também podem ser vistos como anomalias e um indicativo de crise. Embora não exista uma linha divisória precisa entre a relação das anomalias e os quebra-cabeças, a crise tende a fomentar o enfraquecimento das suas resoluções. Nesse sentido, os paradigmas vigentes, através de suas teorias, podem ter duas estratégias de atuação, em relação às anomalias: ou elas partem de um eterno confronto com as anomalias ou jamais as confrontam diretamente. Contudo, em ambos os casos, parece sempre existir algum indicativo de problema no paradigma.

As anomalias possuem forte impacto na geração de uma crise. Provavelmente não há uma resposta direta para os processos que levam anomalias a criar uma crise em uma área de pesquisa, dada a existência de muitos fatores externos e internos extremamente impactantes para tanto. Kuhn (2011a, p.113) descreve alguns exemplos de anomalias que resultaram no desenvolvimento de crises:

Algumas vezes uma anomalia colocará claramente em questão as generalizações explícitas e fundamentais do paradigma – tal como o problema da resistência do éter com relação aos que aceitaram a teoria de Maxwell. Ou, como no caso da revolução copernicana, uma anomalia sem importância fundamental aparente pode provocar uma crise, caso as aplicações que ela inibe possuam uma importância prática especial – neste exemplo para a elaboração do calendário e para a astrologia.

Anomalias surgem com certa frequência na atividade de um paradigma. Algumas parecem ser algo muito mais além do que um possível novo quebra-cabeças da ciência normal. Embora cientistas e investigadores tentem resolver os problemas que são cada vez mais constantes, ao passo que mais adaptações são inseridas, para esses investigadores a disciplina jamais será a mesma. Na crise, mesmo com um paradigma dominante, a comunidade já não confia mais nele como antes. Mesmo as soluções anteriormente bem aceitas passam a ser alvo de questionamentos, de desconfianças.

Esse período de confusão é marcado pela ausência de coesão entre o corpo do paradigma e a constante assimilação de hipóteses *ad hoc*. As crises iniciam-se com a falta de credibilidade do paradigma dominante



e, conseqüentemente, com o esvaziamento das regras orientadoras da pesquisa, ao longo do período de ciência normal.

Conforme o ditado popular, depois da tempestade vem a bonança. Em geral, depois da crise vem a revolução, de que tratamos a seguir. Explicitamos seu impacto nas comunidades científicas, incluindo as mudanças das visões de mundo e o caráter necessário das revoluções para o progresso científico.

## **1.5 REVOLUÇÕES CIENTÍFICAS**

Uma crise pode terminar de três maneiras. A primeira possibilidade consiste na revelação de que o próprio paradigma posto em xeque seja capaz de resolver os motivos da crise. A segunda opção decorre da resistência do problema. Nesse caso, tanto as abordagens novas quanto as clássicas se revelam insuficientes. O problema é considerado insolúvel para o momento e é engavetado provisoriamente, para que possa ser resolvido por futuras gerações, as quais podem dispor de métodos e instrumentos mais sofisticados e adequados para o seu tratamento. A terceira opção acaba com o surgimento de um novo candidato a paradigma dominante e com o confronto entre ele e o vigente. Este último modo de resolução propicia a entrada da área de pesquisa num período denominado “ciência extraordinária”. O termo “ciência extraordinária” faz referência a um momento de grandes transições que são fundamentais para o desenvolvimento da atividade científica, gerando novos conhecimentos sobre a realidade.

Na transição de um paradigma para o outro, em períodos de crise, ocorre o surgimento de uma nova tradição de ciência normal. A despeito de ter que ser capaz de responder, senão a todas, pelo menos a uma parte considerável das questões que o paradigma anterior era capaz de responder e que ainda se mantêm significativas, e mais às novas questões postas, a nova matriz jamais será proveniente da acumulação de dados obtidos através de sua antecessora. O novo paradigma é, antes de tudo, uma reformulação da área, a partir de novos princípios e pressupostos. Muitas vezes implica mudanças drásticas nos métodos e práticas anteriormente aceitos, o que acarreta, frequentemente, elementos contraditórios à perspectiva anterior.

Completada a transição paradigmática, os cientistas modificam, dentre outras coisas, as suas concepções de mundo e tomam os mesmos dados e observações realizados anteriormente, em função de um novo sistema de relações, averiguando-os a partir de um novo quadro de conceitos.

Em geral, os novos paradigmas surgem, ainda que em fases iniciais, antes que a crise tenha encontrado o seu apogeu. Esclarece Kuhn (2011a, p. 118):

Confrontado com uma anomalia reconhecidamente fundamental, o primeiro esforço teórico do cientista será, com frequência, isolá-la com maior precisão e dar-lhe uma estrutura. Embora consciente de que as regras da ciência normal não podem estar totalmente certas, procurará aplicá-las mais vigorosamente do que nunca, buscando descobrir precisamente onde e até que ponto elas podem ser empregadas eficazmente na área de dificuldade, de torná-la mais nítida e talvez mais sugestiva do que era ao ser apresentada em experiências cujo resultado pensava-se conhecer de antemão [...] dado que nenhuma experiência pode ser concebida sem o apoio de alguma espécie de teoria, o cientista em crise tentará constantemente gerar teorias especulativas que, se bem-sucedidas, possam abrir o caminho para um novo paradigma e, se mal-sucedidas, possam ser abandonadas com relativa facilidade.

O desenvolvimento desses procedimentos, que exigem uma força criativa extraordinária, ocorre, por vezes, ao concentrar o enfoque científico em determinada área para o reconhecimento de anomalias. Essas observações, em momentos de crise, são fundamentais para o desenvolvimento da atividade científica. Não raro, a forma do novo paradigma é decorrente desse movimento extraordinário, sendo necessário, após a superação da crise, migrar para um novo período de ciência normal, o qual exige um refinamento conceitual.

Em linhas gerais, quando um grupo de pesquisadores desenvolve um novo paradigma que atrai a maior parte dos praticantes da área de pesquisa contemporânea e as novas gerações, é comum que as escolas mais antigas comecem a desaparecer gradualmente. Kuhn (2011a) observa ser comum o desaparecimento dessas escolas, com o surgimento de novos

paradigmas, mas sempre existem alguns indivíduos com forte elo com as concepções mais antigas. Eles são habitualmente excluídos ou forçados a unir-se a um novo grupo ou acabam se isolando da comunidade.

A transição para um novo paradigma caracteriza, do ponto de vista histórico, uma revolução científica. Revoluções científicas e transições da pré-ciência para a ciência normal constituem momentos de mudança paradigmática. Kuhn (2011a, p. 125) considera “[...] revoluções científicas aqueles episódios de desenvolvimento não-cumulativo, nos quais um paradigma mais antigo é total ou parcialmente substituído por um novo, incompatível com o anterior”.

Embora nem sempre seja possível mensurar paradigmas, espera-se que o novo paradigma seja capaz de resolver muitos problemas que o paradigma anterior não conseguia; que os seus princípios metodológicos sejam mais adequados para a solução de problemas; que sejam feitas previsões e explicações mais precisas de determinados fenômenos; que seu arcabouço conceitual seja mais rigoroso e adequado aos elementos envolvidos nas investigações. Estes e outros elementos indicam que o novo paradigma é capaz de explicar, de modo mais adequado, determinado conjunto de fenômenos no mundo. São tais fatores, dentre outros, originados pela troca de um paradigma dominante por outro, que caracterizam o progresso na ciência para Kuhn.

A mudança de paradigma é marcada pela subdivisão dos membros da comunidade científica e a crescente perda de credibilidade do paradigma vigente. O sentimento de funcionamento falho ou defeituoso é uma constante que permeia o ambiente dos pesquisadores, que deixam de acreditar que o paradigma existente é capaz de explorar adequadamente o funcionamento do universo dos fenômenos a que se dispõe explicar. Kuhn (2011a, p. 126, grifo do autor) faz um paralelismo entre as revoluções políticas e as revoluções científicas:

As revoluções políticas visam realizar mudanças nas instituições políticas, mudanças essas proibidas por essas mesmas instituições que se quer mudar. Consequentemente, seu êxito requer o abandono parcial de um conjunto de instituições em favor de outro. E, nesse ínterim, a sociedade não é integralmente governada por nenhuma instituição. De início, é somente a crise que atenua o papel das instituições políticas, do mesmo modo que atenua o papel dos

paradigmas [...] A essa altura, a sociedade está dividida em campos ou partidos em competição, um deles procurando defender a velha constelação institucional, o outro tentando estabelecer uma nova. Quando ocorre essa polarização, os *recursos de natureza política fracassam*. Por discordarem quanto à matriz institucional a partir da qual a mudança política deverá ser atingida e avaliada, por não reconhecerem nenhuma estrutura supra-institucional competente para julgar diferenças revolucionárias, os partidos envolvidos em um conflito revolucionário devem recorrer finalmente às técnicas de persuasão em massa, que seguidamente incluem a força.

Com o decorrer da história da humanidade, as mudanças de paradigma na ciência mostraram ter muitas semelhanças com as revoluções políticas. Semelhantes aos estilos de governo, muitas vezes as posições políticas revelam a existência de modos de vida extremamente incompatíveis. Segundo essa comparação, os momentos de revolução não podem ser avaliados pelos processos comuns da ciência normal, porque eles dependem de um paradigma para a sua avaliação, o qual se encontra sendo questionado a respeito da sua validade enquanto um paradigma coletivamente aceito. Da mesma forma, isso pode ser indicado quando nos questionamos sobre a validade de documentos que apregoam a inocência de governos que passaram por períodos de barbárie.

A proposta de Kuhn trata tanto das grandes revoluções científicas quanto das pequenas. Kuhn (2011a) menciona que as características das revoluções científicas podem ser igualmente examinadas através do estudo de outros episódios que não foram tão obviamente revolucionários. As equações de Maxwell, por exemplo, afetaram um grupo bem mais reduzido do que as de Einstein, porém, não foram consideradas menos revolucionárias e, por esse motivo, encontraram resistência. Kuhn (2011a, p. 74) sugere “[...] a existência de revoluções grandes e pequenas, algumas afetando apenas os estudiosos de uma subdivisão de um campo de estudos. Para tais grupos, até mesmo a descoberta de um fenômeno novo e inesperado pode ser revolucionária”.

Revolucionar, no sentido amplo, significa, em suma, trocar um paradigma por outro. A área de pesquisa passa de um período de dúvidas, incapacidades, insegurança, incertezas para um novo período de

desenvolvimento, confiança no paradigma, na sua capacidade de previsão, alcance explicativo e de sucesso na resolução de quebra-cabeças. A área de pesquisa se encontra em um novo período de ciência normal, assentando-se em momento de calma que, mais cedo ou mais tarde, em menor ou maior intensidade, voltará a ser de instabilidade. Assim gira a roda da estrutura das revoluções científicas.

Esta, em resumo, é a perspectiva de Kuhn da estrutura das revoluções científicas, do funcionamento da ciência, do progresso científico. Nos próximos dois capítulos apresentamos o surgimento da ciência cognitiva, um deles no contexto histórico e outro no contexto epistemológico, buscando averiguar o estatuto científico dessa nova área de pesquisa.