

UFRRJ
INSTITUTO DE CIÊNCIAS HUMANAS E SOCIAIS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM FILOSOFIA

DISSERTAÇÃO

*The Copernican Revolution e The Structure of Scientific Revolutions: Ruptura
ou Continuidade Historiográfica em Thomas Kuhn?*

Natan Vieira da Silva

2022



**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO
INSTITUTO DE CIÊNCIAS HUMANAS E SOCIAIS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM FILOSOFIA
LINHA 2 - ONTOLOGIA, CONHECIMENTO E LINGUAGEM**

***THE COPERNICAN REVOLUTION E THE STRUCTURE OF SCIENTIFIC
REVOLUTIONS: RUPTURA OU CONTINUIDADE HISTORIOGRÁFICA EM
THOMAS KUHN?***

NATAN VIEIRA DA SILVA

Sob a Orientação do Professor
Robinson Guitarrari

Dissertação submetida como requisito parcial para a obtenção do grau de **Mestre em Filosofia**, no Programa de Pós-Graduação em Filosofia, Linha 2 - Ontologia, conhecimento e linguagem

Seropédica, RJ
2022

UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO INSTITUTO
DE CIÊNCIAS HUMANAS E SOCIAIS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM FILOSOFIA

NATAN VIEIRA DA SILVA

Dissertação submetida como requisito parcial para obtenção do grau de **Mestre em Filosofia** no Curso de Pós-Graduação em Filosofia, área de Concentração em Filosofia.

DISSERTAÇÃO APROVADA EM 24/08/2022

Dr. MARKOS KLEMZ GUERRERO, UFRJ
(examinador externo)

Dr. CLAUDIO MAIA PORTO, UFRRJ
(examinador externo ao programa)

Dr. ALESSANDRO BANDEIRA DUARTE, UFRRJ
(examinador interno)

Dr. ROBINSON GUITARRARI, UFRRJ
(orientador)



Emitido em 2022

TERMO Nº 1092/2022 - PPGFIL (12.28.01.00.00.92)

(Nº do Protocolo: NÃO PROTOCOLADO)

(Assinado digitalmente em 18/10/2022 19:57)

ALESSANDRO BANDEIRA DUARTE

PROFESSOR DO MAGISTERIO SUPERIOR

DeptFILO (12.28.01.00.00.85)

Matrícula: 1764563

(Assinado digitalmente em 18/10/2022 20:23)

CLAUDIO MAIA PORTO

PROFESSOR DO MAGISTERIO SUPERIOR

DeptFILO (12.28.01.00.00.62)

Matrícula: 1168136

(Assinado digitalmente em 18/10/2022 20:16)

ROBINSON GUITARRARI

PROFESSOR DO MAGISTERIO SUPERIOR

DeptFILO(12.28.01.00.00.85)

Matrícula: 2080114

(Assinado digitalmente em 20/10/2022 11:48)

MARKOS KLEMZ GUERRERO

ASSINANTE EXTERNO

CPF: 095.059.637-00

Para verificar a autenticidade deste documento entre em <https://sipac.ufrj.br/documentos/> informando seu número: **3740**, ano: **2022**, tipo: **ATA**, data de emissão: **26/08/2022** e o código de verificação: **6c095f2dd**

Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Biblioteca Central / Seção de Processamento Técnico

Ficha catalográfica elaborada com
os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

S586t Silva, Natan Vieira da , 1986-
The Copernican Revolution e The Structure of
Scientific Revolutions: Ruptura ou Continuidade
Historiográfica em Thomas Kuhn? / Natan Vieira da
Silva. - Rio de Janeiro, 2022.
79 f.

Orientador: Robinson Guitarrari.
Dissertação (Mestrado). -- Universidade Federal Rural
do Rio de Janeiro, Programa de Pós-Graduação em
Filosofia, 2022.

1. Thomas Kuhn. 2. Revolução Copernicana. 3.
História Interna. 4. História Externa. 5. A Estrutura
das Revoluções Científicas. I. Guitarrari, Robinson,
1967-, orient. II Universidade Federal Rural do Rio de
Janeiro. Programa de Pós-Graduação em Filosofia III.
Título.

Dedico este trabalho a meu pai, minha mãe
e minha amada esposa.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a meu professor e orientador Robinson Guitarrari pela paciência, pelas inúmeras correções, sugestões, seu cuidado e genuíno interesse na minha formação acadêmica. Sem sua ajuda e incentivo eu não teria conseguido chegar até o Mestrado. Sou muito grato.

Agradeço a todos os amigos e familiares que me apoiaram com palavras de incentivo, torcida e orações. Em especial agradeço ao meu amigo Fabio Cruvinel pelo apoio e incentivo na decisão de entrar para a universidade e o incentivo durante o Mestrado. Sou imensamente grato.

Agradeço a minha diretora e amiga Regiane Martins e ao Deividson Oliveira Vieira por me ajudarem a conseguir minhas férias nessa reta final do Mestrado. Muito obrigado.

Agradeço a meus sogros Homero e Maria Lucia por todo suporte de sempre. São dois anjos em minha vida, outros pais que possuo.

Agradeço a minha esposa Gabriella por suportar a parte mais pesada. Agradeço por aguentar minhas inseguranças e incertezas durante todo esse período do Mestrado. Sou grato por ela ter tido força por nós dois quando eu não fui capaz, me incentivar em todas as vezes em que pensei em desistir. Te amo, você é o amor da minha vida e essa conquista pertence a nós dois.

Agradeço a meu finado pai Francisco pelo exemplo de humildade e simplicidade durante toda sua vida. Jamais o esquecerei.

Agradeço em especial a minha mãe. Simplesmente devo a ela tudo que sou. Te amo, mãe.

Agradeço também pelos princípios aprendidos em A Igreja de Jesus Cristo dos Santos dos Últimos Dias. Eles são primordiais em todas as escolhas que tenho feito. Sou grato ao Pai Celestial e Seu Filho Jesus Cristo por todas as oportunidades que tenho tido nessa vida. Sem o poder capacitador de Jesus Cristo eu não conseguiria realizar e fazer nada do que tenho feito.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de financiamento 001 This study was financed in part by the Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil – (CAPES) – Finance Code 001.

“Em questões de ciência, a autoridade de mil não vale o humilde raciocínio de um único indivíduo”. Galileu Galilei.

RESUMO

SILVA, Natan Vieira da. **The Copernican Revolution e The Structure of Scientific Revolutions: Ruptura ou Continuidade Historiográfica em Thomas Kuhn?** 2022. 79p. Dissertação (Mestrado em Filosofia, Ontologia, conhecimento e linguagem). Instituto de Ciências Humanas e Sociais, Programa de Pós-Graduação em Filosofia, Seropédica, RJ, 2022.

A guinada histórica na filosofia da ciência tem em Thomas Kuhn (1922-1996) um de seus maiores expoentes. Em sua célebre obra *The Structure of Scientific Revolutions*, seus desdobramentos, centrados na história, tornaram-se objeto de estudo, quer seja para elucidação e desenvolvimento de suas teses ou para confrontá-las. Se por um lado há um consenso no que diz respeito à importância de Kuhn, em grande medida por sua abordagem histórica, na filosofia da ciência, parece não haver consenso sobre o tipo de história que ele defende. Em *The Copernican Revolution*, texto de história da ciência publicado em 1957, Kuhn trata da revolução copernicana como um acontecimento plural, tendo ultrapassado o âmbito científico e influenciado a vida social comum. Todavia, os dois ensaios citados fazem parte de um mesmo projeto historiográfico? Há uma interpretação que compreende que o tipo de história utilizado em *The Copernican Revolution* difere da abordagem que ficou conhecida em *The Structure of Scientific Revolutions*. Este trabalho visa examinar se esse é o caso, pois não há pronunciamentos feitos pelo próprio Thomas Kuhn com respeito a uma mudança de posição relativa ao tipo de história que defende.

Palavras-chave: Thomas Kuhn. Revolução copernicana. História interna. História externa.

ABSTRACT

SILVA, Natan Vieira da. **The Copernican Revolution and The Structure of Scientific Revolutions: Rupture or Historiographic Continuity in Thomas Kuhn?** 2022. 79p. Dissertation (Master in Philosophy, Ontology, Knowledge and Language). Instituto de Ciências Humanas e Sociais, Programa de Pós-Graduação em Filosofia, Seropédica, RJ, 2022.

The historic turn in the philosophy of science has in Thomas Kuhn one of its greatest exponents. In his famous work *The structure of scientific revolutions*, his developments, based on history, became an object of study, whether for the elucidation and development of his theses or to confront them. If, on the one hand, there is a consensus regarding the importance of Kuhn, largely due to his historical approach, in the philosophy of science, there seems to be no consensus on the type of history he defends. In *The Copernican revolution*, a text on the history of science published in 1957, Kuhn treats the Copernican revolution as a plural event, having surpassed the scientific scope and influenced common social life. However, are the two essays mentioned part of the same historiographical project? There is an interpretation that understands that the type of history used in *The Copernican revolution* differs from the approach that became known in *The structure of scientific revolutions*. This work aims to examine whether this is the case, as there are no pronouncements made by Thomas Kuhn himself regarding a change of position regarding the type of history he defends.

Keywords: Thomas Kuhn. Copernican Revolution. Internal History. External History.

SUMÁRIO

Introdução	12
1. <i>The Copernican revolution</i> e a unidade ampla da revolução copernicana	16
1.1. <i>Motivações para atribuir movimento à Terra</i>	
1.1.1 Influência de aspectos intelectuais	
1.1.2 <i>Argumento estético</i>	
1.1.3 <i>Fator simbólico</i>	
1.1.4 <i>Cosmologias e as funções de um esquema conceitual</i>	
1.1.5 <i>O universo de duas esferas</i>	
1.2. <i>Desenvolvimento de novos instrumentos e ideias</i>	
2. História interna e história externa: Historiografia e história da ciência em Thomas Kuhn	41
2.1. História da ciência	
2.2. História interna	
2.3. História externa	
2.4. O modelo de fases	
2.5. A posição de Kuhn concernente a história interna e história externa	
3. Interpretação que defende a ruptura historiográfica de Kuhn	65
3.1. <i>The Copernican revolution</i> e <i>The structure of scientific revolutions</i> : Duas concepções historiográficas distintas?	
3.2. <i>CR</i> e <i>SSR</i> : Continuidade ou descontinuidade historiográfica?	
4. Conclusão	76
5. Referências bibliográficas	78

INTRODUÇÃO

Comumente entendemos a revolução copernicana como a mudança radical que envolveu a substituição de uma astronomia ptolomaica pela astronomia copernicana. Segundo o que é apresentado no ensaio *The Copernican revolution*, publicado em 1957, a situação é bem mais complexa.

Considerando certa diversidade de elementos que englobam a mudança científica que a revolução copernicana representa, T. S. Kuhn diz o seguinte:

Qualquer possibilidade de compreensão do momento oportuno da revolução e dos fatores que lhe deram origem devem, portanto, ser pesquisada principalmente fora da astronomia, no interior do enorme meio intelectual habitado pelos praticantes da astronomia (KUHN, 1995, p. 132).

Essa afirmação de Kuhn sugere que é necessário olhar, principalmente, para além do trabalho de pesquisa no campo da astronomia durante o período em que ocorreu a revolução copernicana.¹ Isso significa que aspectos não cognitivos ligados a fatores alheios à pesquisa ordinária, ou melhor, fatores externos à ciência, teriam desempenhado um papel importante para aquilo que é encapsulado pelo termo “revolução copernicana”. Para tanto, Kuhn defende a possibilidade de uma compreensão mais ampla ao se valer de uma abordagem que se utiliza da *história das ideias*:

Eu próprio estou convencido de que as técnicas desenvolvidas por historiadores de ideias podem produzir um tipo de compreensão que a ciência, de outra forma, não teria (Kuhn, 1995, p. viii).

No prefácio de *The Copernican revolution*, Kuhn descreve a revolução copernicana como um acontecimento singular e plural. Além disso, as motivações desse livro estão centradas na tese de que a revolução iniciada pelo trabalho de Copérnico efetivou uma mudança de conceitos que vão para além do âmbito científico. Segundo Kuhn, a maior novidade encontrada em *CR* situa na relação da ciência com a história intelectual (KUHN, 1995, p. vii-viii). A ligação dos astrônomos com outras ciências, filosofias e religiões de seu tempo teriam sido importantes para a formulação da revolução copernicana, segundo Kuhn:

¹ Utilizaremos a sigla “CR” oportunamente para referir-nos a “*The Copernican revolution*” e para referir-nos a “*The structure of scientific revolutions*” a sigla SSR.

Os astrônomos eram também treinados em outras ciências e estavam comprometidos com vários sistemas filosóficos e religiosos. Muitas das suas crenças não astronômicas foram fundamentais, primeiro no esboço e depois na formulação da revolução copernicana (KUHN, 1995, p. viii).²

O problema de caracterizar a historiografia da ciência que subjaz a *The Copernican revolution* de Kuhn exige clareza sobre quais aspectos são importantes no desenrolar da obra, tendo em vista a clara posição de Kuhn favorável a uma história das ideias, mas que também apresenta aspectos claramente associados ao trabalho de pesquisa corriqueiro:

Muitas de suas crenças não astronômicas foram fundamentais primeiro para adiar e depois para moldar a Revolução Copernicana. Essas crenças não astronômicas compõem meu componente de "história intelectual", que, após o Capítulo 2, é paralelo ao científico. Dado o propósito deste livro, os dois são igualmente fundamentais (KUHN, 1995, p. viii).

Ambos os componentes, tanto o científico quanto o relativo à história das ideias, são igualmente importantes para os propósitos de *CR*. Para tanto, os fatores em jogo, os quais Kuhn apresenta, devem ser distinguidos como externos e internos³ em uma narrativa histórica concernente ao desenvolvimento da ciência.

Em sua célebre obra, *The structure of scientific revolutions* (1996), de 1962, Kuhn outorga à *história* um papel fundamental para a compreensão da ciência ao longo dos séculos⁴. Nesse ensaio, uma imagem de ciência está em jogo. Ela está associada ao *modus operandi* das mudanças científicas, conforme a história revela. Para tanto, o trabalho de pesquisa em torno de uma teoria hegemônica e a análise das razões que levam um grupo de cientistas a abandonarem uma teoria substituindo-a por outra, adotando um conjunto de compromissos totalmente novo, ocupa grande parte desse ensaio. Dentre os propósitos presentes em *SSR*, um exame do período em que há todo um trabalho de pesquisa orientado por uma teoria vigente possui grande espaço na abordagem de Kuhn. Com efeito, o trabalho do cientista em torno

² Todas as traduções das passagens das obras de Kuhn e das demais obras, em versões de língua inglesa, foram feitas por nós.

³ Ao falar sobre as características da historiografia que adota, Kuhn, tendo em vista a *SSR*, enxerga a necessidade de haver uma mescla entre a história interna e a história externa (KUHN, 1977b, p. 110). Todavia, ele não faz uma elaboração detalhada da história externa. Não obstante, isso não significa que se deva deixar de fazê-la.

⁴ "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" (KUHN, 1996, p.1).

de uma teoria hegemônica ocupa parte considerável dos capítulos desse texto, o qual analisa as teorias científicas que mais se desenvolveram ao longo dos séculos.

Entendemos que há um consenso quanto ao reconhecimento de Kuhn como um dos maiores responsáveis pela guinada histórica na filosofia da ciência. Entretanto, o que não parece ser consensual é se o tipo de história praticada, e assumida por Kuhn em suas declarações, é a mesma em suas duas “revoluções”.⁵ Essa questão é relevante, uma vez que Thomas Kuhn *já jamais mencionou alguma mudança de posição concernente ao tipo de história que defende*.

Existem interpretações que entendem que muitas das teses de *SSR* tiveram o início de seu desenvolvimento durante os anos 1950, o que incluiria *CR*. Por outro lado, há comentadores que defendem que as duas obras não fazem parte de uma mesma visão de ciência. Segundo a interpretação que compreende os dois trabalhos como empreendimentos historiográficos distintos⁶, o próprio Kuhn teria, ainda que sutilmente, endossado o argumento de que não haveria uma mudança na forma como a *história* é utilizada na obra de 1957 e na de 1962. Em artigos da *The essential tension* (1977), que têm em vista o que foi desenvolvido em *SSR*, e em passagens da própria *SSR*, Kuhn teria fomentado a ideia de continuidade historiográfica entre as obras. Segundo a interpretação que defende a mudança historiográfica de Kuhn:

Entendemos que por meio dessas e de outras referências, o próprio Kuhn gerou uma imagem de continuidade entre suas obras iniciais e seus trabalhos maduros, e particularmente entre seus dois primeiros livros. Assim, Kuhn introduziu uma narrativa de seus primeiros trabalhos que reduziu seus escritos da década de 50 a passos preparatórios para as célebres ideias da *SSR* (MELOGNO, 2015, p. 27).

Essa perspectiva que compreende que há certa descontinuidade entre os desenvolvimentos históricos das duas obras apresenta algumas características que poderiam endossar esse argumento. Uma razão para considerar a tese de descontinuidade historicista das duas obras poderia ser a alegação de que os

⁵ O termo “revolução” aparece no título das duas obras de Kuhn.

⁶ Pablo Melogno (2015) defende que as duas obras, que apresentam o termo “revolução” em seus títulos, possuem diferenças significativas. Há grande influência de Robert S. Westman (1994) e de outros autores nesse trabalho, os quais compreendem que há uma mudança significativa na visão de ciência de Kuhn a partir de *SSR*.

aspectos cognitivos são mais relevantes do que os aspectos externos para explicar o desenvolvimento da ciência em *SSR*.⁷

Mas se é esse o caso, de que maneira o reconhecimento do próprio Thomas Kuhn da relevância de fatores externos entraria em desacordo com a história que ele defende? E se fatores externos à ciência são mais relevantes na abordagem utilizada em *CR*, poderia haver algum motivo que explicasse a razão de não ocorrer do mesmo modo em *SSR*? Precisamos tratar disso.

É importante frisar que *as duas obras de Kuhn são projetos distintos*. Enquanto em *CR* há a intenção de analisar os aspectos que teriam contribuído para que a revolução copernicana fosse levada a efeito, em *SSR* a elaboração de uma concepção de ciência está em jogo. *Também reconhecemos que não há muitas menções de Kuhn com respeito aos desenvolvimentos feitos em CR, o que dificulta nosso trabalho, mas também torna, a nosso ver, relevante este exame*. Sendo assim, entendemos que a melhor forma de comparar as historiografias das duas obras é descrevendo a mais desenvolvida e clara (a apresentada em *SSR*), considerando o ponto de vista de Kuhn e a nossa visão do assunto - no caso do que é externo e interno para casos polêmicos - e comparar as aplicações (das histórias interna e externa) em ambas as obras; ainda que os projetos dos livros tenham características diferentes, com unidades de análise distintas. Nosso objetivo é, portanto, um exame do modo de se fazer história que Kuhn adota e se há discrepâncias suficientes para a defesa de ruptura em sua concepção de história da ciência e da historiografia que lhe subjaz.

No capítulo 1, veremos no que consistiu a revolução copernicana. Nesse sentido, a unidade ampla caracterizada pelos aspectos que estavam em jogo e os principais argumentos contidos em *The Copernican revolution* estarão no cerne de nossa análise. Tais características ressaltam a importância dada à história das ideias e os méritos cognitivos, a fim de que compreendamos o momento oportuno em que a revolução copernicana ocorre.

No segundo capítulo, trataremos das histórias interna e externa tendo em vista, principalmente, as declarações de Kuhn a esse respeito. Para esse propósito, pronunciamentos de Kuhn contidos em *SSR*, *CR*, artigos reunidos em *The essential tension* (que tratavam da *SSR*), além de bibliografia relevante, nos ajudarão a

⁷ Veremos mais adiante quando tratarmos, de forma bem sucinta, a predileção dada a aspectos cognitivos em *SSR*.

compreender a dinâmica da historiografia, caracterizada pelas abordagens interna e externa, defendida por Kuhn.

No capítulo 3, discutiremos a interpretação que compreende as duas obras de Kuhn como empreendimentos historiográficos distintos, analisando-os e confrontando-os, utilizando as declarações de Kuhn concernentes à importância dos fatores internos e externos em seu modo de utilizar a história. Por fim, defenderemos, em nossa conclusão, que a ocorrência maior de fatores externos em *CR* não é uma razão suficiente para sustentar que houve uma ruptura radical no modo de se fazer história a partir do que foi elaborado em *SSR*.

Concluiremos, portanto, que as diferenças encontradas em *The Copernican revolution* estão associadas a seus objetivos, os quais são distintos dos propósitos apresentados em *The structure of scientific revolutions*. Nesse sentido, compreenderemos se a maior ou menor ocorrência de fatores externos ou internos, em cada obra, seria suficiente para sustentar que houve mudança de direcionamento histórico por parte de Kuhn.

1. *The Copernican revolution* e a unidade ampla da revolução copernicana

A revolução copernicana foi um marco inegável na história, não somente da ciência, mas da humanidade. A mudança de uma concepção geocêntrica para um modelo heliocêntrico contribuiu de modo relevante para abrir caminho para o desenvolvimento da ciência moderna. Grandes nomes da ciência, tais como Kepler, Galileu e Newton, foram influenciados pelas ideias de Copérnico e deram suas contribuições para o desenvolvimento da ciência que atualmente nos domina.

Kuhn sugere uma nova abordagem acerca da revolução copernicana em seu ensaio *The Copernican revolution* (1995), publicado originalmente em 1957. Mas o que foi a revolução copernicana? Segundo Kuhn: “foi uma revolução de ideias, uma transformação do conceito que o homem tinha do universo e da sua própria relação com ele” (KUHN, 1995, p. 1). Um dos propósitos principais da revolução copernicana foi o de reformar conceitos fundamentais da astronomia, até então regidos pelo *Almagesto* de Ptolomeu.⁸ Além disso, a concepção iniciada por Copérnico também contribuiu para outros tipos de mudança:

A reforma astronômica não é, no entanto, o único significado da Revolução. Outras alterações radicais no entendimento do homem sobre a natureza se seguiram à publicação do *De Revolutionibus* de Copérnico em 1543 (KUHN, 1995, p. 1).

A teoria planetária elaborada por Copérnico, associada à ideia de um universo centrado no Sol, foi importante para a transição da sociedade ocidental medieval para a moderna, pois: “pareciam afetar a relação do homem com o universo e com Deus” (KUHN, 1995, p. 2). Nesse sentido, a revolução copernicana também contribuiu para a mudança de valores do homem ocidental.

A influência exercida pela ciência nas questões extracientíficas é bastante evidente - e não é diferente em nossos dias. No caso específico da revolução copernicana, Kuhn enxerga essa revolução como atípica, porque “[...] poucas teorias científicas exerceram um papel tão grande no pensamento não científico” (KUHN, 1995, p. 4). A importância das teorias científicas em nossas vidas é reforçada por

⁸ Poderíamos dizer que eram essencialmente regidos, pois não havia unanimidade absoluta concernente a formulação de Ptolomeu, embora fosse amplamente hegemônica.

Kuhn quando ele cita outros personagens⁹ que, com suas inovações no campo teórico, influenciam na vida comum.

O papel exercido pela revolução copernicana na vida cotidiana é notório para Kuhn, mas será que a motivação para essa mudança de conceitos teve alguma influência de campos e fatores alheios à própria pesquisa científica? Aspectos não cognitivos poderiam influenciar o trabalho científico? Para Kuhn, no caso da revolução copernicana, sim:

Qualquer possibilidade de compreensão do momento oportuno da Revolução e dos fatores que lhe deram origem deve, portanto, ser pesquisada principalmente fora da astronomia, no interior do enorme meio intelectual habitado pelos praticantes da astronomia (KUHN, 1995, p. 132).

Há, segundo Kuhn, maior possibilidade de compreensão dos fatores que possibilitaram a revolução copernicana caso consideremos, além do componente científico, os aspectos de história intelectual que envolvem tal mudança:

Conceitos científicos são ideias e, como tal, são assunto da história intelectual. Eles raramente têm sido tratados desse modo, mas apenas porque poucos historiadores tiveram o treinamento técnico para lidar com materiais de fonte científica. Eu mesmo estou muito convencido que as técnicas desenvolvidas pelos historiadores das ideias podem produzir um tipo de entendimento que a ciência, de outro modo, não obteria (KUHN, 1995, p. viii).

Além do componente associado à história das ideias, os aspectos cognitivos, relacionados ao trabalho de pesquisa, estão no cerne da análise de Kuhn. A novidade da abordagem em *The Copernican revolution* se encontra justamente no exame desses dois âmbitos, tanto o científico quanto o intelectual. Os dois elementos nos ajudam a compreender que a revolução copernicana não aconteceu de forma imediata e não teve impacto somente na pesquisa científica:

Embora o nome da revolução seja singular, o evento foi plural. O seu âmago foi uma transformação de astronomia matemática, mas também inclui mudanças conceituais em cosmologia, física, filosofia e até religião (KUHN, 1995, p. vii).

As motivações encontradas em *CR* estão centradas na tese de que a revolução copernicana exerceu uma mudança de conceitos que vão para além do âmbito da astronomia. Isso é o que caracteriza o que chamamos de *unidade ampla* da revolução

⁹ “somos herdeiros intelectuais de homens como Copérnico e Darwin” (KUHN, 1995, p. 4).

copernicana, abrangendo os fatores complexos que possibilitaram o acontecimento de tal mudança de conceitos. Nesse sentido, além dos méritos cognitivos, a ligação dos astrônomos com outras filosofias e religiões de seu tempo são importantes para o entendimento do modo como a revolução copernicana foi formulada (KUHN, 1995, p. viii). A maior novidade desse trabalho consiste em mostrar o significado da pluralidade da revolução copernicana.

Além disso, Kuhn retrata que a revolução não se dá completamente na publicação do *De Revolutionibus*¹⁰ de Copérnico. Nesse momento, se apresenta um ponto importante para os objetivos de nossa pesquisa: a unidade de análise histórica encapsulada pela expressão “revolução copernicana”. Os novos conceitos que Copérnico apresenta apenas enunciam o que seria a revolução copernicana. Ela aconteceu gradualmente.

De acordo com o que é apresentado em *CR*, o *De Revolutionibus* é um trabalho que marca o fim de uma tradição astronômica ao mesmo tempo em que inicia uma nova. Isso se aplica na medida em que, com exceção da atribuição de movimento à Terra, esse ensaio é firmemente calcado na tradição antiga. O trabalho de Copérnico é mais um ponto de partida para uma revolução do que a revolução em si:

Analisando numa perspectiva fornecida pela história da astronomia, o *De Revolutionibus* tem uma natureza dupla. É, ao mesmo tempo, antigo e moderno, conservador e radical. No entanto, seu significado pode ser descoberto apenas olhando simultaneamente para seu passado e para seu futuro, para a tradição da qual derivou e para a tradição da qual ele deriva” (KUHN, 1995, p. 135-136).

A implementação da ideia de uma Terra móvel não pretendia de maneira alguma causar uma revolução de conceitos tão grandiosa. Nem mesmo objetivava extrapolar os limites do trabalho científico e, por fim, favorecer uma revolução de conceitos que causaria impacto também na vida do homem comum. Copérnico, segundo Kuhn, tinha como objetivo primário resolver o problema do movimento dos planetas menores que tanto o *Almagesto* quanto outras teorias derivadas dele não foram capazes de dar conta (KUHN, 1995, p. 137). Porém, ao atribuir movimento à Terra, antes concebida como estacionária, Copérnico levaria outros a pensarem em

¹⁰ “Tais textos são um fenômeno relativamente frequente e extremamente significativo no desenvolvimento do pensamento científico. Podem ser descritos como textos que mudam a direção na qual o pensamento científico se desenvolveu: uma obra que faz revolução é, ao mesmo tempo, o culminar de uma tradição passada e a fonte de uma nova tradição futura” (KUHN, 1995, p. 135).

possibilidades que a teoria aceita pela tradição, por séculos, não fora capaz de conceber. Veremos neste capítulo os aspectos envolvidos durante a concepção da revolução copernicana, os quais nos ajudarão a compreender de que maneira ela foi um acontecimento plural e gradual.

1.1. Motivações para atribuir movimento à Terra

A relação que a Igreja Católica¹¹ teve com a ciência antes e durante o período da Idade Média é relevante para o nosso ponto. O papel da Igreja na prática das ciências na Antiguidade e durante o período da Idade Média revela uma complexa relação de proximidade entre a Igreja e a ciência principalmente na astronomia que tinha em Aristóteles e Ptolomeu seus fundamentos teóricos. Importa frisar que, ao menos nesse contexto, a Igreja cumpria um papel no desenvolvimento da ciência que dificilmente nos permitiria pensar nessa relação como alheia à pesquisa científica¹². A Igreja detinha o acervo das obras e o ambiente das universidades promovia a pesquisa dos textos antigos, especialmente os de Ptolomeu e Aristóteles, exaustivamente escrutinados pelos escolásticos. A ciência estava sob a batuta da Igreja, ou seja, esta estava associada, de certo modo, à pesquisa científica.

Em uma carta dedicada ao Papa da época, Paulo III, no prefácio do *De Revolutionibus*, Copérnico apresenta algumas considerações associadas ao problema de se manter a concepção de uma Terra estacionária. O argumento é intimamente ligado ao trabalho corriqueiro do cientista. Em suma, Copérnico explica que o sistema ptolomaico e outros que eram derivados dele¹³ não davam conta do problema dos planetas¹⁴. Na verdade, todos esses sistemas derivados do de

¹¹ A influência da Igreja, segundo Kuhn, fora determinante para o progresso ou estagnação da ciência do século IV até o XVI. Durante o período que antecedeu o século X e após o século XVI, Kuhn diz que: “[...] a influência da Igreja era, em geral, anticientífica” (KUHN, 1995, p. 106). Essa atitude anticientífica não ocorrera no início da Idade Média. Nesse período, o saber secular era não apenas incentivado como também dominado pela Igreja. A mesma Igreja que deu suporte para o desenvolvimento do *De Revolutionibus* de Copérnico foi a mesma que banuiu todos os livros que defendiam a realidade do movimento da Terra em 1616 (KUHN, 1995, p. 106).

¹² “Ao longo da Idade Média e em grande parte do Renascimento a Igreja Católica era a autoridade intelectual dominante de toda a Europa” (KUHN, 1995, p. 106).

¹³ Segundo Kuhn, havia uma dúzia ou mais de modelos derivados do *Almagesto*. Rapidamente se multiplicavam com o crescimento de astrônomos tecnicamente hábeis (KUHN, 1995, p. 140).

¹⁴ Em suma, tal problema é caracterizado pelos movimentos que os planetas conhecidos no mundo antigo faziam, os quais não mantinham o padrão de movimento dos outros corpos celestes: “[...] o termo planeta é derivado da palavra grega que significa ‘andarrilho’ (ou vagabundo), e foi empregue até depois

Ptolomeu produziram uma espécie de monstro.¹⁵ O termo “monstro”, no contexto, se refere a complexidade do sistema original, ainda que preservando certos princípios, para lidar com os mesmos problemas. Sua complexidade matemática não pode ser realizada, considerando a existência física das esferas.

Copérnico supôs que deveria existir um erro fundamental dentro da astronomia planetária tradicional; ou que algo estranho e sem relevância poderia ter sido inserido no sistema. Em suas considerações, ele faz uma análise das dificuldades dos astrônomos em dar conta do movimento dos planetas¹⁶ e expõe o problema das inúmeras astronomias derivadas da ptolomaica que fizeram com que esse monstro se desenvolvesse e gerasse tamanho desconforto e ineficácia em seu entendimento. Esse mal-estar foi compreendido por meio da prática corriqueira da ciência, conforme descrito em *CR*:

Pela primeira vez, um astrônomo tecnicamente competente tinha rejeitado uma tradição científica honrada pelo tempo por razões internas da sua ciência, e essa consciência profissional da falácia técnica inaugurou a revolução copernicana. Uma necessidade sentida foi a mãe da invenção de Copérnico. Mas o sentimento de necessidade era novo. A tradição astronômica não parecia monstruosa anteriormente. Na época de Copérnico, ocorrera uma metamorfose, e o seu prefácio descreve brilhantemente as causas sentidas dessa transformação (KUHN, 1995, p. 139).

O desafio técnico, ou seja, o problema dos planetas, gerou um incômodo capaz de fazer com que um astrônomo, inserido na tradição de sua época, pudesse pensar na possibilidade de um equívoco nos alicerces da teoria. Todavia, em que momento passaram a ser tão incômodas? Por que tais problemas não foram reconhecidos anteriormente ou, se já eram percebidos, por que se tornaram incômodos somente depois de tanto tempo? Se o sistema de Copérnico não era nem mais exato nem mais

da vida de Copérnico para distinguir os corpos que se moviam ou ‘vagavam’ entre as estrelas daqueles que mantinham as suas posições relativas” (KUHN, 1995, p. 45).

¹⁵ “[...] é como se um artista tivesse que reunir as mãos, pés, cabeça e outros membros para sua imagem, de diversos modelos, cada parte excelentemente desenhada, mas não dizendo respeito a um único corpo, e uma vez que de modo algum eles se correspondem, o resultado seria mais um monstro do que um homem. Assim, no curso das suas exposições, a qual os matemáticos chamam o seu sistema... descobrimos que eles ou omitiram algum detalhe indispensável ou introduziram algo estranho e totalmente irrelevante” (KUHN, 1995, p. 139).

¹⁶“Então, gostaria que Vossa Santidade soubesse que fui induzido a pensar em um método de cálculo dos movimentos das esferas por nenhum outro motivo que não fosse o conhecimento de que os matemáticos são inconsistentes nessas investigações” (KUHN, 1995, p.38).

Havia 7 planetas conhecidos no mundo antigo: “Para os Gregos e os seus sucessores, o Sol era um dos sete planetas. Os outros eram a Lua, Mercúrio, Vênus, Marte, Júpiter e Saturno. As estrelas e estes sete planetas eram os únicos corpos reconhecidos como celestes na antiguidade” (KUHN, 1995, p. 45).

simples do que os sistemas derivados do *Almagesto*, por que razões ele deveria ser adotado? Quais argumentos poderiam ter contribuído para a aceitação, por parte de alguns, da teoria copernicana? Segundo o que é apresentado em *CR*, a percepção desse problema só foi possível diante da influência de outros fatores que não estariam, necessariamente, associados ao trabalho usual dos pesquisadores.

Uma razão forte para o questionamento da eficácia de uma teoria, segundo Kuhn, é a contínua inexactidão e propagação de uma teoria outrora vigente. Por outro lado, haveria outra motivação que poderia ter possibilitado que Copérnico reconhecesse o problema que descreveu: “O conhecimento de Copérnico da monstruosidade dependeu do clima alargado das opiniões filosóficas e científicas [...]” (KUHN, 1995, p. 141). Nesse sentido, a influência do neoplatonismo poderia ter feito com que Copérnico procurasse uma solução simples e precisa para o problema dos planetas. Alguém sem esse viés neoplatônico poderia aceitar que o problema dos planetas não tivesse, ao mesmo tempo, uma solução simples e perfeita (KUHN, 1995, p. 141). Um astrônomo alheio à tradição escolástica poderia não ser capaz de desenvolver críticas paralelas ao seu próprio campo (KUHN, 1995, p. 141). Para Kuhn, esse tipo de influência da época poderia ter levado Copérnico a reconhecer o problema:

Embora pareça desconhecê-las, Copérnico foi levado por estas correntes filosóficas, enquanto os seus contemporâneos eram, sem o saber, levados pelo movimento da Terra. O trabalho de Copérnico permanece incompreensível a menos que seja visto na sua relação tanto do estado interno da astronomia como do clima intelectual amplo da época. Ambos em conjunto produziram o monstro (KUHN, 1995, p. 141).

A constatação do problema é resultado das imprecisões encontradas no decurso do trabalho de pesquisa dentro da tradição ptolomaica e suas derivações. *No entanto, tais imprecisões não seriam reconhecidas sem a influência intelectual da época.* A principal contribuição de Copérnico para a revolução que leva seu nome teria sido, segundo Kuhn, o reconhecimento da necessidade de desenvolvimento de novas técnicas (KUHN, 1995, p. 144).

Apesar de não ter sido o primeiro a considerar o movimento da Terra, Copérnico: “[...] foi o primeiro a desenvolver uma explicação detalhada das consequências astronômicas do movimento da Terra” (KUHN, 1995, p.144). A inovação matemática na explicação da moção terrestre foi o que deu início à revolução copernicana. O movimento da Terra era um produto secundário do problema dos

Planetas, mas Copérnico não podia ignorar os problemas que essa nova concepção levantava; ele dedicou o primeiro livro introdutório do *De Revolutionibus* para o público leigo. Esse primeiro livro apresenta problemas, pois os argumentos nele contidos não são muito convincentes e muito menos inovadores. Segundo Kuhn, apenas um homem que: “[...] como Copérnico tivesse outras razões para supor que a Terra se movia teria levado inteiramente a sério o Primeiro Livro do *De Revolutionibus*” (KUHN, 1995, p. 145).

1.1.1. Influência de aspectos intelectuais

A astronomia planetária era, segundo Kuhn, praticamente inexistente durante a Idade Média, pelo menos tal como compreendemos a ciência astronômica hoje.¹⁷ No entanto, o acesso aos trabalhos de Ptolomeu e Aristóteles, ainda na Idade Média, segundo Kuhn, foi um importante momento para a ciência moderna e resultou na retomada da pesquisa científica centrada nos escritos antigos.¹⁸ O que teria trazido a astronomia para uma posição de maior destaque durante o período renascentista é um dos pontos abordados em *The Copernican revolution*.

Diversos fatores poderiam ter contribuído para a guinada astronômica na época de Copérnico.¹⁹ Tais aspectos fariam parte do clima social alargado no qual ele estava inserido. Períodos de agitação geral teriam facilitado a inovação copernicana, de acordo com Kuhn:

Uma vez que os estereótipos são mais prontamente banidos durante os períodos de agitação geral, a turbulência da Europa durante o Renascimento e a Reforma facilitou a inovação astronômica de

¹⁷ Essa afirmação de Kuhn seria discutível para alguns pesquisadores.

¹⁸ *De Caelo (Sobre o céu)* de Aristóteles descrevia todo o universo em termos simples enquanto o *Almagesto*, de Ptolomeu, tratava em sua maior parte dos cálculos das posições planetárias. Porém, a lógica, a filosofia e a cosmologia aristotélica foram assimiladas mais rapidamente do que a astronomia ptolomaica (KUHN, 1995, p. 123-124). A metafísica, a física e a cosmologia tiveram desenvolvimentos significativos baseados na teoria de Aristóteles, mas a astronomia de Ptolomeu, por outro lado, não teve uma tradição astronômica europeia suficientemente desenvolvida para rivalizar com a sua (KUHN, 1995, p. 124). Kuhn destaca que, para os europeus da geração de Copérnico, a astronomia era praticamente um campo novo: “[...] e era praticada num ambiente social e intelectual bem diferente de qualquer outro em que a astronomia havia sido praticada antes” (KUHN, 1995, p. 124). Esse ambiente diferente do qual Kuhn trata é central para o ponto dele relativo à importância da história das ideias.

¹⁹ Dentre eles Kuhn destaca: períodos de agitação geral durante o período renascentista que incluem a reforma da Igreja liderada por Lutero e Calvino, ocorrida na Europa; mudanças de governo; novas tecnologias; nova aristocracia comercial rivalizando com as antigas aristocracias da Igreja e com as nobrezas rurais; viagens marítimas que apresentaram uma geografia distinta da descrita na teoria de Ptolomeu e a necessidade de uma reforma no calendário (KUHN, 1995, p. 124-126).

Copérnico. Mudanças num campo diminuem o domínio dos estereótipos em outros. Inovações radicais na ciência têm ocorrido repetidamente durante períodos de convulsão nacional e internacional, e a vida de Copérnico ocorre durante um desses períodos (KUHN, 1995, p. 124).

Dentro desse espectro de fatores englobados por esse período de agitação geral, as viagens marítimas ocupam um espaço relevante:

Viagens de sucesso demandavam melhores mapas e técnicas de navegação, e estas dependiam em parte do aumento do conhecimento sobre os céus (KUHN, 1995, p. 125).

Além do aumento da demanda por astrônomos com maior capacidade de desenvolver melhores mapas e instrumentos para viagens marítimas, o que mudou a atitude em relação a esse campo foi a possibilidade de contestar as concepções geográficas de Ptolomeu:

Os homens aprenderam rapidamente quão erradas as antigas descrições sobre a forma da Terra poderiam estar. Em particular, aprenderam como Ptolomeu podia estar errado, pois Ptolomeu fora o maior geógrafo assim como o maior astrônomo e astrólogo da antiguidade (KUHN, 1995, p. 125).

Tais constatações feitas nas viagens fizeram com que o homem do período renascentista se desse conta de que era capaz de corrigir, pelo menos, a geografia ptolomaica. Além disso, Kuhn acredita que essa correção da geografia ptolomaica prepararia os homens renascentistas “[...] para mudanças nos seus próprios campos intimamente relacionados” (KUHN, 1995, p. 125).

Com a nova demanda e a conseqüente perícia dos novos astrônomos no período renascentista, falhas nos cálculos do antigo calendário juliano foram percebidas (KUHN, 1995, p. 125). Quando a reforma do calendário se tornou um projeto oficial da Igreja, Copérnico foi requisitado para aconselhar o Papado.²⁰ Ele entendia que a reforma do calendário exigia uma reforma da astronomia e, no Prefácio do *De Revolutionibus*, Copérnico sugeriu que sua nova teoria poderia tornar possível um novo calendário (KUHN, 1995, p. 126).

²⁰ Copérnico tinha convicção de que as observações disponíveis, até então, não seriam suficientes para a formulação de um calendário adequado, então recusou participar da reforma do calendário de início (KUHN, 1995, p. 125-126).

Ao se ter acesso a manuscritos no “original” (ou poderíamos dizer versões) em grego dos textos antigos, algumas falhas das traduções árabes²¹, as primeiras que foram acessíveis no período medieval, se confirmaram. Os novos manuscritos, segundo Kuhn, trouxeram luz a algumas passagens de Ptolomeu e Aristóteles que os escolásticos²² outrora viam como mal traduzidas ou mal interpretadas. A partir do reconhecimento de algumas falhas nas traduções árabes, houve uma ascensão nos estudos a partir dos manuscritos em grego (KUHN, 1995, p. 126).

O humanismo²³, movimento filosófico importante de caráter mais literário e até mesmo anticientífico, está dentre os movimentos intelectuais emergentes no período de Copérnico. A perspectiva humanista se opusera a Aristóteles, aos escolásticos e à tradição do saber universitário inúmeras vezes, de acordo com Kuhn (KUHN, 1995, p. 127). Entretanto, por mais que a ciência não estivesse entre os interesses humanistas, eles teriam contribuído com dois efeitos relevantes na mudança científica. O primeiro deles foi a oposição ao aristotelismo que dominava aquele tempo, favorecendo a ruptura com os conceitos aristotélicos. O segundo efeito, o mais importante na visão de Kuhn: “[...] foi a surpreendente fertilização da ciência devido à forte tensão externa que caracterizava o pensamento humanístico” (KUHN, 1995, p. 127). Esse segundo aspecto parece ter despertado nos cientistas renascentistas como Copérnico, Galileu e Kepler duas ideias não aristotélicas: “[...] uma nova crença na possibilidade e importância da descoberta de regularidades aritméticas e geométricas simples na natureza, e uma nova visão do Sol como a fonte de todos os princípios vitais e forças do universo” (KUHN, 1995, p. 128). Nesse sentido, o humanismo teria contribuído para romper com o aristotelismo e aberto caminho para o neoplatonismo.

²¹ “Pois se as primeiras traduções de obras filosóficas e científicas gregas para o latim foram feitas, não diretamente do grego, mas através do árabe, isso não ocorreu somente porque não mais havia – ou ainda não há – ninguém, no Ocidente, que soubesse grego, mas também e talvez principalmente porque não havia ninguém capaz de compreender livros tão difíceis como a *Física* ou a *Metafísica*, de Aristóteles, ou o *Almagesto*, de Ptolomeu, e porque, sem a ajuda de Alfarabi, de Avicena ou de Averróis, os latinos nunca teriam tido acesso a tais obras” (KOYRÉ, 1991, p. 24).

²² A intensidade com que os escritos antigos eram analisados pela escolástica também caracterizaram um fator importante para as mudanças que preparariam o caminho para a revolução copernicana, segundo Kuhn. O modo como esses pesquisadores se dedicavam aos escritos aristotélicos, e de seus comentadores, possibilitou a eles esclarecerem certos pontos e encontrarem inconsistências que, sem esse comprometimento, não seria possível: “E ainda mais importante do que estas é a atitude que os cientistas modernos herdaram dos seus predecessores medievais: uma fé ilimitada no poder da razão humana para resolver os problemas da natureza” (KUHN, 1995, p. 123).

²³ “Mas há outros aspectos do Renascimento mais intelectuais, que desempenharam de algum modo um papel um pouco diferente na revolução. Estão associados ao humanismo, o movimento dominante aprendido na época, e o seu efeito foi menos sobre o tempo da Revolução do que sobre sua forma. O humanismo não era sobretudo um movimento científico” (KUHN, 1995, p. 127).

A retomada do neoplatonismo foi um fator intelectual muito importante para os desenvolvimentos de Copérnico, de seus contemporâneos e sucessores, na visão de Kuhn. Mesmo com todo o misticismo (ou talvez por conta dele), o neoplatonismo trazia consigo elementos que deram uma direção importante à ciência renascentista (KUHN, 1995, p. 128). A visão mística da matemática, o culto ao Sol, que parece derivar de uma origem mais obscura, e a identificação com Deus²⁴ durante o período renascentista estaria associada ao neoplatonismo.²⁵ Os humanistas beberam dessa fonte e, de acordo com Kuhn, tal influência teve impacto decisivo em Copérnico e em outros importantes revolucionários da ciência.

A inclinação de Copérnico ao neoplatonismo crescente de sua época é ressaltada por Kuhn²⁶. O neoplatonismo é explícito não só na atitude de Copérnico relativa ao Sol como também na simplicidade matemática (KUHN, 1995, p. 131). A magia da matemática e o culto ao sol também marcam as pesquisas de Kepler e continuaram a ser pontos de destaque no contato explícito entre o neoplatonismo renascentista e a nova astronomia (KUHN, 1995, p. 132).

1.1.2. Argumento estético

As três primeiras seções do Primeiro Livro do *De Revolutionibus* se valem, precisamente, de um argumento estético para concordar com a esfericidade da Terra: “E isso porque é essa a figura mais perfeita, não sendo articulada, mas um todo completo em si próprio” (KUHN, 1995, p. 146). Copérnico convenceu alguns de seus sucessores que a astronomia centrada no Sol possuía a chave para o problema dos planetas e, de fato, seus sucessores foram capazes de finalmente encontrar a solução exata e simples que Copérnico buscou (KUHN, 1995, p. 171-172). Todavia, que apelo fora tão forte para que outros pudessem levar em consideração a teoria copernicana?

²⁴ A ênfase renovada na criatividade infinita de Deus também pode ter sido um elemento importante no clima de opiniões vivido por Copérnico, segundo Kuhn (KUHN, 1995, p. 132).

²⁵ Platão deu ênfase ao estudo da matemática como um treino para o espírito no estudo das Formas (KUHN, 1995, p. 128).

²⁶ “Quando o pupilo de Novara, Copérnico, se queixou de que os astrônomos ptolomaicos “pareciam violar o primeiro princípio da uniformidade do movimento” e que eles tinham sido incapazes de “deduzir a coisa principal – nomeadamente a forma do Universo e a imutável simetria das suas partes”, ele estava participando da mesma tradição neoplatônica. A tensão neoplatônica se mostra ainda mais forte no grande sucessor de Copérnico, Kepler” (KUHN, 1995, p. 129).

Kuhn atribui a questões de gosto.²⁷ Questões estéticas e de gosto são fatores a serem considerados para entender a adoção da teoria de Copérnico, na visão de Kuhn. Uma das vantagens estéticas do sistema copernicano é a explicação que ele dá à principal característica qualitativa do movimento planetário sem usar epiciclos²⁸ (KUHN, 1995, p.172). Porém, esse tipo de convencimento funciona apenas para aqueles astrônomos que valorizam mais a pureza qualitativa do que a exatidão quantitativa²⁹ (KUHN, 1995, p. 172).

A diferença entre as explicações dadas para os movimentos retrógrados dos planetas nos modelos geocêntrico e heliocêntrico era, principalmente, relacionada à simplicidade. A explicação do modelo heliocêntrico era simples, bonita e simétrica, ao passo que a do sistema geocêntrico dava muitas voltas. A ênfase na “simetria admirável” e o “claro vínculo de harmonia no movimento e grandeza das Esferas” permeiam o capítulo 10 do Livro 1 do *De Revolutionibus*. Copérnico tenta convencer seus contemporâneos não familiarizados com as técnicas matemáticas complexas que ele dominava, usando argumentos simétricos. Há muitos argumentos desse gênero e cada um deles menciona um aspecto das aparências que podem ser explicitadas pelo sistema de Ptolomeu ou de Copérnico. Cada um desses argumentos visa justificar o quão mais harmoniosa, coerente e natural é a explicação copernicana. A soma das evidências extraídas da harmonia tem por único objetivo impressionar. Tais argumentos não são nada pragmáticos, eles não apelam para o sentido utilitário dos astrônomos, mas apenas para seu sentido estético (KUHN, 1995, p. 181). As novas harmonias não traziam nenhum aumento na exatidão ou simplicidade e não acrescentavam em nada para o trabalho do astrônomo. Mas que tipo de apelo tinha esse argumento de Copérnico? Para quem se destinava? Kuhn responde:

Portanto, eles podiam e apelavam primeiramente para aquele, limitado e talvez irracional, subgrupo de astrônomos matemáticos cujo ouvido neoplatônico para as harmonias matemáticas não poderia ser

²⁷ “[...] na ausência do aumento de economia ou precisão, que razões havia para transpor a Terra e o Sol? A resposta a esta pergunta não está facilmente desenredada dos detalhes técnicos que enchem o *De Revolutionibus*, porque, como o próprio Copérnico reconheceu, o apelo real da astronomia centrada no Sol era mais estético do que pragmático. Para os astrônomos, a escolha inicial entre o sistema de Copérnico e o de Ptolomeu poderia ser apenas uma questão de gosto, e as questões de gosto são as mais difíceis de todas de definir ou debater. No entanto, como a própria revolução copernicana indica, questões de gosto não são insignificantes. O ouvido equipado para discernir a harmonia geométrica poderia detectar uma nova pureza e coerência na astronomia de Copérnico centrada no Sol, e se essa pureza e coerência não tivessem sido reconhecidas, poderia não ter havido revolução” (KUHN, 1995, p.172).

²⁸ Ainda que epiciclos fossem necessários para dar maior precisão.

²⁹ Kuhn cita Galileu como alguém que levou tais argumentos em conta (KUHN, 1995, p. 172).

obstruído por página após página de matemática complexa levando, finalmente, a predições numéricas dificilmente melhores do que aquelas que tinham conhecido antes. Felizmente, como descobriremos no próximo capítulo, havia alguns astrônomos desse tipo. O trabalho deles é também um ingrediente essencial da Revolução Copernicana (KUHN, 1995, p. 181).

Há problemas no argumento estético utilizado por Copérnico para angariar adeptos. Contudo, Kuhn entende que, aparentemente, a concepção filosófica neoplatônica e outros aspectos da época fizeram com que alguns pudessem enxergar uma coerência harmônica na teoria de Copérnico. Isso teria motivado trabalhos posteriores que desenvolveriam uma nova concepção da maneira como mundo era visto e, conseqüentemente, resultaria no rompimento com a tradição.

1.1.3. Fator simbólico

O fator simbólico no novo universo cristão guiado pela física e cosmologia aristotélica denota um aspecto psicológico relevante. Segundo Kuhn: “[p]ara os Cristãos, no entanto, o novo universo tinha tanto um significado simbólico como literal [...]” (KUHN, 1995, p. 112). Esse significado forte, segundo Kuhn, emergiu no final da Idade Média e tem na obra *A Divina Comédia*, do poeta *Dante Alighieri*, uma alegoria do universo aristotélico/ptolomaico que poderia explicar a lógica externa dada pelos cristãos. Foi justamente o simbolismo cristão que Dante quis mostrar (KUHN, 1995, p. 112). Esse simbolismo denota uma função psicológica de pertencimento, de morada, de lugar onde o indivíduo se situa. Não haveria, na leitura de Kuhn, outro universo possível para Dante que não fosse o aristotélico e ele abordou bem esse tema em sua obra:

Através da alegoria, a sua Divina Comédia fez parecer que o universo medieval não poderia ter tido outra estrutura a não ser a Aristotélica-Ptolomaica. Como ele o retrata, o universo das esferas reflete a esperança do homem e o seu destino. Tanto física como espiritualmente, o homem ocupa uma posição intermediária crucial neste universo preenchido como por uma cadeia hierárquica de substâncias, que se estende desde o barro inerte até ao espírito puro do Empírico. O homem é composto por um corpo material e por uma alma espiritual: todas as outras substâncias são ou matéria ou espírito. A localização do homem também é intermediária; a superfície da Terra está perto do seu centro degradado e corpóreo, mas dentro de uma periferia celeste que a cerca simetricamente. O homem vive na sordidez e na incerteza e está muito perto do inferno. Mas a sua

localização central é estratégica, porque em qualquer lugar que ele esteja é visto por Deus. Tanto a natureza dupla do homem como a sua posição intermediária reforça a escolha que constitui o drama do Cristianismo (KUHN, 1995, p. 112-113).

A passagem acima explica essa questão simbólica e reforça o que um conceito de uma Terra móvel, partindo dessa concepção, poderia significar para o aspecto psicológico: “Mover a Terra era quebrar a cadeia contínua do ser criado” (KUHN, 1995, p. 113). A astronomia estava também associada às questões teológicas e, durante os séculos XIV e XV, as funções teológicas dos astrônomos nem sempre se caracterizavam por medir os céus (KUHN, 1995, p. 114). O tipo de astronomia praticado era bem diferente do que entendemos atualmente como prática astronômica. Interesses como: explicar o movimento dos epiciclos e dos deferentes feitos por seres angelicais; indicar o lugar onde Deus habita; e outras preocupações teológicas aumentaram a complexidade da astronomia nessa época: “Mover a Terra pode exigir mover o Trono de Deus” (KUHN, 1995, p. 114). Essas questões estão associadas a fatores simbólicos que trazem conforto psicológico e romper com essa necessidade de pertencimento a um lugar não parece ser uma tarefa das mais simples.

1.1.4 Cosmologias e as funções de um esquema conceitual

O papel das cosmologias antigas e a função que um esquema conceitual exerce no sentido de nortear as ações do homem foram abordados em *CR*. No caso da cosmologia, ela poderia ser entendida como um “[...] conjunto de concepções do homem acerca da estrutura do universo” (KUHN, 1995, p. 4). Na perspectiva moderna, a astronomia exerce grande impacto na cosmologia. Nossas concepções são intimamente ligadas aos resultados obtidos pela ciência que nos domina. Porém, a criação das cosmologias é bem mais antiga do que as observações detalhadas do céu e da Terra que caracterizam a atividade dos astrônomos³⁰. As cosmologias primitivas não se baseavam tanto nos dados observáveis tão comuns na atividade astronômica. Elas tinham por objetivo dar sentido às ações:

³⁰ “O impulso de construir cosmologias é muito mais antigo e primitivo do que a necessidade de fazer observações sistemáticas do céu. Além disso, a forma primitiva do impulso cosmológico é particularmente informativa porque realça características obscuras das cosmologias mais técnicas e abstratas que hoje em dia são familiares” (KUHN, 1995, p. 5).

Aparentemente, todos estes esboços da estrutura do universo, preenchem uma necessidade psicológica: Eles fornecem um norte para as atividades diárias do homem e as atividades dos seus deuses (KUHN, 1995, p. 6).

Ao longo da história, as cosmologias têm sido eficientes em dar conta das necessidades psicológicas. Tal necessidade é entendida por Kuhn como inerente ao homem, pois, sem esse sentido, sem a sensação de pertencimento, o homem não conseguiria existir.³¹ Entretanto, em certo momento, apenas dar sentido às ações não era o bastante. No instante em que a astronomia começou a se desenvolver³², as cosmologias precisavam também dar conta de explicar os fenômenos observáveis:

A exigência de que uma cosmologia forneça tanto uma análise psicologicamente satisfatória da visão do mundo, como uma explicação do fenômeno observado da mudança diária do nascer do sol, aumentou vastamente o poder do pensamento cosmológico (KUHN, 1995, p. 7).

A necessidade do aval de um astrônomo, ou seja, de compreensão do fenômeno observado, nem sempre foi conveniente. As observações sistemáticas podem tanto constatar quanto contrariar uma cosmologia e isso pode significar a constatação da ineficácia de uma cosmologia que outrora dava sentido ao universo:

O astrônomo pode, às vezes, destruir, por razões inteiramente associadas à sua especialidade, uma visão de mundo que anteriormente fez o universo significativo para os membros de toda uma civilização, tanto especialistas como não especialistas (KUHN, 1995, p. 7).

A partir do momento em que os astrônomos foram responsáveis por coletar os dados obtidos por meio das observações dos céus, algo mudou. Segundo Kuhn,

³¹ “O homem não consegue existir muito tempo sem inventar uma cosmologia, porque uma cosmologia pode fornecer-lhe uma visão de mundo que permeia e dá sentido a todas as suas ações, práticas e espirituais” (KUHN, 1995, p. 6).

³² O desenvolvimento da astronomia, ou seja, das observações detalhadas do céu, e sua associação estreita com a cosmologia tiveram seu início na Grécia Helênica, segundo Kuhn: “Mas esta estreita associação da astronomia e da cosmologia é temporal e geograficamente local. Todas as civilizações e culturas das quais temos registros têm tido uma resposta para a questão: ‘Qual é a estrutura do universo?’. Mas apenas as civilizações ocidentais que descendem da Grécia Helênica prestaram bastante atenção à aparência dos céus para chegar a essa resposta” (KUHN, 1995, p. 5).

qualquer coisa muito parecida aconteceu na revolução copernicana e o convite para entender esse caso passa pela necessidade de analisar as cosmologias mais primitivas a partir de um novo viés.³³

A interpretação dos dados observáveis³⁴ possui um caráter que ultrapassa aquilo que é fornecido pela mera observação: “fica para além do conteúdo das observações em si” (KUHN, 1995, p. 25). A questão que se põe é: o que caracteriza a interpretação dos dados observáveis? Segundo Kuhn, há certos dados empíricos que não dependem tanto da objetividade do observador e isso influencia na elaboração de um esquema conceitual:

Observações como essas acima discutidas, no entanto, são apenas pistas para um quebra-cabeças cujas teorias inventadas por astrônomos são tentativas de solução. As pistas são, em algum sentido, objetivas, dadas pela natureza; o resultado numérico deste tipo de observação depende muito pouco da imaginação ou personalidade do observador (embora a maneira como os dados são organizados possa depender). Mas as teorias ou esquemas conceituais derivados dessas observações dependem da imaginação dos cientistas. Eles são totalmente subjetivos (KUHN, 1995, p. 26).

Dois aspectos importantes ficam explícitos nessa passagem. Em primeiro lugar, os dados fornecidos pela natureza são, de algum modo, objetivos. Porém, a elaboração de uma teoria não se baseia completamente neles. Em segundo lugar, para a escolha ou desenvolvimento de uma teoria, a imaginação do cientista cumpre um papel muito importante. Em outras palavras, segundo Kuhn, as teorias ou esquemas conceituais são totalmente subjetivos quando não são levados em

³³ Esse convite tem muito a ver com a proposta historiográfica de Kuhn e foi um trabalho empenhado em *CR*. Trata-se de um imperativo de ação que está associado a um aspecto muito importante no tipo de história que Kuhn defende e pratica. Abordaremos isso no próximo capítulo quando tratarmos especificamente do tipo de história que Kuhn adota: “Alguma coisa muito parecida com isto aconteceu durante a revolução copernicana. Para compreendermos, devemos nós mesmos, portanto, nos tornarmos em algo parecido com especialistas. Em particular, devemos conhecer as principais observações, todas elas acessíveis a olho nu, e das quais dependem as duas principais cosmologias do ocidente, a ptolomaica e a copernicana” (KUHN, 1995, p. 7).

³⁴ “Termos como pôr do sol, nascer do sol e movimento diurno de uma estrela, falando estritamente, não fazem parte de nenhum registro de observação. São parte de uma interpretação dos dados, e embora esta interpretação seja tão natural que dificilmente possa ser afastada do vocabulário com o qual as observações são discutidas, fica para além do conteúdo das observações em si. Dois astrônomos podem concordar perfeitamente sobre os resultados da observação e, ainda, discordarem agudamente sobre questões como a realidade do movimento das estrelas” (KUHN, 1995, p. 25).

consideração apenas os dados percebidos pelo observador, pois a imaginação dele também contribui para a elaboração de um esquema conceitual.

1.1.5. O universo de duas esferas

Na Grécia antiga, havia diversas teorias que procuravam dar uma explicação para o comportamento dos corpos celestes e da Terra a partir do que era possível ser observado³⁵. Porém, uma teoria se destacou frente às outras, obtendo mais adeptos e se desenvolveu ao longo dos séculos³⁶. Não se tratava de uma astronomia, mas de uma cosmologia³⁷. Kuhn chama essa teoria cosmológica de “[...] ‘o universo de duas esferas’, consistindo em uma esfera interior para os homens, e de uma esfera exterior para as estrelas” (KUHN, 1995, p. 27). Havia diversos universos de duas esferas na antiguidade, mas uma vez que o esquema de duas esferas foi estabelecido, essa estrutura nunca foi questionada: “[p]or quase dois milênios, guiou a imaginação de todos os astrônomos e de muitos filósofos” (KUHN, 1995, p. 28).

Existe um argumento estético em favor de um universo esférico. A esfera, figura geométrica que possui a face completamente simétrica, pode rodar sobre si eternamente, ocupando o mesmo espaço em cada momento de seu movimento. Além disso, a esfera se ajusta bem à ideia de um universo eterno e autossuficiente e foi basicamente esse argumento que Platão utilizou no diálogo *Timeu* (PLATO, 2009, p. 21-22).

³⁵ Os gregos foram os responsáveis, segundo Kuhn, pelo desenvolvimento do trabalho do astrônomo. Ou seja, a prática de fazer observações sistemáticas do céu (KUHN, 1992, p. 26). Esse mérito dado aos gregos é corroborado por alguns fragmentos antigos e, em comparação com outros modelos da antiguidade, como o dos Egípcios por exemplo, eram concepções astronômicas mais avançadas. Tais concepções gregas privilegiavam mecanismos terrestres familiares, retirando a necessidade de atribuir um papel aos deuses em suas concepções (KUHN, 1995, p. 26).

³⁶ “Para muitos filósofos e astrônomos gregos, a partir do século IV, a Terra era uma pequena esfera suspensa estacionária no centro geométrico de uma esfera rotativa muito maior que transportava as estrelas. O Sol movia-se no vasto espaço entre a Terra e a esfera das estrelas. Fora da esfera exterior, não havia absolutamente nada, nem espaço, nem matéria, nada. Na antiguidade, esta não era a única teoria sobre o universo, mas foi a que ganhou mais adeptos, e é uma versão desenvolvida desta teoria que o mundo medieval e moderno herdou dos antigos” (KUHN, 1995, p. 27).

³⁷ Segundo Kuhn, uma cosmologia diz respeito ao “[...] conjunto de concepções do homem quanto à estrutura do universo” (KUHN, 1995, p. 4). A astronomia, por outro lado, se caracteriza pelas observações minuciosas do céu e da Terra, i.e., os dados coletados a partir dessa prática (KUHN, 1995, p. 5).

A Terra estar em uma posição central, estacionária, também ajuda no argumento de sua esfericidade:

Em que direção pode cair um corpo do centro de uma esfera? Não existe 'para baixo' no centro, e em todas as direções é igualmente 'para cima', portanto a Terra deve ficar no centro, eternamente estável enquanto o universo gira à sua volta (KUHN, 1995, p. 29-30).

Esse tipo de argumento era muito importante no pensamento antigo, medieval e até moderno. Esses argumentos soam estranhos para nós que estamos acostumados com as teorias de nossos dias, mas, segundo Kuhn, a simetria das duas esferas cumpria uma função importante no pensamento não somente astronômico, mas também no físico e teológico.³⁸

Kuhn refere-se ao universo de duas esferas como um esquema conceitual. Ele ressalta que se trata de uma teoria que transcende as observações puras:

Ao contrário das observações descritas nas seções anteriores deste capítulo, o universo de duas esferas é um produto da imaginação humana. É um esquema conceitual, uma teoria, derivada das observações, mas ao mesmo tempo transcendendo-as (KUHN, 1995, p. 36).

A teoria trata de fatores que vão para além do que é observado. Ou seja, na composição de uma cosmologia, outros aspectos que não se limitam somente aos dados observados são inseridos na formulação de uma teoria. Ademais, Kuhn enxerga um papel fundamental das observações nas teorias científicas no que concerne às funções lógicas e psicológicas que compõem o corpo de uma teoria:

[...] a cosmologia das duas esferas não é completa. Mas já fornece ilustrações convincentes de algumas funções lógicas e psicológicas que as teorias científicas podem executar para os homens que as desenvolvem ou fazem uso delas. A evolução de qualquer esquema conceitual científico, astronômico ou não astronômico, depende do

³⁸ Kuhn apresenta algumas razões pelas quais o argumento simétrico cumpria um papel tão importante: “Embora esses argumentos de simetria possam parecer estranhos hoje (argumentos para uma conclusão desacreditada geralmente parecem estranhos), eles foram muito importantes no pensamento antigo, medieval e moderno. Uma discussão sobre simetria, como a de Platão, mostra a adequação da cosmologia de duas esferas; explica por que o universo foi criado na forma esférica” (KUHN, 1995, p. 30). Segundo Kuhn: “[...] a simetria das duas esferas forneceu importantes ligações entre o pensamento astronômico, físico e teológico, porque era essencial para cada um” (KUHN, 1995, p. 30).

modo como ele (o cientista) representa estas funções (KUHN, 1995, p. 37).

Eis a importância de um esquema conceitual que vai para além das observações. O esquema traz consigo efeitos psicológicos, uma lógica subjacente e outros componentes alheios ao trabalho corriqueiro que compõem a mente de um cientista. Essas características cumprem um papel relevante para o desenvolvimento de uma teoria.

O universo de duas esferas possui também outra característica importante, ele fornece o que Kuhn chama “economia conceitual”. Cada observação, em separado, faz parte de “uma lista” de simples fatores sobre o céu “[...] e é difícil reter na memória toda a lista simultaneamente” (KUHN, 1995, p. 37). O esquema conceitual, nesse caso o universo de duas esferas, assistiria à memória do astrônomo:

Um homem que observe o céu com o universo das duas esferas firmemente fixado na mente achará que o esquema conceitual revela um padrão entre diferentes observações não relacionadas, que uma lista de observações se torna, pela primeira vez, um todo coerente e que os itens individuais da lista são, portanto, mais facilmente recordados (KUHN, 1995, p. 37-38).

O universo de duas esferas ajuda à memória do astrônomo na medida em que oferece um “resumo” das observações já integradas ao esquema conceitual. Ou seja, a necessidade de armazenar todos os itens provenientes das observações torna-se desnecessária: “Cada observação é um item separado em uma longa lista de fatos simples sobre os céus, e é difícil reter toda a lista na memória simultaneamente” (KUHN, 1995, p. 37). Esses resumos possibilitam o acúmulo de informações detalhadas acerca da natureza, o que ajuda o cientista (KUHN, 1995, p. 38). Todavia, esses resumos nem sempre derivam das observações. Segundo Kuhn, as próprias observações podem derivar do modelo teórico:

O modelo substitui a lista, porque, como já vimos, as observações podem derivar do modelo. Frequentemente elas nem mesmo precisam ser derivadas (KUHN, 1995, p. 37).

A possibilidade de as observações derivarem de aspectos estranhos ao modelo indica a necessidade de recorrer à memória do astrônomo quando precisarem ser derivadas.

A necessidade de o cientista acreditar ou não na teoria, isto é, o crédito dado ou a desconfiança direcionada a ela, foi discutido por Kuhn. Segundo ele, um esquema não precisa da crença do cientista em sua verdade para que ofereça um resumo econômico (KUHN, 1995, p. 38). No entanto, outras funções dependem da crença no esquema conceitual: “Mas os esquemas conceituais têm tanto funções lógicas como psicológicas, e estas realmente dependem da crença ou incredulidade do cientista” (KUHN, 1995, p. 38). A crença do cientista no esquema será primordial em seu trabalho, pois ela também afeta a maneira como os esquemas conceituais operam dentro de uma ciência (KUHN, 1995, p.39).

Apesar de um esquema conceitual ser capaz de guiar um cientista para o desconhecido, nem sempre as orientações fornecidas pelo esquema são tão diretas e eficientes como foram no caso das viagens de Colombo³⁹. Na verdade, um esquema conceitual fornece indicações à pesquisa:

Tipicamente, um esquema conceitual dá sugestões para a organização da pesquisa em vez de diretrizes explícitas, e a exploração dessas sugestões normalmente requer uma ampliação ou modificação do esquema conceitual que lhes deu origem (KUHN, 1995, p.40).

As ampliações e modificações feitas no esquema conceitual, referidas por Kuhn, são o padrão mais comum na adoção de um esquema conceitual que dirigirá os esforços de quem o adota.

³⁹ Kuhn utiliza as viagens de Colombo para exemplificar empreendimentos que são motivados por um esquema conceitual. Colombo partiu para sua viagem a partir do modelo de duas esferas. Segundo Kuhn: “As viagens nunca teriam sido empreendidas, nem a ciência ganharia novas observações, se um esquema conceitual não tivesse apontado o caminho” (KUHN, 1995, p.40).

1.2. Desenvolvimento de novos instrumentos e ideias

A revolução copernicana, como já indicamos, aconteceu gradualmente. Ela não se deu com a publicação do *De Revolutionibus*, segundo o que é apresentado em *CR*. A obra de Copérnico enunciou uma revolução que levaria algum tempo para ser levada plenamente a efeito. Kuhn destaca importantes ideias e realizações que fazem parte da unidade ampla que caracteriza a revolução copernicana. Segundo o que ele apresenta, para uma compreensão mais ampla dos fatores que levaram a ruptura com a tradição ptolomaica/aristotélica que regeram o período compreendido pela Idade Média, é necessário enxergar os aspectos complexos que possibilitaram que a teoria iniciada por Copérnico pudesse substituir não só a astronomia ptolomaica, mas toda uma concepção cosmológica caracterizada por uma visão completamente distinta daquela que os pares de Copérnico estavam acostumados.

Para que a revolução copernicana pudesse ser levada plenamente a efeito, outros aspectos relacionados a problemas e soluções de problemas, além de uma mudança radical nos fundamentos astronômicos e cosmológicos precisariam acontecer. Ao tratar da unidade ampla durante a revolução copernicana, algumas ideias e realizações se destacam. Por exemplo, era necessário haver mudanças nas técnicas de observação, as quais dependiam da elaboração e utilização de novos instrumentos que possibilitariam a coleta de dados com maior exatidão. As ferramentas e técnicas de observação desenvolvidas por Tycho Brahe foram muito importantes:

Foi o maior de todos os observadores a olho nu. Desenhou e construiu muitos instrumentos novos, maiores, mais estáveis e mais bem calibrados do que os usados anteriormente. Com grande habilidade, investigou e corrigiu muitos erros que resultavam do uso destes instrumentos, estabelecendo uma série de novas técnicas para a recolha de informações exatas sobre a posição dos planetas e das estrelas. Mais importante do que tudo, iniciou a prática de fazer observações regulares sobre os planetas conforme eles se moviam através dos céus, em vez de só observar quando estavam em alguma configuração particularmente favorável (KUHN, 1995, p. 200).

O trabalho de Brahe⁴⁰ tinha pouca preocupação com inovações matemáticas de caráter neoplatônico na visão de Kuhn. No entanto, sua contribuição foi de suma

⁴⁰ O sistema de Brahe, matematicamente, era equivalente ao de Copérnico. Todavia, seu sistema mantinha a terra fixa e resolvia os problemas levantados no *De Revolutionibus*. Essa atitude já

importância para a confirmação futura de algumas teses copernicanas importantes. Por exemplo, abriu caminho para que a solução do problema dos planetas⁴¹, um dos principais problemas motivadores da inovação copernicana, pudesse ser resolvido. É bem verdade que o trabalho empenhado por Brahe não mostra, isoladamente, a extensão das mudanças ocorridas na astronomia a partir do *De Revolutionibus*. Mas indica que mesmo os oponentes do copernicanismo não poderiam evitar que as reformas da astronomia e cosmologia acontecessem (KUHN, 1995, p. 209).

O *De Revolutionibus* era um trabalho alicerçado na tradição antiga⁴². Devemos considerar que Copérnico estava inserido na tradição de pesquisa ptolomaica/aristotélica, logo a orientação de seu trabalho levantava problemas indesejáveis, os quais precisavam ser solucionados. A título de exemplo, a tese de uma Terra compreendida como um planeta centrado no Sol não foi muito bem explicitada por Copérnico. No sistema ptolomaico, por exemplo, eram atribuídas diversas funções especiais à Terra e as demais órbitas planetárias eram dispostas de uma forma que todas intersectassem o centro da Terra (KUHN, 1995, p. 210). Copérnico manteve isso em seu sistema. Todavia, graças ao desenvolvimento de ferramentas e de melhores dados coletados por meio de observações mais detalhadas, Johannes Kepler⁴³ pôde esclarecer a ideia de uma Terra centrada no Sol:

[...] uma vez que o Sol governava os planetas e que a Terra não tinha uma posição única, os planos das órbitas se deviam interceptar no Sol. Ao redesenhar o sistema de Copérnico, ele fez o primeiro progresso importante, desde Ptolomeu, ao explicar os desvios norte e sul dos planetas em relação à eclíptica. Kepler melhorara o sistema matemático de Copérnico, aplicando-lhe o copernicanismo estrito (KUHN, 1995, p. 210).

O trabalho de Kepler estendeu consideravelmente as possibilidades que uma Terra móvel, centrada no Sol tal como os outros planetas, poderia implicar na concepção astronômica e cosmológica. Problemas ainda calcados na tradição ptolomaica começaram a ser identificados e, conseqüentemente, abandonados.

demonstra que o trabalho de Copérnico era um caminho sem retorno que abriu um novo leque de problemas: “A característica notável e historicamente significativa do sistema de Tycho é a sua adequação como uma solução de compromisso para os problemas levantados pelo *De Revolutionibus*” (KUHN, 1995, p. 202-203).

⁴¹ Ver nota 14 no item 1.1.

⁴² Kepler tinha noção disso e salientou esse aspecto em seus textos (KUHN, 1995, p. 210).

⁴³ Kepler sempre fora um copernicano (KUHN, 1995, p. 209). Seus argumentos eram os mesmos de Copérnico, porém mais numerosos. Kepler desenvolveu as ideias de Copérnico, estendeu-as e apresentou diagramas detalhados: “Pela primeira vez foi demonstrada a força completa dos argumentos matemáticos no que se referia à nova astronomia” (KUHN, 1995, p. 210).

O problema dos planetas, um dos principais fatores que levaram Copérnico a considerar a possibilidade de uma Terra móvel, foi solucionado por Kepler. Essa solução foi encontrada enquanto Kepler estudava o movimento de Marte: “(...) cuja órbita excêntrica e a proximidade com a Terra produzem irregularidades que sempre desafiaram o engenho dos astrônomos matemáticos” (KUHN, 1995, p. 211). Ptolomeu e Copérnico não foram capazes de explicar satisfatoriamente o movimento de Marte, segundo Kepler. Uma nova solução não muito bem-sucedida foi tencionada por Brahe. Porém, Kepler, herdou as observações precisas advindas do trabalho de Brahe e debruçou-se sobre o problema dos planetas nos anos seguintes (KUHN, 1995, p. 211).

No decorrer de seu trabalho, Kepler precisou considerar a própria órbita de Marte e a órbita da Terra, a partir da qual Marte era observada. Ele, por diversas vezes, mudou a combinação dos círculos usados no cálculo destas órbitas (KUHN, 1995, p. 211). Vários experimentos foram testados e rejeitados por não se adequarem às observações precisas de Brahe⁴⁴. Após inúmeras tentativas sem sucesso, Kepler concluiu que outra figura geométrica, diferente dos círculos compostos, poderia ser a chave para o problema (KUHN, 1995, p. 212). Depois de tentar utilizar círculos ovais na tentativa de eliminar as discrepâncias entre sua hipótese e a observação, Kepler reparou, por acaso, que as próprias discrepâncias variavam numa forma matemática muito familiar:

[...] e investigando esta regularidade, descobriu que a teoria e a observação poderiam ser conciliadas se os planetas se movessem em órbitas elípticas com velocidades variáveis, governadas por uma única lei que também especificou (KUHN, 1995, p. 212).

Uma técnica matemática simples⁴⁵ permitia previsões mais exatas do que qualquer outra antes feita: “O problema dos planetas fora finalmente resolvido num universo copernicano” (KUHN, 1995, p. 212).

⁴⁴ “Todas as soluções intermédias eram melhores do que os sistemas de Ptolomeu e Copérnico.; algumas davam erros inferiores a 8' de arco, bem dentro dos limites da observação antiga. A maioria dos sistemas que Kepler banuiu teriam satisfeito todos os antigos astrônomos matemáticos. Mas eles tinham vivido antes de Brahe, cujos dados tinham uma exatidão de 4' de arco. A nós, disse Kepler, ‘a bondade divina deu-nos um observador muito diligente em Tycho Brahe, e está certo, portanto, que com o espírito grato, façamos uso desta dádiva para encontrarmos a verdade dos movimentos celestes’” (KUHN, 1995, p. 212).

⁴⁵ Outra característica neoplatônica associada a soluções matemáticas simples. Esses resultados foram publicados, pela primeira vez, na obra de Kepler *Sobre o movimento de marte*, em 1609.

Se, por um lado, a revolução da astronomia já era uma realidade para os astrônomos, especialmente a partir de 1627, quando Kepler elaborou as *Rudolphine Tables*⁴⁶, essas mudanças ainda não eram suficientemente tangíveis para o público em geral. Algo mais seria necessário para consolidação do copernicanismo entre os astrônomos e, segundo Kuhn, o desenvolvimento do telescópio teve um papel muito importante para a propagação das ideias iniciadas por Copérnico:

O telescópio de Galileu mudou os termos do enigma que o céu apresentava para os astrônomos, e isso tornou o enigma muito mais fácil de resolver, pois, nas mãos de Galileu, o telescópio revelava inúmeras evidências em favor do copernicanismo. Mas a nova enunciação do enigma, feita por Galileu, não foi formulada antes do enigma ter sido resolvido por outros meios (KUHN, 1995, p. 220).

A partir do momento que o telescópio⁴⁷ foi direcionado para os céus, novos dados foram percebidos. A cada observação era possível encontrar novos corpos celestes e até mesmo identificar aspectos antes inobserváveis nos corpos já conhecidos como o Sol, a Lua e os planetas (KUHN, 1995, p. 220). O telescópio, inclusive, revelou que os corpos celestes não eram nem imutáveis nem perfeitos, tal como a doutrina aristotélica concebia. Galileu, que era copernicano antes mesmo de conhecer o telescópio, conseguiu expandir o universo até então conhecido e transformar cada nova descoberta em argumentos favoráveis ao copernicanismo (KUHN, 1995, p. 220).

No entanto, mesmo com a possibilidade de identificar novos dados por meio do telescópio, Kuhn destaca algo importante. As evidências fornecidas pelas observações são fortes, mas também são estranhas, segundo ele (KUHN, 1995, p. 224). Grande parte do que pôde ser constatado pelo telescópio, por exemplo, a descoberta de novas estrelas, poderia ser incorporado aos sistemas de Ptolomeu e Brahe caso algumas modificações fossem feitas. No entanto, ainda que o telescópio de Galileu não fosse capaz de comprovar o esquema conceitual copernicano, ele forneceu, segundo Kuhn: “[...] uma arma imensamente eficaz para a batalha. Não era uma prova, mas era a propaganda.” (KUHN, 1995, p. 224). A importância de Galileu está na popularização da astronomia, levando até mesmo não astrônomos a terem

⁴⁶ Trabalho publicado por Kepler utilizando os dados observacionais coletados por Brahe.

⁴⁷ “Ora, foi precisamente construindo um telescópio e utilizando-o, observando cuidadosamente a Lua e os planetas, descobrindo os satélites de Júpiter, que Galileu desferiu um golpe mortal na astronomia e na cosmologia de sua época” (KOYRÉ, 1991, p. 153).

interesse na observação dos céus. A astronomia que se popularizou, por meio do trabalho de Galileu, era a copernicana (KUHN, 1995, p. 225).

Em síntese, entendemos que a revolução copernicana foi um processo que se deu gradualmente. Segundo a análise empreendida em *CR*, tanto o trabalho de pesquisa científica quanto fatores intelectuais tiveram papéis igualmente importantes no processo de mudança da Astronomia, influenciando no modo como o homem passou a ver o universo (KUHN, 1995 p. viii). A mudança de conceitos relacionada a um universo geocêntrico regido, principalmente, pelas teorias de Ptolomeu e Aristóteles até chegar a uma concepção encapsulada pelo termo “revolução copernicana”, caracterizada pela atribuição de movimento à Terra e por um universo centrado no Sol, envolveu diversas questões que abordamos neste capítulo. Para tanto, a característica associada à história das ideias foi um processo inevitável⁴⁸, na visão de Kuhn. Ela engloba toda gama de fatores associados ao clima alargado de opiniões filosóficas, científicas, desenvolvimento de novos instrumentos, de outros campos – tais como a navegação –, além do apoio de novos adeptos que possibilitaram o desenvolvimento, propaganda e o consequente estabelecimento de uma nova concepção astronômica.

Esse processo, conforme apresentado em *CR*, culmina na grande revolução científica do século XVII. O heliocentrismo seria, mais adiante, substituído por uma concepção infinita do universo. Entretanto, sem os aspectos que possibilitaram o desenvolvimento das ideias iniciais de Copérnico, a dita revolução copernicana não teria ocorrido. Do mesmo modo, a consequente evolução para a concepção de um universo mecânico newtoniano não aconteceria (KUHN, 1995, p. 228).

Até aqui buscamos reconstruir alguns dos argumentos que fazem parte da unidade ampla, associada ao trabalho científico e a características que não estão associadas à pesquisa científica. Entendemos que Kuhn privilegia, de forma igualitária, tanto os aspectos cognitivos quanto os relacionados à história das ideias em *The Copernican revolution*. Um dos objetivos desse trabalho é justamente esclarecer quais são os objetivos centrais tanto dessa obra quanto os de *The structure of scientific revolutions*. Portanto, no próximo capítulo, discorreremos acerca do tipo de historiografia que Kuhn adota e defende.

⁴⁸ “Mas, com todas as suas dificuldades e extravagâncias, foi um processo inevitável. Pelo menos, foi tão inevitável como qualquer processo conhecido da história das ideias” (KUHN, 1995, p. 227).

2. História interna e história externa: historiografia e história da ciência em Thomas Kuhn

A novidade da abordagem da revolução copernicana em *CR*, ao considerar tanto aspectos externos como internos para compreender tal mudança científica, de certo modo também está presente em *SSR*. Kuhn aponta as consequências das influências externas durante o período em que a revolução copernicana era levada a efeito (KUHN, 1996, p. 69). Porém, nesse texto, ele não se detém nesse exame. *Existe uma motivação*. Tanto em *CR* quanto em *SSR* os aspectos internos e externos estão presentes e são relevantes. Ao analisar o trabalho empenhado em *SSR*, pode parecer que a abordagem externa não tenha tido tanto espaço. Se por um lado, na obra de 1957, Kuhn compreende as duas abordagens como igualmente importantes (KUHN, 1995 p. viii), inclusive com a abordagem externa cumprindo seu papel de forma muito clara, especialmente quanto à questão da unidade ampla que tratamos no capítulo anterior. Por outro lado, poderia se considerar que em *SSR* aspectos externos não sejam tão relevantes. De fato, a abordagem externa não teve o mesmo destaque em *SSR* e a *explicação para essa diferença de abordagem (e não de concepção historiográfica) está associada ao objetivo principal de Kuhn em seu texto mais célebre, ou seja, a um propósito claro de desenvolvimento de uma concepção de ciência mais ampla, algo que não foi tentado em CR.*

Analisaremos os pronunciamentos feitos em *SSR* e o artigo *The History of Science*, que têm em vista a *SSR*, cujo aspectos da historiografia que Kuhn pratica são apresentados. Também, analisaremos as declarações de Kuhn em sua obra de 1957 que revelam seus propósitos naquele período. A escassez de declarações diretamente ligados à obra *The Copernican revolution*, com exceção das feitas na própria obra, e a falta de menção de Kuhn acerca de uma mudança de direcionamento histórico são, *inclusive, algumas das razões que motivaram a nossa pesquisa*. Portanto, utilizaremos esses pronunciamentos porque evidenciam o tipo de história que Kuhn defende e pratica.

2.1. História da ciência

Thomas Kuhn é um historiador da ciência com formação em física e que teve seus estudos orientados à filosofia. No entanto, que características fazem parte do tipo de história de que ele se utiliza em *SSR*? Em um artigo publicado originalmente em 1968 intitulado *The History of Science*⁴⁹, Kuhn trata desse novo campo.

A história da ciência⁵⁰ tornou-se, nos Estados Unidos, uma disciplina independente nos anos 1950. Cientistas profissionais, antes da história da ciência ser concebida como disciplina, tinham um objetivo persuasivo e pedagógico ao utilizarem a história em seus manuais de ciências a fim de elucidar os conceitos de suas especialidades⁵¹. Segundo Paulo Abrantes, isso se dava do seguinte modo:

As curtas introduções históricas que se encontram em manuais científicos representam, provavelmente, o mais antigo gênero de historiografia da ciência, que remonta à Antiguidade clássica. Seu objetivo é fundamentalmente pedagógico: introduzir os conceitos, métodos, teorias, técnicas etc., utilizadas num domínio particular, em dado momento. Esta historiografia é produzida, tradicionalmente, pelos especialistas do domínio em questão, sendo marcada por uma visão da história das ciências como um acúmulo contínuo e progressivo de conhecimentos (ABRANTES, 2002, p. 52).

O modo de se utilizar a história era caracterizado pelo seu uso como recurso pedagógico, bem como pela visão da ciência como um empreendimento contínuo, que vinha sendo praticado desde os séculos anteriores. Romper com a perspectiva herdada⁵² vigente não era uma tarefa simples e as consequências foram sentidas nos estágios iniciais da nova disciplina. As introduções históricas inseridas nos tratados

⁴⁹ Esse e outros artigos importantes de Kuhn encontram-se na coletânea *The essential tension*.

⁵⁰ Usaremos os termos “história da ciência” ou “nova história da ciência” ao nos referirmos ao tipo de história que Kuhn defende e pratica. Usaremos os termos “historiografia herdada”, “história herdada”, “tradição herdada” ou “perspectiva herdada” para o tipo de história utilizado tradicionalmente, o qual Kuhn rejeita.

⁵¹ Conforme a famosa afirmação que destacamos na nota 4.

⁵² Por “concepção herdada” ou “perspectiva herdada”, compreende-se o conjunto de proposições acerca do funcionamento da ciência e de como ela pode representar o mundo, a partir da perspectiva do Círculo de Viena (PALMA, 1998, p. 54). O termo *received view* foi utilizado pela primeira vez por Hilary Putnam em ocasião de discussão apresentada no *1960 International Congress for Logic, Methodology and Philosophy of Science*, que aconteceu na Universidade de Stanford, Califórnia, entre 24 de agosto e 02 de setembro de 1960, como resultado de sua preparação para o simpósio temático “o papel dos modelos nas ciências empíricas”. O referido congresso tem sido organizado desde 1960 pela *International Union of History and Philosophy of Science and Technology*. A ata do congresso de 1960 pode ser consultada em: <<http://dlmps.org/pages/past-congresses/bulletin-4.php#min62>> (consulta realizada em 15 de junho de 2022).

técnicos e monografias dos anos 60, época da publicação do artigo *The History of Science*, ainda possuíam grande influência da tradição herdada. Kuhn ressalta que esse modo de fazer história tinha um objetivo:

O objetivo dessas histórias mais antigas era esclarecer e aprofundar a compreensão de métodos científicos ou conceitos contemporâneos, expondo sua evolução. Comprometido com tais objetivos, o historiador escolhia, em geral, uma única ciência estabelecida ou ramo da ciência – uma cujo status de conhecimento dificilmente pudesse ser posto em dúvida – e descrevia quando, onde e como os elementos que constituíam seu objeto e método presuntivo haviam surgido em sua época (KUHN, 1977b, p. 107).

Essa característica da historiografia herdada negava um imperativo⁵³ importante da nova história da ciência. Esse imperativo que sugere uma espécie de simpatia hipotética é oriundo, segundo Kuhn, da filosofia, mais especificamente de Bertrand Russell (KUHN, 1977b, p. 108). Trata-se de um esforço requerido do historiador para que ele desenvolva empatia por uma teoria antiga, até que seja possível saber como seria acreditar nela. Esse imperativo está ligado à necessidade de se considerarem sistemas de valores distintos dos atualmente aceitos:

Observações, leis ou teorias que a ciência contemporânea havia posto de lado como erros ou irrelevantes eram raramente consideradas, a menos que elas apontassem uma moral metodológica ou explicassem um longo período de aparente esterilidade (KUHN, 1977b, p. 107).

Tal sensibilidade para com teorias e sistemas mais antigos não se refletiu prontamente na história da ciência; até porque se trata de um campo novo, com muitos campos ainda por explorar e poucos profissionais atuando na área, segundo Kuhn (KUHN, 1977b, p. 111).

Outro fator importante na formação da nova historiografia da ciência foi, segundo Kuhn: “[...] a repetida insistência de que o estudioso do desenvolvimento científico deve preocupar-se com o conhecimento positivo como um todo e que histórias gerais das ciências substituem histórias das ciências particulares” (KUHN, 1977b, p. 109). Essa exigência por histórias gerais em vez de individuais traçada desde Francis Bacon (1561) foi pouco influente até o início do século XX, tendo tido

⁵³ Esse imperativo sugere que o historiador deve ler determinado período histórico em seus próprios termos (KUHN, 1977b, p. 110). Há outros imperativos que são de muita importância para o historiador da ciência. Falaremos mais detalhadamente quando tratarmos especificamente da abordagem interna da história.

uma retomada importante por Paul Tannery e George Sarton no início do referido século (KUHN, 1977b, p. 109). Porém, a conquista mais importante na tentativa de se fazerem estudos mais gerais da história foi a constatação da dificuldade encontrada em remontar uma narrativa que fosse capaz de dar coerência à ideia de uma ciência como programa unívoco:

A experiência subsequente sugeriu que as ciências não são, de fato, um pedaço de um todo, e que mesmo a erudição sobre-humana requerida por uma história geral da ciência dificilmente poderia adaptar sua evolução conjunta a uma narrativa coerente (KUHN, 1977b, p. 109).

Essa constatação, que esclarece a dificuldade de se aceitar a ciência como um empreendimento unívoco e contínuo, se ajusta bem às características da nova historiografia da ciência. Além disso, a tentativa de empreender uma história geral também foi muito importante em outro aspecto: “[...] pois destacou a impossibilidade de atribuir ao passado as divisões de conhecimento incorporadas nos currículos científicos contemporâneos” (KUHN, 1977b, p. 109). Os novos praticantes da nova historiografia da ciência eram capazes de estudar ramos que existiam à época dos períodos que lhes interessavam, mesmo engajados em uma investigação mais detalhada de um campo individual (KUHN, 1977b, p. 109).

No desenvolvimento da nova história da ciência, outro aspecto crescente preocupava os novos historiadores: “[...] derivando em parte da história em geral e, em parte, à sociologia alemã e à historiografia marxista, com o papel de fatores não intelectuais no desenvolvimento da ciência, particularmente institucionais e socioeconômicos” (KUHN, 1977b, p. 109). Essa inquietude concernente a aspectos não intelectuais, especialmente ligados a instituições e fatores socioeconômicos, foram enxergados com desconfiança por praticantes da nova historiografia, como foi o caso de Koyré, que notadamente privilegiava uma abordagem interna da ciência. Kuhn explica:

Apesar de todas as suas novidades, a nova historiografia ainda é dirigida, predominantemente, para a evolução das ideias científicas e dos instrumentos (matemáticos, observacionais e experimentais) com os quais elas interagem entre si e com a natureza (KUHN, 1977b, p. 109).

Em seus primeiros estágios, a nova história da ciência privilegiava os méritos cognitivos da pesquisa científica. Todavia, Kuhn apresenta dois tipos de abordagens.

Trata-se de dois tratamentos históricos distintos, aparentemente inconciliáveis, um interno e outro externo:

A forma ainda dominante, frequentemente chamada de "abordagem interna", diz respeito à substância da ciência como conhecimento. Seu rival mais recente, muitas vezes chamado de "abordagem externa", está preocupado com as atividades dos cientistas como um grupo social dentro de uma cultura mais ampla. (KUHN, 1977b, p. 110).

Ele entende que:

Como resultado, às vezes, parece haver dois tipos distintos de História da Ciência, ocasionalmente aparecendo entre elas duas coberturas, mas raramente fazendo um contato firme ou frutífero (KUHN, 1977b, p. 109-110).

Esses dois tipos de abordagens produzem, segundo Kuhn, o maior desafio da nova história da ciência: “Juntar as duas [abordagens] talvez seja o maior desafio enfrentado hoje pela profissão, e há sinais crescentes de resposta” (KUHN, 1977b, p. 110). Kuhn entende as dificuldades do uso das duas abordagens de maneira conjunta e que tornam quase proibitiva essa ação (KUHN, 1977b, p. 110). Porém, sinais de resposta à possibilidade de trabalho conjunto das duas abordagens estavam surgindo (KUHN, 1977b, p. 110). A seguir, falaremos separadamente de cada uma das abordagens.

2.2. História interna

A abordagem interna, conforme Kuhn explica, é a que ainda predomina na prática da nova história da ciência (KUHN, 1977b, p. 110). Os componentes internos são, basicamente, caracterizados por padrões de avaliação e por uma história de problemas e suas soluções⁵⁴. A abordagem interna da história “[...] diz respeito à substância da ciência como conhecimento” (KUHN, 1977b, p. 110). A história interna está associada a certas máximas, compromissos que são estabelecidos pelo novo modo de se fazer história. Esses compromissos estão relacionados aos aspectos que fundamentam a profissão de historiador da ciência. Kuhn apresenta essas máximas:

⁵⁴ O período que compreende a fase em que todo tipo de trabalho é feito em torno de uma teoria hegemônica apresenta essa característica e teve bastante espaço no texto mais célebre de Kuhn (KUHN, 1996). Veremos com mais detalhes ainda neste capítulo.

Quais são as máximas da nova historiografia interna? Tanto quanto possível (nunca é inteiramente assim, mas se fosse, a história não poderia ser escrita), o historiador deve deixar de lado a ciência que conhece. Sua ciência deve ser aprendida com os manuais e os jornais do período que está estudando, e deve dominar estes e a tradição primitiva que exibem antes de lidar com os inovadores cujas descobertas e invenções alteraram a direção do avanço científico. Ao lidar com os inovadores, o historiador deve tentar pensar como eles pensaram. Reconhecendo que os cientistas se tornam famosos muitas vezes por resultados que não pretendiam alcançar, ele deve perguntar em quais problemas o autor trabalhava e como se tornaram problemas para ele. Reconhecendo que uma descoberta histórica raramente se passa do modo como depois é atribuída a seu autor nos manuais (objetivos pedagógicos inevitavelmente transformam uma narrativa), o historiador deve perguntar o que o autor acreditava ter descoberto e o que considerava ser a base dessa descoberta. E nesse processo de reconstrução o historiador deve dar atenção particular aos erros aparentes do autor, não para seu próprio interesse, mas porque eles revelam muito mais sobre a mente em ação do que as passagens em que um cientista parece registrar um resultado ou um argumento que a ciência moderna ainda mantém (KUHN, 1977b, p. 110).

Esses imperativos da profissão oriundos do novo viés historiográfico possuem um caráter filosófico notório. Kuhn não defende a existência de uma metodologia, com regras claras que devem ser satisfeitas, para o desenvolvimento da ciência⁵⁵, de modo que ele não faria isso para uma historiografia da ciência. As máximas não são regras a serem satisfeitas, são imperativos de ação que orientam, de maneira normativa, como o historiador da ciência deve proceder.

A primeira máxima orienta o historiador a deixar de lado a ciência que domina seu tempo. Provavelmente, o historiador concorda com a abordagem contemporânea e é necessário que a ponha de lado durante seu trabalho. Kuhn compreende a dificuldade de se cumprir com essa máxima ao afirmar a impossibilidade de o historiador ignorar por completo a ciência que domina seu tempo. Porém, esse imperativo é de suma importância para os propósitos da nova historiografia. A segunda máxima denota a necessidade de analisar uma teoria mais antiga da perspectiva de sua própria época, quando ela era aceita, ou seja, em seus próprios termos. Para que isso se torne exequível, o historiador irá atrás dos periódicos que tratam da teoria no período em que ela era aceita. O pesquisador procurará descobrir o que os praticantes comentavam a respeito da teoria e irá atrás de todo tipo de instrumentação, descobertas e invenções que surgiram no decorrer do tempo em que

⁵⁵ Diferente dos empiristas lógicos do Círculo de Viena e Karl Popper.

essa teoria ditava a prática científica. É necessário que o historiador domine esse material e a tradição em questão. A terceira máxima exige a imersão do pesquisador em uma teoria mais antiga a tal ponto que ele seja capaz de pensar como pensavam os adeptos dela. O pesquisador precisa ir além, ele precisa adentrar na mente do cientista, segundo Kuhn, e procurar pensar como ele pensava. Nesse esforço de adentrar no pensamento do cientista, o pesquisador procura desvendar quais eram os reais problemas que permeavam a mente do praticante da teoria mais antiga e como esses problemas se tornaram relevantes para ele. Esse empreendimento é importante devido ao fato de que, em muitos casos, o cientista chegou a resultados de maneira inesperada, não tencionados por ele a princípio. Mas algo, no decorrer de seu trabalho, possibilitou tal descoberta. Todavia, é mais importante para o historiador procurar compreender o que se passava na cabeça do cientista, pois muito mais é revelado. A quarta máxima revela a necessidade que o historiador tem de indagar-se a respeito do que o cientista acreditava ter descoberto e o que constituiria os alicerces dessa descoberta para ele. Esse imperativo se faz necessário tendo em vista que os manuais de ciências bem constituídas, que utilizam a história como mero recurso pedagógico, modificam a narrativa e não retratam a descoberta científica de determinada época de maneira fidedigna. Desse modo, é tarefa do historiador desvendar aquilo que foi encoberto pelos manuais de ciências acabadas, trazendo luz às crenças reais do cientista com respeito a sua descoberta e de que forma ele a fundamentava. A quinta e última máxima exige que o historiador tenha minuciosa atenção aos erros aparentes do cientista antigo. A análise e exposição desses erros não deve ter como propósito diminuir o valor da teoria, nem mesmo ter como objetivo obter uma espécie de “vitória” pessoal do historiador na descoberta de um equívoco grave e simplesmente apontar um erro na teoria a partir de uma perspectiva atual que comete anacronismos, tal qual a historiografia herdada fazia. A necessidade de identificar essas “falhas” nas teorias mais antigas se faz necessária uma vez que tais equívocos revelam, em grande medida, o que se passava na cabeça do cientista. Os aparentes erros revelam todo o desenho mental na mente do investigador durante seu trabalho, demonstrando como ele articulava sua pesquisa e o que tencionava descobrir. Isso é mais importante do que aquilo que o próprio cientista pôde registrar como descoberta e mais importante do que algum aspecto ainda aceito pela ciência atual, segundo Kuhn.

A nova historiografia, regida pelas máximas acima, em seu caráter interno, produziu material escasso até então. Nos anos 50, havia cerca de meia dúzia de profissionais apenas (KUHN, 1977b, p. 111). No século XIX, algumas histórias remontavam da Antiguidade até a sua própria época ou muito próximo disso (KUHN, 1977b, p.110). O trabalho da nova história da ciência, que exige imersão profunda e empática nas fontes, praticamente não permitia os levantamentos de longo alcance feitos pela perspectiva herdada da história, dada a dificuldade de se remontar todo o desenvolvimento científico como um programa unívoco e contínuo (KUHN, 1977b, p. 111).

Outra dificuldade apresentada estava associada à falta de domínio das teorias científicas que os historiadores procuravam se aprofundar. Alguns trabalhos começavam a emergir, mas ainda havia muito para ser explorado. A nova historiografia não havia atingido as ciências sociais, apesar de ser um campo aberto para a profissão, e nem mesmo a biologia, apesar de nessa área haver uma expectativa (KUHN, 1977b, p. 112).

A abordagem interna tem nos imperativos de ação, ou seja, as máximas que devem conduzir o trabalho do historiador, seu maior condutor. Veremos a seguir qual é o papel da abordagem externalista.

2.3. História externa

A abordagem externa da história, diz Kuhn: “[...] diz respeito às atividades dos cientistas como um grupo social no interior de uma cultura mais ampla” (KUHN, 1977b, p. 110). Os elementos externos compõem classes e não dá para especificá-los. Por exemplo: o fascínio da ciência como carreira; a dependência de desenvolvimento prévio de outra área para que um campo progrida; o surgimento de novas tecnologias ou mudanças na sociedade que podem alterar ou mesmo criar problemas novos; ou uma intermediação para uma reforma institucional que poderia criar uma comunicação outrora impossível entre especialidades (KUHN, 1977b, p. 119-120). Além disso, aspectos econômicos voltados a financiamentos que poderiam privilegiar determinadas pesquisas em instituições de ensino em detrimento de outras poderiam interferir na prática científica (KUHN, 1977b, p. 118-119).

O receio de que os aspectos culturais de uma sociedade e as suas instituições possam, de alguma maneira, prejudicar o desenvolvimento da ciência é um temor que alguns estudiosos manifestaram. Todavia, podemos nos perguntar: são as concepções oriundas das teorias ao longo da história que influenciam a cultura e o modo de viver do homem ou é a cultura pré-estabelecida que influencia a ciência? Essa é uma questão digna de análise. Kuhn entende que para compreender isso de maneira mais ampla é necessário se aprofundar mais:

Sem dúvida os conceitos científicos, especialmente os de amplo alcance, ajudam a mudar as ideias extracientíficas, mas a análise de seu papel na produção desse tipo de mudança exige imersão na literatura da ciência (KUHN, 1977b, p. 114).

Kuhn sugere que ao nos aprofundarmos na literatura científica – tal qual é necessário que o historiador da ciência o faça, seguindo as máximas da abordagem interna – poderemos compreender melhor como determinada concepção teórica influenciou as ideias extracientíficas. Do mesmo modo, a aplicação das máximas relacionadas à história interna ajuda o historiador a compreender de que forma os aspectos externos de determinado momento histórico poderiam ter influenciado na pesquisa científica.

Algumas limitações da abordagem externa são apresentadas por Kuhn. Ele discorre acerca das tentativas de se ambientarem as ciências em um aspecto social, especialmente a partir do século XVII. Contudo, a história externa que tem como objeto o estudo das instituições científicas (como a Royal Society ou a Lunar Society de Schofield), bem como das instituições de ensino (procurando, nesse caso, saber quais delas contribuíram ou inibiram o avanço científico), não possui maior relevância para Kuhn, a não ser como livro de referências para historiadores (KUHN, 1977b, p. 114).

Apesar da predileção dada por uma abordagem predominantemente interna em SSR, tendo em vista a guinada histórica que empenha para uma concepção de desenvolvimento da ciência que não seja caricatural, Kuhn não deixou de mencionar a relevância de aspectos externos.⁵⁶ Todavia, deixou claro que a abordagem externa não teve grande espaço na obra em questão.

⁵⁶ Trataremos de duas referências importantes a esse respeito no tópico final deste capítulo, tanto em SSR (KUHN, 1996, p. 69) quanto em *The Essential Tension* (KUHN, 1977, p. xv).

Além disso, pode ser notada a importância de aspectos externos quando Kuhn indica que a tese de Merton é relevante, embora necessite de revisão:

O rótulo de Merton pode ser inadequado, mas não há dúvida de que o fenômeno que descreveu existe. Os argumentos mais significativos contra sua posição são os resíduos que derivam da transformação recente na História da Ciência. A imagem de Merton da revolução científica, embora de longa data, estava caindo em descrédito enquanto ele escrevia sua obra, em particular em relação ao papel que ele atribuiu ao movimento baconiano (KUHN, 1977b, p. 116).

A tese de Merton, com o objetivo de fornecer uma explicação da produtividade da ciência do século XVII, opera dentro de um par de teses: 1) a ciência seguiu os objetivos epistêmicos do programa baconiano e 2) foi fortemente influenciada pelos ideais puritanos da “ênfase na justificação pelo trabalho” e da “comunhão direta com Deus através da natureza”, procurando legitimar o interesse pela ciência enfatizando seus aspectos empíricos e utilitários (KUHN, 1977b, p. 115). A primeira das duas teses, que deve em certa medida algo à historiografia marxista, salienta a expectativa dos baconianos em “[...] aprender com as artes práticas e, por sua vez, tornar a ciência útil” (KUHN, 1977b, p. 115). A segunda “[...] aponta as mesmas novidades do período, mas vê o puritanismo como seu principal motivador” (KUHN, 1977b, p. 115). Essa segunda tese compreende que os valores já estabelecidos pelas comunidades puritanas estimularam decisivamente o interesse pela ciência no que se refere ao tom empírico, instrumental e utilitário que a caracterizou no século XVII (KUHN, 1977b, p. 115). Kuhn concorda com as críticas dirigidas à tese de Merton, especialmente as associadas ao rótulo puritano. Segundo Kuhn, é claro que “[...] nenhum termo tão estritamente doutrinal em suas implicações pode ser útil (KUHN, 1977b, p. 117).

A ousadia das duas afirmações da tese de Merton são contestáveis, pois, em primeiro lugar, não parece existir um consenso sobre o triunfo do ideal baconiano na época de Galileu e Descartes, pois grande parte dos argumentos científicos da época fazia uso de experimentos de pensamento⁵⁷. Em segundo lugar, a ideia de que alguma ideologia pode contribuir para a elaboração de novos conceitos e de novas concepções precisa ser muito bem justificada.

A imagem de ciência descrita por Merton parece se associar bem à tradição historiográfica no que concerne à experimentação e confrontação direta com a

⁵⁷ Koyré dedica dois capítulos para tratar da famosa experiência da torre de Pisa feita por Galileu, a qual Koyré conclui se tratar de uma lenda, e de outros experimentos de pensamento (KOYRÉ, 1991, p. 197-255).

natureza e a importância do trabalho manual. No entanto, quando diz respeito a valores econômicos e a doutrinas religiosas, a tradição herdada da história entra em desacordo com a proposta de Merton. A tradição historiográfica mais antiga defende que a prática científica “[...] não devia nada a valores econômicos ou doutrinas religiosas” (KUHN, 1977b, p. 116). Eis uma incompatibilidade, caracterizada por um acordo parcial entre a tese de Merton e a tradição historiográfica. Isso não ocorre nas concepções da nova história da ciência, segundo Kuhn:

Em contraste, a nova geração de historiadores alega ter mostrado que as revisões radicais da astronomia, matemática, da mecânica e mesmo da óptica nos séculos XVI e XVII devem muito pouco às novas observações, instrumentações e experimentações (KUHN, 1977b, p. 116).

A nova historiografia sustenta que o programa baconiano, do qual a proposta de Merton deriva, mostrou-se ineficaz e os inumeráveis dados extraídos dele são ínfimos para a teoria científica vigente (KUHN, 1977b, p. 116). Entende-se que o principal método galileiano era o experimento mental, advindo da escolástica, que fora levado a um novo grau de perfeição (KUHN, 1977b, p. 116). Ou seja, essa importância dada aos instrumentos e às experimentações não possui toda a relevância que Merton lhes atribuiu. Contudo, Kuhn entende que a tese de Merton é relevante não para as ciências clássicas⁵⁸, mas para as emergentes⁵⁹ no século XVII, para compreender as realizações dos séculos XVIII e XIX (KUHN, 1977b, p. 118). Segundo Kuhn:

Mas, as realizações do final do século XVIII e do século XIX não serão compreensíveis até que sejam totalmente levadas em conta. O programa baconiano, embora inicialmente estéril de frutos conceituais, inaugurou, no entanto, várias das principais ciências modernas (KUHN, 1977b, p. 118).

Claramente, Kuhn considera importante a história externa. Sua abordagem acerca da tese de Merton indica que ela deve ser pontualmente aplicada. Contudo, ele não chega a fornecer linhas gerais das condições em que isso poderia acontecer. Porém, apesar dessa lacuna se apresentar nas explicações de Kuhn concernente à abordagem externa, essa abordagem é utilizada e considerada importante por ele.

⁵⁸ Kuhn chama de ciências clássicas, mais maduras ou mais desenvolvidas, aquelas que vinham se desenvolvendo desde a antiguidade: a Astronomia, a Física e a Matemática.

⁵⁹ Kuhn cita a Eletricidade e a Química como exemplos de ciências emergentes no século XVII, campos ainda a serem escrutinados (KUHN, 1977, p. 117-118).

2.4. O modelo de fases

Em *The structure of scientific revolutions*, Kuhn observou que alguns textos clássicos de ciência, durante muito tempo, orientaram a pesquisa científica posterior a elas⁶⁰. A história, segundo ele, revela que o modo de proceder da ciência parece associar-se a mudanças no conjunto de compromissos adotados por pesquisadores de certas comunidades ao longo da história. Essas mudanças possuem 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. (KUHN, 1996, p. 10).

Essas duas características constituem o que Thomas Kuhn chama de *Paradigma*⁶¹. Grosso modo, um paradigma é um exemplar de resolução de problemas com resultados sem precedentes e amplamente aceito por uma comunidade, passando a orientá-la em suas pesquisas futuras.

Segundo a análise de Kuhn, o desenvolvimento da ciência se apresentaria do seguinte modo: período pré-paradigmático, ciência normal, ciência extraordinária, nova ciência normal e período paradigmático. Esse é, resumidamente, o esquema do quadro de ciência proposto por Kuhn em *SSR* com base na nova historiografia que

60 Kuhn também costuma se referir a esses campos como ciências maduras, clássicas ou mais desenvolvidas: “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, para definir implicitamente os problemas e métodos legítimos de um campo de pesquisa para as gerações posteriores de praticantes da ciência” (KUHN, 1996, p. 10).

61 Kuhn esclarece em seu posfácio de 1969 que há dois sentidos principais do termo na *SSR*. O primeiro sentido seria sociológico: “De um lado, indica toda a constelação de crenças, valores, técnicas etc., partilhadas pelos membros de uma comunidade determinada”. O segundo sentido é com respeito às realizações passadas de natureza exemplar: “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”. O segundo sentido do termo paradigma é o filosoficamente mais profundo segundo Kuhn. É o segundo sentido que tratamos mais fundamentalmente nesse trabalho (KUHN, 1996, p. 175).

visa analisar o comportamento da comunidade científica. Esse quadro de ciência kuhniano também é chamado de *modelo de fases*.⁶²

O modelo de fases oferece um padrão de desenvolvimento de uma ciência a partir da análise histórica. Basicamente, o modelo de fases é dividido em dois períodos: o período pré-paradigmático (ou de imaturidade) e o paradigmático (de maturidade). O primeiro período engloba o desenvolvimento inicial de uma ciência e é caracterizado pelo desacordo de praticantes comprometidos com o mesmo objeto de estudo acerca dos compromissos que regem uma pesquisa. O segundo período, compreende o momento em que um paradigma hegemônico norteia toda a pesquisa. *Esse segundo período recebe maior destaque em SSR. O motivo pelo qual isso ocorre é de suma importância para os nossos propósitos neste trabalho.*

Há um consenso no que tange a teorias, problemas substanciais, estratégias para resolução de imprevistos, valores ou padrões de avaliação que constituem condição necessária para a atividade da ciência normal. Porém, o período paradigmático não diz respeito apenas à prática da ciência normal. Essa etapa engloba também momentos em que os praticantes de uma comunidade científica passam a se dividir em torno de diferentes candidatos a paradigma. Esse é o momento em que se instaura uma crise no paradigma hegemônico – período que ainda é compreendido pela fase madura da ciência – que marca o dissenso da comunidade e que abre caminho para a prática da ciência extraordinária. Ou seja, a ciência madura apresenta dois aspectos distintos: um período de consenso e outro de dissenso referente a um paradigma. Esse é o desenho resumido de como o quadro de ciência, orientado por um viés historiográfico distinto, se apresenta em *SSR*.

Kuhn compreende que a história revela a existência de grandes dificuldades para um consenso estável na pesquisa científica (KUHN, 1996, p. 15). O período em que não há um paradigma consensual orientando as pesquisas científicas, denominado período pré-paradigmático ou fase imatura da ciência, sugere a existência de uma competição entre diversas escolas com respeito às suas respectivas teorias. Essa fase, um tanto quanto desorganizada, não tem como base um conjunto de compromissos que guie os esforços da comunidade científica. Uma grande dificuldade apresentada durante esse período é a necessidade inerente ao cientista individual de explicar os primeiros princípios de cada conceito de sua teoria

62 Essa é a terminologia utilizada por Hoyningen-Huene. Ele discute a questão do escopo do modelo de fases minuciosamente (HOYNINGEN-HUENE, 1993, p. 4-12).

e justificá-lo, ou seja, o cientista passa a ser um filósofo⁶³. A existência de um paradigma elimina essa necessidade:

Quando um cientista pode considerar um paradigma como certo, não tem mais a 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 (KUHN, 1996, p. 19-20).

Com um paradigma regulador de toda pesquisa científica, que se mostrou mais eficaz do que seus concorrentes para a resolução de problemas, o período de ciência normal é estabelecido. É produzido todo um aparato instrumental, além de técnicas diversas para correção de dados coletados.

Os pesquisadores, no período correspondente à prática da ciência normal, estão interessados em fazer com que o paradigma corresponda à natureza - eles não se interessam por novidades (KUHN, 1996, p. 35). A prática também sugere que o fracasso na tentativa de fazer com que o paradigma corresponda à natureza é um fracasso do cientista, nunca do paradigma (KUHN, 1996, p. 35).

A necessidade de fazer com que o paradigma corresponda à natureza é de suma importância durante o período de prática da ciência normal. Ter sucesso nesse empreendimento tem grande significado para o cientista. A resolução desses enigmas, o que Kuhn chama de *puzzles (quebra-cabeças)*, constitui um aspecto primordial dentro da atividade de pesquisa:

Resolver um problema da pesquisa normal é alcançar o antecipado de uma nova maneira. Isso requer a solução de todo tipo de complexos quebra-cabeças instrumentais, conceituais e matemáticos. O indivíduo que é bem-sucedido nessa tarefa, prova que é um perito na resolução de quebra cabeças (KUHN, 1996, p. 36).

Esse comprometimento na solução dos problemas apresentados pelo paradigma possibilita um aprofundamento dentro da pesquisa que não seria possível de outra forma:

⁶³ Os estudos em óptica são utilizados por Kuhn a fim de exemplificar como a ciência funciona durante o período de imaturidade. Segundo ele, havia nenhuma concepção consensual da *luz* entre a comunidade até a chegada da teoria newtoniana. Havia competições entre as escolas da antiguidade, mas não existia conjunto algum de crenças que dessem unidade e orientassem o trabalho da comunidade como um todo. Dessa forma, era necessário construir os campos de estudo desde os fundamentos (KUHN, 1996, p. 12).

Ao concentrar a atenção numa faixa de problemas relativamente esotéricos, o paradigma força os cientistas a investigar alguma parcela da natureza com uma profundidade e de uma maneira tão detalhada que de outro modo seriam inimagináveis (KUHN, 1996, p. 24).

Todo esse engajamento é possível porque apenas os problemas que se relacionam com o paradigma são verdadeiramente científicos e dignos de serem resolvidos, durante o período de ciência normal. O cientista tem total convicção de que, se for suficientemente habilidoso, poderá resolver um quebra-cabeça não resolvido ou algum que tenha sido mal resolvido (KUHN, 1996, p. 37).

Thomas Kuhn associa à metáfora do *puzzle* a existência de uma rede de compromissos teóricos, conceituais, metodológicos e instrumentais (KUHN, 1996, p. 42). Trata-se de uma atividade altamente determinada, mas que não é inteiramente determinada por regras. Explica Kuhn:

É por isso que, no início deste ensaio, introduzi a noção de paradigmas compartilhados ao invés de noções de regras, pressupostos e pontos de vista compartilhados como sendo a fonte de coerência para as tradições do paradigma normal (KUHN, 1996, p. 42).

A sugestão de Kuhn é de que as regras são derivadas dos paradigmas, mas os paradigmas podem dirigir a pesquisa mesmo sem as regras (KUHN, 1996, p. 42). Ou seja, o paradigma não é constituído por um conjunto completo e suficiente de regras explícitas que associa a linguagem ao mundo⁶⁴. Para explicar essa característica, Kuhn invoca a noção de *jogo*⁶⁵, apresentada por Wittgenstein (KUHN, 1996, p. 45).

Kuhn utiliza a noção de *jogo* para esclarecer que os cientistas adquirem muito de seu conhecimento através da natureza de sua educação científica, ou seja, no desenrolar da pesquisa, dado que nem tudo é apreendido por meio de regras, mas a

⁶⁴ O que também distancia Kuhn dos Positivistas Lógicos e de Karl Popper.

⁶⁵ “7. Na prática do uso da linguagem (2), uma das partes chama as palavras, a outra age de acordo com elas; no ensino da língua, porém, encontramos *este* processo: o aprendiz *denomina* os objetos. Isto é, ele fala a palavra quando o instrutor aponta para a pedra. – Vai-se encontrar aqui até um exercício mais fácil: o aluno fala as palavras que o instrutor lhe dita – ambos são processos semelhantes à linguagem. Podemos também imaginar que todo o processo de uso de palavras em (2) seja um desses jogos por meio dos quais as crianças aprendem a língua materna. Quero chamar esses jogos de ‘*jogos de linguagem*’, e falar às vezes de uma língua primitiva como um jogo de linguagem. E poder-se-ia chamar os processos de denominação das pedras, e de repetição das palavras ditadas, também de jogos de linguagem. Pense em alguns usos de palavras que se faz nas brincadeiras de roda. Chamarei também a totalidade: da linguagem e das atividades com ela entrelaçadas, de ‘jogo de linguagem’” (WITTGENSTEIN, 2017, p. 14-16).

partir da vivência no campo. Essa é uma das razões indicadas por ele para explicar a possibilidade de exercer o trabalho sem um conjunto completo de regras. Ou seja, parte considerável do conhecimento adquirido por um cientista no processo de aprendizagem de um paradigma será *tácito*.⁶⁶

O emprego correto de um termo não é concedido meramente por um conjunto de regras explícitas, mas por técnicas de aprendizagem, segundo Kuhn. Dentre essas técnicas está o emprego de amostras de cenários já manifestos para que, através de relações de similaridade, possam ser reconhecidos diferentes âmbitos em que uma expressão (ou termo) se aplique adequadamente (KUHN, 1996, p. 193-194).

Após um período em que toda a pesquisa é orientada por um único paradigma compartilhado, os praticantes começam a encontrar alguns resultados inesperados nas recorrentes tentativas de adequar o paradigma à natureza. Essas dificuldades são chamadas de *anomalias* por Kuhn:

A descoberta começa com a consciência da anomalia, isto é, com o reconhecimento de que, de alguma maneira, a natureza violou as expectativas paradigmáticas que governam a ciência normal (KUHN, 1996, p. 52-53).

Porém, a mera constatação da existência de anomalias dentro de um paradigma, não constitui, por enquanto, uma *crise*. A própria atividade da ciência normal, engajada em fazer com que o paradigma se ajuste à natureza, deixa claro que essas dificuldades sempre existirão (KUHN, 1996, p. 82). Para que dificuldades na resolução de problemas sejam consideradas problemas graves, capazes de gerar insegurança nos membros de uma comunidade e, conseqüentemente, levando a um momento de crise do paradigma, algumas condições são necessárias.

⁶⁶ “Kuhn faz pelo menos três menções a tese de Polanyi de que o trabalho científico depende em grande medida de um conhecimento que é ‘tácito’. A primeira delas está no cap V da Estrutura (datada de 1962, portanto), no qual Kuhn descreve a ciência normal como uma atividade que dispensa referências a regras e ‘princípios’ explícitos, bastando um conjunto de ‘paradigmas compartilhados’” (ABRANTES, 1998, p. 73). A ideia de que parte do conhecimento científico é tácito, adquirido pelo pesquisador durante a prática da ciência normal, foi criticada. Kuhn defende no posfácio (1969) da SSR que a aquisição de um conhecimento implícito durante a prática da ciência não significa que esse conhecimento não seja passível de análise: “Quando falo de conhecimento baseado em exemplares compartilhados, não estou me referindo a uma forma de conhecimento menos sistemática ou menos analisável que o conhecimento baseado em regras, leis ou critérios de identificação. Em vez disso, tenho em mente uma forma de conhecimento que pode ser interpretada erroneamente, se a reconstruirmos em termos de regras que são primeiramente abstraídas de exemplares e que a partir daí passam a substituí-los” (KUHN, 1996, p. 192).

Quando a ciência normal não é capaz de resolver os problemas que surgem e o número de anomalias cresce, é possível que um período de crise se inicie, levando à insegurança profissional e fazendo com que os adeptos do paradigma questionem a capacidade de adequação do paradigma adotado. Esses questionamentos, oriundos do estado de crise, cabem mais a um psicólogo explicar do que a um historiador, segundo Kuhn (KUHN, 1996, p. 86). Essas questões exigem uma análise mais ampla, pois fogem do aspecto meramente histórico:

Como é a pesquisa extraordinária? Como fazem para que uma anomalia se ajuste à lei? Como procedem os cientistas quando se conscientizam de que há algo fundamentalmente errado no paradigma, em um nível para o qual não estão capacitados a trabalhar, devido às limitações de seu treinamento? Essas questões exigem investigações bem mais amplas, não necessariamente históricas (KUHN, 1996, p. 86).

Toda essa insegurança gerada e as tentativas mais variadas de resolução de problemas, afrouxamento das regras impostas pela crise, adição de hipóteses *ad hoc*, todo tipo de disputa metafísica e filosófica na tentativa de salvar o paradigma – ainda que de forma um tanto quanto desorientada – revelam o clima ruim que uma crise produz em toda a comunidade. É dentro desse quadro, gerado pela perda de confiança no paradigma, que uma iminente revolução se aproxima.

O surgimento de um paradigma rival agrava decisivamente a crise do conjunto de compromissos vigente. Esse é o período de prática da *ciência extraordinária*. A principal característica do período de ciência extraordinária é a proliferação de teorias. Toda sorte de tentativas para resolução das anomalias do paradigma oferecem uma variedade de exemplares que se põem como candidatos a paradigmas. Como resultado, acontece algo muito similar ao que ocorre durante o período pré-paradigmático.

Kuhn apresenta uma síntese de como se dá o processo de transição da ciência normal até a ciência extraordinária. Ele compreende que quando as anomalias não solucionadas através das prerrogativas do paradigma hegemônico tornam-se insustentáveis, os desdobramentos seguintes levarão à *revolução científica* e, conseqüentemente, à adoção de um novo conjunto de compromissos:

E quando isso ocorre – isto é, quando os membros da profissão não podem mais esquivar-se das anomalias que subvertem a tradição existente da prática científica – então começam as investigações

extraordinárias que finalmente conduzem a profissão a um novo conjunto de compromissos, a uma nova base para a prática da ciência. Neste ensaio, são denominados de revoluções científicas os episódios extraordinários nos quais ocorre essa alteração de compromissos profissionais (KUHN, 1996, p. 6).

O novo conjunto de compromissos não se adapta às prerrogativas do paradigma anterior. O paradigma que se demonstrou inapto para resolução de problemas reconhecidos como graves pela comunidade é abandonado e, aos poucos, esquecido. O novo paradigma mostrou-se eficaz na resolução das anomalias e foi capaz de atrair adeptos que antes se dedicavam ao paradigma pregresso, caracterizando o advento da revolução científica:

De modo especial, a discussão precedente indicou que consideramos 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 (KUHN, 1996, p. 92).

Essa revolução implica a adoção de um novo paradigma e, conseqüentemente, o abandono do antigo. Isso não ocorre individualmente, mas toda a comunidade científica de maneira geral adota esse novo conjunto de compromissos.

Tendo em vista que há prerrogativas irreconciliáveis entre o antigo e o novo paradigma, não seria razoável conceber que uma concepção de ciência cumulativa descreva de maneira fidedigna a adoção de um conjunto de compromissos em detrimento de outro por parte de pesquisadores no decorrer da história. O modelo de fases apresenta um padrão de mudanças de teorias no decorrer da história que visa demonstrar os equívocos que uma visão cumulativa pode cometer ao procurar compreender as teorias progressivamente.

Kuhn compreende que uma revolução científica corresponde à aceitação de um novo paradigma. Segundo sua tese, o conjunto de compromissos regido pelo novo paradigma é incompatível e absolutamente diferente do anterior; ou seja, são incomensuráveis duas tradições científicas separadas por uma revolução científica:

A tradição científica normal que emerge de uma revolução científica é não somente incompatível, mas muitas vezes verdadeiramente incomensurável com aquela que a precedeu (KUHN, 1996, p.103).

Há, portanto, um abismo entre o paradigma antigo e o novo. Essa ideia é reforçada pela mudança que ocorre em diferentes aspectos da prática científica:

Ao aprender um paradigma, o cientista adquire ao mesmo tempo uma teoria, métodos e padrões científicos, que usualmente compõem uma mistura inextricável. Por isso, quando os paradigmas mudam, ocorrem alterações significativas nos critérios que determinam a legitimidade, tanto dos problemas, como das soluções propostas (KUHN, 1996, p. 109).

Logo, não há uma continuidade no que tange aos conjuntos de padrões de avaliação dos resultados da pesquisa, dos problemas e das soluções, pois não são mais os mesmos. Isso entra em confronto com a perspectiva herdada, que procura apresentar uma ciência dirigida por regras claras, explícitas e decisivas, que possui caráter cumulativamente progressivo. Na verdade, a ruptura é tão grande que um mundo completamente diferente se apresenta ao cientista.⁶⁷

Ao afirmar que existe uma mudança na rede conceitual, Kuhn indica que a partir do momento em que vemos o mundo através dessa rede, ocorrerá uma mudança na imagem de mundo. A ideia da incomensurabilidade é a de que não há um patamar supra paradigmático que seja neutro com respeito às coisas de que falamos, no que tange à linguagem ou ao modo como justificam-se os compromissos de pesquisa. Desse modo, podemos compreender que existe um mundo distinto para cada paradigma, na visão de Kuhn. Isto é reforçado por outra passagem que se encontra no Posfácio de 1969 da *SSR*: “[...] os proponentes dos paradigmas competidores praticam seus ofícios em mundos diferentes” (KUHN, 1996, p. 150). Por essa ótica, compreende-se que o paradigma determina a maneira como o cientista olha o mundo. Portanto, cientistas diferentes, olhando para a mesma direção, verão mundos distintos, que são apresentados de acordo com o paradigma que adotam.

Dada a tese da incomensurabilidade, uma nova visão de mundo, filtrada por novas relações conceituais capturadas em um novo léxico, é tratada e justificada por conjuntos de valores e padrões de avaliação diferentes. Com isso, reinicia-se uma nova fase de pesquisa normal, orientada pelo novo paradigma, de tal modo que,

⁶⁷ Kuhn utiliza a transição da mecânica newtoniana para a einsteiniana para explicar essa mudança: “Precisamente por não envolver a introdução de objetos ou conceitos adicionais, a transição da mecânica newtoniana para a einsteiniana ilustra com particular clareza a revolução científica como sendo um deslocamento da rede conceitual através da qual os cientistas veem o mundo” (KUHN, 1996, p. 102).

estando agora na fase madura, a ciência se desenvolverá se alternando em momentos de consenso e de dissenso, ou, em outros termos, períodos de pesquisa ordinária e de pesquisa extraordinária, seguidos de revoluções científicas.

Esse quadro de ciência proposto por Kuhn é revelado pela história. O trabalho empenhado em *SSR* tinha como objetivo uma compreensão mais ampla de como certas teorias prevaleceram sobre outras no decorrer da história. Não por acaso, as ciências consideradas maduras (clássicas ou desenvolvidas) como Física, Matemática, Astronomia e outras, tiveram maior destaque em *SSR*. Os motivos pelos quais isso ocorreu nos farão entender melhor a razão pela qual uma abordagem mais interna predomina na mais célebre obra de Kuhn.

2.5. A posição de Kuhn concernente a história interna e história externa

O artigo *The History of Science* e outros presentes na coletânea *The essential tension* tratam do tipo de história que Kuhn se utiliza. Esses artigos têm em vista o trabalho apresentado em *The structure of scientific revolutions*. Ao tratar dos aspectos internos e externos da história, Kuhn sugere que é preciso começar a olhar para esses aspectos como complementares, pois reunir as duas abordagens é o maior desafio da nova história da ciência (KUHN, 1977b, p. 110). O quadro de ciência apresentado em *SSR* tem no modelo de fases um indício de como a historiografia defendida por Kuhn, *ao menos nessa obra*, privilegiou uma abordagem interna relacionada ao período paradigmático. Em certa medida, é dada maior importância aos aspectos cognitivos da pesquisa científica. Mesmo assim, Kuhn não negou a importância de fatores externos à ciência (KUHN, 1996, p. 69). Entendemos que a abordagem em *SSR* é predominantemente interna, *mas há uma razão para isso*.

A imagem de ciência que emerge do quadro de ciência apresentado em *SSR* privilegia os méritos cognitivos do trabalho do cientista, ou seja, os aspectos internos. Porém, Kuhn também ressalta a importância de fatores externos em certos momentos ao longo desse trabalho e em *The essential tension* (KUHN, 1977, p. xv). Já no trabalho proposto em *CR*, Kuhn sustenta que as duas abordagens, tanto interna como externa, são igualmente fundamentais (KUHN, 1995, p. viii). Veremos que fatores externos também são relevantes em *SSR* e *a predominância dos aspectos cognitivos na narrativa apresentada é devido ao objetivo principal de Kuhn, a saber, apresentar*

uma concepção de ciência que visa explicar como se deu o desenvolvimento das ciências de maneira geral.

Quando Kuhn apresenta no artigo *The History of Science* as abordagens interna e externa, ele indica a necessidade de desenvolvimento de um uso conjunto das duas abordagens por parte do historiador. As dificuldades para que isso seja levado a efeito são grandes, mas havia sinais de que já estava acontecendo. No entanto, apesar de uma aparente autonomia na utilização das duas abordagens em separado e até mesmo uma maior predileção por uma abordagem interna por parte dos profissionais da nova história da ciência, as duas abordagens devem ser vistas como interesses complementares, a fim de que alguns pontos sejam mais bem compreendidos:

Embora tenham certa autonomia natural, as abordagens interna e externa à História da Ciência são, de fato, interesses complementares. Até que sejam praticadas desse modo, cada uma extraindo elementos da outra, é improvável que certos aspectos importantes do desenvolvimento científico sejam compreendidos (KUHN, 1977b, p. 120).

Olhando para sua obra de 1957, *The Copernican revolution*, Kuhn parece buscar utilizar as duas abordagens desse modo. Ao considerar as duas abordagens como igualmente importantes (KUHN, 1995, p. viii), os problemas associados ao uso predominante de uma abordagem interna podem ser minimizados, possibilitando maior clareza concernente à influência de fatores externos à prática da ciência:

Não obstante, a aparente autonomia da abordagem interna é enganadora quanto a elementos essenciais, e a paixão às vezes empregada em sua defesa obscureceu problemas importantes. O insulamento de uma comunidade científica madura, sugerido pela análise de Kuhn, é um insulamento que, primeiramente, diz respeito a conceitos e, em segundo lugar, diz respeito a problemas estruturais. Há, no entanto, outros aspectos do avanço científico, como sua ocorrência no tempo. Esses aspectos dependem seriamente de fatores enfatizados pela abordagem externa do desenvolvimento científico. Particularmente quando as ciências são vistas como um grupo que interage em vez de vistas como uma coleção de especialidades, os efeitos cumulativos de fatores externos podem ser decisivos (KUHN, 1977b, p. 119).

Essa preocupação, relacionada à concepção que enxerga a ciência como um grupo que interage com a sociedade, parece ocorrer em *CR*. Tanto o componente

científico quanto o intelectual, interno e externo, são igualmente importantes para os propósitos de Kuhn nesse ensaio:

Os astrônomos também eram treinados em outras ciências e estavam comprometidos com vários sistemas filosóficos e religiosos. Muitas de suas crenças não astronômicas foram fundamentais, primeiro para adiar e depois para moldar a Revolução Copernicana. Essas crenças não astronômicas compõem meu componente de "história intelectual", que, após o Capítulo 2, é paralelo ao científico. Dado o propósito deste livro, os dois são igualmente fundamentais (KUHN, 1995, p. viii).

O componente de história intelectual, relacionado à abordagem externa, pode favorecer uma compreensão mais ampla de como foi possível que a revolução copernicana fosse levada a efeito (KUHN, 1995, p. 132). Essa é uma das razões pela qual Kuhn julgou ser relevante tratar de um assunto já tão debatido (KUHN, 1995, p. vii).

No caso específico da revolução copernicana, trata-se de uma revolução singular e plural⁶⁸, uma vez que sua abrangência ultrapassou as barreiras das mudanças na Astronomia⁶⁹. Nesse sentido, fica claro que outros aspectos alheios ao trabalho de pesquisa científica habitual também são muito importantes para a compreensão de como a teoria iniciada por Copérnico foi, gradualmente, aceita. Isso segundo o que é proposto em *The Copernican revolution*. Já na proposta presente em *The structure of scientific revolutions*, o objetivo é outro. *Uma concepção de ciência está em jogo*.

Resumindo, apresentamos o modelo de fases, que visa explicar os diferentes estágios da ciência na adoção, abandono e desenvolvimento de uma teoria de acordo com o que a história revela, segundo o que é apresentado em *SSR*. Basicamente, há dois períodos: o período pré-paradigmático (ou de imaturidade) e o paradigmático (de maturidade). O primeiro período abrange a fase inicial de desenvolvimento da ciência. Ele é caracterizado pelo desacordo de pesquisadores em relação a problemas, proposta de solução e a metafísica que dá respaldo ao tratamento que cada um propõe. O segundo período compreende o momento em que um exemplar de solução de problemas, um paradigma hegemônico, rege toda a pesquisa. Como nem todas as ciências chegaram a esse estágio de maturidade, e uma vez que se trata de

⁶⁸ “Embora o nome da revolução seja singular, o evento foi plural” (KUHN, 1995, p. vii).

⁶⁹ Também incluiu mudanças conceituais em campos como a Física, Cosmologia, Filosofia e Religião (KUHN, 1995, p. vii).

apresentar uma concepção de desenvolvimento da ciência (tomada como atividade de solução de problemas) distinta da tradição, explica-se por que (1) esse *segundo período* – que compreende a fase de ciência normal, ciência extraordinária e revolução científica – ocupa maior espaço em SSR (2) e porque se privilegia uma história interna da ciência. Com isso, *muitos dos elementos que têm destaque em CR não tiveram o mesmo espaço em SSR.*

Para se compreender melhor como isso acontece, é oportuno lembrar o que Kuhn afirma em SSR sobre a revolução copernicana:

O colapso da atividade técnica normal de solução de quebra-cabeças não é, obviamente, o único ingrediente da crise astronômica que Copérnico enfrentou. Um *tratamento prolongado* também discutiria a *pressão social* pela reforma do calendário, uma pressão que tornava o quebra-cabeça da precessão particularmente urgente. Além disso, uma explicação mais completa consideraria a *crítica medieval de Aristóteles*, a *ascensão do neoplatonismo* renascentista e *outros elementos históricos significativos*. Mas o *colapso técnico continuaria sendo o cerne da crise*. Em uma ciência madura - e a astronomia alcançou esse estágio na antiguidade - *fatores externos como os citados acima* são especialmente significativos na determinação do momento do colapso, a facilidade com que pode ser reconhecido e a área em que, porque recebe atenção especial, a quebra ocorre primeiro. *Embora extremamente importante, questões desse tipo estão fora dos limites deste ensaio* (KUHN, 1996, p. 69. Itálicos meus).

Essas considerações esclarecem que não há espaço, pelo menos não de forma detalhada, para o tratamento desse tipo de questão em SSR: os objetivos são outros.

Em outra passagem, agora na Introdução de *The essential tension*, que têm em vista a SSR, Kuhn comenta acerca de algumas críticas endereçadas a ele sobre a falta de espaço para o tratamento de aspectos extracientíficos em SSR:

Em sua penúltima seção, "A História da Ciência" também traz o início de uma resposta a uma linha de crítica persistentemente dirigida ao meu livro. Tanto os historiadores gerais quanto os historiadores da ciência às vezes se queixam de que minha explicação do desenvolvimento científico se baseia exclusivamente em fatores internos às próprias ciências; que não consigo localizar as comunidades científicas na sociedade que as apoia e da qual provêm seus membros; e que, portanto, pareço acreditar que o desenvolvimento científico é imune às influências do ambiente social, econômico, religioso e filosófico em que ocorre. Claramente meu livro tem pouco a dizer sobre tais influências externas, mas não deve ser lido como negando sua existência. Pelo contrário, pode ser entendido como uma tentativa de explicar por que a evolução das ciências mais desenvolvidas está mais inteiramente isolada de seu meio social, embora não inteiramente, do que disciplinas como engenharia, medicina, direito e as artes (exceto,

talvez, a música). Além disso, se lido desse modo, o livro pode fornecer algumas ferramentas preliminares para aqueles que pretendem explorar as maneiras e os caminhos pelos quais as influências externas se manifestam (KUHN, 1977, p. xv).

A importância de tais aspectos externos não é, de forma alguma, negada. Porém, não houve tanto espaço em *SSR* para essas questões. Esses elementos aparecem, especialmente, na ocasião em que o período de imaturidade é tratado. Por exemplo, o período pré-paradigmático tem espaço, basicamente no capítulo 2 “*The Route to Normal Science*”, em poucas páginas (KUHN, 1996, p. 12-17). Todavia, praticamente a totalidade do ensaio discorre sobre o período paradigmático, cujo trabalho dos cientistas se dá em torno de uma teoria hegemônica⁷⁰ e acerca das revoluções científicas. Uma concepção mais ampla de desenvolvimento da ciência é o foco em *SSR*. Em *CR* o objeto de estudo é, especificamente, a revolução copernicana. Apenas entendendo os objetivos de cada obra poderemos, de fato, compreender os motivos pelos quais há poucas ocorrências dos aspectos extra científicos em *SSR*.

⁷⁰ Especialmente relacionado às ciências mais desenvolvidas, aquelas que atingiram o status de teoria científica.

3. Interpretação que defende a ruptura historiográfica de Kuhn

Até aqui, procuramos apresentar de maneira geral como se dá a concepção historiográfica defendida por Kuhn. Apresentamos as características do que ele chama de nova história da ciência, suas críticas à perspectiva herdada relativas ao modo de se fazer história e as abordagens interna e externa que devem ser trabalhadas de modo complementar pelos historiadores da ciência. Mediante o que foi exibido, entendemos que aspectos mais cognitivos, relativos ao período paradigmático, associados ao trabalho de pesquisa em torno de uma teoria predominante, prevalecem nos desenvolvimentos apresentados em *The structure of scientific revolutions*. Também é evidente em nossa pesquisa, ao menos no pensamento de Thomas Kuhn até o fim da década de 70⁷¹, que seu trabalho tinha como objeto as ciências consideradas mais maduras, ou seja, aquelas que se desenvolveram mais plenamente no decorrer da história. Portanto, para os objetivos principais de *SSR*, os méritos cognitivos eram mais relevantes. Entretanto, conforme analisamos anteriormente, há aspectos externos reconhecidamente significativos para Kuhn tanto em *SSR* quanto em artigos posteriores que tinham essa obra em vista. No caso da proposta apresentada em *The Copernican revolution*, tanto o componente científico quanto as características associadas a uma história das ideias são igualmente importantes para Kuhn. *Todavia, consideramos que é preciso ter clareza sobre os propósitos principais das duas obras a fim de compreender os motivos pelos quais aspectos externos são mais recorrentes em CR do que em SSR*. No presente capítulo, apresentaremos uma interpretação que compreende que há uma mudança de direcionamento histórico a partir de *SSR*. Essa visão sustenta que em *CR* há diferenças substanciais em sua abordagem para que consideremos que houve uma ruptura no tipo de história que Kuhn se utiliza e defende a partir da publicação da célebre obra de 1962.

⁷¹ Kuhn ensaiou algumas mudanças de posição importantes nas décadas seguintes.

3.1. *The Copernican revolution* e *The structure of scientific revolutions*: duas concepções historiográficas distintas?

Há uma interpretação que defende que *CR* e *SSR* apresentariam diferenças suficientes para não as considerarmos integrantes de uma mesma imagem de ciência. A sugestão de leitura dessa interpretação difere daquela apresentada por aqueles que comungam com a ideia de que *CR* e *SSR* são convergentes em relação à visão historiográfica. Por exemplo, P. Melogno apresenta duas tendências de leitura das obras de Kuhn. A primeira delas é referente a comentadores que compreendem que há continuidade entre os desenvolvimentos historiográficos anteriores à publicação de 1962 e aquilo que foi desenvolvido a partir de então; a segunda tendência sustenta que há uma mudança significativa do tipo de abordagem histórica a partir da publicação de *SSR*.

A segunda tendência, de descontinuidade, compreende que a historiografia utilizada por Kuhn em sua obra de 1957 é casuística, restringindo-se a tratar da revolução copernicana especificamente. Essa revolução é vista como um caso ímpar na história, um marco da mudança científica que também foi capaz de impactar diferentes níveis da sociedade (KUHNS, 1995, p. 4). Por sua vez, o que é apresentado em *SSR* corresponde a uma historiografia estrutural, que visa identificar as características apresentadas pelas diferentes revoluções científicas (MELOGNO, 2016, p. 50). *Isso não poderia estar mais correto, caso nos atenhamos exclusivamente a esses termos e não ignoremos os propósitos de cada obra.*

Ao falar da pluralidade das revoluções científicas, Melogno discorre sobre o papel dado por Kuhn à história das ideias em *CR*, a fim de complementar a história da ciência (MELOGNO, 2016, p. 33). Ele também argumenta que os comentadores que concordam com a visão que ele chama de *contínua*⁷² comumente leem *CR* em termos que foram apresentados apenas a partir da obra de 1962, tais como: ciência normal, paradigma, incomensurabilidade, mudança de mundo, entre outros. Ao se ler o texto

⁷² A perspectiva continuísta (contínua), se refere aos comentadores que entendem que Kuhn expressa a mesma linha de pensamento, relativa aos desenvolvimentos históricos, nos trabalhos anteriores e posteriores à publicação de *SSR* (MELOGNO, 2016, p. 26). A perspectiva descontinuísta (descontínua), por outro lado, entende que há diferenças filosóficas e historiográficas entre os escritos anteriores a *SSR* e que Kuhn teria mudado seu pensamento a partir do final dos anos 50 (MELOGNO, 2016, p. 29).

de 1957 nesses termos, perderíamos a possibilidade de compreender os motivos pelos quais tais termos não apareceram anteriormente (MELOGNO, 2016, p. 34).

A perspectiva de descontinuidade⁷³ mantém uma postura de crença em uma ruptura histórica a partir de *SSR*. Segundo essa perspectiva, em *CR* há problemas e questões que antecipam os desdobramentos apresentados em *SSR*. No entanto, as formulações e pressupostos historiográficos contidos em *CR* seriam incompatíveis com as teses principais presentes em *SSR*:

A posição que defendemos aqui orienta-se para esta segunda linha, que chamaremos de perspectiva descontinuista do pensamento de Kuhn. A posição descontinuista implica admitir que, embora a obra de Kuhn de 1957 contenha certas inquietações e problemas que antecipam os desdobramentos de sua obra madura, estes convivem com formulações e pressupostos historiográficos incompatíveis com as principais teses de *SSR* (MELOGNO, 2016, p. 29).

Dentre os argumentos, destaca-se a interpretação que vê nos desdobramentos historicistas de *CR* certa similaridade com a perspectiva herdada da história, que foi alvo de crítica de Kuhn a partir de *SSR*. Além dessa crítica, as influências dos estudos de Kuhn em Harvard, com forte influência do pensamento de James B. Conant, teriam tido um papel importante na concepção geral apresentada em *CR* (MELOGNO, 2016, p. 30).

Chama bastante atenção o incômodo da perspectiva de descontinuidade em relação à falta de desdobramentos mais filosóficos, algo que ocorre em *SSR*, mas não teria tido tanto espaço em *CR*:

O contexto em que Kuhn elabora seu estudo sobre a revolução copernicana é relevante para compreender o alcance do livro e seus objetivos, e para determinar por que seu conteúdo revela tão pouco do filósofo Kuhn, que ficaria conhecido anos depois (MELOGNO, 2016, p. 29).

O texto em questão trata da revolução copernicana e dos fatores que colaboraram para que ela fosse levada a efeito. Talvez tal questão não fosse tão problemática caso se tenha em vista os propósitos de cada obra.

⁷³ Essa interpretação que compreende as duas obras de Kuhn como projetos historiográficos distintos também é sustentada por R. Westman, E. Bravo e Pinto de Oliveira. Tais comentadores estão no cerne da análise de P. Melogno.

As teses e conceitos apresentados por Kuhn em 1962 não aparecem em seu texto de história da ciência de 1957 (pelo menos não de forma clara, segundo a posição de descontinuidade). Se os desdobramentos anteriores a *SSR* foram passos preparatórios para seus desenvolvimentos, por que não apareceram nos primeiros textos de Kuhn, especialmente em *CR*? Essa é uma questão importante para a perspectiva de descontinuidade. Conceitos como “ciência normal”, “paradigma”, “mudança de mundo”, “anomalia”, “incomensurabilidade”, dentre outros, estavam bem distantes dos trabalhos de Kuhn em meados dos anos 50 (MELOGNO, 2016. p. 30). Por que esses conceitos não apareceram antes? A razão do não aparecimento dessas teses antes da publicação de 1962 dá suporte à tese de descontinuidade. Inclusive, segundo essa perspectiva, fazer uma leitura de *CR* utilizando os termos presentes em *SSR* impossibilitaria uma melhor compreensão. Segundo Melogno:

[...] se a obra de Kuhn de 1957 for reconstruída em termos de anomalias, paradigmas, conversões, mudanças de mundo e incomensurabilidades, a possibilidade - bastante pertinente - de entender por que nenhum desses conceitos aparece em *CR* fica bloqueada. Por outro lado, se assumirmos que *CR* e *SSR* são duas obras com abordagens e linguagens diferentes, abre-se um caminho mais animador para refletir sobre a magnitude de suas diferenças (MELOGNO, 2016, p. 34).

A interpretação da perspectiva de descontinuidade pressupõe que uma análise de *CR* deve ser feita sem os pressupostos de *SSR*.⁷⁴ Mas em que medida a leitura de *CR* nesses termos poderia de algum modo interferir na compreensão dos propósitos de Kuhn nesse ensaio? Em *CR*, a ideia de mudanças de teorias (paradigmáticas?) no campo da astronomia e em outros campos aparece. A concepção ptolomaica e as derivadas dela eram incompatíveis com aquelas iniciadas por Copérnico. As nomenclaturas de *SSR* atrapalham o entendimento da ideia central de *CR*?

Outro ponto importante para o argumento de ruptura historiográfica está associado ao insulamento das comunidades científicas orientadas por um paradigma. Segundo a perspectiva de descontinuidade, não há espaço para essa tese em *CR*:

⁷⁴ Um autor, associado a perspectiva de continuidade, criticado por usar termos que apareceram somente em *SSR* foi J.L. Heilbron: “Por que Copérnico se opôs a isso com tanta insistência? A resposta de Kuhn: problemas com o sistema ptolomaico, em seu aparato técnico e sua adequação à observação, vinham se acumulando por um milênio antes que o Ocidente latino recuperasse os escritos dos astrônomos gregos; Copérnico foi o primeiro europeu suficientemente afetado por essas “anomalias” (para usar o termo da Estrutura) a ter e dedicar tempo para elaborar uma alternativa completa à teoria recebida” (HEILBRON, 1998. p. 508).

Uma divergência importante com *SSR* aparece aqui, pois tanto a noção de paradigma quanto a tese do isolamento das comunidades científicas levam a unidade de análise de *SSR* a ficar restrita às ideias científicas e à prática científica, não no sentido limitado que é rejeitado em *CR*, mas num sentido que torna secundárias tanto as motivações quanto as consequências sociais da mudança científica, que interessam ao trabalho de 1957 (MELOGNO, 2016, p. 34).

Essa característica associada à prática da ciência normal em *SSR* está presente durante o período paradigmático. Com o esforço do cientista na tentativa de ajustar a teoria à natureza, não há muito espaço para preocupações externas, segundo o Kuhn de 1962. Todavia, cabe ressaltar que essa característica é presente durante o período em que há um paradigma hegemônico permeando a pesquisa. Em um período pré-paradigmático a comunidade não se porta desse modo, pelo menos não completamente.

Em *CR*, a unidade de análise da história da ciência é mais ampla. Kuhn se utiliza da história das ideias, a fim de elucidar o papel que os fatores extracientíficos cumprem para a compreensão de como a revolução copernicana foi levada a efeito. Desenvolvimento das concepções iniciais de Copérnico, desenvolvimento de outros campos, elaboração de novas ferramentas e a influência de aspectos de ordem intelectual foram necessários para que uma reforma na cosmologia e astronomia, então vigentes, pudesse ocorrer. Isso não foi feito de forma rápida e não aconteceu com a publicação do *De Revolutionibus*. Outros personagens deram prosseguimento ao pontapé inicial dado por Copérnico e apenas quando esses e outros fatores, juntamente com os méritos cognitivos, foram levados a cabo, o que ficou conhecido como “revolução copernicana” aconteceu.

Segundo a interpretação de descontinuidade, essa unidade empreendida em *CR* divergiria da noção de paradigma e da tese de isolamento das comunidades científicas durante a prática da pesquisa normal. Segundo essa interpretação, tal unidade não tem espaço em *CR* e difere da unidade de análise presente em *SSR*, a qual se restringe às ideias e práticas científicas, no sentido limitado que não ocorre na obra de 1957:

O impacto social das descobertas científicas, as condições práticas que as impulsionam, a função social das cosmologias e as práticas sociais relacionadas à observação dos céus são apenas alguns dos membros de uma variada família de processos externos à ciência. em *CR* são destacados sob essa ampla concepção historiográfica, e que

não encontraram lugar na abordagem mais restrita de *SSR* (MELOGNO, 2016, p. 34).

Melogno apresenta componentes externos que não encontram espaço em *SSR*, cujo interesse por eras pré-paradigmáticas restringe-se a identificar as diferenças entre o modo de funcionamento científico que instala um paradigma e o modo de funcionamento prévio, que em sentido estrito não conta como científico (MELOGNO, 2016, p. 35). Em *CR*, o interesse pelos estudos pré-históricos da observação astronômica é analisado a fim de detectar características comuns com a astronomia científica. A função social das crenças cosmológicas em *CR* não se ajusta à tese de isolamento da comunidade científica defendida em *SSR*, a qual deixa em um rol secundário tanto as influências externas da ciência como a aplicação prática das descobertas científicas (MELOGNO, 2016, p. 36).

A dinâmica interna do funcionamento das comunidades científicas se aplica no caso da prática da ciência normal - durante o período em que uma crise instaurada se torna insustentável, por exemplo. Nesse caso, a dinâmica é diferente.

Em *SSR*, a influência de fatores extra científicos é sempre secundária, segundo a tese de descontinuidade. Os artigos contidos na coletânea *The essential tension* estendem os desenvolvimentos contidos em *SSR*. De fato, não há muito material que vise esmiuçar o trabalho específico empenhado em *CR*, talvez não haja nada mais do que indícios. No entanto, a análise do que é dito em *The essential tension* tem importância para nós, pois entendemos que, ao se analisar o tratamento mais desenvolvido da historiografia praticada por Kuhn, encontraremos dados importantes do tipo de história que ele tomou partido (conforme fizemos no segundo capítulo). O fato dos artigos presentes em *The essential tension* serem relativos às ideias desenvolvidas em *SSR* não nos impede de utilizar esses pronunciamentos a fim de compreender se há, de fato, diferenças substanciais no tipo de história empreendido nas duas obras.

Outro ponto da perspectiva de descontinuidade sugere que o esquema conceitual de Copérnico não provém dos astrónomos profissionais, mas de agentes externos à prática da disciplina:

[...] a batalha pela nova teoria ocorrerá entre os que estão dentro e os que estão fora do espaço da perícia técnica astronômica. A oposição veio de "estranhos": teólogos como Martinho Lutero, João Calvino e

Philipp Melanchthon; o filósofo político Jean Bodin; os poetas Guillaume Du Bartas e John Donne (WESTMAN, 1994, p. 94).

Esse é um ponto de análise empreendido em *CR*. Esses agentes estão associados ao poder que a religião predominante, a política, correntes intelectuais e outras filosofias exerciam nesse período. O que nos parece estar mais associado a elementos aludidos por Kuhn, na analogia que procura estabelecer entre revoluções científicas e revoluções políticas, em *SSR*. Quando os recursos aos méritos cognitivos são postos por ambos os lados e mesmo assim a divergência permanece, o debate entre defensores de paradigmas rivais apresentará algo análogo aos recursos à propaganda e à força, bastante emblemáticos em revoluções políticas (KUHN, 1996, p. 94).

Em *SSR*, os fatores que explicam transições de paradigmas são determinados pelos cientistas que decidem assumi-los ou não. Não podem ser reduzidos nem explicados por elementos não científicos, segundo a tese de descontinuidade. Temos o internalismo como hipótese forte de trabalho. Fatores externos podem existir ocasionalmente, mas são a exceção:

Assim, o internalismo é pressuposto, pelo menos como uma forte hipótese de trabalho. Isso não exclui a influência ocasional de fatores externos, mas implica que esta é a exceção à regra (HOYNINGEN-HUENE, 2012, p. 288).

Segundo Melogno, essa diferença de alcance na unidade de análise entre as duas obras explicaria a ausência do termo “comunidade científica” em *CR*:

Assim, em *SSR*, os fatores que explicam a transição entre paradigmas referem-se, basicamente, aos cientistas que decidem aceitar ou rejeitar determinado paradigma, em meio a processos intrínsecos às comunidades científicas, que não podem ser explicados ou reduzidos a não-científicos, secundários em relação aos problemas disciplinares que impulsionam a mudança de paradigma. Entendemos que essa diferença no escopo da unidade de análise também permite explicar a completa ausência do termo 'comunidade científica' na obra de 1957 (MELOGNO, 2016, p. 39).

Falando da diferença de unidade de análise, Melogno discorre acerca das diferenças de enfoque das duas obras. No caso de *CR*, o triunfo do copernicanismo se deu em um nível de análise triplo:

[...] 1. a comunidade de astrônomos profissionais, que no final do século XVII estava quase totalmente convertida; 2. as comunidades

universitárias, nas quais o sistema copernicano foi ensinado junto com o de Ptolomeu e Tycho Brahe, até o século XVIII; 3. cosmologia popular, que abrange toda a sociedade não educada em ciência, onde o copernicanismo só prevaleceu no final do século XVIII (MELOGNO, 2016, p. 39).

Essa unidade de análise, em três níveis, não encontra espaço em *SSR*, pois as mudanças de paradigmas acontecem dentro das comunidades científicas⁷⁵. O enfoque historiográfico presente em *CR* aponta para uma compreensão ampla da ciência em seu contexto e em suas implicações sociais.

No que se refere ao uso da psicologia da Gestalt nas duas obras, há também diferenças importantes, segundo a perspectiva de descontinuidade:

A base para esta divergência é que a visão de ciência que Kuhn oferece em *CR* supõe uma continuidade entre a percepção científica e a percepção fora da ciência, o que sugere que a psicologia da Gestalt ilustra aspectos relevantes de todo processo perceptível, científico ou não. Mas na abordagem de *SSR*, muito mais focada na singularidade da ciência e menos propensa à continuidade com elementos culturais, a eficácia da Gestalt em dar conta de processos perceptivos extra científicos não garante que a percepção científica possa ser explicada de forma similar. Enquanto isso, em 1962, Kuhn parece entender que a percepção científica é um processo extremamente peculiar, cujo funcionamento não pode ser totalmente assimilado ao da percepção extra científica (MELOGNO, 2016, p. 47).

De fato, as aplicações da Gestalt são distintas. Em *CR*, ela se aplica aos aspectos perceptíveis do conhecimento, enquanto em *SSR* tem consequências epistemológicas e ontológicas que não encontraram espaço em 1957 (MELOGNO, 2016, p. 50). Isso poderia expressar certa imaturidade no uso da psicologia da Gestalt a essa altura. No entanto, cabe ressaltar que, se é perceptível que os propósitos das duas obras possuem enfoques muito distintos, por que a psicologia da Gestalt seria explorada do mesmo modo nas duas obras?

As duas obras tratam de mudanças teóricas, mas de modo distinto. Enquanto em *CR* os fatores internos e externos são vistos como igualmente importantes, em *SSR* há uma predileção por uma abordagem interna, dado os seus propósitos.

⁷⁵ “Poderíamos dizer que esse triplo nível de análise não é aplicado por Kuhn em 1962, mas isso se refere apenas a uma decisão de fato, que só teria o valor de descrever o que Kuhn decidiu não fazer. Ao contrário, ao afirmar que esse triplo nível de análise não é aplicável a *SSR*, pretendemos dar conta não de uma decisão factual, mas de uma limitação conceitual: Kuhn não aplicou o triplo nível de análise em *SSR*, nem poderia ter o aplicado, na medida em que a matriz historiográfica que sustenta a distinção entre os três níveis das revoluções científicas não é assimilável com a historiografia de *SSR*” (MELOGNO, 2016, p. 40).

Segundo Westman, a imagem de mudança teórica está ligada à tese da incomensurabilidade (WESTMAN, 1994, p. 94-95). Isso explicaria o motivo do não aparecimento da incomensurabilidade em *CR* (MELOGNO, 2016, p. 48).

Melogno compreende que em *CR* é apresentada uma historiografia casuística, enquanto em *SSR*, se trata de uma historiografia estrutural. Em *CR*, a revolução copernicana possui um caráter singular; em *SSR*, por sua vez, a revolução copernicana perde seu caráter excepcional (MELOGNO, 2016, p. 51). O Kuhn de 1957 está interessado na singularidade da revolução copernicana, em seu impacto na história da astronomia. Em 1962, Kuhn é um historiador da ciência com pretensões filosóficas. Ele busca os indícios de como ocorreram as revoluções científicas e a revolução copernicana é apenas mais uma delas⁷⁶ (MELOGNO, 2016, p. 51).

Há a defesa de uma ruptura historiográfica por parte da perspectiva de descontinuidade. *CR* e *SSR* não são incompatíveis em todos os pontos, mas as premissas historiográficas das duas obras dão conta de formas incompatíveis de compreender a ciência, não podem fazer parte de uma visão conjunta de ciência, segundo essa interpretação (MELOGNO, 2016, p. 52-53).

3.2. *CR* e *SSR*: continuidade ou descontinuidade historiográfica?

É notório que em *CR* há maior ocorrência de aspectos externos e o próprio Kuhn vê esses fatores como igualmente importantes para o entendimento de como aconteceu a revolução copernicana. Todavia, a interpretação de descontinuidade compreende que houve uma mudança no modo de se fazer história a partir de *SSR* e temos razões para não concordar com essa visão. Para tanto, é necessário que compreendamos os propósitos principais de cada obra.

Precisamos analisar algumas passagens importantes da interpretação que se posiciona a favor de uma ruptura historiográfica de Kuhn a partir da publicação de *The structure of scientific revolutions*. Ao destacar uma passagem importante em que Kuhn afirma, de forma bem clara, que os fatores externos que poderiam ter influenciado a

⁷⁶ Dessa forma, em *CR* a reconstrução histórica da revolução copernicana é um fim em si mesma, enquanto em *SSR* funciona apenas como um caso que fornece matéria-prima para um aparato filosófico muito mais amplo (MELOGNO, 2016, p. 51).

revolução copernicana estão fora dos limites do que é tratado em *SSR*⁷⁷ (KUHN, 1992, p. 69), Melogno diz o seguinte:

A última parte da passagem pode novamente dar a impressão de que se trata apenas de uma questão de foco, e que a diferença se resume a que, em *SSR*, Kuhn apenas não se interessa por fatores externos, ainda que os considere relevantes. Deste ponto de vista, *CR* aponta para a reconstrução de uma revolução científica particular, enquanto *SSR* procura articular certas teses histórico-filosóficas sobre a natureza das revoluções científicas. O primeiro empreendimento exige uma análise dos fatores sociais e a segundo não; Diríamos então que *SSR* reconhece os fatores sociais classificados em *CR*, mas não os incorpora na reconstrução histórica. Uma história completa da revolução copernicana deve incluir tanto a dinâmica interna das comunidades científicas, quanto os fatores externos do mundo social, que é o que encontramos ao combinar os dois livros (MELOGNO, 2016, p. 42).

Esse pensamento está de acordo com o que analisamos em nosso trabalho. Todavia, Melogno não concorda com a leitura nesses termos: “Entendemos que essa forma de tratar o assunto é inadequada, pois as diferenças vão além de uma questão de domínio ou propósitos conceituais” (MELOGNO, 2016, p. 43). Além disso, Melogno parece compreender que há uma concepção de ciência em jogo no que é desenvolvido em *CR*:

No quadro historiográfico de *CR*, a consideração de fatores externos é essencial para a compreensão das revoluções científicas, por isso uma imagem de mudança revolucionária que considera esses fatores como fora de seus limites, mantém o quadro historiográfico de *CR* como algo mais do que um desacordo de objetivos (MELOGNO, 2016, p. 43).

Ao se valer dessa crítica para expor uma ideia de que em *CR* existe uma concepção historiográfica baseada em uma história externa para a compreensão “das revoluções científicas”, a interpretação de descontinuidade implementa, no mínimo, uma incoerência. O argumento geral dessa visão de descontinuidade sugere que, em *CR*, Kuhn apresentaria uma historiografia casuística, focada apenas na revolução copernicana. Nesse sentido, o termo “revoluções científicas” parece abranger algo mais amplo, que vai além do recorte sugerido pela análise em foco da revolução copernicana. Esse mesmo argumento é reforçado alguns parágrafos depois:

⁷⁷ Utilizamos essa passagem, na íntegra na página, 51.

Por um lado, é aceitável que fatores externos possam ter tido ainda mais relevância em *CR*, e isso só é possível porque este trabalho assume que tanto as causas quanto as consequências das revoluções científicas respondem à interação entre fatores internos e externos. Mas o mesmo raciocínio não se aplica em *SSR*, cujo percurso narrativo não teria permitido dar maior relevância a fatores externos, pois supõe uma historiografia para a qual é necessário que o funcionamento histórico da ciência possa ser explicado basicamente por fatores internos (MELOGNO, 2016, p. 45).

Como acabamos de ver, o argumento é parecido, e outra vez passa a impressão de que uma imagem de ciência está entre as pretensões de *CR*.

Há duas possibilidades em nosso exame ao analisarmos os apontamentos levantados. A primeira é de que os propósitos de cada obra não foram compreendidos suficientemente para o entendimento de que as diferenças de abordagem não sugerem, necessariamente, uma visão histórica conflitante nas duas obras. Isso se reflete em alguns momentos quando a perspectiva de ruptura historiográfica se aproxima de uma conclusão mais alinhada ao pensamento de continuidade, considerando que alguns argumentos, presentes em 1957, estariam em processo de desenvolvimento. Entretanto, o que prevalece é a defesa de uma ruptura mais radical baseada nas diferenças aparentemente substanciais apresentadas nas duas obras, especialmente associadas a ocorrência maior de aspectos externos em *CR* e do não aparecimento de teses que ficaram conhecidas a partir de *SSR* (paradigma, anomalia, incomensurabilidade etc.). A segunda possibilidade, mais improvável em nossa visão, seria a do desenvolvimento de um ponto, feita à revelia dos pronunciamentos suficientemente claros proferidos por Kuhn acerca de seus objetivos, o que resulta em uma boa tese, caso eles sejam ignorados.

4. Conclusão

A maior parte do que foi tratado em *The structure of scientific revolutions* se refere ao período paradigmático, o qual possui características vinculadas a problemas e soluções de problemas. Porque se trata de fornecer uma abordagem do desenvolvimento da ciência, tomada como uma atividade de solução de problemas, entendo que o privilégio dado a uma abordagem interna da história da ciência se justifica. Não obstante, existem períodos em que há aspectos externos a essa visão pragmática de ciência. Kuhn explicitamente menciona a importância desses aspectos no debate entre cientistas rivais em um período extraordinário, no qual as virtudes e dificuldades dos paradigmas rivais em jogo são destacadas. Particularmente, como vimos, ele cita em *SSR* alguns desses componentes não cognitivos quando alude ao debate entre defensores da astronomia ptolomaica e partidários da astronomia copernicana.

Kuhn declarou que poderia ter dado mais ênfase às características dos conflitos existentes dentro do período pré-paradigmático. Como o período de dissenso que antecede uma revolução científica se assemelha àquele do período pré-paradigmático, entendemos que um detalhamento da fase embrionária da ciência contemplaria menções a aspectos externos à atividade de propor solução de problemas considerados relevantes.

A interpretação que defende a tese de uma ruptura radical no modo de fazer história no pensamento de Kuhn, aparentemente, não dá o devido valor aos objetivos centrais dos dois trabalhos e suas diferenças, não explora as diferentes unidades de análise e, sobretudo, não consegue ajustar bem os pronunciamentos de Kuhn acerca de sua concepção sobre a importância de conjugar uma abordagem interna com um tratamento externo da história da ciência. É notório que há falta de clareza sobre alguns aspectos em *CR*, os quais foram mais bem desenvolvidos por Kuhn em *SSR*. Todavia, entendemos que não são alegações suficientemente fortes para a defesa de uma ruptura completa do modo de se fazer história a partir da obra de 1962.

A abordagem das mudanças científicas em *SSR* compreende grandes e pequenas revoluções. Em outras palavras, procurei argumentar que Kuhn não mudaria a abordagem histórica apresentada em *CR*, se fosse escrever sobre outra grande revolução científica (por exemplo, a passagem do criacionismo para a teoria

da evolução de Darwin) depois de ter escrito *SSR*. Ou seja, uma compreensão histórica ampla de uma grande revolução envolve um detalhamento de aspectos internos e externos.

5. Referências bibliográficas

- ABRANTES, P. Problemas metodológicos em historiografia da Ciência. In: SILVA FILHO, Waldomiro José da. *Epistemologia e ensino de Ciências*. Salvador: Arcádia, 2002. p. 51-91.
- ABRANTES, P. Kuhn e a noção de exemplar. *Principia*. Santa Catarina. v. 2. n. 1. p. 61-102, 1998.
- BIRD, A. *Thomas Kuhn*. Chesham/UK: Acumen, 2000.
- BIRD, A. Thomas Kuhn. *Stanford encyclopedia of philosophy*, 2004/ *substantive revision 2018*. Disponível em: <<https://plato.stanford.edu/entries/thomas-kuhn/>>. Acesso em 19 out. 2019.
- BRAVO, E. Thomas S. Kuhn, La revolucion copernicana. *Critica*, 1979, vol. 11, n 31, p. 140-147.
- HEILBRON, J. L. Thomas Samuel Kuhn. *Isis*, 89, 3, pp. 505-515, 1998.
- HOYNINGEN-HUENE, P. *Reconstructing scientific revolutions: Thomas Kuhn's philosophy of science*. Chicago/Londres, Chicago University Press, 1993.
- HOYNINGEN-HUENE, P. Philosophical Elements in Thomas Kuhn's Historiography of Science. *Theoria*, 75, pp. 281-292, 2012.
- KOYRÉ, A. *Estudos galilaicos*. Lisboa: Dom Quixote, 1986.
- KOYRÉ, A. *Estudos de história do pensamento científico*. 2 ed. Rio de Janeiro: Forense Universitaria, 1991.
- KUHN, T. S.; CONANT, J. *The Copernican revolution: planetary astronomy in the development of western thought*. Cambridge: Harvard University Press, 1992.
- KUHN, T. S. *The structure of scientific revolutions*. 3. ed. Chicago: Chicago University Press, 1996.
- KUHN, T.S. *The essential tension*. Chicago, University of Chicago Press, 1977. KUHN, T.S. The relations between the history and philosophy of science. In: T.S. KUHN. *The essential tension*. Chicago, University of Chicago Press, 1977a. p. 3-20.
- KUHN, T.S. The history of science. In: T.S. KUHN. *The essential tension*. Chicago, University of Chicago Press, 1977b. p. 105-126.

- KUHN, T.S. The relations between history and history of science. *In: T.S. KUHN. The essential tension*. Chicago, University of Chicago Press, 1977c. p. 127-161.
- KUHN, T.S. Objectivity, value judgement, and theory choice. *In: T.S. KUHN. The essential tension*. Chicago, University of Chicago Press, 1977d. p. 320-339.
- MARCUM, J. *Thomas Kuhn's revolutions: A historical and an evolutionary philosophy of science*. New York, Continuum, 2005.
- MELOGNO, P. Las revoluciones de Thomas Kuhn, una mirada discontinuista. *Manuscrito*, v. 38, n. 3, p. 25-58, 13 jan. 2016.
- MERTON, R. Science, technology and society in seventeenth century England. *Osiris*, Vol. 4, 1938, p. 360-632.
- PALMA, H. De la concepción heredada a la epistemología evolucionista. Un largo camino en busca de un sujeto no histórico. *Redes*, v. 5, n. 11, p. 53–79, 1998.
- PLATO. *Timaeus and Critias*. Trad. Robin Waterfield. USA: Oxford University press, 2009.
- PINTO DE OLIVEIRA, J.C. Kuhn and the genesis of the new historiography of science. *Studies in History and Philosophy of Science*, 43 (A), 1, pp. 115-121, 2012.
- SWERDLOW, N. An Essay on Thomas Kuhn's First Scientific Revolution, *The Copernican Revolution. Proceedings of the American Philosophical Society*, 148, 1, pp. 64-120, 2004.
- WESTMAN, R. Two cultures or one? A second look at Kuhn's *The Copernican revolution*. *Isis*, 85, 1, pp. 79-115, 1994.