

Universidade Federal de Goiás
Faculdade de História
Programa de Pós-graduação em História

Mestrado

**Revolução científica e nascimento da ciência experimental em Alexandre
Koyré**

Mohana Ribeiro Barbosa
Orientador: Prof. Dr. Marlon Jeison Salomon

Goiânia
2013

Mohana Ribeiro Barbosa

Revolução científica e nascimento da ciência experimental em Alexandre Koyré

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-graduação da Faculdade de História da Universidade Federal de Goiás, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em História.

Área de concentração: Culturas, Fronteiras e Identidades.

Linha de Pesquisa: Identidades, Fronteiras e Culturas de Migração.

Orientação: Prof. Dr. Marlon Jeison Salomon.

Goiânia

2013

Revolução científica e nascimento da ciência experimental em Alexandre Koyré

Dissertação defendida no Programa de Pós-graduação da Faculdade de História da Universidade Federal de Goiás, para obtenção do título de Mestre em História, aprovada em ____ de _____ de 2013, pela banca examinadora composta pelos professores:

Prof. Dr. Marlon Jeison Salomon/UFG
Presidente

Prof. Dr. Fábio Ferreira de Almeida/UFG
Membro

Prof. Dr. Mauro Lúcio Leitão Condé/UFG
Membro

Prof. Dr. Rodrigo Vieira Marques/UFG
Suplente

AGRADECIMENTOS

Agradeço ao meu orientador Marlon Salomon, pelo respeito e disponibilidade sempre presentes em cinco anos de orientação.

Ao meu marido Fred Alves, por todo amor, apoio, compreensão e ajuda que recebi. Pelos momentos leves e divertidos. Por ser uma pessoa admirável e fazer parte da minha vida da melhor maneira possível, estando sempre ao meu lado nas muitas dificuldades que encontrei. Sem ele este trabalho não teria sido finalizado.

À Tereza Barbosa, por ser um exemplo constante de força e competência. Pela alegria e confiança. Por ter dedicado a maior parte de sua vida a mim. Por ser minha mãe.

Aos professores Fábio Almeida e Rodrigo Marques, pelas contribuições a esta pesquisa.

Ao professor Mauro Condé, por se dispor a participar da banca de defesa e avaliar este trabalho.

A todos os bons professores que integram a Faculdade de História da UFG, que possibilitaram que eu me tornasse professora e pesquisadora. Dedico a eles muita admiração, gratidão e respeito.

Aos meus grandes amigos e colegas de mestrado: Dianari Moraes, Leonardo de Jesus, Philippe Sartin, Renato Fagundes, Riva Natal e Vanessa Clemente. Eles estiveram por perto em muitos momentos importantes desde a graduação e tornaram muita coisa possível. Agradeço pela confiança, paciência e companheirismo, pelas muitas risadas e angústias compartilhadas.

Às minhas queridas amigas Dani Pacheco e Elaine Meireles, por serem sempre divertidas e confiantes. Pelos exemplos de generosidade e superação.

Aos funcionários da secretária da Faculdade de História e do Programa de Pós-Graduação em História da UFG: Daiany, Gustavo e Marco Aurélio, pela disponibilidade em ajudar.

Á minha tia Deth Costa, por estar sempre presente, por ser dedicada e atenciosa.

Aos meus avôs: Divina Barbosa, Miguel e Ruth Costa, pelo carinho e cuidado que sempre me dedicaram.

À Aline do Carmo, pela grande ajuda durante o processo seletivo.

À Celine Clement, pelo auxílio com o francês e pelas boas conversas.

À CAPES, pela bolsa que financiou dois anos de trabalho.

Resumo

Este trabalho tem por objetivo compreender a definição atribuída por Alexandre Koyré à ciência experimental do século XVII, explorando a importância deste conceito no interior da historiografia das ciências. Entende-se que a oposição feita por Koyré ao positivismo de Auguste Comte, concepção teórica dominante na história e filosofia das ciências na primeira metade do século XX, engendra um novo significado para a ciência e seu curso. Em seus trabalhos como historiador das ciências, desenvolvido fundamentalmente entre 1930 e 1961, Koyré formula conceitos precisos para vários elementos considerados essenciais para a história e filosofia das ciências, tais como: revolução científica, experimentação, instrumentos e ferramentas. Procuo demonstrar a trajetória intelectual e os debates epistemológicos presentes na formação desses conceitos.

Palavras-chave: historiografia das ciências, filosofia das ciências, positivismo, Alexandre Koyré.

Abstract

This work aims to understand the definition given by Alexandre Koyré for the experimental science of the seventeenth century, exploring the importance of this concept within the historiography of science. Assuming that the opposition made by Koyré of Auguste Comte's positivism, theoretical conception dominant in the history and philosophy of sciences in the first half of the twentieth century, engenders a new meaning for science and its course. In his work as a historian of science, developed primarily between 1930 and 1961, Koyré formulates precise concepts for various elements considered essential to the history and philosophy of sciences, such as: scientific revolution, experimentation, tools and instruments. I intend to demonstrate the intellectual trajectory and epistemological debates present in the formation of these concepts.

Keywords: history of sciences, philosophy of science, positivism, Alexandre Koyré.

Sumário

Introdução	8
Capítulo 1: Alexandre Koyré e a História das Ciências.	14
1.1 O positivismo na história e filosofia das ciências	17
1.2 Koyré e a história do pensamento científico	23
1.3 Ciência moderna como continuidade do pensamento medieval	35
1.4 A revolução científica do século XVII como nascimento da ciência moderna	40
1.5 A imbricação entre história e filosofia das ciências	45
1.6 Relação entre filosofia e ciência	51
Capítulo 2: O conceito de Ciência Experimental: pensamento matemático e instrumentos de precisão	61
2.1 A revolução intelectual de Alexandre Koyré	62
2.1.1 Copérnico: tradição e ruptura.....	74
2.2 Alexandre Koyré e o conceito de experimentação	84
2.2.1 Galileu e os instrumentos da ciência experimental	87
2.2.2 Newton e a física moderna.....	97
Considerações finais	100
Referências	103

Introdução:

Este trabalho busca analisar a construção do conceito de ciência experimental em Alexandre Koyré entre os anos de 1930-1961. O recorte da pesquisa leva em consideração o período no qual ele se dedicou à história do pensamento científico, reservando especial interesse à revolução científica do século XVII, isto é, ao nascimento da ciência moderna.

A experimentação é tradicionalmente apresentada pela historiografia como a principal característica da ciência moderna. Dessa forma, através da definição do seu conceito de experimentação, Koyré define sua concepção a respeito da origem da ciência moderna, elaborando também uma definição própria de ciência e uma interpretação acerca de seu desenvolvimento.

Antes de se estabelecer como um dos grandes nomes da história das ciências, Koyré estudou o pensamento religioso e filosófico, concebidos não como blocos estanques, mas como partes de um todo relacionado. Koyré concebe e escreve a história das ciências mantendo-se atento ao rigor metodológico exigido de uma pesquisa historiográfica, mas nunca abre mão de pensar filosoficamente a respeito da ciência e de seus grandes nomes: Copérnico, Galileu, Descartes, Newton... Dessa forma, os questionamentos filosóficos orientam toda sua obra.

A maneira como Koyré concebe a trajetória da teologia e a forma como trabalha suas relações com a filosofia são pontos relevantes para esse trabalho, pois apresentam a origem de convicções e princípios de pesquisa determinantes de seu modo de escrever a história das ciências. Vale ressaltar que, de certa forma, Koyré nunca deixou de ser um historiador do pensamento filosófico e religioso, uma vez que para ele ciência, filosofia e teologia – encaradas como sistemas de pensamento – estão intimamente relacionadas, sendo necessário, para efetiva compreensão de cada um desses sistemas, estudá-los em conjunto e não de forma isolada.

Nesta dissertação, busco pensar a relação entre Koyré e a historiografia das ciências produzida em sua época, refletindo sobre os posicionamentos tomados por ele em relação tanto àqueles que podem ser considerados como pertencentes à sua tradição epistemológica, como Pierre Duhem; quanto a Augusto Comte, de quem procurou se afastar filosófica e historiograficamente.

Compreender como Koyré se afasta da historiografia positivista é um ponto importante para o desenvolvimento do primeiro capítulo deste trabalho. O positivismo

fundado por Comte se constitui, a partir do século XIX, como um modelo dominante para pensar a ciência; seus conceitos, noções e princípios estiveram continuamente presentes nos estudos referentes à atividade científica. Na passagem do século XIX para o século XX, as reflexões filosóficas sobre a ciência se ampliam – em função inclusive da própria transformação na ciência – tornando possível o surgimento de críticas às teorias do conhecimento presentes até aquele momento, bem como a elaboração de novas propostas para se pensar a ciência.

É neste contexto que considero o trabalho de Koyré, relacionando-o com uma tradição epistemológica que se organiza academicamente no início do século XX e que se posiciona de maneira contrária a vários princípios teóricos que apresentariam alguma ligação com a atitude intelectual de Auguste Comte: ciência vista como uma atividade que se desenvolve a partir da experimentação e da observação, passando por estágios regulares e cujo objetivo essencial deve ser a elaboração de leis que possibilite a previsão e elimine qualquer tipo de explicação metafísica ou filosófica.

Ao longo do primeiro capítulo há um esforço em refletir acerca de como estes princípios da filosofia positivista serão combatidos por Koyré, que se esforça para construir uma historiografia na qual a filosofia seja encarada como parte constituinte das teorias científicas e não como entrave. Dessa forma, torna-se evidente que, embora o positivismo oferecesse um modelo dominante tanto para a atividade científica quanto para a história desta atividade, foi possível pensar e praticar a história das ciências a partir de concepções e perspectivas distintas, gerando um modelo de historicidade inteiramente novo.

Refletir sobre a história do pensamento científico pressupõe considerar a ciência em sua autonomia sem abrir mão de pensar sua proximidade com outras formas de conhecimento. Koyré estuda as condições que tornaram possível a ciência moderna, as transformações dos marcos em que se assentavam a ciência antiga e medieval e a estrutura da nova concepção de mundo. O conceito de revolução científica elaborado por ele se relaciona com seu modo de conceber a atividade científica e a própria historiografia acerca dessa atividade.

O nascimento da ciência moderna, pensado como uma revolução, pressupõe a existência de um corte, uma separação radical entre a ciência que seria praticada a partir do século XVII e aquela que lhe é anterior. Porém, em Koyré a oposição encontrada entre a ciência moderna e a ciência antiga e medieval não corresponde à disparidade existente entre um conhecimento científico e um saber carente de cientificidade.

No que se refere à ciência medieval, duas características se destacam no interior da historiografia: imprecisão nos cálculos, medidas e procedimentos científicos; e presença de ideias filosóficas e metafísicas na constituição de teorias científicas. Com a valorização da experimentação que nasce no século XVII, as características do saber medieval tornam-se defeitos, deformidades, grandes falhas na produção do conhecimento e responsáveis pela esterilidade da ciência do período. Em oposição a esta ciência que se perde no excesso de especulação, a historiografia destaca a ciência moderna, profundamente marcada pela fecundidade da técnica.

Em Koyré, a Idade Média possui uma cientificidade, não sendo apenas abstração e especulação metafísicas. Para ele, a ciência não apresenta uma evolução contínua e certa, o estudo do passado de uma ciência – seja ela a astronomia, a física ou a matemática – não é feito para buscar uma origem. Dessa forma, a ciência da Idade Média não é o passado primitivo da ciência moderna, não sendo necessariamente inferior a ela.

A forma como Koyré analisa a história da ciência se relaciona com a maneira como ele concebe e define a própria atividade científica. A ciência é elaboração teórica, o que significa dizer que só existe ciência onde há uma teoria explicativa do mundo. Assim, pode-se compreender que a ciência de uma época específica envolve uma visão de mundo, e necessita de um envolvimento em um quadro filosófico para se consolidar, não podendo se desenvolver isoladamente a partir somente de questões técnicas ou práticas (KOYRÉ, 1971).

Para Koyré, não é possível examinar o passado de uma ciência partindo de noções que pertencem a outra época, uma vez que é preciso considerar a visão de mundo ao qual pertence essa ciência. Uma ciência deve ser considerada a partir dos conceitos, princípios e noções que fazem parte de sua constituição. A análise histórica do pensamento científico precisa respeitar os critérios de legitimidade e até mesmo os termos utilizados no momento em que essa ciência em foco era tida como verdadeira. Assim, é possível, a partir de Koyré, pensar questões como o anacronismo e o contexto histórico no interior da história das ciências.

No segundo capítulo do trabalho, busco traçar os caminhos que permitem a construção do conceito de experimentação em Koyré, através principalmente do estudo de textos onde ele analisa e estabelece as características e o papel da experimentação nas obras de Copérnico, Galileu e Newton. Por meio destes textos, percebe-se quais funções foram desempenhadas pela experimentação nos processos de ruptura e

nascimento de teorias científicas, o que é fundamental para compreender o conceito koyreniano de revolução intelectual.

Koyré concebe a ciência e o próprio pensamento de forma fundamentalmente oposta à positivista; quando trata da revolução científica do século XVII, apresenta esta revolução como uma ruptura intelectual não dependente de evoluções técnicas.

A revolução científica do século XVII é caracterizada pela geometrização do mundo. A partir deste acontecimento a matematização seria o critério de cientificidade aplicado por grande parte dos historiadores em suas análises dos saberes em diferentes momentos da história. Ao analisar a física da Baixa Idade Média tendo a matemática e os cálculos exatos como critério de cientificidade, essa física logo será renegada ao quadro do pré-científico. A física medieval foi, em sua essência, construída a partir de uma visão de mundo aristotélica, na qual a precisão não se aplica à natureza e no qual os cálculos ou não são realizados, ou quando o são, são feitos de maneira meramente aproximativa.

A diferença fundamental entre essa ciência aristotélica e a que será construída no século XVII não é, em Koyré, indício da precariedade do saber construído até o século XVI. A ciência aristotélica era científica, pois fornecia os princípios e conceitos para se pensar o real: estabelecia os limites do universo, a situação da Terra em relação a esse universo, as leis que regiam o movimento dos corpos na Terra. Para uma ciência onde a imutabilidade dos céus representa a perfeição e as constantes transformações do mundo terrestre são indícios de sua imperfeição e de seu caráter naturalmente incerto, a ausência de precisão na física não se explica a partir de uma incapacidade de calcular, mas a partir da ausência da própria ideia de que os cálculos fossem possíveis.

A revolução científica do século XVII, que marca o nascimento da ciência exata e precisa, não pode significar uma transição contínua e nem mesmo um desenvolvimento marcado por avanços técnicos. Um desenvolvimento espontâneo a partir da técnica não seria possível, pois um desenvolvimento técnico de maneira isolada não seria suficiente para criar a ontologia imprescindível a uma revolução científica.

Ao definir ciência como elaboração teórica, Koyré fundamenta sua crítica à epistemologia positivista e empirista, construindo argumentos que contrariam os principais pressupostos dessa tradição. A noção de teoria rebate a ideia de que a ciência se origina da observação e da experiência direta. No pensamento koyreniano, a revolução científica do século XVII foi uma revolução teórica e não o resultado de um

avanço na técnica ou de uma inovação metodológica. A matematização da física foi um processo de transformação nas bases em que se pensava o mundo antigo e medieval: a matemática, considerada por Aristóteles como um saber puramente abstrato e sem ligação com o real ou com o saber científico, passaria a ser o princípio da nova ciência, a base do espírito de precisão e de experimentação. Nesse sentido, pode-se perceber que, para Koyré: afirmar que a ciência moderna nasceria da experiência prática está em desacordo com a própria estrutura dessa ciência, visto que o espírito de precisão nasceria de uma transformação teórica.

Em Koyré, ciência é *elaboração teórica*, uma definição de profundo impacto para a filosofia e a história das ciências, pois anula a tradicional oposição entre *científico* e *pré-científico*. Koyré não classifica um saber de acordo com critérios atuais de *verdadeiro* e *falso*, mas de acordo com a coerência conceitual da teoria abordada em seu próprio período de elaboração, algo que pode ser percebido nos trabalhos em que ele analisa as obras de Copérnico, Galileu e Newton. Cada um desses grandes nomes é considerado a partir das inovações que trouxeram para o pensamento científico. Não se trata de pensar as inovações técnicas e práticas que cada um deles trouxe para a física ou para a matemática, mas de refletir acerca das inovações conceituais e transformações ontológicas possibilitadas por obras como o *De Revolutionibus*, o *Sidereus Nuncius* e os *Principia*.

Os trabalhos de Koyré sobre Copérnico, Galileu e Newton me permitiram delinear os principais conceitos desenvolvidos por Koyré ao longo de três décadas de trabalho, possibilitando principalmente a identificação da diferenciação precisa estabelecida por ele entre experiência e experimentação, algo fundamental para a compreensão de seu conceito de revolução científica e de sua definição de ciência.

Em Koyré a revolução científica do século XVII nasce de uma revolução teórica e todo o desenvolvimento técnico a ela associado não poderiam ser sua causa, uma vez que a própria condição de possibilidade para o desenvolvimento técnico é a anterior transformação teórica. Ao estudar os nomes consagrados pela historiografia como responsáveis pelo nascimento da ciência moderna Koyré procura elucidar que os feitos de um Copérnico e de um Galileu não se resumem a trabalhos puramente científicos, e sim de transformações teóricas, mudanças na própria concepção do que seja o conhecimento, “mutações no intelecto humano” (KOYRÉ, 1935, p. 540, minha tradução).

A partir da convicção koyreniana na unidade do pensamento humano e de sua defesa de uma revolução científica teórica e ontológica, percebo a crítica ao positivismo feita no período em que ele se consagrava como corrente filosófica presente nos fundamentos que embasavam as análises históricas da ciência. A obra koyreniana traz uma nova proposta para pensar a atividade científica, sua trajetória ao longo do tempo e suas relações com a técnica.

Capítulo I

Alexandre Koyré e a História das Ciências

Embora seja mais conhecido por ser um historiador das ciências, sobretudo por seus estudos a respeito das revoluções científicas, Alexandre Koyré inicia seus trabalhos como historiador do pensamento religioso e filosófico, tendo estudado o misticismo especulativo na Alemanha, o pensamento de Boehme e Baader e as ideias religiosas na Europa moderna.

Com formação universitária em filosofia, após ter iniciado estudos em matemática, Koyré torna-se historiador do pensamento científico, construindo uma forte ligação entre ciência, filosofia e teologia. Em seu currículo, enviado em 1951 ao Collège de France, ele afirma que desde o início de suas pesquisas foi “inspirado pela convicção na unidade do pensamento humano” (KOYRÉ, 1986, p. 127, minha tradução). Essa convicção é importante para a compreensão da maneira como Koyré exerce seu ofício de historiador, uma vez que tal convicção se faz presente em todas as fases de sua trajetória intelectual.

A unidade do pensamento como um posicionamento teórico se faz presente desde os primeiros trabalhos de Koyré como historiador das ciências. No entanto, é possível destacar sua percepção de uma unidade entre religião, filosofia e ciência já em seus trabalhos sobre o pensamento místico nos anos 1920, sendo inclusive essa convicção a razão pela qual Koyré voltaria sua atenção para o estudo do pensamento científico.

O pensamento, quando formulado em sistema, implica uma imagem, ou melhor, uma concepção do mundo e se situa em relação a ela [...]. São essas considerações que me conduziram, ou me reconduziram, ao estudo do pensamento científico (KOYRÉ, 1986, p. 127, minha tradução).

Considera-se que a atuação de Koyré como historiador das ciências começa na década de 1930, a partir especificamente de seus estudos sobre Copérnico¹, publicados em 1934. No entanto, podemos encontrar na coletânea *Études d'histoire de la pensée scientifique* [1973]² um texto intitulado “La pensée moderne” que foi originalmente publicado na revista *Le livre*, em 1930. Trata-se do primeiro texto onde Koyré trabalha com a questão da modernidade e de suas relações com a atividade científica. Neste texto

¹ A primeira obra de Koyré como historiador das ciências, publicada em 1933, foi o comentário e a tradução para o francês do primeiro livro do *De Revolutionibus Orbium Coelestium*, de Copérnico.

² Neste trabalho as datas entre colchetes correspondem ao ano original de publicação de cada obra.

Koyré aborda pela primeira vez a questão da continuidade, tornando clara sua preferência pela noção de ruptura. Ele alerta que embora a descontinuidade possa ser artificial, a continuidade não é boa para a compreensão de processos históricos, pois ignora as mudanças imperceptíveis em curto espaço de tempo, mas que geram diferenças fundamentais e “bastante nítidas” (KOYRÉ, 1973, p.17, minha tradução).

A historiografia³ fornece a data específica em que Koyré se tornou historiador das ciências, essa determinação define inclusive os passos de sua trajetória como historiador: das religiões, da filosofia e da ciência. Os estudos de Koyré enquanto historiador do pensamento científico abarcam inicialmente estudos em história da astronomia científica, e posteriormente em história da física e da matemática (KOYRÉ, 1986).

Entretanto, James Stump destaca que Koyré não abandona os estudos em história da religião para estudar Copérnico em 1934, uma vez que a revolução científica é abordada na historiografia koyreniana dentro de um contexto religioso e filosófico. Analisar a ciência dentro de um contexto mais amplo, considerar a presença de ideias chamadas de transcendentais na construção do pensamento científico, é o que Stump (2001) considera a principal inovação dos trabalhos de Koyré.

Desse modo, a história feita por Koyré aborda além da obra de Copérnico, os trabalhos de Galileu, Descartes e Newton, sempre estabelecendo relações entre as teorias desses nomes e o pensamento de filósofos como Arquimedes, Nicolau de Cusa e Giordano Bruno.

A ideia de que o pensamento constitui uma unidade torna-se um princípio de pesquisa para Koyré: o estudo da história das ciências não poderia, para ele, realizar-se sem levar em consideração outras manifestações do espírito humano. Seguindo esse princípio de pesquisa, as teorias científicas são sempre pensadas no interior de um determinado sistema de pensamento que inclui uma “visão de mundo” (KOYRÉ, 1986, p.127, minha tradução). Se o pensamento humano é uma unidade, contendo complexas ligações entre suas várias manifestações, não é possível compreender uma manifestação religiosa sem considerar as demais concepções envolvidas na elaboração dessa crença. O espírito humano não se alimenta apenas de elementos religiosos, está cercado por

³ Sobre a trajetória intelectual de Koyré, bem como as inovações conceituais introduzidas por ele à historiografia, destaco o livro de Gérard Jorland, *La Science dans la Philosophie: Les Recherches Épistemologiques d'Alexandre Koyré [1981]*, principal trabalho de análise da obra koyreniana já publicado. A introdução feita por Pietro Redondi ao *De la mystique à la science [1986]*, também oferece informações relevantes acerca da obra de Koyré.

concepções filosóficas e científicas que, de certa maneira, fazem parte de sua constituição. Da mesma forma, o pensamento filosófico e científico, embora tenham uma trajetória histórica autônoma, estão inseridos em uma ontologia maior, que fornece vocabulário, conceitos e uma série de critérios e elementos a partir dos quais pensar a realidade. É através dessa ontologia que o pensamento científico encontra-se relacionado a elementos do pensamento religioso e filosófico.

A concepção da ciência como sistema de pensamento é importante para a compreensão da obra koyreniana e se relaciona com a definição de ciência como elaboração teórica: para Koyré, embora a ciência seja uma atividade autônoma, o desenvolvimento científico não se dá de forma isolada, sendo necessária para a consolidação de uma ciência, a elaboração de toda uma ontologia, de uma série de princípios e axiomas. Em um artigo de 1951, “Les étapes de la cosmologie scientifique”, ele afirma: “as concepções cosmológicas, mesmo as que consideramos científicas, só muito raramente – podemos dizer que quase nunca – foram independentes de noções que não o são, a saber, de noções filosóficas, mágicas e religiosas” (KOYRÉ, 1973, p. 87, minha tradução).

Dessa forma, destaco duas teses encontradas na obra historiográfica de Koyré que são importantes na busca pela compreensão de seus trabalhos, bem como de seu posicionamento teórico em relação a critérios de interpretação presentes na historiografia. A primeira é a afirmação da existência de uma unidade entre as formas mais elevadas da teologia, da filosofia e da ciência; a segunda é a concepção do conhecimento científico como elaboração teórica.

Ao tratar como intimamente relacionadas disciplinas tradicionalmente apresentadas como separadas, Koyré elabora uma maneira original de conceber essas formas de pensamento e também a própria história das ciências. Nesse trabalho, interesse-me particularmente pela maneira como o autor relaciona filosofia e ciência: uma atividade está fortemente ligada à outra, e essa ligação não seria uma relação de dominação, onde uma é o obstáculo para o desenvolvimento da outra, trata-se de uma aproximação essencial e inevitável, de modo que as transformações radicais na ciência dependem, segundo ele, de transformações profundas na filosofia. Em seu texto “De l’influence des conceptions philosophiques sur l’évolution des théories scientifiques”, originalmente publicado em 1954, ele escreve: “a presença de uma ambiência e de um quadro filosófico é uma condição indispensável da própria existência da ciência [...]” (KOYRÉ, 1971, p. 257, minha tradução).

1.1 O Positivismo na História e Filosofia das Ciências

O positivismo, encarado como um sistema filosófico elaborado por Auguste Comte, apresenta a ideia de uma sociedade em contínuo progresso. A filosofia positiva fornece orientações para a ação da humanidade na construção de um futuro que será necessariamente melhor do que o passado. Em 1830, no primeiro volume de seu *Cours de Philosophie Positive*, Comte estabelece que as civilizações humanas passariam por uma evolução no que se refere a sua forma de pensamento e organização. Essa evolução seria invariavelmente marcada por três estados: teológico, metafísico e positivo – cada estado sendo um progresso, uma melhora em relação ao anterior. O papel da ciência seria fundamental nesse processo evolutivo, uma vez que não só possibilitaria melhora nas condições de vida, como também traria possibilidade de controle social a partir da elaboração de leis (COMTE, 1830).

Para Comte, o estado positivo é o único em que o espírito humano produz um conhecimento realmente científico. Essa fase da evolução da humanidade já teria sido alcançada no estudo dos fenômenos naturais: astronômicos, físicos, químicos e fisiológicos – mas ainda não teria sido atingida no que diz respeito aos fenômenos sociais, o que deveria, segundo Comte, ser feito com a máxima urgência, uma vez que faltava apenas essa última etapa para o total estabelecimento da filosofia positiva. A constituição de leis referentes aos fenômenos sociais criaria o que Comte chamava de “física social” e se relacionava com a convicção positivista de que a solução para os problemas da humanidade estaria no estudo e na pesquisa científica, única forma de descobrir leis que facilitariam a compreensão, controle e desenvolvimento social⁴.

Em *Discours sur l'esprit positif*, escrito em 1844, Comte afirma que a observação e a experimentação possuem funções essenciais na ciência, constituindo caminhos seguros para a objetividade, característica fundamental do espírito positivo. Além de pautar-se na observação e na experimentação, a objetividade científica deve, segundo Comte, sempre subordinar a imaginação à observação. A imaginação, assim como a especulação metafísica, seriam características do misticismo, algo típico de etapas anteriores ao estado positivo.

⁴ O aspecto sociológico das obras de Comte é mencionado nesta dissertação – embora este não seja o foco da pesquisa – com o objetivo de destacar o positivismo comteano enquanto corrente filosófica que buscou pensar soluções para os problemas de sua sociedade a partir da ciência, tendo, justamente por essa razão, abordado a atividade científica em seu aspecto histórico, incorporando-a a outros aspectos da vida humana e social e atribuindo novos significados à atividade científica.

Mas vale destacar que, para o sistema filosófico elaborado por Comte, não é possível atingir o estado positivo e produzir uma ciência real valendo-se exclusivamente de um empirismo puro. O empirismo em si é condenado por Comte como tão prejudicial quanto o misticismo.

Desde que a subordinação constante da imaginação à observação foi unanimemente reconhecida como a primeira condição fundamental de toda especulação científica, uma viciosa interpretação muitas vezes levou ao abuso desse grande princípio lógico, fazendo degenerar a ciência real numa espécie de estéril acumulação de fatos incoerentes, que não poderia oferecer outro método essencial além da exatidão parcial. Importa, então, para sentir o verdadeiro espírito positivo não estar menos afastado, no fundo, do empirismo do que do misticismo. É entre essas duas aberrações igualmente funestas que se deve sempre caminhar (COMTE, 1844, p. 16, minha tradução).

Na concepção de Comte, a observação dos fatos é um princípio lógico usado para alcançar certo conhecimento exato que não seria ainda positivo: a ciência real transcende a simples acumulação de fatos. Constatar, acumular e relatar fenômenos não constitui atividade científica. Comte chega até mesmo a estabelecer uma distinção entre a simples e inútil erudição, que acumula mecanicamente uma série de fatos, da ciência real, cuja principal aspiração é induzir – a partir de um fenômeno conhecido – algo que ainda estava encoberto.

O que é defendido por Comte, aquilo que ele busca construir e que acredita ser o destino de toda sociedade evoluída, é a afirmação de leis. As leis são o que possibilitam a compreensão da natureza, são também a única possibilidade de se compreender objetivamente a sociedade. O estabelecimento dessas leis é a marca da ciência positiva.

Para Comte, a afirmação de leis e o estabelecimento da exatidão e da previsibilidade são as finalidades da ciência. Trata-se de, por meio da observação e do raciocínio, ligar a sucessão dos fenômenos através de leis. Uma vez que a humanidade consiga explicar e decodificar objetivamente todos os fenômenos – naturais e sociais – a verdadeira ciência, ciência positiva, terá sido alcançada e existirá a possibilidade de um conhecimento racional do real, de modo que todas as explicações metafísicas serão abandonadas.

A totalização – a construção de um princípio único que possibilite abarcar a variedade dos fenômenos naturais – é um conceito importante para Comte e qualquer manifestação do pensamento será considerada mais evoluída na exata proporção em que for capaz de estabelecer um conhecimento total. Isso se manifesta em todos os estados do desenvolvimento humano. O estado teológico, por exemplo, atinge o mais alto grau de desenvolvimento do qual é capaz quando substitui as muitas e variadas divindades

pela ação de um único ser, capaz de concentrar em sua ação providencial toda a força e ação. O sistema metafísico, por sua vez, atinge seu último estágio quando passa a considerar a natureza como fonte exclusiva para todos os fenômenos, eliminando o “sobrenatural” de seu conjunto de explicações. A física de Newton fornece a base para a formulação dessa concepção, adquirindo um caráter modelar para Comte, pois se trata de uma física capaz de explicar uma série de elementos a partir de um único fenômeno.

Em um mundo onde a natureza foi interpretada pela razão, as leis podem ser estabelecidas, o que dota a ciência de uma capacidade de previsão que não tem nenhuma relação com as especulações míticas típicas dos estágios teológico e metafísico. Trata-se de uma previsão totalmente objetiva.

O domínio da natureza e o estabelecimento de leis torna possível que a observação empírica seja descartada assim que o verdadeiro conhecimento objetivo for alcançado: uma ciência, que normatiza e codifica o mundo, tornando-o totalmente compreensível e possibilitando até mesmo a previsão, não tem necessidade de observação empírica. Mais ainda: quando a observação empírica é descartada, tem-se a prova de que a ciência real está estabelecida. A ciência, para Comte, é essencialmente normativa e codificadora.

(...) pode-se dizer, sem exagero algum, que a verdadeira ciência, longe de ser formada por simples observações, tende sempre a dispensar, quanto possível, a exploração direta, substituindo-a por essa previsão racional que constitui, em todos os aspectos, o principal caráter do espírito positivo [...] (COMTE, 1844, p. 16, minha tradução).

O espírito positivo baseia-se na observação e no estabelecimento de leis através da experiência. A observação possibilita a obtenção de dados exatos por meio dos quais um conhecimento que permita a formulação de leis, tanto naturais, quanto sociais, é produzido. Formular leis é aplicar a regularidade, a exatidão e previsibilidade à natureza e à sociedade, encontrar princípios universais e constantes. É somente a partir do universal e do invariável que existe a possibilidade de previsão, algo que Comte estabelece explicitamente como a constituição do verdadeiro espírito positivo.

Assim, o verdadeiro espírito positivo consiste sobretudo em *ver para prever*, em estudar o que é, a fim de concluir disso o que será, segundo o dogma geral da invariabilidade das leis naturais (COMTE, 1844, p. 16, minha tradução).

É possível usar como exemplo do caráter de previsibilidade do pensamento positivista a própria lei dos três estados do espírito humano. Os três estados são invariáveis. Todos os ramos do conhecimento, em cada categoria de explicação dos

fenômenos, passarão pelos estados teológico, metafísico e positivo, necessariamente nessa ordem; trata-se de uma lei da história. Em seu *Curso de Filosofia Positiva*, Comte destaca que o sistema positivo ainda não está totalmente constituído, no que concerne aos fenômenos sociais os métodos teológico e metafísico ainda são utilizados, constituindo assim uma lacuna para a consolidação da filosofia positiva. Os objetivos de Comte ainda são apenas aspirações; sua filosofia é um projeto social ainda em processo de realização, mas não restam dúvidas para ele que seu projeto se concretizará.

Para Comte, a meta da ciência é o estabelecimento de leis invariáveis, uma vez que essas leis representam a total compreensão dos fenômenos pela ciência. A ideia de totalização constitui outro ponto importante do positivismo como corrente filosófica, associando-se fortemente às noções de generalização e previsibilidade.

No *Curso de Filosofia Positiva*, Comte afirma que a perfeição de uma ciência positiva estaria na capacidade de representar diversos fenômenos observáveis como casos particulares de um único fato geral, o que para ele é exemplificado pela lei da gravitação formulada por Newton. Em Comte, a lei da gravitação, como exemplo da totalização na compreensão dos fenômenos, é considerada a lei fundamental do desenvolvimento do espírito humano, justamente por ser “a lei positiva mais geral que nós conhecemos” (COMTE, 1830, p. 5, minha tradução).

Daí que sua epistemologia seja legalista e se confronte com uma compreensão causalista da natureza: as explicações desenvolvidas pela ciência positiva não têm por objetivo encontrar as causas dos fenômenos, o que seria para ele procurar dificuldades desnecessárias. O estudo dos diferentes fenômenos não deve buscar causas geradoras e nem mesmo definições exatas. O objetivo de uma ciência deve ser estabelecer relações entre diversos fatos, relacionar diferentes fenômenos a partir de um único princípio explicativo, o que possibilitaria uma compreensão ampla e completa da natureza.

Newton e a lei da gravidade constituem o caso clássico para Comte. Ao formular o princípio da gravitação, Newton construiu o modelo ideal para qualquer ciência, justamente porque sua teoria permitiu o estabelecimento de ligações entre diversos fenômenos, tanto astronômicos como terrestres. Newton não busca analisar o que é gravidade a partir de suas causas; ele estabelece relações entre fenômenos diferentes, de modo que acontecimentos complicados e incompreensíveis tornam-se extensão de um único fenômeno, um fenômeno completamente regular e inteligível. Não importa se a causa de um determinado fenômeno é desconhecida, o que importa é a ampliação do conhecimento da natureza que a formulação de leis torna possível. Esta interpretação

marcou fortemente o modo como a ciência foi pensada a partir de então. As críticas que se levantaram contra o positivismo a partir do século XX, indicam a força da concepção filosófica estabelecida por Comte. O positivismo se constitui como interpretação filosófica dominante para a reflexão acerca das ciências, o que mobilizou uma série de autores – historiadores e filósofos – que, insatisfeitos com seus critérios de análise buscaram formular novos conceitos para pensar a ciência.

Em *Les origines françaises de la philosophie des sciences*, Anastasios Brenner destaca que uma parte da originalidade da corrente de pensamento chamada de “convencionalismo” consiste na inversão dos termos presentes na filosofia de Comte. Uma vertente filosófica e historiográfica formada por vários autores – e que tem como um de seus pontos característicos a inversão de conceitos e termos presentes no pensamento de um único filósofo – só é possível se este possuir caráter modelar, se fazendo fortemente presente nas interpretações históricas e filosóficas. Segundo Brenner, Comte “percebeu que o desenvolvimento alcançado pelas ciências de sua época exigia a constituição de uma reflexão sobre seus métodos e teorias; ele realizou uma inegável contribuição para o estabelecimento dessa disciplina” (BRENNER, 2003, pp. 31-32, minha tradução). Seguindo esta perspectiva, considero que Comte é o primeiro a estabelecer uma corrente filosófica a partir da qual a ciência será pensada e praticada, uma vez que é o primeiro a formular uma reflexão sistematizada sobre a ciência, reflexão que abarcava mais que considerações sobre métodos.

Comte constrói uma filosofia da história abrangente, elaborando um projeto para o percurso da ciência e pensando no papel da atividade científica no desenvolvimento da sociedade. A partir de Comte e de sua obra filosófica a história se tornará, pela primeira vez, importante para o estudo da ciência, uma vez que Comte narra a “história intelectual” (COMTE, 1844, p. 3, minha tradução) das sociedades através de sua concepção de ciência em evolução e progresso.

No início do século XX, encontramos no filósofo inglês Alfred Whitehead, um representante da tradição historiográfica ligada ao positivismo. Whitehead afirma que, ao realizar o estudo do período anterior ao século XVII, especificamente as transformações que se iniciam na Baixa Idade Média e se intensificam no Renascimento, três fatores chamaram sua atenção: a ascensão da matemática, a existência de uma crença instintiva na ordem natural do mundo e o forte racionalismo do pensamento no final da Idade Média. Continuando sua argumentação, Whitehead explica o que entende por racionalismo: “Por racionalismo quero dizer que o caminho

para a verdade passava principalmente pela análise metafísica das coisas, que conseqüentemente explicava o seu funcionamento” (WHITEHEAD, 1951, p. 52). O abandono desse método em favor do estudo empírico e o afastamento da filosofia constituiria a “revolta histórica” que resultaria na ciência moderna. Em sua visão, a ciência moderna não necessita de explicações metafísicas para os fenômenos, mas a importância da indução é destacada, de modo que Francis Bacon⁵ é apresentado como importante para o período, “um dos grandes edificadores do mundo moderno”, cujo principal mérito consiste em ter abandonado o método do racionalismo medieval para obter, a partir da observação, descrições gerais da natureza dos fatos (WHITEHEAD, 1951, p. 56).

Em *A ciência e o mundo moderno*, que compreende a transcrição e edição de oito conferências ministradas na Universidade de Harvard em 1925, Whitehead afirma que buscou estudar as influências que a ciência exerceu sobre a cultura ocidental desde o século XVII. Destaco essa declaração feita no prefácio da obra, pois trata-se de uma afirmação importante e que representa a maneira como o filósofo concebe a história do pensamento. Whitehead segue a tradição filosófica positivista, não vê como a ciência pode ser influenciada pela filosofia, para ele essas seriam atividades profundamente separadas, com métodos e objetivos completamente distintos.

Embora Whitehead mencione inúmeras vezes a influência da ciência na cultura e na filosofia, o inverso não acontece. O autor não se refere às possíveis influências da cultura ou da filosofia no desenvolvimento científico, esse tipo de análise não está em seus objetivos: “... meu objetivo é mostrar a perspectiva filosófica, derivada da ciência e por ela proposta, e avaliar a sua influência no clima geral de cada época.” (WHITEHEAD, 1951, p. 54).

Na visão de Whitehead, a ciência se desenvolve de maneira isolada, sem a participação de ideias abstratas ou explicações metafísicas. Os raciocínios filosóficos não participam do desenvolvimento da ciência. Quando fala em filosofia científica, Whitehead está se referindo especificamente ao momento preciso em que a ciência, já desenvolvida, estende seu domínio para a filosofia. Um exemplo dessa afirmação é a

⁵ Para Bacon as bases seguras e certas do saber estariam na prática e na ação; a razão teórica deveria estar sempre submetida à experiência imediata. Em seus *Aforismos sobre a Interpretação da Natureza e o Reino do Homem* Bacon reflete sobre o pouco progresso do conhecimento em sua época e afirma que a ciência deveria se preocupar em fornecer invenções que servissem a vida humana, destacando ainda o papel dos engenheiros e artesãos nesse processo. Afirmar que Bacon fundou a ciência moderna é afirmar que essa ciência é uma ciência empírica e diretamente voltada a interesses práticos. (BACON, 1999).

diferenciação estabelecida por Whitehead entre a física e a biologia. Segundo o autor, a física exerce forte domínio sobre a filosofia científica desde o século XVII, enquanto que “a ciência dos organismos vivos só agora começa a atingir um desenvolvimento capaz de impor suas concepções à filosofia” (WHITEHEAD, 1951, p. 54).

As interpretações da ciência aqui apresentadas possuem grande destaque no interior da historiografia das ciências. Entendo que a historiografia de origem positivista se consolidou como historiografia tradicional, uma vez que a obra de Comte serviu como modelo e forneceu fundamentos para a elaboração de teorias do conhecimento utilizadas tanto na prática científica quanto filosófica. Apesar de receber críticas negativas e questionamentos sobre sua real possibilidade de fornecer elementos válidos para análise da atividade científica, o positivismo permanece presente na historiografia da ciência produzida na primeira metade do século XX.

1.2 Koyré e a História do Pensamento Científico

Anastasios Brenner afirma que os anos 1900 podem, de maneira geral, estabelecer um marco para a filosofia das ciências como conhecimento sistematizado (BRENNER, 2003). Mas Brenner destaca que definir uma data ou um país específico em que se possa localizar as origens da filosofia e da história das ciências é uma tarefa bastante difícil, visto que encontra-se em épocas muito anteriores ao século XX um pensamento crítico e reflexivo sobre a ciência, o que pode ser considerado o início de uma filosofia das ciências.

Desse modo, a periodização é escolhida tendo por base o início do processo de formalização do estudo do pensamento científico e a constituição da epistemologia e da história das ciências como disciplinas autônomas na França. Brenner considera a constituição de um corpo de acadêmicos que se organizam constituindo um sistema de pensamento como condição necessária para estipular a origem da epistemologia das ciências.

O período que vai do final do século XIX ao início do século XX é marcado por rápidas transformações nas ciências. Os resultados práticos da atividade científica eram sentidos em diferentes setores da sociedade sendo, portanto, um período bastante favorável para as reflexões filosóficas, uma vez que mudanças na ciência tornam

necessário o desenvolvimento de novas teorias do conhecimento e a reconstrução historiográfica.

Para Brenner, os avanços científicos do final do século XIX poderiam, em certa medida, explicar o surgimento, a partir de 1900, de obras filosóficas e históricas criticando o positivismo como sistema filosófico capaz de pensar a ciência:

No fim do século XIX, os avanços da ciência e o aprofundamento da reflexão filosófica fazem surgir um sentimento de insatisfação a respeito das diversas teorias do conhecimento que haviam sido propostas (2003, p. 15, minha tradução).

Koyré realiza a parte mais significativa de sua carreira na França. Seus trabalhos são constantemente inseridos nessa tradição filosófica e historiográfica que se constituiu no início do século XX, a mesma tradição em que se encontram, por exemplo, Pierre Duhem, Émile Meyerson, Léon Brunschvicg e Gaston Bachelard. Todos eles podem ser considerados filósofos que dedicaram grande parte de seus trabalhos na realização de uma inversão das principais noções e conceitos da filosofia de Comte. Koyré se insere em uma tradição epistemológica contrária a vários princípios teóricos ligados direta ou indiretamente a Comte. Dessa forma seus trabalhos historiográficos combatem a noção segundo a qual a ciência evolui por estágios regulares e a observação e experimentação são caminhos para o conhecimento científico.

Nesta perspectiva destaco o posicionamento defendido por Émile Meyerson e por Léon Brunschvicg, filósofos que se posicionaram de maneira contrária ao positivismo quase uma década antes que Koyré se iniciasse como historiador das ciências. O que indica que embora tenha dominado a filosofia das ciências e mantido suas influências por toda a primeira metade do século XX, o positivismo não se estabeleceu como sistema de pensamento hegemônico.

Na introdução do seu livro *De l'explication dans les sciences*, Meyerson classifica o positivismo como sendo a “concepção corrente” no que se refere a interpretações acerca da ciência (1921, p. VII, minha tradução). Neste ponto, ele estabelecerá, ainda na década de 1920, uma crítica ao positivismo, afirmando que essa corrente filosófica falha em duas questões que ele considera fundamentais. O primeiro erro do positivismo estaria em não admitir “o fato indubitável de que a ciência é essencialmente ontológica” (1921, p. VII, minha tradução).

A segunda característica da filosofia positivista que desagrade Meyerson é a orientação de que a pesquisa científica deve priorizar leis em detrimento de

explicações⁶, algo que levaria a valorização de uma ciência prática, que produz para a ação, para o domínio da natureza, uma ciência que, de acordo com o positivismo, seria verdadeiramente completa.

Meyerson, ao contrário, acredita que esta concepção de ciência para a ação é mais condizente com a ciência medieval, uma vez que a Idade Média foi um período em que o pensamento de Aristóteles “gozava de muito prestígio” (1921, p. 34, minha tradução), mas desde a Renascença o conhecimento adquire importância que vai além do interesse prático, compreender a essência dos fenômenos físicos passa a ter importância para a ciência, algo que pode ser percebido, segundo Meyerson, desde os escritos de Montaigne, que já expressavam o desejo de conhecer além da simples descrição dos fenômenos (1921, p. 34, minha tradução).

Em sua prática filosófica Meyerson realiza o esforço de não reduzir o valor da ciência a seus resultados práticos – característica que pode ser destacada como a grande diferença entre a sua filosofia das ciências e a filosofia positivista – em sua escrita há um afastamento do ideal de ciência ativa, algo que foi bastante defendido por Francis Bacon, tido como arauto da ciência moderna por Comte. Assim como o encontrado em Bacon, o positivismo defende a finalidade prática como maior objetivo da ciência, que deve ser uma atividade operativa. Em *De l'explication dans les sciences* Meyerson demonstra que está convencido do contrário: “É fácil de constatar, com efeito, que no fundo, a teoria positivista repousa sobre um erro psicológico palpável: não é verdadeiro que fazendo ciência, nós tenhamos unicamente por objetivo a ação” (MEYERSON, 1921, p. 33, minha tradução).

Brunschvicg também construirá argumentos contrários à ideia de uma ciência prática já nas primeiras décadas do século XX. Em uma comunicação realizada em 1912 na *Société Française de Philosophie*, ele analisou a concepção de verdade advinda da filosofia matemática, chegando a conclusões totalmente distintas das estabelecidas pelo positivismo. A comunicação resultou em um texto: “L'idée de la vérité mathématique,” publicado em 1958, após a morte de seu autor, no terceiro volume da coletânea *Écrits Philosophiques*.

⁶Alegar que a ciência tenha um caráter essencialmente ontológico e que deve se interessar pelas explicações e não apenas pelas leis, são duas reformulações da concepção positivista de ciência, que se relacionam com a negação de que a atividade científica seja fundamentalmente prática. O aspecto ontológico pressupõe que a ciência se relaciona com formas do pensamento distintas do simples cálculo, implica que na produção do conhecimento científico existe algo mais do que meros interesses práticos, que podem ser definidos tanto como elaboração de leis, quanto como desenvolvimento de novas técnicas.

Nesse texto, Brunshvicg quer estudar a concepção de verdade advinda da filosofia matemática de sua época. Para ele, essa ciência não se liga aos dados da experiência, isso é contrário à sua própria natureza⁷. Mas, por outro lado, a matemática não pode – sob pena de perder a característica de ciência e “cair na ordem do discurso” (BRUNSCHVICG, 1958, p. 80, minha tradução) – permanecer apenas com raciocínios gerais. Existe neste campo uma correlação entre experiência e razão.

Brunshvicg levanta um problema: a verdade matemática não é estabelecida pela experiência, mas também não pode ser determinada por raciocínio apriorístico.

Para fazer entrar a experiência nos quadros apriorísticos da razão, ou anexar a cadeia de deduções aos fatos gerais, é geralmente suposto que o desenvolvimento da matemática é inteiramente baseado em algumas proposições iniciais. Entretanto este postulado é negado pelo espetáculo da matemática moderna: a revisão da noção intuitiva de continuidade, a multiplicação dos tipos de geometria, a extensão da teoria das variáveis imaginárias, a formação da teoria dos grupos, mostram bem que não é possível delimitar de uma vez por todas as categorias do espírito ou os fatos da natureza [...] (BRUNSCHVICG, 1958, p.80 – 81, minha tradução).

Brunshvicg defende que não é possível estabelecer de uma só vez as teorias necessárias para a compreensão da realidade. Existe, aqui, uma negação à ideia de totalização do conhecimento – algo que para o positivismo comteano figurava entre os principais objetivos da verdadeira ciência. A generalização, condição necessária para a formulação de leis, não pode ser estabelecida com base no raciocínio feito *a priori* e tampouco com base na experiência prática.

Em matemática – ramo estudado e tomado como exemplo por Brunshvicg – experiência e razão representam dois momentos importantes para a atividade científica, de modo que nenhum apresenta maior valor que o outro. O que importa para ele é destacar que a possibilidade de verificação e reformulação é o que confere às práticas o *status* de ciência.

As práticas, nascidas das necessidades da vida, e se exercendo efetivamente sobre as coisas, tornam-se racionais, quando o homem as submete às regras que lhe permitem controlar o resultado de seus atos para perceber que ele estava errado, para retificar seu erro. A possibilidade de verificação confere às atividades práticas elementares um valor que as eleva à dignidade de ciência. (BRUNSCHVICG, 1958, p. 81, minha tradução).

Tal é a noção de verdade que para o autor é possível tirar a partir das noções que fundamentam a filosofia matemática. Aqui, Brunshvicg levanta uma nova questão, pois considera que subordinar a experiência aos pressupostos da razão ou reduzir o quadro das deduções aos fatos gerais no final teria o mesmo significado: reduzir a

⁷ A matemática é uma ciência abstrata e lógica, que estabelece padrões exatos e precisos, diferentes do que pode ser encontrado na natureza.

verdade matemática a algo que se estabelece a *priori*. Segundo ele, a matemática moderna desmente esta teoria e prova que não é possível estabelecer previamente os fenômenos físicos, não sendo possível estabelecer padrões regulares para a natureza. Desta forma, ele afirma ser impossível a realização de um dos principais objetivos do positivismo.

Nota-se em Brunschvicg e em Meyerson a rejeição a dois dos principais ideais do positivismo: a ciência que tem como principal e, por vezes, único objetivo os interesses práticos e a ideia de generalização do conhecimento acerca da natureza. Os dois filósofos apresentam uma filosofia das ciências que vai de encontro aos principais preceitos do positivismo.

Em 1930 Koyré publica um texto onde aborda o tema da história das ciências de maneira explícita: *La pensée moderne*. Já neste primeiro artigo, ele retoma a noção presente em Meyerson de que a ciência seria uma atividade essencialmente ontológica, fazendo referência a um “quadro de conceitos metafísicos” (KOYRÉ, 1930, p. 22). A convicção na existência desse quadro metafísico onde cada ciência e cada obra científica se inseririam está relacionada com uma série de conceitos e opções teóricas elaboradas por Koyré, retomarei cada uma delas em seu devido espaço. Importa agora destacar que a existência de princípios metafísicos, “noções físicas, toda a máquina do mundo e sua hierarquia” (KOYRÉ, 1930, p. 22) fazem com que para Koyré torne-se impensável atribuir valor decisivo à técnica e à experiência direta nas grandes transformações científicas. As transformações profundas na ciência, as revoluções científicas necessitam modificar muito mais do que aspectos técnicos da produção conhecimento⁸.

A história das ciências praticada por Koyré abarca mais do que questões exclusivamente científicas, uma vez que para ele esta história não se reduz a questões de ciência pura. A historiografia de Koyré analisa questões referentes ao próprio conhecimento e pode ser definida, conforme expressão utilizada por ele, como uma “história do espírito humano” (KOYRÉ, 2006, p. 50). Koyré realiza uma história do pensamento científico em que a filosofia não aparece como “entrave”, mas como parte indispensável da elaboração das teorias científicas. Assim, é possível perceber em seus

⁸ A questão da técnica e de seu papel na ciência será trabalhada no tópico 1.4 “A Revolução Científica do Século XVII como nascimento da Ciência Moderna” e 2.2.1 “Galileu e os instrumentos da ciência experimental” desta dissertação.

estudos a formulação da ideia de sistema de pensamento em oposição à noção de ciência totalizante encontrada em Comte que excluía as explicações metafísicas e o pensamento filosófico do interior da ciência.

A argumentação koyreniana constituirá uma obra de combate contra o positivismo. No entanto, é necessário destacar que o positivismo ao qual ele se opõe não é apenas aquele ligado a Comte, que constitui uma corrente filosófica importante e hegemônica em muitas áreas da ciência⁹. Koyré apresenta uma nova maneira de pensar historicamente o conhecimento científico, fazendo oposição a todo um princípio de inteligibilidade que interpreta a experimentação como uma atividade empírica e vincula conhecimento e observação direta.

A partir da análise dos trabalhos de Koyré e alguns de seus contemporâneos foi possível destacar duas formas distintas de se trabalhar história das ciências. A primeira faz referência às concepções de Comte, trata-se de uma história que identifica conhecimento com dados empíricos e com funções práticas, uma história que acredita ser possível ao discurso científico descrever a natureza e os fatos tal como eles realmente são. O segundo modelo de historiografia, modelo praticado por Koyré, avalia a ciência como uma atividade humana e o conhecimento como uma construção, levando em consideração aspectos filosóficos e metafísicos presentes na construção do pensamento científico¹⁰.

Koyré é considerado por diversos historiadores como responsável pela consolidação do conceito de revolução científica para a história das ciências. Mas é importante destacar as particularidades do conceito de revolução empregado por ele. Não importa aqui alterar sobre quando e por quem o termo revolução foi primeiramente empregado na historiografia; importa, isto sim, pensar o significado teórico de sua utilização por Koyré.

É possível afirmar, no entanto, que Koyré não foi o primeiro a aplicar o termo “revolução” aos estudos históricos da ciência. A expressão já havia sido utilizada por autores anteriores a ele, como o próprio Comte, e diversos filósofos e historiadores do início do século XX. Um exemplo é Pierre Duhem, que na introdução do primeiro

⁹ Neste trabalho, todas as referências à historiografia tradicional ou historiografia dominante são referências à historiografia de matriz positivista.

¹⁰ Abordarei novamente estes dois modelos historiográficos no meu segundo capítulo, tomando o conceito de experiência no contexto da revolução científica do século XVII como exemplo de como um mesmo fenômeno e um mesmo conjunto de fatos adquire características diferentes de acordo com a orientação teórica de cada historiador.

volume do *Les origines de la statique*, argumenta contra a noção de revolução na ciência, alegando que as transformações no conhecimento são lentas e “muito bem preparadas” e se fazem sempre no interior de alguma tradição (DUHEM, 1905, p. IV). Para Duhem a origem da ciência moderna, os princípios que lhe serviriam de fundamentos, já estavam presentes desde a Idade Média. Essa concepção é radicalmente oposta a Comte, para quem a ciência está estreitamente ligada à evolução e ao progresso.

A inovação trazida por Koyré à historiografia das ciências está em conceber que as revoluções científicas seriam revoluções teóricas e que se realizariam a partir da filosofia e do que ele chama de “idéias transc científicas” (1986, p. 127). Este é um ponto interessante e que revela a relevância do pensamento de Koyré para a atualidade, uma vez que é muito comum na historiografia a subordinação da ciência à técnica e a obra koyreniana fornece uma alternativa a essa interpretação.

A associação entre ciência e técnica é algo visível, a técnica – sua utilidade e aplicação no cotidiano e trabalho humano – está sempre relacionada, de alguma maneira, com as transformações no interior das ciências. O que é exaustivamente combatido por Koyré é a identificação entre ciência e técnica. Em sua visão a atividade científica não pode ser confundida com suas aplicações práticas e o desenvolvimento científico não pode ser encarado como algo condicionado a avanços técnicos.

Por essa razão, Koyré será considerado o fundador de uma nova história das ciências, uma história em que o desenvolvimento científico não está relacionado com acúmulo de experiências e as revoluções científicas não estão condicionadas ao desenvolvimento técnico. Ele “criou um novo conceito de revolução científica, entendida como revolução intelectual e teórica” (SALOMON, 2011. p. 10).

A noção koyreniana de revolução científica como revolução intelectual e teórica apresenta relação com sua convicção na unidade do pensamento humano e será o traço mais marcante de todo o trabalho de Koyré, estando presente tanto em sua concepção e definição de ciência quanto em sua maneira de fazer a história das ciências, pensando-a como uma história do pensamento científico.

Koyré não pratica a história da ciência de maneira isolada da filosofia e de outras formas de pensamento, sendo, portanto, uma interpretação questionável aquela que o transformou em um internalista, como faz o filósofo brasileiro Hilton Japiassú (1997). A análise internalista das ciências é bastante criticada por não admitir relações entre ciência e técnica e por acreditar na existência de uma ciência “pura”, algo que

Koyré certamente não faz, uma vez que para ele a ciência se desenvolve no interior de uma série de princípios não necessariamente científicos.

Dois documentos publicados por Pietro Redondi em *De la mystique à la science* podem ser usados para destacar aspectos conceituais e teóricos importantes do pensamento koyreniano, bem como para pensar sua obra em relação à corrente de pensamento em que se insere. Trata-se dos textos redigidos e encaminhados, em 1951, por Lucien Febvre e Francis Perrin, ao *Collège de France*. Esses textos apresentam propostas para a criação de uma nova cátedra na prestigiosa instituição francesa – *Histoire de la pensée scientifique* – e indicam Alexandre Koyré como candidato para a ocupação dessa nova cadeira.

Vale destacar que a criação de uma disciplina com o objetivo de estudar historicamente a ciência não era, em 1951, algo inédito no *Collège de France*. O primeiro a reivindicar a existência de tal disciplina na instituição foi Comte. No entanto, a fundação da primeira cadeira de história das ciências data apenas de 1892, sendo que sua ocupação inicial ficou a cargo de Pierre Laffitte, definido por Brenner como um “continuador” dos trabalhos de Comte (BRENNER, 2003, p. 101). Pierre Boutroux foi o titular da cadeira entre 20 e 1922 e, após seu falecimento, a disciplina deixou de existir.

Dentro desse contexto, é possível perceber que o próprio título criado para a nova cátedra proposta em 1951, História do Pensamento Científico, deixa transparecer uma clara oposição ao positivismo, ainda forte na historiografia apesar das críticas e interpretações contrárias. Uma “história do pensamento científico” apresenta concepções que diferem abertamente daquilo que é oferecido em uma “história das ciências”, indica uma recusa em adotar a ideia de totalização presente no período.

A proposta de realizar uma história do pensamento científico sugere uma inversão no modelo de historiografia tradicionalmente praticado. Uma história do pensamento científico supõe que a constituição da ciência é feita a partir de relações com outras formas de pensamento, e ataca a noção positivista de uma ciência “pura”. Dessa forma, surge a necessidade de se pensar a ciência em conjunto com outras formas de pensamento, particularmente o filosófico, uma vez que sem esse estudo em conjunto a compreensão do pensamento científico estaria comprometida.

Uma história do pensamento científico realiza-se a partir de um claro posicionamento teórico, evidenciando a ideia de que não é possível realizar uma história da ciência em si, que é necessário levar em consideração as multiplicidades, inclusive

temporais, presentes em cada uma das disciplinas científicas, portanto, que é necessário representar essa pluralidade. A questão colocada é densa e não poderia ser resolvida com o simples uso do plural: história “das ciências”. Propor realizar uma história do pensamento científico é assumir não apenas que “a ciência pensa¹¹” (ALMEIDA, 2010, p. 183), mas também, que não constitui uma atividade isolada, que é composta por diversas formas de pensamento. O texto de Perrin mostra algumas dessas questões:

Não é então um ensino de história das ciências, em sua complexidade técnica, que eu vos proponho, mas um ensino relativo à história de um ramo da filosofia, embora essa história seja evidentemente essencial para aqueles que se interessam pela história das ciências. (PERRIN, In: KOYRÉ, 1986, p. 125, minha tradução).

Em seu texto, Francis Perrin destaca a importância da criação de uma cadeira de história do pensamento científico, esclarecendo as necessidades que deveriam ser atendidas com o surgimento da nova disciplina cujo título mais completo poderia ser, segundo ele, “História do Pensamento Científico em suas relações com o Pensamento Filosófico”.

Ao indicar o nome de Alexandre Koyré para a ocupação da nova cátedra, Perrin ressalta que a disciplina não necessita de um cientista e nem mesmo de um especialista em história das ciências propriamente dita, mas de alguém com formação filosófica e literária suficiente para orientar suas pesquisas na busca pela compreensão “da influência recíproca” (PERRIN, In: KOYRÉ, 1986, p. 126, minha tradução) entre o pensamento científico e o pensamento filosófico. Algo que Koyré já havia afirmado – em seu próprio projeto de ensino apresentado ao *Collège de France* em 1951 – como sendo sua prática: “Desde o início de minhas pesquisas, eu fui inspirado pela convicção na unidade de pensamento humano” (KOYRÉ, 1986, p. 127, minha tradução).

Em Koyré, as teorias científicas se constituem sem rejeitar a filosofia. Ao contrário do positivismo de Comte e de qualquer interpretação que se pautasse nessa concepção, ele afirma que as teorias científicas são compostas por elementos do pensamento filosófico. Afirmar que a filosofia possui papel indispensável na

¹¹ Em seu artigo intitulado “Alexandre Koyré e o pensamento científico” Fábio Almeida destaca que o cientista *faz* a ciência a partir de dados naturais que não possuem discursividade, mas a ciência não é pura representação da natureza, a ciência não é descrição, o discurso científico é essencialmente criação e a partir dele a natureza adquire existência. (ALMEIDA, 2010). As imagens produzidas pelo discurso científico não correspondem e nem precisam corresponder à realidade empírica. Koyré, ao falar da física moderna e de sua respectiva concepção de movimento, deixa claro o caráter abstrato de suas noções: “[...] os corpos que se movem em linha reta em um espaço vazio infinito não são corpos reais se deslocando em um espaço real, mas corpos matemáticos se deslocando em um espaço matemático.” (KOYRÉ, 1973, p. 186, minha tradução). A base da ciência moderna não está no real, mas no matemático, essa ciência é abstração, elaboração de uma ciência que pensa.

constituição de teorias científicas não significa negar a autonomia dessas teorias, significa conceber a ciência como uma atividade humana, que não poderia se desenvolver de maneira isolada, mas somente no interior de um quadro de ideias, de princípios, de axiomas, e que esses princípios e essas ideias perpassam tanto o pensamento científico quanto o filosófico (KOYRÉ, 1971).

No entanto, é importante destacar que, embora Koyré, ao iniciar seus trabalhos como historiador das ciências nos anos 1930, tenha se posicionado abertamente contrário à corrente interpretativa de cunho positivista,¹² sua interpretação não se limita a criticar a historiografia ligada ao positivismo como um sistema filosófico temporalmente delimitado no século XIX – se assim fosse, esse aspecto de sua obra só seria importante se usado para pensar trabalhos datados até o início do século XX. Koyré apresenta uma maneira de pensar historicamente o conhecimento científico que inverte todo um princípio de inteligibilidade, que interpreta a experimentação como uma atividade empírica e vincula conhecimento a observação direta, eliminando da constituição da ciência qualquer forma de pensamento considerada abstrata.

É possível encontrar uma referência feita por Koyré ao positivismo, como concepção de ciência não necessariamente restrita a Comte ou ao século XIX, em seu artigo “Les étapes de la cosmologie scientifique”, originalmente publicado em 1951. Nesse texto, Koyré apresenta, assim como Comte faz em seus próprios textos, aquilo que seria o objetivo do positivismo e característica da ciência positiva: salvar os fenômenos por meio de um tratamento formal e objetivo dos dados da observação, que permitiria a realização de previsões válidas universalmente. Para Comte, esta seria a meta da ciência, alcançada apenas no estado positivo:

[...] no estado positivo, o espírito humano reconhece a impossibilidade de obter noções absolutas, renuncia à procura pela origem e pelo destino do universo e ao conhecimento das causas íntimas dos fenômenos, para se

¹² O posicionamento de Koyré em relação a autores que seguem modelos interpretativos de origem positivista – como o desenvolvimento da ciência a partir da técnica e da observação direta – pode ser encontrado em inúmeros textos. Cito como exemplo o texto publicado originalmente em 1956 “Les origines de la science moderne: une interprétation nouvelle”, em que Koyré resenha o livro *Robert Grossetest and the origins of experimental Science*, de Alistair Crombie. Koyré também questiona o exagero que muitos autores – como J.J. Fahie e E. Namer – atribuem à importância da experiência na obra de Galileu. Uma atenção especial é dada às experiências de Pisa, visto que existem inúmeros relatos sobre sua realização na historiografia e – conforme o apresentado em artigo de 1937, intitulado “Galilée et l’expérience de Pise: à propos d’une légende” –, para Koyré, essas experiências nunca foram realizadas; trata-se de uma lenda historiográfica. A nota número 6 do artigo de 1943, “Galileu e Platão”, mostra o desacordo teórico de Koyré em relação aos trabalhos de Leroy e Borckenau. Esses autores apresentam Descartes como um artesão, sendo que na visão de Borckenau a ciência cartesiana seria explicada a partir do desenvolvimento da manufatura, o que para Koyré não faz sentido, uma vez que não considera possível que o desenvolvimento científico advenha da técnica.

dedicar unicamente a descobrir pelo uso bem combinado do raciocínio e da observação, as leis efetivas, quer dizer, as relações invariáveis de sucessão e de similitude (COMTE, 1830, p. 4-5, minha tradução).

Porém, o que para Comte é a finalidade da ciência e determina um conhecimento objetivo e útil, para Koyré é o resultado de uma renúncia em compreender o que não é evidenciado empiricamente, algo que teria se realizado desde os astrônomos gregos e que acaba por produzir um conhecimento estéril:

O positivismo é filho do fracasso e da renúncia. Nasceu da astronomia grega e sua melhor expressão é o sistema de Ptolomeu. O positivismo foi concebido e desenvolvido (...) pelos astrônomos gregos que, tendo elaborado e aperfeiçoado o método do pensamento científico – observação, teoria hipotética, dedução e finalmente, verificação pelas novas observações –, encontraram-se diante da incapacidade de penetrar no mistério dos verdadeiros movimentos dos corpos celestes, e que, em consequência, limitaram suas ambições a uma operação de “salvamento dos fenômenos”, quer dizer, a um tratamento puramente formal dos dados da observação, tratamento que lhes permitia fazer previsões válidas, mas cujo preço era a aceitação de um divórcio definitivo entre a teoria matemática e a realidade subjacente (KOYRÉ, 1973, p. 81, minha tradução).

Encontra-se nos trabalhos de Koyré – notadamente naqueles em que o nascimento da ciência moderna é abordado – manifestações dessa oposição entre a maneira como ele define ciência e aquilo que o positivismo define como tal. A interpretação de Koyré se opõe tanto aos trabalhos historiográficos que têm por base teórica o sistema filosófico elaborado por Comte, quanto às interpretações que, sem se vincular teoricamente ao positivismo, apresentam a ciência como algo condicionado aos interesses da vida prática e dependente de fatos concretos e de experiências empíricas.

Um exemplo da diferenciação teórica entre Koyré e Comte, e do posicionamento combativo do primeiro em relação ao segundo, pode ser encontrado no artigo “Les étapes de la cosmologie scientifique”, originalmente publicado em 1951 e posteriormente integrado aos *Estudos de história do pensamento científico*. Nesse texto, ele afirma que os babilônios realizaram – muito antes que os gregos – observações do céu, anotaram a posição de planetas e estrelas, organizaram catálogos e desenvolveram um calendário. A partir de observações realizadas cuidadosamente durante séculos, os babilônios podiam prever a periodicidade dos movimentos planetários e a posição relativa das estrelas e dos planetas a cada dia do ano. Apesar disso, Koyré atribui aos gregos a criação da primeira cosmologia científica. A justificativa apresentada por ele para não atribuir a origem da cosmologia aos babilônios está ligada à sua própria concepção do que é o trabalho científico:

Assim, se previsão e predição se igualam à ciência, nada é mais científico do que a astronomia babilônica. Mas se considerarmos o trabalho científico

sobretudo um trabalho teórico e se acreditarmos – como eu faço – que não há ciência onde não há teoria, rejeitar-se-á a ciência babilônica e dir-se-á que a cosmologia científica se inicia na Grécia, pois foram os gregos que, pela primeira vez, conceberam e formularam a exigência intelectual do saber teórico: salvar os fenômenos, quer dizer, formular uma teoria explicativa do dado observável, algo que os babilônios jamais fizeram (KOYRÉ, 1973, p. 89, minha tradução).

Nesse texto, Koyré define precisamente sua concepção de ciência: elaboração teórica. Seu objetivo não é possibilitar a previsão, a ciência explica o dado observável, não se trata de observar e ordenar os fenômenos. Essa definição é completamente contrária ao pensamento de Comte, para quem o estabelecimento de leis que tornam a previsibilidade possível constitui o primeiro e principal objetivo da ciência.

Gaston Bachelard também realiza em seus trabalhos uma inversão importante em relação ao sistema de pensamento positivista. Em *A formação do espírito científico*, ele cria sua própria “lei dos três estados para o espírito científico” (2003, p. 11), parafraseando de maneira irônica a lei do três estados de Comte. A lei dos três estados de Bachelard é essencialmente oposta àquela estabelecida por Comte e revelaria a abstração cada vez maior do conhecimento científico. Para ele a ciência atingiria seu maior estágio de desenvolvimento – o estado abstrato – quando fosse capaz de se desligar, e até mesmo de se opor, a experiência imediata.

Bachelard trabalha com a distinção entre estado científico e estado pré-científico, e que os primeiros anos do século XX marcariam a terceira etapa da história do pensamento: o início do novo espírito científico. Essa distinção pode ser interpretada como um indício de sua maneira de compreender a história das ciências, uma vez que em Bachelard existe a noção de evolução das ideias científicas. Para Bachelard, o grau de complexidade e desenvolvimento de uma ciência é medido a partir de seu grau de abstração, de modo que a experimentação científica permite que o conhecimento seja construído sem nenhuma ligação com a experiência empírica.

Nos trabalhos de Koyré não existe a distinção entre o mundo pré-científico e o mundo científico, uma vez que para ele a atualidade de uma ciência não apresenta função normativa no estudo de sua história. Ao estudar a revolução científica do século XVII, por exemplo, Koyré estabelece a matematização do mundo – que só se torna possível após a destruição da ideia do cosmos aristotélico – como o grande marco para a nova ciência. Porém, embora a matematização seja a característica fundamental da ciência a partir do século XVII, ela não é condição de possibilidade para a existência de

outras ciências. A exatidão e a precisão da ciência, a partir do século XVII, não exercem função normativa para formas de conhecimentos anteriores.

Ao se voltar para o passado das ciências que estuda – astronomia, física e matemática –, Koyré não toma como referência para suas análises os conceitos e teorias atuais dessas ciências. A história do pensamento científico praticada por Koyré não tem a atualidade como princípio, de modo que para ele o passado dessa ciência não é monstruoso e não se apresenta como um museu¹³ (SALOMON, 2011). Koyré se volta para o passado para ver como uma teoria é formada: como nasce, se constitui e se estrutura. Ele analisa o pensamento científico no interior de sua própria visão de mundo, relacionando seus princípios e axiomas no quadro de uma formulação interna coerente.

Esse aspecto característico da maneira como Koyré pratica a história das ciências terá grande destaque em seus trabalhos referentes à revolução científica do século XVII, especificamente no que concerne à sua maneira de relacionar ciência moderna e ciência medieval.

A partir de Koyré, pensar as origens da ciência moderna como o resultado de um processo revolucionário vivenciado pela atividade científica tornou-se algo comum. A ciência moderna tem seu nascimento – a partir da década de 1930 – habitualmente narrado como uma revolução. Mas esse ideal de ruptura aplicado à história das ciências não constituía uma unanimidade entre os contemporâneos de Koyré.

Neste trabalho, considero o ideal koyreniano de revolução científica como parte de sua concepção de pensamento e de ciência, e como parte de sua oposição ao positivismo. Os trabalhos de Pierre Duhem, no entanto, evidenciam outra maneira de pensar a ciência e o seu desenvolvimento.

1.3 Ciência moderna como continuidade do pensamento medieval

¹³ Através das metáforas de *museu*, *cemitério*, *monstro* e *fantasma*, Marlon Salomon diferencia a epistemologia histórica de Gaston Bachelard, de uma história do pensamento científico de Alexandre Koyré (SALOMON, 2011). Para Bachelard a ciência contemporânea elimina o passado da ciência a partir de suas descobertas revolucionárias, de modo que esse passado passa a servir apenas como possibilidade de compreensão das ciências atuais, uma vez que para ele toda filosofia das ciências deve servir para facilitar a ascensão à modernidade da ciência (BACHELARD, 1972). Ainda segundo Bachelard, a verdade estabelecida pela ciência contemporânea representa o fim de uma história: “Para um historiador das ciências uma verdade encontrada é a conclusão de uma história, ela é o termo de uma linha particular de pesquisa” (BACHELARD, 1972, pp. 138 – 139). No interior dessa concepção o passado da ciência adquire a característica de um museu onde velharias são depositadas (SALOMON, 2011). A psicanálise do conhecimento proposta por Bachelard teria por finalidade esclarecer o fundo obscuro do passado científico, a psicanálise do conhecimento livraria a ciência atual dos erros e obstáculos encontrados no museu de horrores do passado (BACHELARD, 2008).

Pierre Duhem, historiador das ciências que merece destaque por sua importância e originalidade, dedicou-se ao estudo do saber medieval encarando-o como uma ciência, algo incomum na historiografia do período. Duhem não admite que o saber científico seja uma criação da modernidade e sua principal tese, formulada na primeira década do século XX, consiste na defesa de uma continuidade entre o saber produzido na Baixa Idade Média e aquele que seria produzido no século XVII.

Em *Les Origines de la Statique*, por exemplo, Duhem destaca as diversas ligações existentes entre a ciência medieval e a ciência do mundo moderno, estabelecendo precursores para a obra de Galileu – figura fundamental dentro da concepção de revolução científica – mostrando que o estabelecimento do nome de Galileu como fundador da ciência moderna é uma “lenda” historiográfica (1905, p. 261, minha tradução). Duhem também estabelece esse tipo de antecessor intelectual para Leonardo da Vinci (sendo o próprio Leonardo da Vinci um dos precursores de Galileu). Isso evidencia que a defesa da continuidade é um princípio sobre o qual ele trabalha a história das ciências. Em Duhem, as descobertas científicas acontecem sempre de maneira contínua, não há momentos de ruptura e “a ciência não conhece geração espontânea” (1905, p. 156, minha tradução).

Analisando as obras de Galileu, particularmente as que se referem à mecânica, Duhem não encontra progressos essenciais que possam ser caracterizados como uma grande inovação na ciência. A respeito da estática, por exemplo, os trabalhos de Galileu não mereceriam a grande quantidade de elogios que recebe dos historiadores, uma vez que os princípios com os quais trabalha, bem como suas soluções para problemas físicos específicos, já eram encontrados em obras mais antigas, notadamente as do século XIII.

Além disso, a Estática de Galileu talvez não mereça todos os elogios que os historiadores geralmente derramam sobre ela; uma boa parte desses elogios seriam mais legítimos se aplicados a geômetras mais antigos; há poucas coisas nessa Estática, que já não eram encontradas nos escritos de Cardano, eles mesmos alimentados pelos pensamentos inéditos de Leonardo da Vinci; de fato, se procurarmos em que a Estática de Galileu ultrapassa a de Cardano, encontraremos um único progresso essencial: a solução do problema do plano inclinado. Mas a solução desse problema já estava dada desde o século XIII; das duas demonstrações pelas quais Galileu a justifica, uma é a aplicação quase imediata da noção de gravidade *secundum situm* de Jordanus e da ligação que Cardano estabeleceu entre essa noção e a de momento; a outra, a mais satisfatória, reproduz puramente o raciocínio dado na Idade Média pelo precursor de Leonardo da Vinci (DUHEM, 1905, p. 261, minha tradução).

Em seu esforço para desconstruir a ideia segundo a qual a ciência moderna nasce a partir de uma revolução e se fundamenta por princípios físicos opostos aos da Idade Média, Duhem analisa profundamente a obra de Galileu, encontrando nesses trabalhos elementos para fundamentar seu argumento de continuidade no desenvolvimento científico.

Duhem declara explicitamente estar se posicionando de forma contrária ao posicionamento filosófico que construiu a imagem de um Galileu que, após rejeitar e destruir completamente a dinâmica aristotélica levanta, sobre fundamentos inteiramente novos, a dinâmica moderna. Para Duhem, essa imagem é totalmente falsa, sendo até mesmo classificada como uma opinião e uma lenda, algo que não teria legitimidade historiográfica, isso porque, segundo ele, a leitura do *Discorsi* de Galileu torna evidente a utilização de axiomas aristotélicos na estática galilaica (DUHEM, 1905). Esses axiomas aristotélicos seriam essenciais para o estabelecimento das leis do movimento, que por sua vez seriam fundamentais para o estabelecimento da ciência moderna: “Galileu nunca deixou de acreditar no axioma peripatético que proclama a proporcionalidade entre força e velocidade, e a opinião que o faz criador da dinâmica moderna é uma lenda forjada” (DUHEM, 1905, p. 261, minha tradução).

Se a ciência moderna tem como parte de seus princípios mais importantes axiomas elaborados na Antiguidade e utilizados na produção científica durante toda a Idade Média é porque ela não é uma ciência inteiramente nova, e não é possível atribuir seu nascimento a uma revolução. Em Duhem, o desenvolvimento da ciência até seu estado no século XVII é demonstrado pela própria conjuntura histórica.

Segundo as concepções de Duhem, a verdadeira contribuição científica realizada por pensadores dos séculos XVI e XVII foi o trabalho de retomar as ideias do século XIII. O trabalho seria meramente de seleção e classificação. O principal mérito dos cientistas e filósofos do século XVII foi o de conseguir separar – entre as teorias já elaboradas no século XIII – as suposições errôneas das que eram verdadeiras. Essa necessidade de classificação e ordenamento do conhecimento já produzido é justificada por Duhem, pois, segundo ele, é muito difícil consolidar cientificamente novas verdades, uma vez que demonstrações empíricas não são suficientes – também não basta que essas novas verdades sejam explicadas por raciocínios rigorosos. É necessário, na visão de Duhem, que os espíritos se acostumem com as novidades científicas. Metaforicamente ele diz que para enxergar não basta o surgimento de uma

nova luz, é necessário também que “os olhos se acostumem com a claridade” (DUHEM, 1905, p. 193, minha tradução).

Essas colocações de Duhem mostram que ele procura acrescentar uma noção de contexto para aquilo que é chamado de nascimento da ciência moderna, uma tentativa de acrescentar historicidade ao estudo das ciências. A obra de Duhem é contrária a três noções fortemente estabelecidas pela tradicional historiografia e filosofia das ciências: 1) o mundo medieval não produziu ciência; 2) pode-se encontrar um grande número de precursores das ideias modernas na Antiguidade, mas eles raramente são encontrados no mundo medieval; 3) existência de começos absolutos para as ciências. A crítica de Duhem à noção de revolução tem como objetivo refutar a concepção positivista e dominante que, conforme aponta Brenner “faz obstáculo a uma verdadeira tomada de consciência histórica” (2003, p. 177, minha tradução).

A noção clássica de revolução científica, principalmente quando aplicada para explicar o nascimento da ciência moderna, é utilizada como a marca de uma origem, o estabelecimento de um começo para o conhecimento verdadeiramente científico: a partir do século XVII, a ciência teria os critérios necessários para alcançar a verdade. Essa concepção, que pode ser remontada à noção de progresso advinda do positivismo, elimina a historicidade, pois o alcance da verdadeira ciência torna obsoleto o passado. Dentro dessa perspectiva, qualquer conhecimento anterior ao século XVII não seria científico: o século XVII é a origem da ciência.

Ao negar a existência de uma ruptura entre a ciência moderna e a ciência medieval, Duhem elabora uma interpretação inovadora acerca do nascimento da ciência moderna, forma uma tese que irá contrariar a crença positivista no progresso e na evolução contínua da ciência, no exato momento em que o positivismo se consolidava como a interpretação dominante na história das ciências, e faz isso mantendo a ideia de desenvolvimento e crescimento do conhecimento científico. Para Duhem, as diversas concepções “falsas” presentes na ciência do século XIII foram refutadas por cientistas do século XVII, que puderam reformular a metodologia científica possibilitando um novo uso para a matemática.

Apesar de seu posicionamento contrário ao progresso e à evolução da ciência, tal como estabelece Comte, Duhem mantém algumas concepções positivistas, como por exemplo, a grande valorização da prática no interior da atividade científica, bem como uma crença na existência de um distanciamento entre teorias metafísicas e conhecimento científico. Este aspecto da obra de Duhem será fortemente criticado por

Abel Rey, filósofo francês contemporâneo de Duhem. Em um artigo intitulado “La philosophie scientifique de M. Duhem”, publicado em 1904 na *Revue de métaphysique et de morale*, Rey critica a filosofia da ciência empregada nos trabalhos de Duhem, especificamente no que se refere a seu posicionamento em relação aos papéis da metafísica e da experiência empírica na ciência.

Segundo Rey, as concepções filosóficas de Duhem levam a uma interpretação onde a teoria científica é apenas “um esquema algébrico” (1904, p.720, minha tradução), no sentido de transcrever a natureza e os fenômenos naturais em correspondentes científicos. Para Rey, o valor de uma teoria científica não está em sua capacidade de representar fenômenos naturais.

Sempre que possível, as deduções pelas quais a teoria se desenvolve são submetidas a operações algébricas [...]. Não temos que nos perguntar se essas operações, se esses cálculos têm um sentido físico. Para falar mais explicitamente, não temos que nos perguntar se o emprego de métodos de mensuração permite que esta teoria seja traduzida em linguagem concreta, e se, uma vez traduzida, elas correspondem aos fatos reais ou possíveis. Colocar esse tipo de questão corresponde a conservar uma noção errada do que seja uma teoria física (REY, 1908, p. 720, minha tradução).

É possível notar na interpretação continuísta do desenvolvimento da ciência elaborada por Duhem, uma valorização dos aspectos práticos da atividade científica. No primeiro volume de sua obra *Etudes sur Léonard de Vinci*, publicada em 1906, Duhem confere papel de destaque ao trabalho empírico realizado por Leonardo da Vinci. A análise da obra de Leonardo fornece a Duhem material imprescindível para o desenvolvimento de sua tese continuísta¹⁴, em grande parte pela própria maneira como Leonardo é representado na historiografia tradicional: como cientista e artista de grande originalidade que, rompendo com questões firmemente estabelecidas em sua época, pôde produzir conhecimento de maneira inovadora.

Em seu trabalho historiográfico, Duhem através do estudo dos manuscritos de Leonardo estabelece precursores para o trabalho do renascentista. Leonardo não teria rompido com o conhecimento que já era praticado por filósofos e matemáticos da Idade Média, mas apenas seguido e desenvolvido suas ideias e concepções, se valendo de “seu

¹⁴ Sobre a importância dos estudos referentes a Leonardo da Vinci para o desenvolvimento da tese continuísta de Duhem, Amélia de Oliveira publicou, em 2012, um texto intitulado “Alberto de Saxe, Leonardo da Vinci e a continuidade na ciência segundo Pierre Duhem”. O texto trabalha o posicionamento de Duhem acerca do desenvolvimento científico e as críticas que este posicionamento recebeu, dando destaque para as ligações entre Leonardo da Vinci e a Idade Média como um dos principais argumentos de Duhem a favor da continuidade na ciência: “Leonardo da Vinci, que foi retratado pelos historiadores que se ocuparam da Renascença como um gênio gigante isolado em seu tempo e autodidata por excelência, aparece a Duhem como um herdeiro de contribuições dos medievais” (OLIVEIRA, 2012, p. 8).

talento de geômetra, e às vezes usando as observações que havia acumulado com sua curiosidade de naturalista e sua sagacidade de engenheiro” (DUHEM, 1906, p. 36, minha tradução).

Em *Les origines de la statique* [1905], Duhem afirma que em toda a obra mecânica de Leonardo não há nenhuma ideia ou questão que já não tenha estado presente nos estudos de geometria realizados na Idade Média. Todas as noções matemáticas empregadas por Leonardo e que chamam a atenção de historiadores séculos mais tarde, por sua suposta originalidade – como a teoria do plano inclinado, ou a capacidade de calcular a força motriz – já seriam, na concepção de Duhem, conhecidas “desde o século XIII” (DUHEM, 1906, p. 193, minha tradução).

Interessa ressaltar que ao desenvolver sua principal tese, Duhem se dedica a uma série de estudos de caso – entre os quais o de maior destaque é o de Leonardo da Vinci – que ilustram seus argumentos continuístas. Nesses estudos Duhem sempre estabelece conexões entre trabalhos de diferentes nomes da ciência, e essas conexões estão sempre relacionadas com questões práticas. Ideias filosóficas e questões metafísicas não são encontradas em seus argumentos, indício de que esse tipo de questão não tem tanta importância no desenvolvimento da ciência quanto as questões práticas.

Em seu *Essai sur la notion de théorie physique de Platon a Galilée* [1908], Duhem assegura que no período em que viveu Copérnico, período onde a física faz “novos e rápidos progressos” (1908, p. 71, minha tradução) também é o período onde a compreensão sobre a natureza das hipóteses físicas irá diminuir, tornando-se menos desenvolvida do que era na Idade Média e Renascença. Isso comprovaria a suposição de Duhem de que “os maiores artistas não são sempre os que melhor filosofam sobre sua arte” (1908, p. 71, minha tradução). Este posicionamento de Duhem diverge essencialmente da interpretação elaborada por Koyré, como será exposto a seguir.

1.4 A revolução científica do século XVII como nascimento da ciência moderna

Uma discussão sobre a fundação da ciência moderna conduz diretamente a dois problemas principais. O primeiro é o problema geral que consiste em definir o que é a modernidade; o segundo, mais específico, é caracterizar o que é a ciência moderna e quais argumentos teóricos fundamentam o estabelecimento do século XVII como marco para seu nascimento.

A interpretação koyreniana sobre o nascimento da ciência moderna é diferenciada, uma vez que esse nascimento é pensado como uma revolução teórica. Koyré constrói uma interpretação distinta acerca da ciência que nasce no século XVII, algo que relaciono com a escolha dos termos usados para definir essa ciência. As expressões “Ciência Moderna” e “Ciência Clássica” costumam ser aplicadas por historiadores e filósofos que estudam a ciência do século XVII. Tradicionalmente, o termo “Ciência Moderna” é destinado aos trabalhos científicos produzidos a partir do século XX, já que a ciência produzida do século XVII ao século XIX é comumente chamada de “Ciência Clássica” ou ciência pré-quântica.

Gaston Bachelard, por exemplo, adota uma distinção que tem em vista, principalmente, a transformação operada pelos trabalhos de Albert Einstein no pensamento ocidental. Bachelard compreende o ano de 1905 como um marco para a ciência, uma vez que nesse período a Relatividade transformaria os conceitos da física que eram considerados leis naturais e, portanto, fixados para sempre. Em *A formação do espírito científico*, Bachelard afirma que se fosse necessário estabelecer, mesmo que de modo grosseiro, etapas para a história do pensamento científico, o ano de 1905 marcaria a terceira e última etapa, seria o início de um novo espírito científico (BACHELARD, 2008).

Em seu texto *A l'Aurore de la Science moderne : la jeunesse de Galilée* [1935], texto que viria a constituir a primeira parte da obra *Études Galiléennes*, Koyré escreve em uma das notas de rodapé: “Em face da revolução dos dez últimos anos, é preferível, ao que parece, reservar para esta o epíteto de moderna e designar a física pré-quântica por clássica.” (KOYRÉ, 1935, p. 541, minha tradução). Mas à parte essa pequena consideração, ele segue utilizando – neste mesmo texto e nos posteriores – sempre o termo “ciência moderna” para designar o saber científico produzido a partir do século XVII. Em seu artigo “Une expérience de mesure”, publicado inicialmente em 1954 e posteriormente em *Estudos de História do Pensamento Científico*, Koyré faz outra nota:

Utilizarei a expressão “ciência moderna” para a ciência que se constituiu nos séculos XVII e XVIII, quer dizer, para o período que vai, de maneira geral, de Galileu a Einstein. Essa ciência é chamada às vezes de “clássica” em oposição à ciência contemporânea. Não seguirei essa terminologia, reservando a designação de “ciência clássica” para a ciência do mundo clássico, principalmente a dos gregos. (KOYRÉ, 1973, p. 289, nota 1, minha tradução).

Entendo que ao escolher a terminologia “Ciência Moderna” e não “Ciência Clássica” Koyré não faz apenas uma opção de nomenclatura, mas também uma opção

teórica. Ao utilizar o termo “moderna” para se referir à ciência do período de Galileu, ele faz referência ao alcance das transformações realizadas pela ciência no século XVII, e sugere que essas transformações dão origem a um sistema de pensamento que permanecerá para além do período conhecido como “Idade Clássica”.

A matematização da física e a construção de uma ciência exata constituíram uma transformação em todos os aspectos da ciência, e os resultados dessa mutação se fazem sentir por um tempo muito longo na história do pensamento. Voltando ao texto inicial dos *Études Galiléennes* [1935], é possível perceber o alcance e o significado que a revolução científica do século XVII tem para a história do pensamento humano:

Uma tal mutação – uma das mais importantes – se não for a mais importante desde a invenção do cosmos pelo pensamento grego – foi a revolução científica do século XVII [...] (KOYRÉ, 1935, p. 541, minha tradução).

Em Koyré as revoluções científicas são revoluções bem preparadas e, por isso, mais lentas do que seriam, por exemplo, as revoluções políticas. Uma revolução científica é o nascimento de uma ciência inteiramente nova, uma transformação na própria estrutura do pensamento, uma mutação intelectual.

Ao comparar a ciência do mundo medieval com a ciência que chama de moderna, Koyré percebe uma diferença na natureza do próprio saber. No século XVII, a ciência torna-se capaz de aplicar à natureza as abstrações matemáticas, construindo o conhecimento do real a partir de noções puramente teóricas. Essa é a grande transformação operada no século XVII, que faz com que a ciência moderna seja essencialmente oposta à ciência medieval, que se baseava no mundo sensível e não concebia a possibilidade de aplicar noções da geometria abstrata no estudo do mundo terreno, dessa forma, o século XVII viu nascer uma ciência inteiramente nova.

O conceito koyreniano de revolução teórica afirma que o nascimento de uma ciência envolve uma nova concepção da natureza, a construção de outra visão de mundo. Essa mutação intelectual marcaria o nascimento da modernidade e por essa razão Koyré permanece utilizando o termo “moderna” para a ciência que nasce com Galileu.

O termo “clássico” é comumente usado para designar obras e autores consagrados em sua originalidade e excelência e que se tornam modelares para os de sua categoria. É nesse sentido que o termo é usado para se referir a cientistas e filósofos do século XVII, considerados fundadores da ciência tal qual a conhecemos: ciência exata e precisa.

Para Koyré o nascimento da ciência moderna não representa o nascimento da cientificidade, uma vez que para ele o mundo antigo e o mundo medieval possuíam teorias coerentes e bem fundamentadas para a explicação do real. A ciência do século XVII também não representa o modelo de cientificidade, seu ideal investigativo, experimental e matemático, não deve ser condição indispensável para que um conhecimento seja considerado científico, uma vez que uma ciência precisa estar inserida em sua própria ambiência filosófica e conceitual.

Dessa forma, na concepção de Koyré, o termo “ciência clássica” deve ser aplicado à ciência da antiguidade clássica, especificamente a dos gregos, responsáveis, segundo ele, pelo nascimento da cosmologia científica ou da própria ciência.

Neste trabalho, não pretendo refletir sobre o conceito de revolução social ou política, e nem mesmo realizar uma ampla discussão sobre a noção de revolução na história das ciências, abordando sua origem, desenvolvimento e aplicação. Busco realizar reflexões específicas acerca do conceito de revolução científica aplicado ao nascimento da ciência moderna, abordando de maneira particular os trabalhos onde Koyré analisa a chamada revolução científica do século XVII.

O uso do conceito de revolução na história das ciências traz a noção de transformação radical no interior do conhecimento científico, simboliza a morte de uma ciência e o nascimento de outra, e sugere até mesmo a oposição entre um pensamento e outro. O uso desse conceito é frequente nos estudos historiográficos destinados ao nascimento da ciência moderna e traz a noção de que existe uma oposição entre a ciência moderna e a ciência medieval.

Em seu texto “Aristotélisme et Platonisme dans la philosophie du moyen âge,” originalmente publicado em 1944, Koyré analisa o domínio do pensamento aristotélico durante a baixa idade média. Devido a seu caráter enciclopédico, o aristotelismo propagou-se nas universidades, fornecendo critérios e conceitos para pensar, através de analogias e associações, tanto o Universo quanto a vida terrestre, abrangendo diversas áreas desde a astrologia até a medicina.

O pensamento aristotélico fornecia as bases para se pensar e produzir o conhecimento científico e dominava tanto a física quanto a astronomia (KOYRÉ, 1973). A obra de Aristóteles possuía caráter de síntese e formava toda uma ontologia para se pensar o real a partir dos dados do sensível.

Embora a ciência medieval, precisamente a escolástica, tenha se baseado em Aristóteles e apesar desse filósofo ter uma física bastante ligada ao concreto, a ciência

medieval é retratada como marcada por um suposto caráter livresco e especulativo, sendo justamente esse hipotético excesso de abstração a principal diferença entre o saber do mundo medieval e a ciência da era moderna, que seria uma ciência prática e essencialmente ligada à construção e utilização de instrumentos¹⁵.

O nascimento da ciência moderna e a relação dessa ciência com o período medieval formam um problema tanto para a filosofia quanto para a história das ciências, sendo necessário caracterizar as diferenças ou as possíveis semelhanças entre as duas formas de conhecimento.

A valorização da técnica e do instrumento científico e o estabelecimento do caráter prático da ciência moderna por parte da historiografia são elementos importantes para o desenvolvimento desse trabalho, uma vez que a revolução científica do século XVII é tradicionalmente retratada como um desvio para a prática e para a técnica. Essa será a principal noção combatida por Koyré em seus trabalhos referentes ao nascimento da ciência moderna.

Existem muitas divergências historiográficas e filosóficas referentes à natureza das transformações científicas vivenciadas no século XVII. Trata-se de uma revolução? A nova ciência romperia com a ciência anterior? Se sim, quais seriam seus fundamentos? A ciência a partir do século XVII seria o resultado de uma postura mais ativa do homem frente à natureza? Seria o fruto de experiências e observações empíricas, o resultado de um desvio em direção à prática?

Investigar como os diferentes autores concebem a atividade científica e como diferenciam a ciência moderna da ciência antiga e medieval é importante para que se

¹⁵ A perspectiva que retrata o saber medieval como abstrato e especulativo é muito difundida e aceita, o que permite inclusive outras chaves de interpretação ligadas a essa ideia. Um exemplo é a concepção de Hannah Arendt que, em *A condição Humana*, publicado em 1958, apresenta a noção de que o mundo moderno nasceria de uma inversão espiritual: o excesso de abstração e contemplação daria lugar à prática e ao avanço técnico. O ideal de *Vita Contemplativa* seria substituído pelo ideal de *Vita Activa*. O homem não mais contemplaria a natureza, agiria sobre ela, transformando-a de acordo com suas próprias necessidades e desejos. *Trabalho, labor e ação* marcariam a atividade científica na modernidade. (ARENDR, 2004).

Encontramos visão semelhante em Whitehead. Em *A função da Razão*, publicado em 1929, Whitehead nos apresenta o saber medieval como extremamente erudito e constituído de um “sistema fechado de elucubrações sobre os pensamentos dos outros” (1985, p. 22). O pensamento durante a idade média, segundo o autor, era dominado pela escolástica e se ampliava dentro das fronteiras fornecidas por essa tradição.

Ao tratar do Renascimento e da importância desse período para a ciência moderna, Whitehead (1985) afirma que a principal contribuição da Renascença seria a introdução da experiência direta e o hábito da observação. Ainda segundo Whitehead, o período que vai do século XII ao XVII teve os limites de sua produção intelectual determinado pela escolástica. No Renascimento, a escolástica havia esgotado suas possibilidades, dessa forma, vai-se buscar na arte e na matemática gregas, bem como na pesquisa individual e na observação, os caminhos para o desenvolvimento científico.

compreenda as diferentes concepções acerca do nascimento da ciência moderna. Escolho trabalhar especificamente com as concepções de Pierre Duhem e de Auguste Comte acerca do nascimento da ciência moderna, o que se justifica pela importância da filosofia comteana e pelo empenho direto de Koyré em combatê-la. Pierre Duhem é um dos principais continuistas e não vê ruptura entre a ciência da Idade Média e a ciência moderna, sendo Koyré um dos responsáveis pela construção e consolidação do conceito de revolução aplicado à ciência, o diálogo entre esses dois autores é profícuo.

1.5 A imbricação entre história e filosofia das ciências

A concepção segundo a qual a filosofia das ciências deve ser praticada a partir de dimensões históricas é forte no interior da tradição epistemológica francesa. No interior desta epistemologia, que se constitui enquanto disciplina autônoma no início do século XX, é possível pensar a história e a filosofia das ciências em conjunto.

Roberto Machado, ao analisar a epistemologia a partir dos trabalhos de Michel Foucault, percebe uma forte identificação entre a reflexão filosófica acerca do conhecimento e a análise histórica das ciências. É possível explorar esta identificação entre duas disciplinas, filosofia e história das ciências, a partir da questão da racionalidade, que seria a principal questão colocada pela ciência à filosofia. Machado apresenta uma definição de epistemologia, que explicita a relação entre filosofia e história na análise das ciências: “[...] a epistemologia é, portanto, uma filosofia que tematiza a questão da racionalidade através da ciência, por ela considerada como a atividade racionalista por natureza” (MACHADO, 1982, p. 10).

A obra de Koyré possui uma dupla caracterização: suas reflexões acerca da ciência, particularmente da ciência que se configura no século XVII, partem sempre de questionamentos filosóficos e históricos, em sua escrita a investigação histórica é tão importante quanto a crítica filosófica. A imbricação entre história e filosofia das ciências busca atender a uma necessidade típica do historiador das ciências, que lida com um objeto de estudo muito específico.

Os trabalhos de Koyré nos ensinam sobre a ciência cuja história ele está escrevendo, mas também sobre uma série de outras questões relacionadas à própria prática historiográfica, além de questionamentos sobre a natureza da atividade científica. Em Koyré, a história das ciências não se limita a “fatos”, trata-se de uma história construída a partir de questionamentos filosóficos.

Na escrita koyreniana há uma identificação entre os problemas de historiografia das ciências e os problemas de filosofia das ciências. A abordagem do pensamento científico a partir de suas relações com a filosofia gera uma narrativa da história das ciências que vai muito além de elementos técnicos: as descobertas e o estabelecimento de leis. Uma historiografia que aborda ciência e filosofia como atividades autônomas e relacionadas, sem transformar uma atividade em síntese ou auxiliar da outra, só pode escrever a história à luz de posicionamentos e questionamentos filosóficos.

A importância adquirida pela ciência no início do século XX tem participação nessa transformação historiográfica. O avanço acelerado das ciências no final do século XIX e início do século XX faz com que a atividade científica passe a interferir na sociedade, na vida dos indivíduos, o que faz surgir a necessidade de reflexão sobre os caminhos da ciência. “Diante do papel que a ciência agora assume para o pensamento, toda filosofia que com ela se preocupe deve ser histórica e toda história das ciências, um esforço reiterado de reflexão conceitual” (ALMEIDA, 2010, p. 183).

Em *Estudos Galilaicos*, Koyré faz uma oposição entre um historiador-filósofo e um historiador-hagiógrafo:

Qualquer historiador, qualquer biógrafo, sobretudo, é um pouco hagiógrafo. Daí ele passar, as mais das vezes, por cima dos erros cometidos, dos reveses sofridos pelos seus heróis; só os menciona para os desculpar. Para quê aliás, se há de alguém demorar no erro? O importante não é o sucesso final, a descoberta, em vez dos caminhos tortuosos que foram seguidos e em que possamos ter-nos perdido? O historiador hagiógrafo tem razão, sem dúvida. O que importa para a posterioridade é efetivamente a vitória, a descoberta, a invenção. E, no entanto, para o historiador do pensamento científico, pelo menos para o historiador filósofo, o revés, o erro, sobretudo o erro de um Galileu, de um Descartes, são por vezes tão preciosos quanto os seus êxitos (KOYRÉ, 1992b, p. 105).

Ao usar a expressão “historiador filósofo,” Koyré faz uma referência implícita à relação entre história e filosofia das ciências na tradição epistemológica na qual está inserido. As reflexões filosóficas são partes indissolúveis da maneira como Koyré escreve a história das ciências.

As questões e divergências levantadas por Koyré são desenvolvidas a partir da filosofia e da epistemologia, ele busca estabelecer definições conceituais que permitam a compreensão de alguns dos caracteres fundamentais da ciência moderna, como a experimentação, por exemplo. Koyré será responsável pela criação de uma vertente historiográfica que propõe pensar a ciência a partir de seu significado ontológico, de sua estruturação em um quadro de pensamento. Dessa forma, a obra koyreniana não se

insere na famosa disputa entre internalistas e externalistas¹⁶. Em Koyré a ciência encontra-se em unidade com o pensamento filosófico, de modo que não se pode afirmar que em suas análises a ciência seja uma atividade “pura” e isolada, que como tal só pode ser estudada a partir de seus próprios critérios. Ao mesmo tempo, ele considera o caráter independente da atividade científica, não levando em consideração questões sociais e culturais em seus estudos.

Em seu livro *A tensão essencial* [1977], que consiste em uma série de ensaios e conferências acerca do desenvolvimento e das mudanças no interior da ciência, Thomas Kuhn reflete sobre o ofício de historiador. Fazendo um breve relato de sua própria trajetória intelectual – sua carreira como físico, o início de seu interesse por filosofia e sua posterior dedicação à história das ciências – Kuhn busca mostrar o que a atividade científica representa e as diferentes formas através das quais ela é abordada. Como a ciência é pensada no interior da física, da filosofia e da história? Há diferenças entre as abordagens?

Em “As relações entre a história e a filosofia das ciências”, texto que corresponde a uma palestra dada por Kuhn na *Michigan State University* em 1968, e que integra *A tensão essencial*, Kuhn alega que o trabalho de um historiador, e principalmente, de um historiador das ciências, vai além da investigação das fontes e da construção de narrativas. Kuhn alega que um historiador das ciências só pode exercer suas funções de maneira efetiva se tiver algum conhecimento sobre a filosofia do período que estuda:

Até ao fim do século XVII, grande parte da ciência era filosofia. Depois da separação das disciplinas, continuaram a interagir de modos muitas vezes subsequentes. Uma abordagem com êxito a muitos dos problemas centrais da história das ciências é impossível para aquele que não domina o pensamento das principais escolas filosóficas dos períodos e das áreas que estuda (KUHN, 1977, p. 37).

Nesse texto, Kuhn alega ter aprendido com Alexandre Koyré e Arthur Lovejoy a praticar uma história das ciências que reconhece a “estrutura e a coerência de sistemas de ideias” diferentes, conceitual e temporalmente (1977, p. 38). Essa capacidade de compreensão de uma ciência do passado torna-se possível a partir de uma abordagem filosófica das fontes, o historiador só compreenderá a ciência que estuda quando

¹⁶ A divisão entre internalistas e externalistas é bastante comum na historiografia – principalmente na de origem anglo-americana – e consiste na ideia de que uma história internalista das ciências é feita a partir de questões da própria ciência e geralmente é escrita pelos próprios cientistas, enquanto a história externalista levaria em consideração aspectos sociológicos do conhecimento científico, analisando a ciência como parte de uma cultura e sociedade.

abordá-la enquanto um “sistema de ideias”, algo mais complexo que uma simples atividade que busca encontrar soluções para problemas concretos.

Mas para Kuhn a história e a filosofia das ciências são atividades distintas. É certo que essas duas atividades devem permanecer em constante diálogo, mas não devem se unir, não devem ser praticadas em conjunto, como se fossem uma única disciplina. Para Kuhn, tratar história e filosofia das ciências como atividades equivalentes seria algo muito prejudicial para as duas disciplinas.

Para o autor do *A estrutura das revoluções científicas*, a filosofia e a história da ciência divergem em muitos pontos, o ponto mais evidente dessa divergência seria os objetivos e o tipo de resultado que fornecem para o conhecimento humano:

O produto final da maior parte da investigação histórica é uma narrativa, uma história, sobre circunstâncias do passado. Em partes, é uma descrição do que ocorreu (os filósofos e os cientistas dizem muitas vezes que é uma mera descrição). No entanto o seu sucesso não depende somente da precisão, mas também da estrutura. A narrativa histórica deve tornar plausível e compreensível os acontecimentos que descreve. (KUHN, 1977, p. 31).

Neste sentido, Kuhn reflete sobre as diferenças na escrita de um trabalho de física e de um trabalho de história. Quando se começa a escrever uma comunicação em física, o trabalho investigativo e criativo já está feito; basta escrever descritivamente aquilo que já está realizado:

Quando se começa a escrever uma comunicação sobre física, a investigação já terminou. Tudo o que necessitamos está em geral nas nossas notas. As tarefas restantes são seleção, condensação e tradução [...]. Habitualmente, só esta última apresenta dificuldades e normalmente não são muito grandes. (1977, p. 35).

Não acontece o mesmo com a história. Para a história o ato de escrever é parte construtiva da pesquisa, uma vez que a formação da narrativa histórica exige mais que simplesmente reunir as notas “selecionadas e condensadas” (KUHN, 1977, p. 35). Para que uma pesquisa histórica seja finalizada sobre a forma de narrativa é necessário resolver uma série de questões que surgem apenas no processo de escrita, precisa-se, muitas vezes, voltar nas fontes e recomeçar o trabalho. Para Kuhn, “Enquanto a última página não estiver escrita o historiador não pode estar seguro de que não terá de recomeçar tudo de novo, talvez desde o princípio” (1977, p. 36).

Continuando com a argumentação, Kuhn alega que a ciência, particularmente a física e a história das ciências, tem a investigação como característica comum, no que seriam distintas da filosofia, onde a investigação não é mais importante que a crítica e a busca pela universalização dos conceitos. Na filosofia, segundo Kuhn, a crítica toma o

lugar da investigação. A filosofia se desenvolve e se transforma através da confrontação analítica, não há investigação de “fontes materiais originais” nem de dados recolhidos durante a pesquisa, como na história (KUHN, 1977, p 37). E essa é a principal diferença entre filosofia e história da ciência, motivo pelo qual as duas disciplinas não devem, em sua opinião, se misturar. Investigação e crítica, tomadas como principal elemento de uma atividade intelectual, produzem “disciplinas de espécies muito distintas” (KUHN, 1977, p. 37).

Kuhn faz uma referência a Koyré, dizendo que ele foi o primeiro historiador a fazer da história da ciência uma empresa histórica potencialmente completa. O “potencialmente” refere-se ao fato de que em sua visão o trabalho de Koyré ainda apresenta muitas limitações, por permanecer uma história “interna”, que não leva em consideração aspectos sociológicos.

Embora tenha alargado o tema próprio dos historiadores da ciência ao contexto completo das ideias, permanece história interna no sentido em que presta pouca ou nenhuma atenção ao contexto institucional ou socio-econômico em que as ciências se desenvolveram (KUHN, 1977, p. 192).

Em seu texto “Filosofia da História” [1946], Koyré reflete acerca da prática historiográfica como um todo, pensando principalmente a função da história das ciências: representar o passado de uma ciência no presente.

É evidente que a narrativa historiográfica não abarca todo o passado, existe no trabalho de qualquer historiador um recorte, que não é, conforme destaca Koyré, imposto pelos fatos, mas resultado da escolha do historiador. O historiador escolhe quais são “os fatos importantes” para sua narrativa a partir do presente.

Nesse sentido, Koyré alerta para a necessidade de não falsear as épocas passadas, atribuindo a elas “fatos importantes” que não tinham como serem importantes no período em questão: “[...] determinando assim os fatos importantes pela importância de seus efeitos futuros, falseia-se necessariamente a imagem da época que se está estudando” (KOYRÉ, 2010, p. 51).

Dizer que a fabricação de instrumentos é a principal característica da atividade científica na modernidade é anacrônico, porque considera como agente do nascimento da ciência moderna algo que só passaria a existir após a sua consolidação: os instrumentos de precisão. Abordar o passado de uma ciência interpretando-o como sendo a origem da ciência atual é anacrônico. A ciência não se desenvolve de forma linear, as teorias atuais não são versões melhoradas das teorias do passado.

Não se pode fazer da história das ciências um depósito de erros, celeiro de teorias velhas e ultrapassadas e, como tal, útil apenas para saciar curiosidades. As teorias científicas do passado não são versões imperfeitas das teorias atuais, são concepções de mundo próprias, que só podem ser compreendidas a partir de um contexto conceitual e filosófico. A narrativa histórica que descoloca uma ciência da sua conjuntura teórica é anacrônica e contribui pouco para a compreensão do pensamento de uma época.

Sendo o anacronismo um dos mais graves problemas em uma obra historiográfica, é digno de nota destacar que Koyré foi o primeiro historiador a se preocupar com a questão da delimitação temporal dos conceitos usados para a análise da história do pensamento científico. Pietro Redondi afirma em sua introdução ao *De la mystique à la science* [1987], que Koyré desejaria evitar o anacronismo¹⁷ presente na história das ciências, pois ambicionava abordar as teorias científicas a partir das particularidades de seu tempo, livrando-as dos preconceitos da ciência atual (REDONDI. In: KOYRÉ, 1986).

A prática koyreniana de exercer a atividade de historiador juntamente com questionamentos filosóficos contribui para a crítica ao anacronismo tão frequente na história das ciências. Um exemplo desse anacronismo é a imagem construída pela historiografia tradicional acerca da Idade Média. As concepções científicas do período medieval – se encaradas a partir de critérios e conceitos da ciência moderna – parecem absurdas, ingênuas e imperfeitas.¹⁸ O saber medieval é considerado inferior ao moderno, justamente por ser avaliado a partir dos critérios desse último.

Em Koyré, uma revolução separa a ciência da Idade Média e a ciência do mundo moderno, uma revolução encarada como ruptura intelectual e não apenas uma transformação técnica ou um aperfeiçoamento metodológico. O nascimento da ciência

¹⁷ Há na obra koyreniana um esforço para evitar a ideia de precursores: os nominalistas parisienses e o próprio Copérnico não devem ser considerados precursores de Galileu. Se a obra de Copérnico é analisada a partir de princípios e conceitos que só existiriam a partir de Galileu e da consolidação da física moderna, perde-se a originalidade dessa obra. Estudar Copérnico buscando encontrar a origem da física galilaica é renunciar à compreensão do pensamento copernicano e do que ele representou para a história da física. Esperar encontrar em Copérnico noções que só surgiram em Galileu é anacrônico, é preciso investigar Copérnico a partir de seu próprio contexto.

¹⁸ A concepção de que a ciência medieval é uma etapa inferior na constituição da ciência moderna está presente tanto na interpretação de Comte – que vê o nascimento da ciência moderna como uma revolução, o momento onde a física inaugura o estado positivo – quanto na interpretação de Pierre Duhem – em sua noção de continuidade a ciência da Baixa Idade Média corresponderia às bases da ciência moderna. Nas duas concepções há uma noção de aperfeiçoamento, de melhora. Não existe ruptura intelectual. Mesmo quando há uma noção de revolução como em Comte, trata-se de uma revolução técnica ou metodológica, não existe a noção de ruptura ontológica.

moderna marca um corte espiritual, isto é muito mais do que o mero surgimento de instrumentos precisos.

As revoluções científicas são rupturas no próprio pensamento. Uma mudança no pensamento provoca também uma mudança nos critérios de cientificidade, dessa forma não faz sentido olhar para a ciência medieval buscando encontrar uma ciência matemática e precisa. A matematização é característica da cientificidade moderna. Se não há cálculos precisos nem exatidão na ciência da Idade Média isso não deve ser encarado como incapacidade ou falha na produção do conhecimento científico. A ciência do mundo medieval não é precisa, pois a ideia de precisão não existe para esse mundo¹⁹.

Para Koyré, a história das ciências desempenha uma função mais importante do que narrar a vitória de métodos e conceitos corretos e precisos em detrimento de concepções livrescas, vagas e supersticiosas. De acordo com Koyré, o historiador das ciências tem a capacidade de tornar compreensível o processo de desenvolvimento do pensamento científico.

1.6 Relações entre Filosofia e Ciência

A relação entre filosofia e ciência é comum na cultura ocidental e remete ao tempo épico dos gregos. Não é possível negar que o pensamento filosófico tenha importância para o desenvolvimento da ciência: a filosofia estaria presente na construção de seus fundamentos, na definição de seus métodos e na própria constituição de seus objetivos.

Há, na interpretação tradicional, a divulgação da ideia de que a filosofia seria a mãe de todas as ciências, uma referência ao fato de que na Antiguidade, ciência e filosofia seriam uma mesma atividade e abarcariam o conjunto de todos os conhecimentos, teóricos ou práticos. De certa forma, essa ideia está presente até mesmo

¹⁹ A ideia de corte e ruptura não é defendida por Koyré como algo natural para a história das ciências. É uma construção, corresponde à maneira como ele propôs trabalhar o nascimento da ciência moderna, a partir de um questionamento básico: se a ciência moderna é caracterizada por seu aspecto experimental e exato, qual a definição para o conceito de experimentação? Ao buscar caracterizar esse conceito a partir daquilo que ele representa dentro da estrutura do pensamento científico moderno Koyré percebe a ruptura, o corte decisivo, entre esse pensamento e o medieval. Em seu texto “Filosofia da História” [1946] Koyré destaca: “[...] nenhum corte se impõe. Percebe-se muito claramente que se poderia cortar de outro modo” (2010, p. 51).

nos trabalhos de Comte, que defende a presença da filosofia no estágio metafísico do desenvolvimento científico (1830).

Nas primeiras décadas do século XIX, o positivismo e suas diversas vertentes construíram uma imagem da ciência na qual a filosofia perde progressivamente seu valor, ganhando um aspecto irrelevante²⁰ ou mesmo negativo²¹ para a ciência (SERRA, 2008). A historiografia das ciências que se torna tradicional no início do século XX considera significativa e positiva a influência que a ciência exerce na filosofia, como pode ser percebido em obras como as de Descartes e Kant (KOYRÉ, 1971, minha tradução), mas o contrário – a filosofia contribuindo efetivamente para o estabelecimento e desenvolvimento do conhecimento científico – não é considerado.

Conforme o abordado no tópico “1.1 O positivismo na história e filosofia das ciências”, o positivismo identifica conhecimento com observação e experiência de base sensorial; o importante para a ciência é a elaboração de leis, e essas leis só podem ser elaboradas a partir da observação. Para o positivismo não importa saber o porquê das coisas, nem como o homem consegue decifrar a natureza, não interessa nem mesmo saber se é realmente possível conhecer o mundo empírico para além de sua aparência e superfície. Não há, para a epistemologia positivista, nenhum questionamento a respeito da essência dessa verdade que é descoberta pela observação. Indagações como “Por que existe gravidade?” Ou “Como é possível conhecer?” são especulações puramente abstratas que em nada contribuem para a efetiva decifração e controle da natureza.

A concepção positivista de ciência reserva à filosofia um papel bem restrito: “o de síntese coordenadora das ciências já constituídas e o de resíduo de conhecimentos que ainda não lograram constituir uma ciência” (SARAIVA, 1981, p. 10). A concepção positivista de ciência não reserva nenhum espaço para a filosofia no interior de suas atividades. À filosofia estão reservadas apenas funções “anteriores” ou “posteriores” à constituição das ciências que, por sua vez, teriam problemas, métodos e objetivos completamente distintos do filosófico.

Em seu artigo “De l’influence des conceptions philosophiques sur l’évolution des théories scientifiques”, Koyré demonstra, contrariando a posição descrita acima, como a filosofia se faz presente na constituição de qualquer teoria científica, em

²⁰ Admite-se que as concepções filosóficas tenham importância nos primórdios da constituição das teorias científicas, mas estas concepções perdem seu significado assim que a ciência adquire seu caráter positivo.

²¹ O excesso de especulação e abstração presente no pensamento filosófico prejudicaria o alcance da precisão no conhecimento científico, tendo portando que ser abandonado assim que a ciência esteja plenamente constituída.

qualquer momento de seu curso. Esse texto foi publicado originalmente em 1955 e nele Koyré faz referência a Edwin Arthur Burt que, em sua célebre obra *Metaphysical Foundations of Modern Physical Science* [1924], discorre sobre a influência positiva da filosofia no desenvolvimento da ciência. Para este filósofo e historiador americano, a filosofia seria um suporte indispensável para a constituição das teorias científicas, mas apenas em seus estágios iniciais, tornando-se descartáveis após a efetivação da descoberta e o estabelecimento da lei, que é o que realmente importa. Para Burt, a filosofia seria como um conjunto de andaimes, necessários durante a constituição da ciência, mas totalmente desnecessárias após sua efetivação. Quanto a essa questão, Koyré escreve:

Admitamos, pois, com o senhor Burt, que as considerações filosóficas são apenas andaimes... Ora, como raramente vemos a construção de casas sem eles, a comparação de Burt poderia levar a uma conclusão diametralmente oposta à sua, a saber, a da necessidade absoluta desses andaimes que sustentam a construção e a tornam possível.

O pensamento científico pode, sem dúvida, os rejeitar *post factum*. Mas talvez apenas para substituí-los por outros. Ou, ainda, para deixá-los fluir no esquecimento, na inconsciência das coisas nas quais não se pensa mais – como as regras gramaticais que esquecemos na medida em que aprendemos uma língua, e que desaparecem da consciência no próprio momento em que mais a dominam (1971, pp. 255-256, minha tradução).

Encarar a filosofia como simples apêndice desnecessário à ciência não é algo raro; essa concepção é bastante comum para a historiografia clássica, onde é possível encontrar diversos autores que consideram que após a constituição de uma ciência a filosofia deixa de exercer qualquer papel no interior deste conhecimento:

A filosofia deu origem a todas as ciências e alimentou-as até à sua emancipação natural. Ela é apenas um resíduo. É a parte do conhecimento humano que não alcançou ainda os caracteres e o valor da ciência. Pelo seu próprio progresso, a filosofia virá um dia a resolver-se na ciência (GOBLOT, *apud* SARAIVA, 1981, p. 11).

A compreensão da filosofia como “um resíduo” se relaciona com a concepção positivista de progresso e desenvolvimento: durante o estado metafísico os problemas filosóficos passariam a ser tratados cada vez mais de forma científica – positiva – até que a filosofia se tornasse obsoleta, algo desnecessário. Dessa forma o pensamento filosófico é encarado como incompleto, como algo que ainda não alcançou o nível de precisão adequado. A mesma imagem de imperfeição é aplicada às ciências do passado, de modo que a atualidade científica é vista como destino e a história das ciências a descrição do conjunto de obstáculos que foi necessário vencer até o estabelecimento da verdade.

A base para a compreensão da interpretação positivista da história das ciências se encontra na lei dos três estados, onde toda a evolução da humanidade está resumida: a sociedade, cada indivíduo, o próprio intelecto humano, tudo passaria por fases muito bem determinadas de evolução. A filosofia tem sua função na evolução das ciências, mas apenas antes de sua consolidação, ou depois, exercendo a tarefa de síntese explicativa, que para o positivismo é algo de menor importância, uma vez que não apresenta nenhuma função prática para a elaboração de leis e para o efetivo controle da natureza.

Dessa forma, a filosofia torna-se um utensílio da ciência, uma espécie de saber auxiliar, sem existência independente. O que é a filosofia a partir do século XIX? Sempre um acessório da ciência, e como tal ocupa papel secundário em relação a ela (SERRA, 2008). Em Comte, ela é a síntese organizadora e também o elemento formador descartado assim que a constituição da ciência é efetivada.

A compreensão koyreniana de ciência, elaborada no interior da noção segundo a qual teologia, filosofia e ciência formariam uma unidade de pensamento, não concebe a constituição de uma ciência sem filosofia e sem uma série de ideias “transcientíficas” (KOYRÉ, 1986, p. 127, minha tradução).

Em sua obra mais conhecida, *Estudos Galilaicos*, Koyré estuda as condições que tornaram possível a ciência moderna e a posterior transformação dos princípios que sustentavam a ciência antiga e medieval e a estrutura científica e filosófica da nova concepção de mundo, além de apontamentos sobre o estatuto da experiência no desenvolvimento da nova ciência. Nessa obra, Koyré historiciza o processo de matematização da natureza e de transformação dos fundamentos da ciência, um processo que, para ele, deve ser definido como uma revolução intelectual, uma vez que representam uma ruptura definitiva com uma série de princípios não apenas científicos, mas filosóficos e metafísicos.

Em *Estudos Galilaicos*, Koyré demonstra porque se define como filósofo historiador. Neste livro ele aplica sua filosofia das ciências elaborando uma narrativa onde é possível perceber as etapas técnicas do nascimento da ciência moderna e também o ordenamento cronológico das sucessivas descobertas e avanços de cada um dos grandes nomes que constroem essa ciência: Copérnico, Galileu, Descartes e Newton, mas o que torna a obra característica do pensamento koyreniano é suas análises das querelas filosóficas que precisaram ser resolvidas antes que o pensamento moderno, tal qual é conhecido, fosse estabelecido.

Em *Estudos Galilaicos*, Koyré defende que o *Diálogo* de Galileu não é exclusivamente um livro de ciência, mas também, e talvez essencialmente, um livro de filosofia, uma vez que a constituição da nova física só foi possível a partir da solução de um problema filosófico, a saber: a definição do papel desempenhado pelas matemáticas na ciência da natureza (KOYRÉ, 1992b).

O entrelaçamento entre ciência e filosofia é demonstrado na escrita de Koyré quando ele trata da questão do fundador da ciência moderna. Ele diz que Francis Bacon não poderia ser considerado fundador da ciência moderna, uma vez que nunca conseguiu desenvolver a ciência prática e útil que sempre defendeu. Mas Bacon seria, segundo Koyré, o arauto, o anunciador dessa nova ciência que nasceria na modernidade, uma vez que, conforme o apresentado no *Considerações sobre Descartes*, Bacon conferiu sucesso literário ao problema do ceticismo na ciência, problema existente desde o Renascimento (KOYRÉ, 1992a).

O Renascimento é apresentado por Koyré como um período essencialmente perturbado, período de transformações intensas nas artes e nas letras:

Alargamento sem igual da imagem histórica, geográfica, científica do homem e do mundo. Fervilhamento confuso e fecundo de idéias novas e idéias renovadas [...].

Mas também crítica, abalo e enfim dissolução e mesmo destruição e morte progressiva das antigas crenças, das antigas concepções, das antigas verdades tradicionais que davam ao homem a certeza do saber e a segurança da acção. [...].

Um amontoado de riquezas e um amontoado de escombros: tal é o resultado dessa actividade fecunda e confusa, que tudo demoliu e nada soube construir, ou pelo menos, acabar. Por isso, privado das suas normas tradicionais de juízo e de escolha, o homem sente-se perdido num mundo que se tornou incerto. Mundo onde nada é seguro. E onde tudo é possível (KOYRÉ, 1992a, p. 19).

Para Koyré, o Renascimento tem como principal característica a dúvida e o ceticismo frente ao conhecimento. Em *Considerações sobre Descartes* [1937], Koyré cita especificamente três contemporâneos do Renascimento que, em sua concepção, ilustram o ceticismo e a dúvida perante a validade do conhecimento, que segundo ele seriam características do século XVI. Os três nomes mencionados são: Agrippa, Sanchez e Montaigne:

Desde 1530, depois de ter passado em revista todos os domínios do ser humano, Agrippa proclama a *incerteza e a vanidade das ciências*. Cinquenta anos mais tarde, depois de ter submetido a exame crítico a humana faculdade de conhecer, Sanchez reitera, e mesmo agrava, o julgamento: *Não se sabe nada. Nada se pode conhecer. Nem o mundo, nem nós próprios*. Enfim, Montaigne acaba e faz o balanço: o homem nada sabe, porque o homem não é nada (KOYRÉ, 1992a, p. 20).

Em meio ao ceticismo próprio do período renascentista²² surge Francis Bacon que, conforme aponta Koyré, pelo próprio título de uma de suas obras – *A dignidade e o progresso das ciências* – revela que encara o conhecimento científico de maneira positiva, depositando nele sua confiança no progresso da humanidade. A crença de Bacon no progresso das ciências – impulsionando melhorias na vida prática – faz com que a historiografia tradicional o considere como uma espécie de anunciador do mundo e do pensamento moderno.

A filosofia das ciências elaborada por Comte buscava uma caracterização das ciências que fosse universal e teleológica. O pensamento de Comte vai além de simplesmente refletir criticamente sobre a ciência, elaborando todo um projeto social no qual a ciência estava envolvida, desenvolvendo uma concepção clara e bem fundamentada do que seja a atividade científica, estabelecendo critérios e conceitos a partir dos quais a ciência será avaliada. Conforme foi abordado mais acima, a corrente do pensamento francês denominada de convencionalismo se constitui tendo como principal característica a crítica e a inversão de conceitos e noções estabelecidas por Comte.

Entre as muitas noções do positivismo comteano que se tornaram tradicionais, abordo aqui a prática historiográfica das ciências sendo desenvolvida fora da filosofia. Alexandre Koyré é um historiador-filósofo e sua concepção de história das ciências não permite que o estudo do passado de uma ciência seja feito fora dos questionamentos filosóficos; este posicionamento faz que a história koyreniana seja fortemente oposta à historiografia tradicional.

Partindo dos trabalhos de Alexandre Koyré e de Auguste Comte, é possível perceber duas maneiras distintas de trabalhar com a história das ciências, cada uma delas tem seu próprio aparato conceitual e seus objetivos.

Na obra *Cours de Philosophie Positive* – resultado de todos os trabalhos de Comte desde sua saída da escola politécnica em 1816 – ele afirma, já nas páginas iniciais, que empregará o termo “filosofia” como o faziam os antigos, principalmente Aristóteles:

Me limitarei então, neste aviso, a declarar que eu emprego a palavra filosofia na aceção que lhe deram os antigos, especificamente Aristóteles, como designando o sistema geral das concepções humanas; e, acrescentando-lhe a

²² O Renascimento para Koyré é um período de intensa produtividade artística; no âmbito da ciência, a principal contribuição do período seria a desconstrução e refutação das noções e princípios aristotélicos. O rompimento com o aristotelismo escolástico faz com que a Europa vivencie um período de forte ceticismo na filosofia.

palavra positiva, eu anuncio que considero essa maneira especial de filosofar que consiste em considerar as teorias a partir de um ordenamento das ideias, tendo por objetivo o ordenamento dos fatos observados, que constitui o terceiro e último estado da filosofia geral (1830. p. VIII, minha tradução).

A partir da citação torna-se claro que para Comte a filosofia exerce um papel de ordenamento dos dados necessários à formação da ciência. Estando limitada aos estados iniciais da pesquisa científica, a filosofia se mantém à parte e sem nenhum tipo de influência perante a ciência positiva.

As ciências, para Comte, podem ser expostas de duas maneiras: a primeira forma de exposição segue o desenvolvimento histórico e a segunda é elaborada a partir do que ele denomina de desenvolvimento dogmático. Estas duas formas de exposição resumiriam a maneira como a ciência é representada. Segundo Comte, a ciência explicada a partir de seus aspectos históricos, ou de seu progresso em ordem cronológica – marcha histórica – : “[...] expõe sucessivamente o conhecimento na mesma ordem efetiva na qual o espírito humano realmente os obteve [...]” (1830. p.77, minha tradução).

Em oposição a essa forma de representação da ciência, Comte apresenta a marcha dogmática. Esta: “[...] Apresenta o sistema de ideias tal como ele poderia ser conhecido atualmente por um só espírito, que, se posicionado na perspectiva correta, se ocuparia de refazer toda a ciência em seu conjunto” (1830. p.77, minha tradução).

Para Comte, o modo de representação a partir da marcha dogmática é o melhor para a ciência positiva, pois permite representar as descobertas anteriores de uma maneira mais direta, sem a necessidade de estudar cada etapa e cada obra no processo de constituição da ciência.

Segundo Comte, o modo dogmático de representar o desenvolvimento científico tem um único defeito, uma única imperfeição: ele não permite conhecer o processo de formação dos diversos conhecimentos humanos, uma vez que apenas apresenta os resultados e a ciência atual. Mas, para Comte, entender o “por quê” das afirmações da ciência não tem importância, o que importa são as verdades e as leis estabelecidas.

A única imperfeição fundamental que poderíamos atribuir ao modo dogmático é o de ignorar a maneira como são formados os diversos conhecimentos humanos, algo que, embora distinto da aquisição do conhecimento em si, apresenta grande interesse para todo espírito filosófico. Essa consideração teria, a meu ver, bastante peso se houvesse realmente algo a favor da ordem histórica. Mas é fácil ver que existe somente uma relação aparente entre estudar uma ciência seguindo o modo dito histórico e conhecer verdadeiramente a história dessa ciência. (COMTE, 1830, p. 80, minha tradução).

Ao refletir acerca da atualidade do pensamento científico em sua época, Comte ressalta a necessidade de ordenamento e síntese, uma vez que tornou-se impossível ler todas as obras científicas originais, dado o número e a velocidade das descobertas científicas. A necessidade da ordem dogmática, que permitiria a exposição da ciência em seu conjunto representa outro papel que a filosofia desempenharia para o conhecimento científico. Dessa forma a filosofia exerce função de auxiliar na compreensão dos resultados da ciência, mas não faz parte de sua constituição. Para a historiografia que segue essa matriz de pensamento, a ciência influencia a filosofia, fornecendo elementos para sua função de síntese e ordenamento. Mas a influência da filosofia na ciência não existe.

Em Comte, os fenômenos astronômicos têm grande importância para a filosofia natural, uma vez que são esses os fenômenos mais gerais e significativos da natureza. A lei da gravitação, por exemplo, apresenta grande valor no estudo da ciência, pois afeta todos os outros fenômenos da física – sendo, portanto geral – mas não é afetada por nenhum outro, permanecendo assim, uma lei imutável.

Os fenômenos astronômicos sendo os mais gerais, os mais simples, os mais abstratos de todos, é obviamente a partir de seus estudos que a filosofia natural deve começar, uma vez que as leis são relacionadas e afetam as de todos os outros fenômenos, dos quais eles mesmos são, ao contrário, essencialmente independentes. Em todos os fenômenos da física terrestre, nós observamos de início os efeitos gerais da gravitação universal, depois alguns outros efeitos que lhe são próprios, e que modificam os primeiros. (COMTE, 1830. p. 91, minha tradução).

Antero de Quental, filósofo e poeta português, no final do século XIX, escreveu e mostrou-se próximo ao positivismo de Comte em alguns aspectos muito específicos²³, como, por exemplo, quando estabelece a observação, a experiência e a indução como as bases do conhecimento científico.

Em sua obra *Tendências gerais da filosofia na segunda metade do século XIX*, originalmente publicada em 1890, Quental estabelece a ligação entre filosofia e ciência a partir do exemplo da formação da ciência moderna, chegando a estabelecer o trabalho de Nicolau de Cusa como precursor do trabalho de Copérnico.

²³ Antero de Quental não foi um filósofo positivista, como defensor da metafísica ele criticou o Positivismo, apontando seus erros e lacunas enquanto corrente filosófica. No entanto Quental se mostra bastante influenciado pelo positivismo científico, aceitando e aplicando as ideias dessa corrente filosófica unicamente na análise das ciências naturais (BRITO, 1997). A presença de elementos do Positivismo de Comte na obra de um escritor português do século XIX demonstra a força e influência do pensamento Comteano não apenas na França, motivo pelo qual denomino a historiografia de matriz positivista como historiografia tradicional.

De facto a filosofia e a ciência dos modernos têm caminhado sempre de mãos dadas, apoiando-se, inspirando-se e corrigindo-se mutuamente: cada passo para diante no terreno da especulação provoca logo no campo das ciências uma remodelação das suas teorias gerais [...] (QUENTAL, 1991, p. 61).

Em Quental, a ciência se relaciona com a filosofia dentro de um espaço bem determinado, a filosofia, para ele, não é parte essencial e constituinte da própria atividade científica. Para Quental a filosofia é, de maneira muito semelhante ao estabelecido por Comte, um elemento necessário à constituição da ciência em seus primórdios, ou, conforme o apresentado na citação, em períodos de remodelação das teorias científicas gerais. Em sua visão a filosofia nunca pode tomar o lugar da experiência concreta, verdadeira responsável pela aplicação das teorias científicas ao mundo dos fenômenos²⁴.

Seguindo seu raciocínio ele ainda nos alerta para o perigo do excesso de abstração para a ciência de sua época, que desde o advento da teoria da evolução das espécies estaria se deixando invadir pela “filosofia transcendental”, que invade os domínios da ciência pretendendo impor suas “construções dialéticas” às conclusões antes alcançadas pela observação e experiências (QUENTAL, 1991, p.70).

Para Quental a ciência moderna estabelece suas leis a partir da observação e da experiência e a consolidação desse método foi uma tarefa árdua, realizada “[...] com um labor de três séculos, pedra a pedra, pela paciente observação e pela indução cautelosa” (QUENTAL, 1991, p. 69), algo que não pode ser colocado em xeque pelos excessos de especulações da filosofia:

A ciência é irmã da filosofia, não sua serva. O terreno da especulação está limitado aos primeiros princípios das coisas e à análise das ideias fundamentais: o grande e variado mundo dos factos pertence inteiro à observação, à experiência e à indução (QUENTAL, 1991, p. 69).

A observação, a experiência e a indução forneceriam a oportunidade de acesso ao mundo dos fatos. A especulação teria grande importância para a formação de hipóteses, que seria efetivamente o ponto de ligação entre a ciência e a filosofia, o momento em que a atividade científica abandona seu método prático e se deixa influenciar por especulações. Mas hipóteses precisam ser confirmadas e verificadas para que adquiram o *status* de verdade científica, essa confirmação torna-se possível, na escrita de Quental, através da verificação.

²⁴ Para Quental apenas a observação e a experiência tornam possíveis aplicar as teorias científicas à natureza, tornando-as realidade e não apenas hipóteses.

A hipótese, que, geradora da teoria, fecunda a ciência, é por certo filha legítima da especulação: mas a hipótese não se impõe à ciência, alumia-a; nem, em todo caso, se lhe substitui. É necessário que a observação, governada pelos métodos especiais de cada ciência, confirme a hipótese, para que ela tenha então foros de verdade científica. A hipótese é pois simplesmente o ponto de contacto e de intersecção da filosofia com a ciência. É por meio dela que as ideias metafísicas de uma época, as suas noções fundamentais, penetram nas ciências, afeiçoam as suas teorias morais e lhes fornecem pontos de vista para o seu ulterior desenvolvimento (QUENTAL, 1991, p. 69).

Dessa forma, Quental estabelece a divisão de papéis entre a ciência e a filosofia, demonstrando que as duas atividades exercem funções distintas, e que embora estejam juntas em algumas etapas da constituição do pensamento científico, no resultado final, nas descobertas e leis da ciência, na constituição efetiva do pensamento científico, ciência e filosofia desempenham funções completamente distintas.

À ciência, a missão de desenhar com os traços firmes das leis positivas, o quadro do universo na sua variedade e complexidade fenomenal, à filosofia, a missão de interpretar superiormente a significação desse quadro [...] (QUENTAL, 1991, pp. 69-70).

Este primeiro capítulo apresentou o esforço de compreender a obra koyreniana em seu contexto historiográfico. O destaque dado à relação entre Alexandre Koyré e o positivismo – tanto a corrente filosófica ligada a Comte, quanto a todo um princípio de compreensão da atividade científica que valoriza a experiência empírica e o concreto – é justificado pelo interesse em discutir a oposição feita por Koyré a uma historiografia que havia se tornado tradicional na década de 1930 e que se fazia presente em inúmeros trabalhos de história das ciências ao longo das décadas seguintes.

Buscando abranger uma reflexão acerca do significado das contestações e inovações da historiografia de Koyré para a história enquanto ciência e para a história das ciências de maneira específica, apresento no segundo capítulo uma discussão acerca do conceito de “revolução intelectual” elaborado por Koyré ao longo de vários trabalhos onde ele aborda os nomes considerados responsáveis pelo nascimento da ciência moderna: Copérnico, Galileu e Newton. Para a compreensão do real significado do conceito de revolução intelectual, confiro grande destaque ao conceito de experimentação, uma vez que o epíteto de ciência experimental é unanimemente usado na definição da ciência moderna.

Capítulo II

O conceito de Ciência Experimental: pensamento matemático e instrumentos de precisão

Conforme abordado no primeiro capítulo, um dos pontos que mais se destacam na obra de Koyré é seu empenho na inversão de diversos princípios interpretativos de origem positivista, fortemente presentes na historiografia das ciências, principalmente nas interpretações acerca da revolução científica do século XVII. No interior deste contexto, levanto a questão da experimentação, que é apontada por Koyré como característica fundamental da ciência moderna. O ponto a ser pensado é que essa mesma característica é destacada por filósofos e historiadores positivistas.

Apesar da historiografia de matriz positivista destacar, assim como Koyré, a experimentação como a marca fundamental da ciência moderna, trata-se de duas interpretações opostas acerca do nascimento dessa ciência. Koyré apresenta uma definição conceitual específica para “experimentação”, distinguindo este conceito do conceito de experiência. Esta distinção conceitual é fundamental para a compreensão da interpretação koyreniana acerca do nascimento da ciência moderna.

Koyré irá desvincular o conceito de “experimentação” da noção de “experiência”, estando aí o cerne da novidade de sua argumentação. Em sua escrita, a experimentação científica aplica aos fenômenos naturais critérios prévia e teoricamente elaborados. A experimentação está contida na própria elaboração teórica, nos cálculos, e não na observação empírica ou em inovações técnicas. A simples experiência, esta sim, estaria ligada ao mundo físico e aos fenômenos naturais, a experiência é uma atividade que leva em consideração questões empíricas e práticas, mas a experimentação científica não está relacionada com esta atividade.

O objetivo do capítulo é traçar a trajetória do conceito de experimentação nas obras de Alexandre Koyré, buscando abranger os meios através dos quais ele construirá sua interpretação do nascimento da ciência moderna. Destarte, trata-se da delimitação das atribuições conferidos por Koyré à experimentação nas obras de Copérnico, Galileu e Newton, obras importantes por representarem cortes na história do pensamento científico e permitirem a exposição das diferentes transformações no pensamento que deram origem à ciência moderna, tal como a compreende Koyré.

O conceito de corte e ruptura vem em contraposição à ideia de desenvolvimento linear do conhecimento científico. A trajetória das diferentes ciências narradas por

Koyré envolvem rupturas e cortes radicais na estrutura do pensamento. Considerando especificamente o nascimento da ciência moderna – origem do método experimental – tido como uma revolução por Koyré, a ruptura intelectual não pode ser creditada a um desenvolvimento da técnica, mas a uma transformação essencialmente teórica. Para Koyré uma revolução teórica marca o nascimento de uma ciência experimental, ciência que resultará na produção de instrumentos exatos e precisos, tendo por base a matemática abstrata.

2.1 A revolução Intelectual de Alexandre Koyré

Em *L'engagement rationaliste*, Gaston Bachelard reflete sobre a maneira como a história das ciências é concebida e trabalhada. O conceito de revolução aplicado à atividade científica cria uma maneira bastante peculiar de narrar o passado de uma ciência, uma vez que a ciência contemporânea, a partir de suas descobertas revolucionárias elimina o passado dessa mesma ciência (BACHELARD, 1972). As transformações profundas na estrutura do saber modificam a maneira como o conhecimento é pensado, criando assim novos critérios de cientificidade e de validação de um conhecimento.

Ao tratar das transformações nas formas de pensar a história em sua época, Michel Foucault, em *A Arqueologia do Saber*, afirma a existência de duas concepções de história que resultariam em dois modelos de narrativa. O primeiro modelo corresponde à história em si, “história pura e simplesmente,” que prefere longos períodos e elege a continuidade como padrão de representação da história (FOUCAULT, 2009, p. 9).

Há dezenas de anos que a atenção dos historiadores se voltou, de preferência para longos períodos, como se, sob as peripécias políticas e seus episódios, eles se dispusessem a revelar os equilíbrios estáveis e difíceis de serem rompidos, os processos irreversíveis, as regulações constantes, os fenômenos tendenciais que culminam e se invertem após continuidades seculares, os movimentos de acumulação e as saturações lentas, as grandes bases imóveis e mudas que o emaranhado das narrativas tradicionais recobriam com toda a sua densa camada de acontecimentos (FOUCAULT, 2009, p.3).

Para realizar esse tipo de historiografia que preza pelo que é duradouro no devir humano, os historiadores, segundo Foucault, criaram ou receberam de outras disciplinas, uma série de instrumentos e categorias de análise que valorizam a longa duração: “modelos de crescimento econômico”, “perfis dos desenvolvimentos e das

regressões demográficas” “estudo do clima e de suas oscilações” (FOUCAULT, 2009, p. 3).

O segundo modelo é o adotado pela história dos saberes e tem sua narrativa focada na ruptura. Trata-se de uma história que busca compreender o recorte, a diferença, a transformação e os limites dentro de uma ciência, uma obra literária, uma estrutura do discurso.

Sob as grandes continuidades do pensamento, sob as manifestações maciças e homogêneas de um espírito ou de uma mentalidade coletiva, sob o devir obstinado de uma ciência que luta apaixonadamente por existir e por se aperfeiçoar desde seu começo, sob a persistência de um gênero, de uma forma, de uma disciplina, de uma atividade teórica, procura-se agora detectar as incidências das interrupções, cuja posição e natureza são, aliás, bastante diversas (FOUCAULT, 2009, p. 4).

Foucault estabelece que há na história, de maneira geral, uma necessidade de preservar as estruturas fixas, enquanto a história que tem como objeto específico os saberes e o pensamento busca entender os momentos em que a continuidade é quebrada. Foucault analisa qual concepção do tempo estaria relacionada com este modelo que pensa a história a partir da valorização da continuidade e, quais as decorrências dessa concepção do tempo para a história do pensamento.

No interior desta concepção, os conhecimentos evoluem por processos e as revoluções são tomadas de consciência, uma vez que a historiografia se constrói sempre como uma busca pelas origens, uma tentativa de reconstruir tradições. Em uma história pensada sempre como teleologia, uma transformação brusca não pode ser uma ruptura, uma vez que todo o devir humano forma uma totalidade.

Fazer da análise histórica o discurso do contínuo e fazer da consciência humana o sujeito originário de todo o devir e de toda a prática são as duas faces de um mesmo sistema de pensamento. O tempo é aí concebido em termos de totalização, onde as revoluções jamais passam de tomadas de consciência. (FOUCAULT, 2009, p. 14).

Em sua maneira de pensar historicamente o conhecimento científico, Koyré é considerado o principal responsável pelo desenvolvimento do conceito de revolução científica – pensada como ruptura, corte intelectual – oferecendo uma perspectiva diferenciada para pensar teoricamente a ciência e a técnica, uma vez que as transformações científicas seriam mudanças na própria estrutura do pensamento, e não apenas transformações práticas.

Koyré teria ressignificado o conceito de “revolução científica”. A partir de então, tal conceito estaria vinculado não apenas a uma transformação nas estruturas do pensamento (científico e filosófico) dos homens dos séculos

XVI e XVII, mas também, vinculado a uma nova forma de entender o desenvolvimento científico: por rupturas e não pela acumulação linear dos fatos científicos (SILVA, 2010, p. 25).

Koyré reconhece a complexidade dos fenômenos históricos e o risco de artificialidade sempre que se opta por uma periodização muito definida. Porém, os conceitos de revolução científica e de ruptura no pensamento representam papel de destaque em seus trabalhos historiográficos, de modo que, ao relacionar a ciência moderna com a ciência medieval, Koyré elimina qualquer vestígio de continuidade.

Mas vale ressaltar que a oposição que ele estabelece entre a ciência moderna e a ciência do mundo medieval não está vinculada ao estabelecimento de critérios de cientificidade superiores ou inferiores. Como na concepção koyreniana a ciência não apresenta desenvolvimento linear, a ciência do século XVII não representa necessariamente um progresso em relação à ciência medieval.

Para Koyré, a oposição entre a ciência medieval e a ciência moderna baseia-se na oposição entre dois mundos: o mundo do mais ou menos e o universo da precisão. Nesse sentido, a revolução científica do século XVII constituiria um corte em relação à ciência medieval, representaria o fim de uma ciência qualitativa e aproximativa e o nascimento de uma ciência precisa e exata. Essa revolução foi preparada por um “longo esforço de pensamento” (KOYRÉ, 1973, p. 196, minha tradução) que em nada se relaciona com a observação direta, nem com inovações técnicas. Os instrumentos que transformariam a ciência seriam produzidos a partir dos novos conceitos para a interpretação do mundo e da linguagem matemática.

Em artigo denominado “De l’influence des conceptions philosophiques sur l’évolution des théories scientifiques”, publicado primeiramente em 1954, Koyré afirma: “[...] as grandes revoluções científicas foram sempre determinadas por transformações ou mudanças de concepções filosóficas” (1971, p. 256, minha tradução). Esta afirmação é importante, pois revela que o argumento segundo o qual “a revolução científica do século XVII foi uma revolução teórica”, desenvolvido por Koyré na década de 1930, acaba se estendendo e sendo aplicado para todas as transformações profundas na ciência. No mesmo artigo, ele escreve:

Não há dúvida que uma meditação filosófica é que inspirou a obra de Einstein [...]. Está claríssimo que sua negação decidida, e até mesmo apaixonada, do espaço absoluto, do tempo absoluto, do movimento absoluto [...] está fundamentada num princípio metafísico (KOYRÉ, 1991, p. 213).

A noção de ruptura aplicada à ciência pode ser apontada como uma grande inovação trazida para a historiografia das ciências por Koyré. Mas o que é fundamental

destacar não é o seu uso do conceito de revolução em si, mas sua concepção de revolução teórica, principalmente no que se refere à aplicação desse conceito à revolução científica do século XVII. Percebe-se em Koyré um desejo consciente de mostrar, através de sua prática historiográfica, que o nascimento da ciência moderna se deu a partir de transformações teóricas nas quais a filosofia desempenhou um papel fundamental.

Quando os historiadores da ciência moderna tentam definir sua essência e sua estrutura, eles insistem, frequentemente, em seu caráter empírico e concreto, em oposição ao caráter abstrato e livresco da ciência clássica e medieval. A observação e a experiência conduzindo uma vitória ofensiva contra a tradição e a autoridade: tal é a imagem, ela também tradicional, que nos é habitualmente oferecida, da revolução intelectual do século XVII, da qual a ciência moderna é, ao mesmo tempo, a raiz e o fruto (KOYRÉ, 1973, p. 289, minha tradução).

Na citação acima, retirada do artigo “Une expérience de mesure” [1953], Koyré afirma que a revolução científica do século XVII é tradicionalmente retratada como uma transformação guiada pela observação e pela experiência e também pelo abandono de abstrações metafísicas em favor da prática. Esse tipo de interpretação será combatida em suas obras, uma vez que ele defende que “A experimentação é um processo teleológico cujo destino é determinado pela teoria” (KOYRÉ, 1973, p. 290, minha tradução). Além do que, para Koyré a ciência que nasceria no século XVII, teria como característica a experimentação, e esta atividade, na concepção de Koyré, nada tem a ver com experiência.

A definição de experimentação como um processo que teria seu fim previamente determinado pela teoria foi feita por Koyré em um artigo de 1953, intitulado “Une expérience de mesure”, onde ele argumenta contra o valor da experiência para a ciência e nega o aspecto empírico e prático das inovações alcançadas por Galileu. Para Koyré, experiência e experimentação são conceitos distintos, esta distinção já aparece de maneira clara e ordenada em 1935, quando publica *A l'Aurore de la Science moderne : la jeunesse de Galilée*:

[...] a experiência, no sentido de experiência bruta, de observação do senso comum, não exerceu qualquer papel, a não ser o de obstáculo, no nascimento da ciência moderna; e a física dos nominalistas parisienses – e mesmo a de Aristóteles – estava frequentemente, bem mais próxima dela do que a de Galileu. Quanto à experimentação – interrogação metódica da natureza – ela pressupõe uma linguagem na qual faz suas perguntas, e um vocabulário que permita interpretar suas respostas (KOYRÉ, 1935, p. 542, minha tradução).

O conceito de experiência está relacionado à observação dos fenômenos, é uma atividade prática e empírica e, como tal, é conceito aplicável à física aristotélica, não tendo nenhum papel na física de Galileu e na ciência moderna. O conceito de experimentação que, conforme o trecho acima se refere “a uma interrogação metódica da natureza,” carrega em si a noção de que há a necessidade de uma teoria previamente elaborada para que o experimento científico se concretize.

A experimentação científica interroga a natureza – investiga o mundo físico encontrando explicações para seus diversos fenômenos, mas para isso necessita de um vocabulário que permita interpretar essas respostas, ou seja, exige a existência de uma linguagem que possibilite o estudo científico. A linguagem que possibilita o nascimento da ciência experimental no século XVII é a matemática. Antes do desenvolvimento dessa linguagem, antes do desenvolvimento de uma teoria que permitisse que a matemática fosse aplicada ao mundo físico a experimentação seria impossível.

É neste sentido que o fim da experimentação é determinado pela teoria, a experimentação é um processo científico que se desenvolve no interior da própria teoria. O que determina os limites e as possibilidades de uma experimentação científica é a teoria a qual ela está vinculada, a natureza e o concreto não produzem e não têm relevância para a realização da experimentação. É neste sentido que a ciência matemática de Galileu irá transformar a realidade física, fazendo com que a matemática tenha aplicação na natureza²⁵.

Em Koyré o conceito de experiência apresenta aspecto completamente distinto do que é definido como experimentação. A experiência se relaciona com conhecer a realidade empírica através de observações diretas. É uma atividade concreta, limitada aos sentidos, ao olhar. A experiência é capaz de avaliar o que se mostra visível e palpável.

É através da distinção entre os conceitos de *experiência* e *experimentação* que Koyré definirá sua maneira de compreender a ciência moderna, uma vez que para ele a experimentação nasceria apenas no século XVII, sendo característica da atividade científica a partir de então.

Para Koyré a revolução científica do século XVII, bem como qualquer outra revolução na ciência, nasce a partir de uma transformação teórica, não podendo ser o

²⁵ O papel de Galileu no nascimento da ciência experimental é o tema desenvolvido no tópico 2.2.1 “Galileu e os instrumentos da ciência experimental”.

resultado de transformações práticas e técnicas. No caso específico do nascimento da ciência experimental, foi a aplicação da matemática à natureza – algo possibilitado por uma transformação filosófica na maneira como pensamos o mundo físico e o conhecimento – isso permitiria que instrumentos precisos e exatos fossem elaborados. Para a interpretação koyreniana não faz sentido pensar no contrário, de que os instrumentos técnicos impulsionando transformações na ciência.

A introdução e a tradução para o francês feitas por Koyré do primeiro livro do *De Revolutionibus Orbium Coelestium*, de Copérnico, é considerada um marco para a obra koyreniana. A publicação de seu estudo sobre Copérnico é importante para a trajetória intelectual de Koyré, uma vez que este trabalho é considerado sua primeira atuação como historiador das ciências.

O pequeno texto introdutório, publicado em 1933, apresenta de maneira explícita a ideia de corte e ruptura intelectual, ambos conceitos importantes para analisar a interpretação de Koyré acerca do nascimento da ciência moderna.

Koyré afirma que o corte efetuado pela obra copernicana não marcaria apenas o fim da Idade Média, mas o fim de um período muito maior, um período que abarca toda a Idade Média e a Antiguidade. Nas palavras de Koyré:

O corte efetuado por Copérnico não marca apenas o fim da Idade Média. Ele marca o fim de um período que abarca de uma só vez a Idade Média e a Antiguidade. Desde Copérnico, e somente a partir de Copérnico, o homem não está mais no centro do mundo. O universo não gira mais ao seu redor (1934, p. 1, minha tradução).

A obra de Copérnico transformaria uma visão de mundo estabelecida e aceita pela religião, pela filosofia, pela ciência e pelo próprio senso comum desde a Antiguidade. Koyré destaca que as ideias de Copérnico precisaram se contrapor a três fortes tradições: a tradição científica, a tradição filosófica e a tradição teológica, uma vez que os argumentos contrários ao movimento da Terra eram afirmados pelo cálculo, pelo raciocínio e pela revelação, portanto, pelo pensamento científico, filosófico e religioso (KOYRÉ, 1934).

Ao falar do esforço intelectual e da coragem moral de Copérnico, Koyré destaca um argumento mencionado em inúmeras outras obras: as grandes transformações na ciência indicam transformações profundas no pensamento. Assim como todas as revoluções científicas, a revolução astronômica indicaria uma transformação intelectual, realizada muito mais a partir de mudanças na filosofia do que na técnica.

A noção de revolução teórica estará presente na pesquisa acerca da revolução científica do século XVII, pesquisa que ocupa um espaço importante nos trabalhos de Koyré não apenas pela grande quantidade de estudos que ele realizou sobre o tema, mas porque foi em seus trabalhos sobre o século XVII que Koyré estendeu seu conceito de revolução científica como revolução teórica para todas as revoluções na ciência, transformando-a em um método de pesquisa.

Em um extrato de seu *curriculum vitae* apresentado ao *Collège de France*, em 1951, Koyré diz acreditar que o período em que vive é bastante favorável ao ensino e a pesquisa em história do pensamento científico, devido ao fato de ser um período atravessado por crises profundas na maneira de pensar. Por terem presenciado o nascimento da física quântica e da relatividade de Einstein, os contemporâneos de Koyré estariam, segundo ele, mais aptos a compreender uma revolução intelectual, uma vez que eles mesmos sofreram com a destruição de suas ideias antigas e consagradas e tiveram que realizar um esforço de adaptação às ideias novas (KOYRÉ, 1986).

Nesse mesmo sentido, a revolução científica do século XVII e o surgimento de uma ciência que se fundamenta em princípios opostos aos da ciência medieval explicita o esforço necessário para a consolidação de ideias novas e não o alcance de uma etapa mais desenvolvida da ciência.

Em “A l’aurore de la Science moderne”, Koyré destaca que a atitude intelectual do século XVII viu desaparecer do interior do raciocínio científico qualquer consideração a respeito do Cosmos. Nesse novo contexto, foi possível operar a substituição do espaço concreto da física aristotélica pelo espaço geometrizado. Essa substituição dos maiores pressupostos da ciência medieval se constitui, dentro da concepção koyreniana de ciência, como elaboração teórica, uma “mutação decisiva” no pensamento:

Já foi dito que esta atitude intelectual nos parece ter sido fruto de uma mutação decisiva: é isto que explica o porquê de a descoberta de coisas que hoje nos parecem infantis terem custado longos anos – nem sempre coroados de sucesso – aos maiores gênios da humanidade, a um Galileu, a um Descartes. É que não se tratava de combater certas teorias errôneas ou insuficientes, mas de transformar os quadros da própria inteligência (KOYRÉ, 1935, p.544, minha tradução).

A cosmologia aristotélica estabelece uma divisão hierárquica entre o mundo celeste e o mundo terrestre. O mundo celeste – supralunar – é estável e regular, um mundo formado por um único elemento: o éter. O supralunar é considerado imutável e perfeito dentro do sistema de mundo aristotélico, em total oposição às frequentes

transformações e irregularidades do mundo terrestre, mundo impreciso por natureza. A mistura dos quatro elementos que formam a Terra gera constantes desequilíbrios e mudanças – as marcas da imperfeição – que impossibilita que as regras da geometria e os cálculos exatos se apliquem ao mundo terrestre. Por essa razão, é possível conceber, até o século XVI, uma astronomia matemática, mas não uma física. Para a ciência antiga e medieval, não existe precisão no estudo dos fenômenos terrestres.

Apesar da ausência de precisão matemática, para Koyré, a física aristotélica é científica, pois submete os dados do senso comum a um tratamento coerente e sistemático, fornecendo não somente explicações para os fenômenos físicos e celestes como também uma ontologia na qual os limites do pensamento eram estabelecidos. Há aqui uma inversão da definição positivista de ciência. Para Koyré, a ciência fornece os meios de compreensão da natureza a partir da visão de mundo que estabelece, enquanto que para o positivismo a cientificidade reside na previsão e no estabelecimento de ligações lógicas.

Segundo o autor dos *Estudos Galilaicos*, o estudo do nascimento da ciência moderna é relevante na medida em que possibilita a compreensão histórica das teorias científicas: os caminhos percorridos na sua constituição e os obstáculos vencidos até sua formação. Ao estudar a constituição das primeiras leis da física moderna, Koyré não busca encontrar as origens da física quântica ou da teoria da relatividade, não se trata de retroceder aos primórdios de teorias atuais. Para ele, também é importante estudar os erros e os fracassos presentes na trajetória de um pensamento, pois eles são reveladores das dificuldades encontradas na constituição de uma nova ciência. A análise koyreniana da ciência é profundamente histórica, já que pensa as teorias científicas a partir de seus próprios critérios, e dentro de seus próprios contextos, e não com base em critérios atuais.

Para a interpretação positivista, a única relevância do estudo histórico está na busca da origem de uma ciência específica, o que estabeleceria uma relação lógica para seu desenvolvimento atual. A partir dessa interpretação pode-se, por exemplo, estabelecer para a alquimia o posto de predecessora da química moderna, uma vez que as duas atividades compartilham um vocabulário e até mesmo ferramentas comuns. É nesse sentido que Brenner afirma: “A análise lógica e o estudo histórico não são somente distintos, são opostos” (2003, p. 176, minha tradução).

Se abordada a partir dos critérios de cientificidade construídos por Galileu, Descartes e Newton, a física aristotélica será considerada um absurdo, um aglomerado

de erros completamente fora do que se possa chamar de científico. Mas analisar uma ciência a partir de critérios que não são os seus é cometer um erro de análise histórica. Em *Estudos Galilaicos*, Koyré afirma que a física aristotélica é, em sua essência, oposta à física moderna, pois não está baseada em princípios matemáticos, mas ainda assim foi uma ciência, e permanece historicamente como ciência após o surgimento de outros critérios de cientificidade.

A física de Aristóteles é falsa, bem o sabemos. Irremediavelmente prescrita. Mas é, todavia, uma física, isto é, uma teoria altamente elaborada, ainda que não o seja matematicamente. Não é nem um prolongamento grosseiro e verbal do senso comum, nem uma fantasia infantil, mas sim uma teoria, isto é, uma doutrina que, partindo, bem entendido, dos dados do senso comum, os submete a uma elaboração sistemática extremamente coerente e severa (KOYRÉ, 1992b, p. 21).

O mundo medieval não era geométrico e a ciência não era matemática, por essa razão a cientificidade do conhecimento produzido durante a Idade Média é negada por historiadores que se baseiam nos princípios de cientificidade da ciência moderna e os aplicam a períodos anteriores. Nesta concepção, o saber medieval só entraria para a história das ciências como um conjunto de teorias erradas que foram refutadas. A história das ciências seria mera ilustração e serviria para saciar a curiosidade e revelar pensamentos grotescos, crédulos e carentes de cientificidade.

Os pressupostos teóricos da ciência medieval eram pressupostos aristotélicos, de modo que a experiência sensível fundamentava a estrutura das ciências do real e a matemática era considerada um “saber menor”, uma vez que, para este pensamento, não se podia aplicar à natureza formas geométricas e abstratas. A ciência moderna, a física de Galileu, é matemática, mas ela só se tornou possível após a destruição do cosmos aristotélico, o fim do mundo do mais ou menos. Dessa forma, não é possível estabelecer precursores do século XIII para os cientistas do século XVII, por uma razão bem simples: no século XVII, a maneira de conceber o conhecimento e o real foi radicalmente transformada, os cientistas teorizavam e trabalhavam em um novo mundo. Toda ciência pressupõe, para Koyré, uma visão de mundo; a ciência quantitativa não é aplicável ao mundo qualitativo de Aristóteles. Dessa forma, não seria possível falar em continuidade entre a ciência do século XIII e a do século XVII.

Koyré mostra que o nascimento da ciência moderna não é marcado pela descoberta de verdades que estavam ocultas pelas trevas da especulação medieval. A elaboração da nova ciência consiste na fundação de uma nova realidade, na qual o empiricamente conhecido seria substituído pela geometria materializada. Cria-se, assim,

a possibilidade de aplicar conceitos matemáticos para a interpretação da natureza. Mas isso só se torna possível quando o cosmos deixa de existir: a ideia de cosmos pressupõe a hierarquia celeste, em que só o espaço perfeito estudado pela astronomia pode ser matematizado.

A ciência moderna pressupõe a possibilidade de um estudo matemático da natureza, portanto, é, em sua própria essência, contrária a ciência aristotélica. Essa interpretação é usada por Koyré para refutar o estabelecimento de qualquer continuidade entre a ciência da Baixa Idade Média e a ciência moderna. Para ele, a noção de continuidade (ou de precursor) entre esses dois períodos não faz sentido, pois uma ciência aristotélica não poderia dar origem a uma outra ciência, fundamentalmente não aristotélica. Como poderia haver continuidade entre o pensamento artesanal e prático do século XIII e o pensamento científico e matemático do século XVII? Para Koyré, isso simplesmente não é possível. Em uma nota de rodapé de seu artigo “Galilée et Platon” [1943], publicado posteriormente nos *Études d'histoire de la pensée philosophique*, Koyré escreve: “A física aristotélica é por essência não matemática. Apresentá-la, como o faz Duhem, como simplesmente baseada em outra fórmula matemática que não a nossa, é um erro” (1973, p. 173, nota 1, minha tradução).

Essa questão se relaciona com a definição koyreniana de ciência como elaboração teórica. Para Koyré, embora a ciência seja uma atividade autônoma, o desenvolvimento científico não se dá de forma isolada, sendo necessário para a consolidação de uma ciência a elaboração de toda uma ontologia, de uma série de princípios e axiomas (KOYRÉ, 1992). Para que a ciência moderna – uma ciência, geométrica e exata, que valoriza a precisão e se fundamenta em abstrações matemáticas – pudesse se consolidar, foi necessário destruir as bases em que se fundamentava o conhecimento anterior.

O que os fundadores da ciência moderna, e entre eles Galileu, tinham de fazer não era criticar e combater certas teorias erradas, para corrigi-las ou substituí-las por outras melhores. Tinha de fazer algo completamente diferente. Tinha de destruir um mundo e substituí-lo por outro. Tinha de reformar a estrutura de nossa própria inteligência, reformular novamente e rever seus conceitos, considerar o Ser de uma nova maneira, elaborar um novo conceito do conhecimento, um novo conceito da ciência, e mesmo substituir um ponto de vista bastante natural, – o do senso comum – por um outro que, definitivamente, não o é (KOYRÉ, 1973, p. 171, minha tradução).

Ao refutar completamente a noção de continuidade, Koyré torna claro que em sua visão há uma diferenciação de “natureza” e não de “grau” entre a ciência moderna e a que lhe foi anterior (KOYRÉ, 1973, pp. 61-62, minha tradução). Da mesma forma que

não vê continuidade entre o pensamento de filósofos do século XIII e o de Galileu, Koyré também não vê continuidade entre atividades distintas como a alquimia e a química. Em um artigo intitulado “Do Mundo do Mais ou Menos ao Universo da Precisão”, Koyré exemplifica essa ideia ao destacar que o que separa um alquimista de um químico não é apenas a carência técnica e instrumental:

As descrições das operações alquímicas não têm nada em comum com as fórmulas de nossos laboratórios: são receitas de cozinha, tão imprecisas, tão aproximativas, tão qualitativas quanto essas. E não foi a impossibilidade material para executar as medidas que para o alquimista, ele não se serve delas mesmo quando estão ao seu alcance. Não é o termômetro que lhe falta, é a ideia de que o calor seja susceptível de uma medida exata. Por isso ele se contenta com os termos do senso comum: fogo vivo, fogo lento etc., e não se serve ou quase não se serve da balança. E, no entanto a balança existe [...]. Essa é justamente a razão pela qual o alquimista não a utiliza. Se a utilizasse seria um químico. E ainda mais: para que ele tivesse a ideia de utilizá-la, teria sido necessário que já fosse um (KOYRÉ, 1971, p. 350, minha tradução).

A simples presença de ferramentas científicas como o termômetro e a balança não é condição suficiente para que a alquimia possa obter resultados tão precisos quanto os da química, visto que a ideia de que elementos terrestres, como o fogo ou ar possam ser pensados e trabalhados a partir de medidas exatas inexistem. A diferença entre o trabalho de um químico e o trabalho de um alquimista não é uma diferença apenas de grau, que seria facilmente solucionada com avanços técnicos – conforme mostra a citação, nem mesmo os instrumentos técnicos já existentes são utilizados – é uma diferença de natureza. A diferenciação entre as duas atividades, alquimia e química, corresponde à diferença entre um conhecimento aproximativo e um conhecimento que exige precisão.

A precisão nasce com a ciência galilaica e, para Koyré, esse é o grande mérito de Galileu, embora também tenha sido Galileu o primeiro a construir e utilizar um instrumento científico. Criar condições de possibilidade para o nascimento da ciência exata é tarefa muito mais complexa do que a construção de um simples instrumento, uma vez que exige a transformação da própria estrutura do pensamento.

Vale reforçar que, para Koyré, a ausência de precisão da ciência anterior a Galileu não é um indicativo de sua baixa qualidade. O conhecimento medieval é impreciso, mas a ausência de precisão não indica incapacidade de alcançá-la; a ideia de que ela fosse necessária é que não existia. Para a física aristotélica, a precisão matemática não se aplica ao mundo terrestre, de modo que tentar alcançar a exatidão no estudo dos fenômenos terrestres é desnecessário e impossível.

A imprecisão do mundo antigo e medieval é bastante comentada por Koyré. O objetivo do autor não é desqualificar a ciência do período, mas mostrar a diferença estrutural entre essas duas formas de se produzir conhecimento, o que evidenciaria a ruptura existente entre elas. Essa ruptura não se relaciona com transformações técnicas. Em um texto de 1953, intitulado “Léonard de Vince 500 ans après”, Koyré ressalta:

Leonardo [...] é um engenheiro-artista, um dos maiores, sem dúvida alguma, que o mundo já viu. É um homem da práxis, isto é, um homem que não constrói teorias, mas, objetos e máquinas, e que, na maior parte das vezes, pensa como tal. Daí, sua atitude quase pragmática diante da ciência que, para ele, é não objeto de contemplação, mas instrumento de ação.

Mesmo em matemática, isto é, em geometria, embora lhe devamos algumas descobertas puramente teóricas [...], sua atitude é geralmente a de um engenheiro: o que ele procura são soluções práticas, soluções que possam ser seguidas com sucesso na *rerum naturae*, por meio de instrumentos mecânicos. Se estes nem sempre são estritamente corretos, mas apenas aproximativos, ele pensa que isso não tem importância, desde que sejam os mais próximos possíveis do ponto de vista da práxis (KOYRÉ, 1973, p. 109, minha tradução).

Na citação acima, há duas concepções importantes para a compreensão da relação entre técnica e ciência: a diferença fundamental entre o trabalho de um engenheiro ou de um artista e o trabalho de um cientista; e descrições e explicações sobre o conhecimento meramente aproximativo produzido antes do século XVII. A diferenciação entre um trabalho de cunho artístico ou de engenharia e um trabalho científico evidencia a diferença conceitual existente entre a ciência e a simples técnica, de modo que uma transformação, ou mesmo uma evolução das máquinas e objetos tecnológicos não causa e nem seria o resultado de um desenvolvimento na ciência.

Sobre o conhecimento aproximativo existente antes de Galileu, nota-se, pela citação, que Leonardo da Vinci não alcança a exatidão, primeiramente, porque não é um cientista; a precisão não faz parte dos objetivos de quem se preocupa apenas com a práxis, pois nesse momento não existe precisão no mundo que o cerca. O que Leonardo da Vinci busca é utilidade e aplicação para a vida prática, e isso, para Koyré, não está relacionado com a atividade científica.

Ao definir ciência como elaboração teórica, Koyré fundamenta sua crítica à epistemologia positivista e empirista, pois a noção de teoria rebate a ideia de que a ciência se origina da observação e da experiência direta. No pensamento koyreniano, a revolução científica do século XVII foi uma revolução teórica e não o resultado de um avanço na técnica.

A matematização da física foi um processo de transformação nas bases em que se pensava o mundo antigo e medieval: a matemática, considerada por Aristóteles como

um saber puramente abstrato e sem ligação com o real e com o saber científico, passaria a ser o princípio da nova ciência, a base do espírito de precisão e da experimentação. Nesse sentido, pode-se perceber que afirmar que a ciência moderna nasceria da experiência prática estaria em desacordo com a própria estrutura dessa ciência, uma vez que o espírito de precisão nasceria de uma transformação teórica.

O ordenamento geométrico do universo e da natureza, a matematização da física e a experimentação marcam a Revolução Científica do século XVII, consolidando o nascimento da ciência moderna. Nos próximos tópicos abordarei os três principais nomes que contribuíram para a construção dessa nova ciência: Copérnico, Galileu e Newton. A escolha dos nomes é creditada à importância atribuída a cada um desses personagens no que se refere especificamente a: destruição da ideia aristotélica de cosmos hierarquicamente ordenado; geometrização do espaço e o afastamento de qualquer referência à escolástica e a Aristóteles na ciência; e o estabelecimento de leis universais e imutáveis. Todos estes elementos são, de alguma forma, responsáveis pela configuração da ciência moderna. Trata-se também de percorrer a trajetória do conceito de experimentação na obra koyreniana, buscando compreender o papel deste conceito em cada uma das etapas percorridas pelo pensamento no processo que levaria à construção da ciência moderna.

2.2.1 Copérnico: tradição e ruptura

A figura de Copérnico possui papel de destaque nos estudos referentes à ciência moderna. Em Koyré, especificamente, Copérnico é considerado responsável pela transformação astronômica que tornaria possível a construção da física moderna por Galileu e Newton, sua célebre obra *De Revolutionibus Orbium Caelestium* [1543], marcaria a revolução astronômica, parte integrante e indispensável do nascimento da ciência moderna.

Embora seja difícil caracterizar a tradução feita por Koyré do *De Revolutionibus Orbium Caelestium*, como o início de sua carreira como historiador das ciências, é possível caracterizar o trabalho de Koyré sobre Copérnico como o início do interesse desse historiador pela história conceitual, que no âmbito da história das ciências desenvolveria um trabalho focado em problemas específicos, tendo objetivos diferentes da historiografia que busca construir um encadeamento cronológico para a trajetória da

ciência, estabelecendo antecessores e sucessores para ideias e teorias e condicionando o surgimento dessas teorias ao contexto social.

O ponto mais destacado por Koyré em Copérnico é a importância da transformação que sua obra possibilitaria. Ao escrever *De Revolutionibus Orbium Caelestium*, estabelecer o heliocentrismo e formular a ideia de movimento da Terra, Copérnico estava indo de encontro ao que Koyré denomina “triplo ensinamento” (1961, p. 15, minha tradução).

Em *La révolution Astronomique*, Koyré fornece indícios de sua maneira de praticar história das ciências quando fala sobre o esforço de imaginação que é necessário realizar para conseguir contemplar a grandiosidade da obra de Copérnico. Koyré afirma que para compreender – partindo do século XX – a revolução copernicana, ter-se-ia que esquecer todo desenvolvimento intelectual realizado durante os séculos que separam os dois períodos e voltar para a confiança ingênua que fazia com que os contemporâneos de Copérnico acreditassem nas evidências empíricas sobre a imobilidade da Terra e o movimento dos céus. O uso da palavra “ingênua” sendo aplicada à crença empírica demonstra o combate – sempre presente em seus escritos – à ideia de que a ciência moderna seria empírica e que o saber medieval estaria pautado em abstrações e crenças ingênuas. Nesta afirmação, Koyré demonstra que a partir de suas análises a ingenuidade está em tomar as evidências empíricas como verdades científicas.

Para ilustrar o alcance da revolução copernicana, Koyré retorna – através do que ele chama de “esforço de imaginação” (1961, p.16, minha tradução) – às condições e possibilidades do pensamento no exato momento em que Copérnico elabora sua teoria, destacando que a obra de Copérnico sobrepuja a força da evidência estabelecida pelo senso comum, que afirma a imobilidade da Terra e o movimento do sol, pois isso é o que está visível empiricamente. Além das evidências do senso comum, Copérnico teve que suplantar verdades estabelecidas e consolidadas pela ciência, pela filosofia e pela teologia – o triplo ensinamento de que fala Koyré – algo que exige esforço intelectual e audácia bastante admiráveis.

A revolução copernicana, tal como é analisada e exposta por Koyré, demonstra que em sua concepção do desenvolvimento científico, as grandes transformações nos fundamentos da ciência são sempre transformações teóricas, algo que pode ser ilustrado a partir do destaque dado ao aspecto não astronômico desta revolução. “[...] nós não devemos esquecer que Copérnico não é um astrônomo, mas um humanista, um dos espíritos mais cultos de seu tempo” (KOYRÉ, 1961, p.22, minha tradução). Para

construir um novo sistema astronômico foi necessário que Copérnico fosse mais que um astrônomo, uma vez que as questões abordadas por ele envolveriam pressupostos filosóficos e religiosos.

A chamada revolução copernicana substituiria o sistema geocêntrico de Ptolomeu pelo heliocêntrico de Copérnico, e sendo uma revolução intelectual, seria para Koyré, uma transformação essencialmente teórica, não podendo ser explicada a partir de um possível aumento na qualidade ou precisão na observação de dados empíricos.

A grandiosidade da obra de Copérnico não está na descoberta de fatos novos, mas "na concepção e no desenvolvimento de uma nova teoria" (KOYRÉ, 1961, p. 24, minha tradução). A irrelevância das observações astronômicas para a revolução copernicana e o trabalho essencialmente teórico realizado por Copérnico são aspectos destacados por Koyré quando ressalta que desde Ptolomeu até Copérnico não há a descoberta de fatos novos significativos, os dados empíricos com os quais Copérnico trabalha no século XVI são os mesmo que já eram utilizados no mundo antigo por Ptolomeu. Acerca do sistema copernicano Koyré escreve:

[...] sua teoria, ou melhor, seu sistema se fundamenta em dados antigos, principalmente os de Ptolomeu, muito mais do que em novos dados. E, portanto, o seu sistema – nova interpretação de dados observacionais – pelo menos no que se refere ao cálculo dos fenômenos observáveis, não é muito mais em sintonia com estes dados do que o de Ptolomeu que ele se esforça para substituir (1961, p. 24, minha tradução).

A diferença fundamental entre os sistemas de Ptolomeu e o de Copérnico não está na obtenção de novos dados empíricos, uma vez que os instrumentos disponíveis para as observações astronômicas no período de Copérnico eram instrumentos incapazes de alcançar precisão significativamente maior que as obtidas por Ptolomeu nas observações, e assim permaneceriam pelo menos até Tycho Brahe. Também não é do ponto de vista da técnica ou de inovações matemáticas que Copérnico transformará a astronomia; no que se refere à técnica matemática Koyré ressalta que Copérnico não realizou “nada ou quase nada” (KOYRÉ, 1961, p.24, minha tradução).

É um fato porém que, para a prática, quer dizer, para os cálculos das posições dos planetas – dado a margem de erro, muito grande, inerente ao catálogo das estrelas em uso – a astronomia de Ptolomeu é relativamente satisfatória, e a de Copérnico a supera com muita dificuldade (KOYRÉ, 1961, p. 24, minha tradução).

Desta forma, as observações astronômicas bem como instrumentos e as inovações técnicas não teriam participação na revolução copernicana. A experimentação, tal como Koyré a define conceitualmente também não será utilizada,

uma vez que só nasceria a partir do século XVII e dos estudos de Galileu. Copérnico “transformou o sistema do mundo, mas não a estrutura matemática da ciência astronômica” (KOYRÉ, 1961, p. 25, minha tradução).

A revolução copernicana, uma revolução teórica como todas as revoluções científicas pra Koyré, não tem sua novidade no fato de estabelecer um sistema astronômico geocêntrico, uma vez que a ideia de que a Terra se movimenta surgiu pela primeira vez na antiguidade. Koyré em seu artigo de 1948, “Les étapes de la cosmologie scientifique” cita Aristarco de Samos, que quase dois milênios antes de Copérnico já havia considerado a hipótese da Terra realizar um duplo movimento, em torno de seu próprio eixo e em torno de si mesma.

O mérito de Copérnico, o que o faz ser considerado responsável por uma revolução astronômica, não está no pioneirismo de sua teoria heliocêntrica, mas na sua capacidade de abrir caminhos para a resolução dos problemas físicos que impossibilitavam o movimento da Terra, problemas que se concentravam principalmente em duas questões: o movimento dos corpos na superfície de uma Terra que gira é inexplicável; e os limites do universo, que não era compatível com o movimento terrestre.

Outra coisa fazia obstáculo à aceitação da teoria de Aristarco, a saber, a grandeza desmedida de seu universo, pois se os gregos admitiam que o universo era bem grande em relação a Terra – e era mesmo muito grande! – mesmo assim as dimensões postuladas por Aristarco pareciam muito inconcebíveis. [...] Diziam também – e isso é algo muito razoável – que, se a Terra girava em torno do sol isso seria visível através da observação das estrelas fixas [...] Admitir que a abóboda celeste seja tão grande que as paralaxes das fixas não são observáveis parecia contrário ao bom senso e ao espírito científico (KOYRÉ, 1973, p. 91, minha tradução).

Eram muitas as concepções que impossibilitavam que o movimento da Terra fosse estabelecido como verdade para o pensamento humano – concepções religiosas, filosóficas e científicas, conforme já foi dito. Neste sentido, o mérito de Copérnico foi transpor filosoficamente estes obstáculos. Essa transposição foi feita antes que a experimentação fosse um processo existente na atividade científica, antes que as objeções físicas contra o movimento da Terra pudessem ser refutadas matematicamente, algo que só ocorreria no século XVII.

Para efetuar sua revolução astronômica Copérnico rompe com a tradição, com o já citado “triplo ensinamento”, a partir de objeções estéticas e filosóficas ao geocentrismo. No “Les étapes de la cosmologie scientifique”, ao apresentar os motivos

que levaram Copérnico a defender o heliocentrismo, Koyré afirma que o próprio Copérnico apresentava abertamente suas razões:

[...] foi por uma razão de estética, ou de metafísica, por uma questão de harmonia. Sendo o sol a fonte de luz e sendo a luz é o que há de mais belo e de melhor no mundo, parecia a Copérnico, de acordo com a razão que governa o mundo e que a cria, que essa luminária devesse ser colocada no centro do universo que ela se encarrega de iluminar (1973, p.95, minha tradução).

A argumentação copernicana, sempre focada em questões filosóficas e metafísicas – e portanto sem nenhuma ligação com a experiência – já é algo que Koyré defende desde seu primeiro trabalho sobre Copérnico, a tradução do *De Revolutionibus* em 1943, quando Koyré alega que as objeções copernicanas ao sistema ptolomaico e a física aristotélica eram baseadas em argumentos filosóficos, como por exemplo, o fato de ser um absurdo supor que quem se movimenta seja o “lugar” e não o que está localizado, fazendo crer assim que a Terra deve se movimentar ao invés do universo a sua volta (1934, p.19, minha tradução).

Os argumentos físicos e matemáticos contrários ao sistema geocêntrico surgiram apenas com Galileu, ao passo que somente com Newton a nova concepção de mundo estaria estabelecida com a demonstração matemática da infinitude do universo. Newton representa a consolidação da ciência experimental, pois tanto suas leis quanto seu universo infinito não podem ser determinados empiricamente, não tendo, portanto ligações com a experiência. É a experimentação, que neste contexto guia-se pela teoria matemática, que estabelece os princípios newtonianos.

Thomas Kuhn escreve sobre Copérnico em seu livro *A Revolução Copernicana*. Kuhn levanta a questão do duplo aspecto da obra de Copérnico, obra que rompe com toda uma tradição, mas ao mesmo tempo faz parte dela, uma vez que essa tradição se constitui na “única fonte dos instrumentos intelectuais e de observação necessários para a prática da astronomia” (2002, p. 153).

A partir de Copérnico, o heliocentrismo e o movimento da Terra não são mais ideias absurdas e impensáveis. “A publicação do *De Revolutionibus Orbium Caelestium* de Copérnico em 1543 inaugura as grandes modificações no pensamento astronômico e cosmológico a que chamamos Revolução Copernicana” (KUHN, 2002, p. 151). A ideia de mobilidade da Terra interfere em toda a concepção física de movimento, que se baseava na física aristotélica e – o que é ainda mais significativo – destrói a ideia de um cosmos ordenado, acabando definitivamente com a classificação do movimento em

“natural” e “violento”. Copérnico desferiu um profundo golpe no legado científico de Aristóteles, mas não foi capaz de superá-lo totalmente, mantendo-se prezo a algumas de suas noções.

Copérnico se esforçou para encaixar a ideia de movimento da Terra dentro das concepções aristotélicas de universo, uma vez que esta era a concepção consolidada como tradição desde a escolástica. Por não ter rompido completamente com as questões aristotélicas ele faz com que o sol ocupe o lugar da Terra, essa é a única maneira de explicar o movimento e o comportamento físico dos corpos, uma vez que a gravidade e a inércia ainda não existem. Sendo a Terra um elemento pertencente ao mundo sublunar parece mais lógico para Copérnico que ela se movimente, uma vez que é imperfeita. O posto de imóvel e constante cabe mais ao sol, pois ele é parte do mundo supralunar e como tal perfeito e imutável²⁶.

Porém, o estabelecimento do movimento da Terra iniciaria um processo de mudanças nas concepções astronômicas e físicas que tornaria impossível a manutenção do legado aristotélico. A efetiva concretização desse processo de transformação exigiu o desmoronamento anterior de toda a tradição vigente, e só foi alcançado após Galileu e Newton. Dessa forma, o nascimento da ciência moderna é fruto de uma revolução longamente elaborada, trata-se de um processo revolucionário que percorreu três séculos.

O estabelecimento dos conceitos e princípios da ciência moderna encarada como um processo favorece a ligação entre a obra de Copérnico e a de Galileu. Esta ligação é comumente construída no sentido de que Galileu daria respaldo experimental ao trabalho de Copérnico, principalmente a partir das observações que ele teria feito com a luneta batava²⁷. Seguindo esta linha interpretativa, Galileu seria responsável por

²⁶ Para a física aristotélica repouso é sempre sinal de estabilidade e perfeição, sendo algo natural. O movimento, podendo ser natural ou violento, é sempre um processo, nunca um estado. O movimento natural existe para que os elementos possam voltar ao seu local de origem: corpos pesados caem e corpos leves sobem de volta para o ar.

²⁷ Entre os inúmeros instrumentos criados a partir do século XVII o telescópio surge como o principal, dado a sua aplicação na astronomia. A importância desse instrumento é afirmada por uma série de autores, entre eles Bernard Cohen, para quem a invenção do instrumento bastaria para que a ciência fosse transformada: “Foi em 1609 que o homem começou a usar o telescópio para fazer estudos sistemáticos do céu. Provaram as revelações, que Ptolomeu cometeu erros específicos e erros importantes, que o sistema de Copérnico parecia ajustar-se aos novos fatos de observação, e que a Lua e os planetas eram na realidade, sob vários aspectos, muito semelhantes à Terra e eram por sua vez muito diferentes das estrelas. Após 1609, qualquer discussão dos méritos dos dois grandes sistemas do mundo forçosamente tinha que girar em torno dos fenômenos que iam além do alcance, e mesmo da imaginação, tanto de Ptolomeu quanto de Copérnico. E depois que se verificou ter o sistema heliocêntrico uma possível base na

consolidar o nascimento da ciência moderna e esta consolidação deve ser creditada ao caráter empírico e prático da obra galiléica. Aqui a ciência experimental é caracterizada por suas relações com o empírico.

Em *A Revolução Copernicana*, Thomas Kuhn confere importância aos dados empíricos ao assegurar que o telescópio e as observações que ele possibilitou foram decisivos para a consolidação do copernicanismo.

O telescópio de Galileu mudou os termos do enigma que o céu apresentava para os astrónomos, e isso tornou o enigma bastante mais fácil de resolver, pois, nas mãos de Galileu, o telescópio revelava provas infundáveis em favor do copernicanismo [...]. Os argumentos a favor do copernicanismo foram multiplicados com o telescópio quase tão rapidamente quando os próprios corpos celestes. (KUHN, 2002, p. 234 -237).

Apesar de atribuir papel de destaque ao telescópio, Kuhn levanta a questão da dificuldade em romper com a tradição científica, mostrando que, no período de Copérnico, o que estava estabelecido pela escolástica e pelo pensamento aristotélico possuía muito mais força e legitimidade que o telescópio²⁸, um instrumento novo e completamente estranho à realidade científica do período.

Nesta perspectiva as descobertas do telescópio apenas forneceram argumentos para uma teoria que havia sido estabelecida por cálculos matemáticos. “Galileu que já era copernicano há alguns anos, antes de conhecer o telescópio, conseguiu transformar cada nova descoberta em argumento a favor do copernicanismo” (KUHN, 2002, p.235). Assim, o telescópio não prova a teoria Copernicana, os dados apresentados pelo instrumento só terão validade para aqueles que já acreditam na nova concepção

realidade, este fato deveria levar à busca de uma Física que se aplicasse com igual exatidão a uma Terra em movimento e a todo o universo. A introdução do telescópio teria bastado por si mesma para mudar o curso da ciência [...]” (COHEN. 1967. pp. 60-61).

Para Hannah Arendt, por exemplo, o telescópio seria um dos “grandes marcos” do mundo moderno, comparável à descoberta da América: “No limiar da era moderna há três grandes eventos que lhe determinaram caráter: a descoberta da América e subsequente exploração de toda Terra; a Reforma, que expropriando as propriedades eclesiásticas e monásticas, desencadeou o duplo processo de expropriação individual e acúmulo de riqueza social; e a invenção do telescópio, ensejando o desenvolvimento de uma nova ciência que considera a natureza da Terra do ponto de vista do universo” (ARENDDT, 2004. p. 260).

Thomas Kuhn também irá destacar a relevância do telescópio e sua incrível capacidade de fornecer dados novos para o estudo da astronomia, algo que não acontecia desde a antiguidade: “Em 1609, o cientista italiano Galileu Galilei (1564 – 1642) observou o céu através de um telescópio pela primeira vez, e como resultado contribuiu para a astronomia com o primeiro tipo de dados qualitativamente novos que ela recebeu desde a antiguidade” (KUHN, 2002, p. 234).

²⁸ Sobre o significado do telescópio para seus contemporâneos, Renan Freitas escreve [...] “o quê, no século XVII, poderia garantir que as “montanhas e vales na lua”, ou as “luas de Júpiter”, não eram apenas uma ilusão de óptica a que o uso de tão estranho instrumento, o telescópio, poderia ter conduzido? Por que, nessa época, dar crédito a um instrumento óptico cujo funcionamento mal se conhecia, se ele contrariava uma sabedoria já consagrada por uma tradição milenar?” (FREITAS. 2004, p.101).

astronômica. Para os astrônomos que – através de cálculos e não de observações empíricas – já haviam estabelecido o heliocentrismo e o movimento da Terra, as observações do telescópio se apresentavam apenas como mais uma evidência. Para os contrários às ideias copernicanas, as imagens telescópicas não podiam consistir em prova, uma vez que puras observações empíricas obtidas através de um instrumento obscuro não possuíam respaldo científico, nem legitimidade.

“[...] os copernicanos, ou pelo menos os cosmologicamente mais radicais, tinham antecipado o tipo de universo que o telescópio exibia. Haviam predito, com precisão, as fases de Vênus. Mais importante, tinham antecipado, pelo menos vagamente, as imperfeições e a população muito aumentada dos céus. A sua concepção do universo mostrava-se equivalente ao universo que o telescópio tornou aparente” (KUHN, 2002, p. 239).

No contexto apresentado, o telescópio teria um papel reduzido, sendo útil apenas como divulgação. Segundo Kuhn, os partidários do copernicanismo usariam as imagens telescópicas como propaganda de suas ideias:

Para os iniciados em astrologia as provas do telescópio eram, talvez, supérfluas [...]. Mas não foi naqueles iniciados astronomicamente que o telescópio teve o maior impacto imediato. O papel único inicial do telescópio era fornecer documentação geralmente acessível, e não matemática para o ponto de vista copernicano. Depois de 1609, homens que só tinham vaga noção de astronomia, podiam olhar através de um telescópio e ver por si mesmos que o universo não se conformava com os preceitos ingênuos do senso comum (KUHN, 2002, p. 239).

Para Koyré, a importância do trabalho de Galileu é outra. É justamente essa ousadia e força intelectual que permite a Copérnico romper com uma tradição tão bem fundamentada, que será admirada e estudada por Koyré.

Ao estudar Copérnico e sua obra, Koyré se preocupa em não “modernizá-la” (1961, p. 18). O estudo da história das ciências deve ser fiel à sua época e ao conjunto de ideias característico dessa época. O historiador deve respeitar o contexto em que cada obra foi escrita e pensada. Seu esforço em não modernizar a obra de Copérnico, ou de qualquer outro grande nome da ciência moderna se relaciona com a questão do anacronismo e da necessidade de se evitar a ideia de precursor, que embora possa parecer natural, é bastante prejudicial à verdade histórica. Adotar a ideia de precursor é ter em mente que a ciência se desenvolve de forma linear e que as teorias do passado são versões imperfeitas da ciência que temos hoje.

No interior desta vertente historiográfica inaugurada por Koyré é extremamente importante estudar uma obra científica a partir de seu próprio contexto e de suas próprias definições, esta característica é condição para que um trabalho seja considerado

como detentor de rigor historiográfico. Nesta concepção o trabalho de um filósofo ou cientista não pode ser avaliado em função da ciência que viria depois, não pode ser pensado a partir do que poderia ou não influenciar posteriormente, mas a partir dos princípios existentes em seu momento de elaboração.

A recusa koyreniana em aceitar a ideia de precursor pode ser compreendida a partir de sua valorização do acontecimento. Na contramão daquilo que era proposto pela Escola dos Annales na mesma década²⁹ – a valorização de longos períodos e da continuidade – a historiografia praticada por Koyré valoriza a ruptura, o corte, o acontecimento. Esta valorização é perceptível em seus trabalhos sobre Copérnico³⁰.

Em Koyré a obra de Copérnico possui significado científico que vai além do fato de ter servido de base astronômica para Galileu³¹, o que importa na obra copernicana é seu próprio significado para o pensamento humano, a transformação que esta obra traz para a concepção de universo e para o conhecimento como um todo.

O ano de 1543, ano da publicação do *Da Revolução das Órbitas Celestes* e ano da morte de seu genial autor, Nicolau Copérnico, marca uma grande data na história da humanidade.

Podemos propor para esta data o significado de “fim da idade média e o começo dos tempos modernos”, já que, de forma bem mais profunda que a conquista da Constantinopla pelos turcos e a descoberta da América por Cristóvão Colombo, ela marca o fim de um mundo e o nascimento de um novo (KOYRÉ, 1934, p. XIX, minha tradução).

Em *La Révolution Astronomique* [1961], Koyré retoma parte do que escreveu em sua introdução para o *De Revolutionibus Orbium Coelestium*, destacando a importância desse livro de Copérnico e fazendo apontamentos sobre a grandiosidade e a ousadia da teoria nele contida. A obra copernicana revolucionaria a astronomia, levantando problemas físicos que seriam solucionados com Galileu na revolução científica do século XVII³².

²⁹ Sobre a Escola dos Annales, ver Bourd é e Martin: *As escolas históricas*. “Erguendo-se contra a dominação da escola positivista, uma nova tendência da historiografia francesa exprime-se bastante discretamente em *A Revista de Síntese* durante os anos 1920, mas francamente na revista *Les Annales* durante os anos 1930. A corrente inovadora despreza o acontecimento e insiste na longa duração [...] (BOURDÉ, MARTIN 1983, p. 119).”

³⁰ Nos textos onde Koyré estuda Copérnico ou a revolução astronômica – tradução do *De Revolutionibus* [1934], *La Révolution Astronomique* [1961] e terceira parte dos *Estudos Galilaicos*, publicado originalmente em 1939 – encontra-se sempre a noção de ruptura e a ideia de revolução científica como corte intelectual.

³¹ A historiografia tradicional relaciona sequencialmente a obra de Copérnico e Galileu, estabelecendo uma ordem de continuidade entre elas. Copérnico, responsável pela revolução astronômica, teve suas ideias legitimadas e aprimoradas por Galileu, que através de seu método experimental – aqui entendido como observações e experiências empíricas – comprovou as hipóteses e teorias copernicanas, usando as transformações astronômicas como embasamento de sua física experimental.

³² Para Koyré a aproximação entre física e astronomia consolidaria o nascimento da ciência moderna. Copérnico teria papel fundamental neste processo já que os problemas colocados pela astronomia

Koyré também estabelece ligação entre a obra copernicana e a galiléica “[...] por trás do argumento copernicano, de certa maneira, há como que o germe de uma concepção nova que se desenvolverá posteriormente” (KOYRÉ, 1992b, p. 210). Embora construa a usual relação entre Copérnico e Galileu³³, a escrita koyreniana não faz com que o mérito de Copérnico esteja em suas possíveis contribuições ao trabalho de Galileu, nem transforma a obra galiléica em confirmação empírica das teorias de Copérnico.

O grande mérito da revolução copernicana foi à quebra da hierarquia celeste, uma vez que Copérnico aplica as leis da mecânica celeste aos fenômenos terrestres. Esta quebra da divisão entre mundo supralunar e mundo sublunar é condição de possibilidade para a matematização da natureza e a consolidação da física matemática. Mas para Koyré essa consolidação – realizada por Galileu – não seria simples, nem lógica. A tarefa de Galileu não se limitou a simplesmente continuar o que Copérnico havia começado.

O que é preciso modificar no raciocínio copernicano para que ele passe de absurdo a aceitável? Não poucas coisas: há que substituir a explicação mítica da participação dos corpos graves no movimento da Terra (participação na “natureza” da Terra) por uma explicação física, ou mais exatamente, mecânica, isto é, há que tornar explícitas as ideias subjacentes ao raciocínio, nomeadamente a de que, para um conjunto de corpos animados de um mesmo movimento, este movimento, em que todos eles tomam parte, não conta; noutros termos, há que isolar a noção de sistema físico, e admitir a relatividade não apenas *óptica*, tal como faz Copérnico, mas também física do movimento. Mas isto, para ser levado a bom termo, implica o abandono da concepção aristotélica de movimento e sua substituição por uma outra, o que, por sua vez, quer dizer: abandono da filosofia aristotélica em proveito de uma outra filosofia. Pois, [...] não é de um simples problema de ciência, é de um problema filosófico que se trata ao longo de todo esse debate. (KOYRÉ, 1992b, p. 211).

A partir da citação nota-se que, na visão de Koyré, o pensamento copernicano, embora extraordinariamente original e ousado, apresentava uma série de incoerências, uma vez que permanecia ligado às concepções da filosofia aristotélica. Dessa forma as

copernicana trariam a necessidade de responder às várias objeções levantadas contra a possibilidade de movimento da Terra. A solução para estes problemas trariam a refutação do cosmos aristotélico e a reformulação das leis do movimento. “A ligação cada vez mais estreita que se estabelece no início dos tempos modernos entre a *physica coelestis* e a *physica terrestis* é a origem da ciência moderna” (KOYRÉ, 1986, p. 127, minha tradução).

³³ Nas palavras de Koyré: “Haveria sem dúvida, algum exagero em pretender que a obra de Galileu é oriunda, na sua totalidade, de preocupações cosmológicas; e em apresentá-la na sua totalidade [...] como uma luta a favor da concepção copernicana do universo [...]. Não deixa por isso de ser verdade que as preocupações cosmológicas desempenham um papel de primeiríssima importância no pensamento e nos estudos de Galileu, e que desde a sua juventude, desde o tratado e o diálogo sobre o movimento por ele esboçado em Pisa, o vejamos colocar-se problemas que só adquirem o seu sentido pleno e inteiro em função da concepção copernicana de universo” (KOYRÉ, 1992b, p. 255).

operações realizadas por aqueles que tornaram o raciocínio copernicano admissível e coerente não se limitavam a simples adaptações de teorias ou propaganda e divulgação de uma verdade já estabelecida, tratava-se de romper definitivamente com a filosofia aristotélica, tarefa extremamente difícil.

Para Koyré o papel de Galileu no nascimento da ciência moderna está, assim como o de Copérnico, relacionado a uma quebra com a tradição. A transformação científica operada por Galileu envolve uma ruptura filosófica e essa ruptura é anterior e bem mais significativa que qualquer inovação técnica. A própria construção dos instrumentos está condicionada à essa ruptura filosófica e conceitual, conforme o abordado no tópico 2.2.1 deste capítulo.

2.2 Alexandre Koyré e o conceito de Experimentação

A historiografia tradicional estabelece um ideal de cientificidade, no qual a atividade científica está sempre associada às necessidades práticas. Ao tratar do nascimento da ciência moderna e tendo em mente que a historiografia de maneira geral estabeleceu a experimentação como característica fundamental da ciência a partir do século XVII, torna-se claro porque o conceito de experimentação associa-se – no interior das narrativas tradicionais da história das ciências – à prática e à experiência empírica.

Dessa forma, a revolução científica do século XVII, que daria origem à ciência experimental é usualmente narrada como um desvio do pensamento humano, que abandonando as abstrações e especulações filosóficas, passa a se dedicar às observações de dados empíricos. Nesta perspectiva, os grandes nomes que se associam à fundação dessa ciência: Copérnico, Galileu, Newton, estão habitualmente representados como homens da prática, tendo suas realizações relacionadas com o trabalho de técnicos e engenheiros.

Inverter essa corrente interpretativa, alegando que a revolução científica do século XVII foi uma revolução essencialmente teórica e que resultou na construção de uma ciência abstrata, onde a experimentação se faz *a priori* é uma preocupação constante nos trabalhos de Koyré.

Na terceira parte dos *Estudos Galilaicos*, Koyré escreve acerca do papel da experiência para a nova ciência: “Tal como tivemos ocasião de dizer, a experiência não

favorece nada a nova física: os corpos caem e a Terra gira; eis dois factos que ela não é capaz de explicar e que a fazem cambalear no seu início” (KOYRÉ, 1992b, p. 256).

A experiência, em seu sentido de atividade prática, que busca observar e coletar dados a partir de fatos concretos, não poderia contribuir com a nova física, uma vez que esta ciência precisava explicar a existência de fenômenos que não são apreendidos empiricamente ou explicados pelo senso comum.

Tratando especificamente da revolução copernicana, pode-se destacar que estabelecer o movimento da Terra como verdade científica exigia, entre outras questões, que se explicasse o fenômeno da queda dos corpos dentro desta nova realidade. Era preciso, em outras palavras, reformular os princípios da física, ir além das transformações técnicas ou práticas.

Essa necessidade de transformar a estrutura do pensamento humano faz com que o processo que constitui a revolução científica do século XVII se estenda para além do século que nomeia o evento. O nascimento da ciência moderna tem sua origem na solução de problemas filosóficos e metafísicos que culminariam no desenvolvimento da experimentação com Galileu no século XVII. No entanto, a ruptura com a ciência antiga e medieval seria um processo gradual, apesar de constituir uma revolução.

Em Koyré, o processo de construção da nova ciência corresponde à elaboração de uma nova teoria, para isso faz-se necessário o estabelecimento de novos conceitos, a formulação de questionamentos que possibilitariam o desenvolvimento da experimentação, a preparação de um quadro filosófico que comportasse a nova concepção de conhecimento.

Em todo este processo de consolidação da ciência moderna e do método experimental destaca-se o papel de Galileu e de Newton, além da figura de Copérnico, importante para a compreensão dos significados da revolução intelectual em seu sentido de ruptura com o pensamento tradicional.

Para Koyré a partir do desenvolvimento da experimentação a ciência liberta-se da necessidade de se prender à realidade empírica, ponderando sobre as bases que fundamentam a nova ciência, Koyré procura mostrar que pensamento científico não tem como objetivo corresponder aos dados do real:

Curioso procedimento do pensamento, em que não se trata de explicar o dado fenomenal através da suposição de uma realidade subjacente (tal como faz a astronomia, que explica os fenômenos, isto é, os movimentos aparentes, por uma combinação de movimentos reais), nem sequer de analisar esse dado nos seus elementos simples para depois o reconstruir (método resolutivo e compositivo, a que – erradamente, em nossa opinião – se reduz o que de novo

há no método galileano), trata-se, a bem dizer, de explicar o que é a partir do que *não é*, do que nunca é. E até a partir do que *nunca pode ser* (KOYRÉ, 1992b, p. 257).

Acerca da experimentação como principal característica da ciência moderna, Koyré alega ser um procedimento “curioso” e “arriscado”, que consiste na matematização da realidade empírica, com o objetivo de alcançar a exatidão almejada e necessária:

Explicação do real a partir do impossível. Curioso procedimento do pensamento! Procedimento paradoxal, se assim fosse; procedimento a que chamaremos de arquimediano ou, melhor, platônico: explicação, ou melhor, reconstrução do real empírico a partir de um real ideal. Procedimento paradoxal, difícil e arriscado; e o exemplo de Galileu e de Descartes far-nos-á tocar imediatamente na sua contradição essencial: necessidade de uma conversão total, de uma substituição radical da realidade empírica por um mundo matemático, platônico [...] e impossibilidade dessa substituição total que faria desaparecer a realidade empírica em vez de a explicar, e que em vez de salvar (*sauver*) o fenômeno, faria aparecer entre a realidade empírica e a realidade ideal o abismo mortal do fato não explicado (KOYRÉ, 1992b, p. 257).

Em um texto chamado “L’hypothèse et l’expérience chez Newton,” publicado originalmente em 1956 e posteriormente nos *Études Newtoniennes*, Koyré apresenta um famoso trecho dos *Principia* onde Newton afirma que as hipóteses – sejam elas metafísicas, físicas ou mecânicas – não podem ser deduzidas a partir dos fenômenos, não fazendo parte da filosofia experimental. Esse trecho seria, segundo Koyré, usado na construção de uma imagem positivista para Newton e sua obra, uma imagem que associa a produção científica à observação dos fenômenos.

Para essa interpretação historiográfica influenciada pelas ideias positivistas – interpretação que para Koyré seria a mais comum na historiografia (KOYRÉ, 1968) – Newton teria um pensamento voltado para a experimentação e para a prática, e seu trabalho seria exemplar para a ciência justamente porque, graças as leis formuladas por ele, particularmente a Lei da Inércia, foi possível relacionar uma série de fenômenos a um mesmo fato. A ideia da lei natural, algo que gera um caráter regular e previsível para o universo, será sempre algo estimado pelo positivismo, é justamente esse aspecto da obra de Newton o que será valorizado pelos historiadores.

Mas em Koyré a ciência experimental nasce no século XVII com Galileu. Nesse sentido cabe destacar os argumentos desenvolvidos por ele para legitimar esta afirmação e discutir o papel da experiência e da experimentação, bem como dos instrumentos e das ferramentas na obra de Galileu.

2.2.1 Galileu e os instrumentos da ciência experimental

A figura e o papel de Galileu no nascimento da ciência moderna ainda geram controvérsias e debates no meio historiográfico. Embora seu lugar entre os protagonistas da construção da física experimental seja quase um consenso entre historiadores e filósofos, ainda existem contendas a respeito da natureza desse protagonismo.

Os trabalhos que buscam compreender o nascimento da ciência moderna trazem sempre grandes análises e reflexões envolvendo grandes nomes da ciência. O próprio Koyré investiga o pensamento científico, de Copérnico a Newton, passando pelos trabalhos de grandes nomes como Kepler, Giordano Bruno e Descartes³⁴, dando especial destaque às obras de Galileu: o primeiro a acreditar que era possível aplicar as formas matemáticas à natureza e o criador do primeiro instrumento científico moderno.

A ideia de que a ciência moderna teria um “fundador” é frequente na historiografia das ciências, mas a escolha do suposto iniciador da ciência moderna, bem como as justificativas apontadas para legitimar essa escolha, envolvem a concepção de história e de ciência de cada autor.

A imagem do fundador é particularmente frequente nas interpretações que utilizam o conceito de revolução, embora mesmo na tese que defende a existência de um continuísmo entre a ciência do século XIII e a ciência do século XVII, elaborada por Duhem, é possível ver a figura de Galileu em local de destaque, ainda que seja como herdeiro de tradições medievais e responsável por uma obra que não seria revolucionária, mas a continuação e o desenvolvimento de um método iniciado no século XII.

A importância de Galileu para o nascimento da ciência moderna é constantemente repetida por inúmeros pesquisadores, sendo que sua imagem é

³⁴ Koyré escreve sobre Descartes em seu anexo dos *Estudos Galilaicos*, abordando a “atmosfera intelectual” (KOYRÉ, 1992b, p. 398) em que ele trabalha, destacando que, ao contrário de Galileu, Descartes não precisa combater os argumentos contrários ao movimento da Terra, ou lutar contra as distinções aristotélicas entre movimento natural e violento, Descartes não precisa empreender nenhum esforço de crítica à física aristotélica, o esforço de destruição dessa física foi concretizado com Galileu. “Para Descartes, a física aristotélica está morta. Já não nos ocupamos dela. O que há a fazer, e que Descartes tranquilamente vai tentar é substituí-la” (KOYRÉ, 1992b, p. 399).

Descartes, considerado pela maior parte dos historiadores como um dos fundadores da filosofia moderna era um filósofo, insatisfeito com a ciência e o ensino de sua época, propôs um corte, uma ruptura, com toda a tradição vigente e buscou construir algo completamente novo.

Tem-se a ideia de que o paradigma cartesiano envolve uma adoção do ceticismo em primeiro lugar – um ceticismo questionador das tradições e verdades absolutas – tornando essa uma característica fundamental da ciência na modernidade.

associada de diferentes maneiras à imagem do fundador. No entanto, é interessante notar que as interpretações acerca do significado da obra galileiana divergem em muitos pontos fundamentais, de modo que podemos encontrar posicionamentos como o de Stilman Drake. Nos trabalhos desse historiador, Galileu é retratado como um grande experimentador e prático, para quem o discurso científico deve estar relacionado ao mundo sensível. Para essa interpretação, a importância de Galileu estaria principalmente no desenvolvimento técnico, na realização de experiências empíricas e no combate ao excesso de abstrações (DRAKE, 1973). Essa é a corrente interpretativa segundo a qual Galileu romperia com uma ciência abstrata e construiria uma ciência concreta, ligada a interesses práticos e baseada na experimentação direta. Vale lembrar que este modelo interpretativo se tornou tradicional na historiografia.

Para Koyré, Galileu é o responsável pela consolidação da revolução científica do século XVII, uma vez que é em sua obra que se realiza, pela primeira vez na história do pensamento humano, a ideia da física matemática (KOYRÉ, 1992b).

A escrita koyreniana destaca o aspecto filosófico da obra de Galileu: “Uma obra de filosofia: não só, com efeito, a física e cosmologia tradicionais que Galileu ataca e combate, é toda a filosofia e toda a *Weltanschauung* dos seus adversários” (KOYRÉ, 1992b, p. 265). Koyré realiza um esforço para construir, através da narrativa histórica, a grandeza da transformação operada por Galileu, transformação que não se limitou a aspectos metodológicos ou técnicos.

Koyré diz nos *Estudos Galilaicos* que Galileu possui uma obra pedagógica que – indo além do ensino de física e da defesa do copernicanismo e do combate a Aristóteles – ensina antes de tudo a pensar.

O *Diálogo* e os *Discursos* nos contam a história da descoberta, ou melhor ainda, da redescoberta da linguagem que fala a natureza. Eles nos explicam a maneira de interrogá-la, quer dizer, a teoria dessa experimentação científica na qual a formulação dos postulados e a dedução de suas consequências precedem e guiam o recurso à observação. Isso, pelo menos para Galileu, é uma prova “de fato”. A nova ciência é para ele uma prova experimental do platonismo (KOYRÉ, 1973, p. 195).

Em seu artigo “Galilée et l’expérience de Pise: à propos d’une légende” [1937] Koyré argumenta que Galileu, que já havia elaborado sua física teoricamente, precisava experimentar, ou fingir fazê-lo, para convencer o leitor. A nova física contrariava Aristóteles, negava a tradição, era necessário ser persuasivo. Mas a ciência moderna, que tem por característica a exatidão e a precisão, não pode ser construída a partir de experiências empíricas, até mesmo porque a realidade sensível não oferece condições

necessárias à realização da experimentação nas condições que ela precisa ser praticada a partir do século XVII.

As experiências reais são, frequentemente, muito difíceis de fazer, elas implicam, não menos frequentemente, uma aparelhagem complexa e custosa. Além disso, elas comportam, necessariamente, um certo grau de imprecisão; e portanto de incerteza. É impossível, com efeito, produzir uma superfície plana que seja “verdadeiramente” plana, ou de realizar uma superfície esférica que realmente o seja. Não há, e não é possível haver, *in rerum natura*, corpos perfeitamente rígidos, muito menos corpos perfeitamente elásticos, não podemos executar uma medida perfeitamente exata (KOYRÉ, 1973, p. 225, minha tradução).

A experimentação científica, a partir do século XVII, é realizada de maneira completamente desvinculada da experiência empírica. Os objetivos buscados pela ciência são completamente diversos daquilo que poderia ser alcançado através de puras observações de dados empíricos. A matematização do mundo transforma a física enquanto conhecimento, a física de Galileu é completamente distinta da física aristotélica por ser essencialmente teórica e abstrata, trata-se de uma ciência que busca a compreensão e a previsão de fenômenos que vão muito além do que pode ser perceptível aos olhos humanos, ou reproduzido por mão humanas.

Sobre as experiências realizadas por Galileu antes da construção de qualquer instrumento de precisão, Koyré destaca o papel da imaginação, que auxiliava na transposição dos limites impostos pela natureza física e humana. Era impossível no período de Galileu reproduzir as condições necessárias para testar através de experiências o movimento no plano inclinado ou a queda dos corpos. Galileu realiza sua experimentação a partir da teoria elaborada *a priori* e com o uso da imaginação, que também se guiava por sua teoria e por seus cálculos matemáticos. Assim nascia a ciência moderna e a experimentação: como atividades capazes de superar os limites do real através da abstração matemática.

É aí que a imaginação entra em cena. Alegrementemente ela preenche a lacuna. Ela não se embaraça com as limitações que o real nos impõe. Ela realiza o “ideal” e até mesmo o impossível. Ela opera com os objetos teoricamente perfeitos [...]. Assim ela faz rolar esferas perfeitas sobre planos perfeitamente lisos e perfeitamente duros, suspende pesos sobre alavancas perfeitamente rígidas e que não pesam nada [...]; envia corpos para se moverem eternamente em um espaço infinito [...] (KOYRÉ, 1973, p. 225-226).

E aqui é possível perceber a necessidade cada vez maior de instrumentos, a precisão e a exatidão exigidas pela ciência torna impossível praticá-la sem o uso de instrumentos precisos. Interpretar o surgimento dos primeiros instrumentos científicos, entre eles o telescópio, como o resultado do nascimento de uma ciência mais prática e concreta é ignorar o essencial da física que nasceria no século XVII, que serviria de

modelo e inspiração de cientificidade para as demais áreas do conhecimento e que presava essencialmente pela precisão e exatidão, não pela correspondência entre suas teorias e o que podia ser verificado empiricamente. A física que nasceria no século XVII tinha seus objetivos ligados muito mais à capacidade de compreensão de fenômenos universais do que à construção de instrumentos técnicos que pudessem servir ao homem comum.

Na escrita de Koyré, Galileu não tem seus trabalhos ligados a atividades práticas: trata-se de um Galileu pensador e filósofo que – muito diferente de um técnico ou de um engenheiro – trabalha com ideias abstratas. Nesta interpretação, Galileu transforma não apenas a técnica, uma vez que é autor do primeiro instrumento científico moderno, mas a própria estrutura do pensamento.

Koyré reconhece a importância do instrumento para o desenvolvimento científico, chegando inclusive a denominar de “pré-moderna” a ciência anterior ao telescópio (KOYRÉ, 2006, p. 250, nota 7). Porém, em Koyré, o telescópio ou qualquer outro instrumento científico não são possibilitados por experiências empíricas e não são construídos espontaneamente a partir de um desenvolvimento da técnica; o contrário que é verdadeiro: os avanços na técnica são sempre precedidos de transformações na ciência, sem essa mudança prévia no pensamento a técnica permaneceria estagnada. “A ciência cartesiana e galiléica beneficiou, sem dúvida, os engenheiros, e foi utilizada pela técnica, com o sucesso que se sabe. Mas não foi criada nem por técnicos nem para a técnica” (KOYRÉ, 1992b, p. 15, nota 7).

O instrumento nasce a partir de uma transformação teórica, sendo a realização material dessa teoria³⁵. É por ter essa noção que Koyré afirmará – embora cite os instrumentos de observação de Tycho Brahe³⁶ – que o primeiro instrumento científico é o telescópio. Os instrumentos de Brahe eram apenas instrumentos de observação,

³⁵ Gérard Jorland afirma em seu *La science dans la philosophie* [1981], que a maneira como Koyré define conceitualmente ciência e técnica, está intimamente relacionada com sua maneira de definir teoria e experiência: “Da mesma forma que a teoria não provém da experiência, mas possibilita uma experimentação que a realiza, a ciência não vem da técnica, mas gera uma tecnologia que cria seu universo. Um universo preciso” (JORLAND, 1981, p. 60, nota 2, minha tradução).

A verdadeira transformação vivenciada pela ciência no período conhecido como idade clássica foi, conforme o defendido por Koyré, uma transformação teórica. Jorland destaca que a fonte para esta transformação seria Arquimedes. Independente de qualquer transformação técnica ou do desenvolvimento de ferramentas e instrumentos, a ciência começa, a partir do século XVII, a ser concebida a partir de uma racionalidade geométrica, aqui compreendida como arquimediana.

³⁶ Tycho Brahe realiza, no século XVI, uma série de observações astronômicas, construindo ferramentas para auxiliá-lo nessas observações. Mas Brahe mantém-se teórica e filosoficamente aristotélico, fazendo com que sua física também permaneça segundo a visão de mundo cosmológica desta tradição (KOYRÉ, 1992b).

apenas ferramentas, assim como um par de óculos ou um arado: apenas prolongavam os sentidos. O telescópio, ao contrário é construído a partir da teoria óptica, sendo, portanto um instrumento científico. Com o telescópio, Galileu daria início a um novo período para a ciência:

[...] montanhas na Lua, novos “planetas” no céu, novas estrelas fixas em número tremendo, coisas que nenhum olho humano havia jamais visto e que nenhuma mente humana havia concebido anteriormente. E não só isso: além desses fatos novos, estarecedores e inteiramente inesperados e imprevistos, havia ainda a descrição de uma invenção assombrosa, a do *perspicillum*, um instrumento – o primeiro instrumento científico – que havia tornado todas essas descobertas possíveis e havia permitido a Galileu transcender a limitação imposta pela natureza – ou por Deus – aos sentidos e aos conhecimentos humanos (KOYRÉ, 2006, p. 81).

O diferencial da interpretação de Koyré é que o telescópio não tem sua importância reduzida ao fato de ser um instrumento capaz de aumentar o poder de observação dos fatos. A importância do instrumento está na teoria envolvida em sua elaboração. O telescópio não é apenas uma ferramenta que auxilia no prolongamento das funções do olho humano, fazendo aqueles que o utilizam enxergar o que está localizado a distâncias superiores à nossa visão. O telescópio é um instrumento científico que permite “ver o que ninguém jamais viu” (KOYRÉ, 1971, p. 352. Tradução minha), uma vez que a precisão envolvida em sua elaboração era algo não existente até o século XVII.

A construção do telescópio envolveu atividades de mensuração e cálculos exatos, atividades que só existiriam a partir do momento em que a precisão se fizesse presente na ciência. Desse modo ao construir o primeiro instrumento científico Galileu ensina aos artesãos e engenheiros a prática da mensuração, os ensina a realizar o trabalho exato e preciso. A ciência teórica de Galileu transforma a técnica, não é, ao contrário, Galileu quem se volta para a técnica e aprende nas oficinas seu ofício.

Dessa forma, o progresso da técnica corresponde a uma aplicação da inteligência teórica ao real, é o resultado de uma revolução e não seu agente. A ciência do século XVII não foi fruto do trabalho de artesãos e engenheiros, ao contrário, para que os objetivos teóricos da construção de instrumentos fossem alcançados, fez-se necessário aplicar à técnica os fundamentos da nova ciência: a medida, o cálculo, a exatidão. A ciência experimental ensina ao artesão a linguagem matemática, aprimora seu trabalho. Dessa forma, as transformações científicas, transformações essencialmente teóricas, transformaram a própria técnica.

Para Koyré, Galileu marca a ciência moderna não por ter construído o telescópio, e sim por ter resolvido um problema teórico e filosófico que possibilitou a transformação da matemática na linguagem da ciência e da natureza, o que tornou possível a experimentação.

A utilização de instrumentos na prática científica envolve fundamentalmente os princípios de mensuração e precisão, princípios inexistentes na ontologia aristotélica. No século XVII, o desenvolvimento de uma ciência matemática é condição necessária para que instrumentos precisos possam ser pensados e construídos. Assim, nos trabalhos de Koyré o desenvolvimento científico do século XVII não poderia ser explicado pelo desenvolvimento da técnica. A afirmação de que uma promoção da técnica levaria à ciência moderna está em desacordo com a própria estrutura da ciência experimental.

Koyré elabora uma definição conceitual de instrumento, a construção dos primeiros instrumentos científicos – que caracterizariam a ciência moderna – é vista por ele como um fenômeno essencialmente teórico, possibilitado pela matematização do mundo. O desenvolvimento de instrumentos de precisão é parte da revolução científica do século XVII e não representa apenas um desenvolvimento técnico. Os instrumentos científicos nascem das necessidades teóricas da ciência moderna e sua construção representa o início de uma maneira diferenciada de produzir ciência, onde a precisão se alia à técnica. Neste sentido, não considera-se que os instrumentos tenham operado uma transformação na ciência, e sim que as transformação no pensamento científico tenham possibilitado o surgimento de instrumentos.

Em seu artigo de 1948, “Du monde de l’ a-peu-près a l’ univers de la précision”, Koyré destaca que as máquinas existentes até o século XVI eram máquinas rudimentares, destinadas apenas a trabalhos grosseiros (KOYRÉ, 1971), qualquer tarefa mais precisa ou delicada precisaria ser realizada por mãos humanas. Após a revolução científica do século XVII acontece progressivamente o contrário, a necessidade de precisão científica leva a construção e utilização de número cada vez maior de máquinas e instrumentos científicos.

Em seu livro *A formação do espírito científico*, Bachelard escreve sobre os instrumentos de medida e suas relações com a teoria, ele argumenta que quanto maior for a necessidade de precisão em uma operação, maior será a necessidade de técnica e a operação será científica a partir dessa necessidade de precisão. Para Bachelard:

O instrumento de medida acaba sempre sendo uma teoria, e é preciso compreender que o microscópio é um prolongamento mais do espírito que do olho. Assim, a precisão discursiva e social destrói as insuficiências intuitivas

e pessoais. Quanto mais apurada é a medida, mais indireta ela é (BACHELARD, 2008, p. 297).

É possível perceber, a partir do trecho citado, que para Bachelard a precisão envolve uma construção, um preparo prévio, bem como certo distanciamento da realidade empírica. A precisão exigida pela ciência moderna traz a necessidade do que Bachelard chama de “um corpo de técnicos” (BACHELARD, 2008, p. 297), a necessidade da aplicação de uma teoria. A ciência moderna tem sua precisão pautada em noções abstratas, de modo que as operações realizadas por essa ciência são operações abstratas, indiretas.

Em *A formação do Espírito Científico*, Bachelard trata da relação entre ciência e técnica, e assim como para Koyré, em sua compreensão, são as necessidades da ciência que impulsionam o desenvolvimento científico. Ele destaca que a necessidade de utilização de instrumentos de precisão científica também aumenta com o desenvolvimento da física (BACHELARD, 2008). Existe um limite para a precisão alcançada por tarefas realizadas pelas mãos humanas. As atividades que exigem maior precisão, ou que trabalham com escalas de medidas extremamente reduzidas, demandam o uso de instrumentos para sua realização. Essa realidade descrita por Bachelard diz respeito à ciência do mundo moderno, a ciência quantitativa presente no universo da precisão. Sobre as máquinas e a técnica existentes antes da revolução científica do século XVII, máquinas do mundo do “mais ou menos”, Koyré observa exatamente o contrário:

[...] apenas as operações mais grosseiras da indústria, tais como bombear a água, moer o trigo, torcer a lã, acionar os foles das forjas, podem ser confiadas às máquinas. As operações mais delicadas só podem ser executadas pela mão do homem. E pela força do homem (KOYRÉ, 1971, p. 347. Tradução minha).

Percebe-se assim que os instrumentos são criados e aperfeiçoados em função das transformações nas teorias científicas, de modo que foi a revolução científica do século XVII que possibilitou o surgimento dos primeiros instrumentos de precisão. Esses instrumentos de precisão, característicos da ciência moderna, seriam indicativos de uma nova maneira de praticar uma ciência que teria na precisão uma de suas principais características.

Em seu artigo “Le ‘De motu Gravium’ de Galileu: de l’expérience imaginaire e de son abus”, Koyré escreve sobre a lei da queda dos corpos formulada por Galileu. A formulação dessa lei seria responsável pelo desmoronamento da física aristotélica, abrindo precedentes para o desenvolvimento da lei da inércia. Nesse artigo, ele trata

especificamente do uso de experiências imaginárias por Galileu, mostrando que “não é seguindo a experiência, é passando adiante dela que o pensamento científico progride” (KOYRÉ, 1973, p. 263, minha tradução).

Ao desenvolver uma teoria que afirma que o movimento é um estado e não mais – conforme era estabelecido pela física aristotélica – um processo³⁷, Galileu baseia sua mecânica no princípio de inércia. Quando escreve sobre a formulação da lei de inércia, Koyré destaca que Galileu não conseguiu desenvolver e estabelecer formalmente essa teoria por que não pôde rejeitar completamente os dados da experiência. Dessa forma, o único papel que a experiência direta teria na obra de Galileu seria o papel de obstáculo.

Com efeito, apesar de Galileu nunca ter formulado explicitamente o princípio da inércia, sua mecânica está, implicitamente, baseada nele. E é somente sua hesitação em extrair, ou em admitir, as últimas – ou implícitas – consequências de sua própria concepção do movimento, sua hesitação em rejeitar completa e radicalmente os dados da experiência em favor do postulado teórico que estabeleceu com tanto esforço, que o impede de dar esse último passo no caminho que leva do Cosmo finito dos gregos ao Universo infinito dos modernos (KOYRÉ, 1973, pp. 197-198, Minha tradução).

Retirar da experiência direta os créditos da obra de Galileu é algo incomum na historiografia, que tradicionalmente atribui grande destaque às experiências realizadas por ele. Em *Études d'histoire de la pensée scientifique*, encontramos um texto intitulado “Traduttore-Traditore”, originalmente publicado em 1943. Nesse texto, Koyré trata de problemas encontrados em traduções de obras clássicas da filosofia e da ciência e alerta sobre o cuidado necessário para não substituir as concepções do autor traduzido por “nossas concepções e nossos hábitos”. (1973, p.272. Tradução minha). Ao tratar do caso específico de Galileu, Koyré menciona a tradução de *Discorsi e dimostrazioni matematiche intorno a due nuove scienze*. A obra foi traduzida para o inglês em 1914, por Henry Crew e Alfonso de Salvio e nessa tradução Galileu é descrito como um empirista, pois os tradutores transformam a palavra italiana *comperio* na expressão *discovered by experiment*.

Não vou aqui empreender uma crítica da tradução de Crew e de Salvio. Me é suficiente observar que, não só Galileu não diz que descobriu as propriedades da queda e do arremesso através da *experiência*, mas que o termo *experiência* (*experimentum*) não é por ele empregado. Este termo foi pura e simplesmente acrescentado pelo tradutor que, visivelmente atraído pela epistemologia

³⁷ O cosmos aristotélico estabelecia uma ordem natural para cada elemento, de modo que se os corpos pesados caem é para voltar ao seu local de origem: os corpos tendem a voltar para seu lugar natural através do movimento natural. A ideia de um lugar natural vem da finitude do cosmos aristotélico, o que também gera a impossibilidade do movimento infinito, assim o movimento não pode ser um estado, mas apenas processo. O movimento violento necessita da ação de uma força externa e também é um processo.

empirista, não podia imaginar que se pudesse demonstrar ou descobrir alguma coisa de outra forma que não *pela experiência* (KOYRÉ, 1973, p.274. Tradução minha).

Koyré finaliza refletindo sobre o que chama de “lenda do Galileu experimentador”, algo que teria se consolidado na historiografia devido, em parte, às traduções marcadas pelo caráter empirista.

Não é surpreendente que a lenda do Galileu empirista e experimentador tenha sido tão firmemente estabelecida na América. Pois, infelizmente! os historiadores americanos, mesmo os melhores, citam Galileu ou, pelo menos os *Discorsi*, segundo a tradução inglesa (KOYRÉ, 1973, p.274, minha tradução).

A imagem de Galileu como um empirista é muito forte. Um exemplo da força dessa imagem é que a suposta experiência realizada por Galileu na torre de Pisa constitui um dos eventos mais narrados de sua vida e da própria história das ciências. As experiências realizadas por ele são constantemente mencionadas pela historiografia tradicional, uma vez que a interpretação corrente afirma que a ciência moderna é essencialmente experimental, dessa forma os trabalhos empíricos de Galileu seriam indícios importantes dos primeiros passos dessa nova ciência. O episódio em Pisa seria particularmente importante, porque marcaria o momento em que Galileu se pronunciaria aberta e publicamente contra a escolástica e o aristotelismo.

A ideia de um Galileu experimentador constitui algo combatido por Koyré desde a década de 1930, como mostra seu artigo “Galilée et l’expérience de Pise: à propos d’une légende”, Sobre as famosas experiências realizadas por Galileu do alto de uma torre em Pisa, Koyré afirma: “As experiências de Pisa são um mito.” (1973, p. 217. Tradução minha). No referido artigo, Koyré argumenta contra a possibilidade de realização de tais experiências. Ele lembra que, embora a experiência na torre de Pisa seja o acontecimento mais mencionado sobre a vida de Galileu, o único relato original sobre o episódio nos é dado por Vincenzo Viviane, discípulo de Galileu na época de Pisa. Viviane escreveu seu relato, bastante conciso, sessenta anos depois da realização da suposta experiência. Koyré irá destacar que “os historiadores de Galileu adornaram e ‘desenvolveram’ o testemunho de Viviane”. (1973, p. 218. Tradução minha).

Sobre o fato de existir um único relato sobre uma experiência tão importante para ciência e para a história, Koyré alega:

[...] como uma experiência tão importante, tão decisiva, preparada com tal arte publicitária, nos seja conhecida *unicamente* através da descrição que dela fez Viviane, sessenta anos mais tarde? Como que, sobre esse acontecimento retumbante, ninguém tenha dito uma palavra? Nem os amigos de Galileu, nem seus adversários, jamais falam disso. Tampouco o próprio Galileu. [...]

A única explicação possível para esse silêncio é a seguinte: se Galileu nunca fala da experiência de Pisa, é porque ele não a fez (1973, p. 219, minha tradução).

Mas, em Koyré, o argumento mais importante para rechaçar a “lenda” da experiência de Pisa não está na alegação da falta de documentos para comprovar os relatos puramente literários feitos pelos historiadores de Galileu. Para Koyré, Galileu não precisava e não poderia realizar empiricamente essas experiências, pois sua ciência não é empírica e experimental, mas abstrata. Galileu não poderia demonstrar a lei da queda dos corpos através de experiências empíricas, pois a ciência moderna não é demonstrável através da empiria. A ciência moderna é construída sobre conceitos geométricos e essencialmente abstratos, após o surgimento dessa ciência matemática, a experimentação torna-se uma elaboração teórica.

Em um texto posterior, “De moto Gravium” de Galilée: de l’expérience imaginaire e de son abus”, Koyré estabelece que sempre existirá uma distância entre a natureza, entre o que existe *a priori* e o objeto da ciência, é essa distância que impossibilita que a experimentação empírica seja aplicada à ciência moderna: “Entre o dado empírico e o objeto teórico permanece e sempre permanecerá, uma distância que é impossível vencer” (KOYRÉ, 1973, p. 225, minha tradução).

A afirmação de que os corpos com pesos diferentes caem em velocidades iguais só é aplicável no vácuo, ou seja, é uma afirmação que se aplica a uma situação abstrata. Cabe ressaltar mais uma vez que, em Koyré, a ciência moderna seria um desvio em direção à abstração. O papel decisivo de Galileu para a revolução científica do século XVII não se deve à experiência direta, mas à criação da possibilidade de aplicar a matemática à natureza, a possibilidade de geometrizar o espaço terrestre. A precisão na ciência só é possível a partir de Galileu, responsável direto pelo abandono da física aristotélica, pelo abandono da hierarquia entre céu e Terra.

[...] Galileu [...] nega o caráter “abstrato” das noções matemáticas; e nega o privilégio ontológico das figuras regulares.

Uma esfera não é menos esfera por ser real: os seus raios não são por isso desiguais; senão não seria uma esfera. [...]

E a objeção galilaica implica, pelo contrário, que o real e o geométrico não sejam de maneira alguma heterogêneos e que a forma geométrica possa ser realizada pela matéria (KOYRÉ, 1992b, p. 352).

Em Koyré, o nome de Galileu está ligado ao nascimento da ciência moderna e essa ciência é uma ciência experimental. No entanto, para o autor, experimentação difere de simples experiência. O conceito de experiência está relacionado às evidências empíricas dos objetos, já o conceito de experimentação científica se constitui a partir de

uma interrogação metódica da natureza e exige a existência prévia de uma linguagem que possibilite essa interrogação bem como de um vocabulário que permita uma interpretação das respostas.

2.2.2 Newton e a física moderna

A importância de Newton e suas leis para o nascimento da ciência moderna é algo longamente debatido pela historiografia. As contribuições de Newton para a física, principalmente a lei da inércia e a lei da gravitação universal representam a consolidação do processo de transformação no pensamento científico iniciado no século XVI. Com as leis de Newton, fica estabelecido que tanto a Terra, quanto o espaço obedecem aos mesmos princípios físicos, eliminando qualquer tipo de hierarquia entre mundo celeste e mundo terrestre.

Newton seria a conclusão de um longo processo de transformação do pensamento, um processo que aplicaria a matemática tanto ao espaço terrestre quando ao celeste e que traria a precisão e a exatidão para a prática científica. A partir de Newton os ideais e os princípios da nova física não estariam apenas solidificados, mas passariam a ser estudados até mesmo em escolas primárias, adquirindo posto de conhecimento válido e verdadeiro. Em seu texto “Sens et portée de la synthèse newtonienne”, originalmente publicado em 1950 e posteriormente nos *Études Newtoniennes* [1968], Koyré afirma que Newton seria ao mesmo tempo herdeiro e máxima expressão da revolução científica do século XVII:

[...] quando falamos de Newton e do newtonianismo, nós sabemos mais ou menos do que estamos falando. Mais ou menos! De uma certa maneira essa expressão, com referência a Newton, me parece inapropriada. É possível que o sentido profundo e mesmo o objetivo do newtonianismo, ou mesmo de toda a revolução científica do século XVII, da qual Newton é o herdeiro e a expressão mais alta, seja precisamente o de suprir o mundo do “mais ou menos”, o mundo das qualidades e das percepções sensíveis, o mundo cotidiano do aproximativo, e de substituí-lo pelo universo (arquimediano) da precisão, das medidas exatas, da determinação rigorosa (KOYRÉ, 1968, p. 28, minha tradução).

A citação mostra que com Newton a ciência moderna está totalmente estabelecida, o mundo do “mais ou menos”, onde os cálculos poderiam ser meramente aproximativos não existe mais. Em Newton a experimentação será efetivamente consolidada e será realizada em sua máxima expressão. Uma lei científica estabelece os modos como a natureza agirá em qualquer situação.

Em “L’hypothèse et l’expérience chez Newton,” texto publicado originalmente em 1956 e posteriormente na coletânea *Études Newtoniennes*, Koyré analisa a questão da hipótese e de seu papel no interior da atividade científica, bem como de sua representação na filosofia e historiografia das ciências. De acordo com Koyré, a historiografia tradicional nos apresenta a aversão de Newton pelas hipóteses, Newton figura nas páginas da história das ciências como um experimentador, um cientista que prova suas teorias e formula leis para a natureza a partir da experimentação em seu sentido mais empírico. A imagem de Newton como alguém que rejeita completamente as hipóteses surge a partir desta declaração feita nos *Principia*:

Mas até aqui não fui capaz de descobrir nos fenômenos as causas dessas propriedades da gravidade, e eu não imagino hipóteses; pois tudo que não é deduzido dos fenômenos deve ser chamado de hipótese; e as hipóteses, quer metafísicas, quer físicas, quer mecânicas, quer de qualidades ocultas, não têm lugar na filosofia experimental (NEWTON *apud* KOYRÉ, 2006, p. 202).

Para o positivismo de Comte, o estabelecimento de leis que permitam a previsão é objetivo da ciência. Este objetivo é alcançado a partir da observação dos fatos, é apenas essa observação que permite o efetivo conhecimento da natureza. Não se deve buscar a causa dos fenômenos justamente porque essas causas não podem ser extraídas da observação empírica e não têm relevância para o estabelecimento de leis universais. Segundo essa interpretação, Newton e sua obra adquirem importância singular, uma vez que com ele – e o estabelecimento da Lei de Inércia e das leis da mecânica – a ciência moderna atingiria seu ápice. O estabelecimento de leis universais marca a possibilidade de previsão e controle da natureza, sendo representativo do caráter ativo da ciência moderna e do total controle do homem sobre o mundo.

Koyré investiga a precisão historiográfica dessa imagem de Newton como um cientista ligado a questões práticas, e para isso propõe uma dupla análise da obra newtoniana, considerando principalmente as dificuldades de se interpretar esta obra, algo que ele considera que seja causado principalmente por dois tipos de dificuldade: a) as de natureza material; e b) as de natureza histórica ou semântica.

Quanto às dificuldades materiais Koyré destaca que não existe grande número de edições críticas das obras de Newton, o que constitui uma barreira considerável para aqueles que se dedicam ao estudo de seu pensamento. No que se refere a obstáculos semânticos ou históricos, destaca-se o próprio uso do termo “hipótese” por Newton, uma vez que esse termo não é unívoco dentro da obra newtoniana, possuindo uma gama de significados que se misturam facilmente (KOYRÉ, 1968). De modo que, o termo

“hipótese”, da maneira como é utilizado por Newton, não pode ser traduzido como a “hipótese” que seria utilizada nos trabalhos científicos posteriores ao século XVIII.

A investigação realizada por Koyré acerca das obras de Newton constrói interpretações divergentes da historiografia corrente em sua época, mas não faz isso propondo a análise de novos documentos, até então esquecidos pelos historiadores. O que ele propõe é o questionamento filosófico desses documentos, uma leitura de Newton guiada pelo anseio de compreender sua obra a partir de seu próprio significado histórico, sem buscar encontrar provas de empirismo e interesse prático.

Koyré busca elucidar os sentidos em que o termo “hipótese” é utilizado por Newton, e faz isso através de questionamentos filosóficos e de uma leitura apurada dos escritos newtonianos em sua língua original. Quanto à frase “eu não imagino hipóteses”, creditada a Newton, Koyré faz uma ressalva à maneira como a referida frase foi traduzida do latim: “Eu traduzi *Hypotheses non fingo* por ‘Eu não simulo hipóteses’ e não, como é feito habitualmente, ‘Eu não imagino hipóteses’ ou ‘Eu não formo hipóteses’. Imaginar, formar e simular não são a mesma coisa” (KOYRÉ, 1968, p. 60, minha tradução).

O destaque para a obra abstrata de Newton e a afirmação de que ela teria consolidado a revolução científica do século XVII, vem coroar todo um eixo de argumentação koyreniana que defende que o nascimento da ciência moderna é marcado por transformações teóricas.

Considerações finais

Em seu trabalho como historiador do pensamento científico, desenvolvido desde 1930 até a década de sua morte em 1960, Koyré se posicionou de maneira enfática sobre uma série de questões relevantes para a historiografia, exercendo papel fundamental na construção e consolidação de um dos conceitos mais importantes para a história das ciências: o conceito de revolução científica. Para Koyré o nascimento da ciência moderna é fruto de uma revolução, e sobre essa revolução – suas características, condições de possibilidade e significados para o pensamento científico – dedica grande parte de sua obra.

Ele posicionou-se de maneira contrária ao positivismo enquanto tradição filosófica ligada a Auguste Comte no momento em que esta tradição estava consolidada como dominante, fornecendo os critérios a partir dos quais pensar a ciência e interpretar sua história.

A partir de sua oposição a Comte, Koyré busca construir outras chaves interpretativas para o nascimento da ciência moderna, caracterizando conceitualmente a revolução científica do século XVII. Ele vai elaborar definições distintas daquelas que estavam presentes na historiografia corrente para elementos considerados característicos da ciência moderna, o caráter prático desta ciência constitui o principal ponto a ser invertido por Koyré.

Em oposição à ideia de que a ciência moderna seria dotada de um caráter prático, Koyré constrói a noção de que a revolução científica do século XVII seria marcada pela matematização da natureza, um processo essencialmente teórico, que levaria ao surgimento da experimentação, atividade que em nada estaria relacionada com a prática.

A interpretação de Koyré acerca do nascimento da ciência moderna desenvolve uma maneira de pensar a atividade científica que será estendida a outros períodos da história – como a revolução na física operada por Einstein – sendo transformada em um pressuposto filosófico para suas pesquisas: para Koyré as revoluções científicas são sempre teóricas (KOYRÉ, 1971). As grandes transformações nas ciências podem gerar mudanças profundas na técnica, mas não são condicionadas por essas mudanças. Uma revolução científica é sempre fruto de uma transformação teórica e envolve uma ruptura com outras tradições além da científica.

A íntima relação entre filosofia e ciência é sempre reforçada por Koyré, que destaca a necessidade de ruptura total com a filosofia aristotélica antes que a nova ciência pudesse se consolidar em sua integralidade, estabelecendo sua visão de mundo correspondente.

Tais pressupostos filosóficos que guiam as interpretações koyrenianas – transformações científicas como transformações teóricas e necessidade de ruptura filosófica para que haja ruptura científica – estão presentes quando este historiador analisa o papel desempenhado por Copérnico, Galileu e Newton na construção e consolidação dos elementos constituintes da física moderna. Todas as dificuldades que precisaram ser vencidas por cada um desses grandes nomes se relacionam com problemas filosóficos que vão muito além de ciência pura.

A convicção na unidade das formas mais elevadas do pensamento humano fornecem bases para pensar o percurso da ciência, fazendo com que Koyré se defina como historiador do pensamento científico, algo diferente de um historiador das ciências, justamente por trazer implícita a ideia de que a história de uma ciência traz em seu interior outras noções e princípios distintos do que seria puramente científico.

Sendo assim, este trabalho discutiu o impacto da obra de Alexandre Koyré para a historiografia, uma vez que sua definição de ciência traz inovações conceituais que permitem estudar o passado de uma ciência a partir de seus próprios critérios de cientificidade, compreendendo a grandiosidade do nascimento de uma teoria e eliminando a noção de científico e pré-científico. Para Koyré ciência não corresponde à matematização, ele não classifica um saber científico de acordo com critérios da atualidade, mas de acordo com a coerência conceitual da teoria abordada em seu próprio período de elaboração. Por essa razão o saber antigo e medieval é apresentado como ciência no pensamento koyreniano. Dessa forma, Koyré revoga a ideia comtiana de que a revolução científica é uma marcha rumo ao progresso, as revoluções científicas não correspondem a um aumento de cientificidade.

A obra de Koyré diferencia conceitualmente a noção de experiência e de experimentação científica, conduzindo a uma concepção de ciência experimental não relacionada a atividades práticas e técnicas, construindo assim uma nova vertente para a historiografia das ciências.

A argumentação koyreniana não se opõe apenas à tradição historiográfica e filosófica de sua época. A oposição ao positivismo realizada em suas obras não deve ser considerada apenas como um combate direto a Comte e à sua filosofia, trata-se de uma

nova maneira de pensar historicamente o conhecimento científico, de desenvolver um novo conceito para a de ideia revolução científica – pensada como ruptura, como corte intelectual – oferecendo uma nova perspectiva para pensar teoricamente a ciência e a técnica. Koyré será contrário a todo princípio filosófico e historiográfico que interpreta a experimentação como uma atividade análoga à experiência e vincula conhecimento à atividade empírica e observação direta.

Referências

Obras de Alexandre Koyré:

KOYRÉ, Alexandre. “Introduction”. *Des Révolutions des Orbes Célestes*, de Nicolas Copernic. Paris: Félix Alcan, 1934.

KOYRÉ, Alexandre. *A l’Aurore de la Science moderne : la jeunesse de Galilée*. Annales de l’Université de Paris, 1935. Tome 10, nº 4, pp. 540-551.

KOYRÉ, Alexandre. “As ciências exatas”. In: TATON, René [org.] *História Geral das Ciências – A ciência moderna*. São Paulo: Difusão Europeia do Livro. 1960. Tomo II. Volume 1(O Renascimento).

KOYRÉ, Alexandre. *La Révolution Astronomique*. Paris: Hermann, 1961.

KOYRÉ, Alexandre. *Études Newtoniennes*. Paris: Gallimard, 1968.

KOYRÉ, Alexandre. “De l’influence des conceptions philosophiques sur l’évolution des théories scientifiques” [1954]. In : *Études d’histoire de la pensée philosophique*. Éditions Gallimard, 1971.

KOYRÉ, Alexandre. “Du monde de l’a-peu-près a l’univers de la precision” [1948]. In : *Études d’histoire de la pensée philosophiques*. Éditions Gallimard, 1971.

KOYRÉ, Alexandre. “Aristotelisme e Platonisme dans La philosophie du Moyen Âge.” [1944] In: *Études d’histoire de la pensée scientifique*. Éditions Gallimard, 1973.

KOYRÉ, Alexandre. “Les Origines de la Science Moderne: une interprétation nouvelle.” [1956] In: *Études d’histoire de la pensée scientifique*. Éditions Gallimard, 1973.

KOYRÉ, Alexandre. “Léonard de Vinci 500 ans après.” [1953] In: *Études d’histoire de la pensée scientifique*. Éditions Gallimard, 1973.

KOYRÉ, Alexandre. “Galilée et Platon”. [1943] In: *Études d’histoire de la pensée scientifique*. Éditions Gallimard, 1973.

KOYRÉ, Alexandre. “Galilée et la Révolution Scientifique du XVII^e.” [1955] In: *Études d’histoire de la pensée scientifique*. Éditions Gallimard, 1973.

KOYRÉ, Alexandre. “Galilée et l’expérience de Pise: à propôs d’une légende.” [1937] In: *Études d’histoire de la pensée scientifique*. Éditions Gallimard, 1973.

KOYRÉ, Alexandre. “Le ‘De motu Gravium’ de Galilée: de l’expérience imaginaire et de son abus”. [1960] In: *Études d’histoire de la pensée scientifique*. Éditions Gallimard, 1973.

KOYRÉ, Alexandre. “Traduttore-Traditore.” [1943] In: *Études d’histoire de la pensée scientifique*. Éditions Gallimard, 1973.

KOYRÉ, Alexandre. “Une Expérience de Mesure.” [1953] In: *Études d’histoire de la pensée scientifique*. Éditions Gallimard, 1973.

KOYRÉ, Alexandre. “Perspective sur l’histoire des sciences.” [1963] In: *Études d’histoire de la pensée scientifique*. Éditions Gallimard, 1973.

KOYRÉ, Alexandre. *Estudos de História do Pensamento Científico*. Rio de Janeiro, Forense Universitária; Brasília: Ed. UnB, 1982.

KOYRÉ, Alexandre. *De la mystique à la science. Cours, conférences et documents, 1922-1962*. Organização de Pietro Redondi. Paris: EHESS, 1986.

KOYRÉ, Alexandre. *Estudos de História do Pensamento Filosófico*. 2^o Edição. Rio de Janeiro, Forense Universitária (Coleção Campo Teórico), 1991.

KOYRÉ, Alexandre. *Considerações sobre Descartes*. 4^o Edição Lisboa: Editora Presença, 1992a.

KOYRÉ, Alexandre. *Estudos Galilaicos*. Lisboa: Publicações Dom Quixote, 1992b.

KOYRÉ, Alexandre. *Do Mundo Fechado ao Universo Infinito*. 4^o Edição. Rio de Janeiro, Forense Universitária, 2006.

KOYRÉ, Alexandre. “Filosofia da história” [1946]. In: SALOMON, Marlon. [org.] *Alexandre Koyré: Historiador do Pensamento*. Goiânia. Almeida e Clément Edições. 2010.

Bibliografia Geral:

ALMEIDA, Fábio. “Alexandre Koyré e o pensamento científico”. In: SALOMON, Marlon. [org.] *Alexandre Koyré: Historiador do Pensamento*. Goiânia. Almeida e Clément Edições. 2010.

ALMEIDA, Fábio. *Uma filosofia da experiência concreta: o racionalismo de Gaston Bachelard*. Ideação, Feira de Santana, n. 25 (2), p. 123-139, jan./jun. 2012.

ALMEIDA, Tiago Santos. *Aventuras e estratégias da razão: sobre a história epistemológica das ciências*. Dissertação de Mestrado. Universidade de São Paulo. 2011.

AMARO, Antonio. *A crítica de Pierre Duhem ao experimento crucial*. Dissertação de mestrado – Universidade São Judas Tadeu, São Paulo, 2009.

ARAUJO, Ricardo. *O caráter matemático da ciência moderna na visão de Martin Heidegger*. Humanitas, v.25, n.1/2, 2009, p. 87 a 99.

ARENTE, Hannah. *A Condição Humana*. 10ª Edição. Rio de Janeiro, Forense Universitária, 2004. Dissertação – Programa de Pós-graduação em história / Universidade Federal de Minas Gerais. 2010.

BACHELARD, Gaston. *A Formação do Espírito Científico*. 4ª Edição. Rio de Janeiro, Contraponto, 2008.

BACHELARD, Gaston. *L'Engagement Rationaliste*. Paris: PUF, 1972.

BACON, Francis. *Novum Organum*. Coleção Os Pensadores, Editora Nova Cultura, São Paulo. 1999.

BEAUJOUAN, G. *A ciência no ocidente medieval cristão*. In: TATON, René [org.] *História Geral das Ciências – A ciência antiga e medieval*. São Paulo: Difusão Europeia do Livro. 1960. Tomo I. Volume 3 (A ciência medieval). p. 102 -164.

BOURDÉ, Guy. MARTIN, Hervé. *As escolas históricas*. Publicações Europa-América. 1983.

BRENNER, Anastasios. *Les origines françaises de la philosophie des sciences*. Presses universitaires de France, Paris, 2003.

BRITO, Maria Amélia. *O positivismo científico de Antero de Quental*. Revista Portuguesa de Filosofia. Volume 53 (Jan- Mar, 1997), pp. 39 – 61.

BRUNSCHVICG, Léon. *Le progrès de la conscience dans la philosophie occidentale*. Tome I. Paris, PUF, 1927.

BRUNSCHVICG, Léon. *Écrits Philosophiques*., Paris, PUF, 1958 Tome troisième.

BURTT, Edwin Arthur. *Metaphysical Foundations of Modern Physical Science*. NY: Doubleday, 1954.

BUTTERFIELD, H. *As origens da ciência moderna*. Tradução de Teresa Martinho. Lisboa: Edições 70, 1992.

CASSIRER, Ernst. *El problema del conocimiento en la filosofía y en la ciencia moderna*. México: Fondo de Cultura Económica. 1993.

CHALMERS, Alan. *A Fabricação da ciência*. São Paulo: UNESP, 1994.

COHEN, I. Bernard. *O Nascimento de uma Nova Física*. [Lisboa]: Gradiva 1988.

COMTE, Auguste. *Cours de Philosophie Positive*. Paris, Rouen Frères, Libraires-éditeurs, 1830. Tome I.

COMTE, Auguste. *Discours sur l'ensemble du positivisme*. Paris, Société Positiviste Internationale, Edition du cinquantenaire, 1907.

COMTE, Auguste. *Discours sur l'esprit positif*. Paris, Garilian-Goeury et Dalmont éditeurs, 1844.

DRAKE, Stilman. *Galileo's Language: Mathematics and Poetry in a New Science*. Yale French Studies, N° 49, 1973, pp.13-27.

DUHEM, Pierre. *Etudes sur Léonard de Vinci*. Paris, Hermann, 1906. Tome I.

DUHEM, Pierre. *Les origines de la statique*. Paris, Hermann, 1905. Tome I

DUHEM, Pierre. *Les Systèmes du monde. Histoire des Doctrines Cosmologiques de Platon à Copernic. La Physique Parisienne au XIV Siècle*. Paris: Hermann, 1958. Tome IX.

DUHEM, Pierre. *Les Systèmes du monde. Histoire des Doctrines Cosmologiques de Platon à Copernic. Le Reflux de L'Aristotélisme*. Paris: Hermann, 1973. Tomo VI.

DUHEM, Pierre. *ΣΩZENIN TA PHAINOMENA: Essai sur la notion de Théorie physico de Platon à Galilée*. Paris, Hermann, 1908.

FANTOLI, Annibale. *Galileu - pelo Copernicianismo e pela Igreja*. São Paulo: Edições Loyola, 2008.

FEBVRE, Lucien Paul Victor. *O problema da incredulidade no século XVI a religião de Rabelais* São Paulo: Companhia das Letras, 2009.

FOUCAULT, Michel. *Arqueologia das Ciências e História dos Sistemas de Pensamento*. 2ª Edição. Rio de Janeiro, Forense Universitária, 2005. (Ditos e Escritos II).

FOUCAULT, Michel. *A Arqueologia do Saber*. 7ª Edição – Rio de Janeiro: Forense Universitária, 2009.

FREITAS, Renan. *A Saga do Ideal de Boa Ciência*. Revista Brasileira de Ciências Sociais. Vol.19. Nº55, p. 91 – 106. 2004.

GILLE, Bertrand. *Les ingénieurs de la Renaissance*. Paris, Hermann, 1964.

HEIDDEGER, MARTIN. *O tempo da imagem do mundo*. In: *Caminhos de Floresta*. Lisboa, Calouste Gulbenkian, 2002.

HEIDDEGER, MARTIN. *Que é uma coisa?* Lisboa: Edições 70, 1992.

JACOB, François. *A Lógica da Vida: Uma História da Hereditariedade*. Rio de Janeiro: Edições Graal, 1983.

JANEIRA, Ana Luísa. *Ruptura epistemológica, corte epistemológico e ciência*. Análise social. Nº 35-36, 1972. pp. 629 – 643.

- JAPIASSÚ, Hilton. *A Revolução científica moderna*. São Paulo, Letras e Letras, 1997.
- JORLAND, Gérard. *La Science dans la Philosophie: Les Recherches Épistemologiques d'Alexandre Koyré*. Paris: Gallimard, 1981.
- LECOURT, Dominique. *La Philosophie des Sciences*. Paris: PUF, 2001.
- KIRSCHNER, Tereza. *A reflexão conceitual na prática historiográfica*. Textos de História, vol. 15, nº 1/2, p. 49-61, 2007.
- KUHN, Thomas. *A tensão essencial*. Lisboa : Edições 70. 1977.
- KUHN, Thomas S. *A estrutura das revoluções científicas*. São Paulo: Perspectiva, 2001.
- KUHN, Thomas S. *A revolução copernicana*. Lisboa: Edições 70, 2002.
- MACHADO, Roberto. *Ciência e saber: a trajetória da arqueologia de Michel Foucault*. Rio de Janeiro: Graal, 1982.
- MARICONDA, Pablo. *Duhem e Galileu: uma reavaliação da leitura duhemiana de Galileu*. In: Fátima Regina Évora. (Org.). *Século XIX: o nascimento da ciência contemporânea*. Campinas: Coleção CLE/UNICAMP, 1993, v. 11, p. 123-160.
- MARICONDA, Pablo. *Galileu e a Ciência Moderna*. In: *Caderno de Ciências Humanas – Especiaria*, v.9, n. 16, jul./dez. 2006, p. 267 – 292.
- MEYERSOM, Emile. *De l'explication dans la sciences*. Paris: Payot. 1921.
- MOSCHETTI, Marcelo. *Qual Galileu? Sobre diversas leituras possíveis do texto galileano*. Guairacá. Guarapuava, Paraná nº 20, p. 71-83, 2004.
- OLIVEIRA, Amélia. *Alberto de Saxe, Leonardo da Vinci e a continuidade na ciência segundo Pierre Duhem*. Anais do 13º Seminário Nacional de História da Ciência e da Tecnologia, São Paulo, 2012.
- PAGOTO, Cristian; RAMOS, Eliana; SOUZA, Adalberto. *O prestígio do novo na modernidade literária*. Anais do 3º Colóquio de Estudos Linguísticos e Literários. Maringá, 2009, p. 240 -247.

PIVA, Adriana. Resenha: *A invenção das ciências modernas* (Isabelle Stengers) (REVISTA DA SBHC, Rio de Janeiro, v. 2, n. 2, p. 163-165, jul./dez. 2004).

PORTO, C.M. *A evolução do pensamento cosmológico e o nascimento da ciência moderna*. Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 30, 2008.

QUENTAL, Antero de; SERRÃO, Joel; MARTINS, Ana Maria Almeida. *Antero de Quental : tendências gerais da filosofia na segunda metade do século XIX*. Lisboa: Fundação Calouste Gulbentian, 1991.

REY, Abel. “La philosophie scientifique de M. Duhem”. In: *Revue de Métaphysique et de Morale*, 12e année, p. 699-744, Paris, 1904.

SALOMON, Marlon. [org.] *Alexandre Koyré: Historiador do Pensamento*. Goiânia. Almeida e Clément Edições. 2010.

SALOMON, Marlon. *Entre museus e cemitérios, entre monstros e fantasmas: a história das ciências em Gaston Bachelard e Alexandre Koyré*. Anais Eletrônicos XXVI Simpósio ANPUH. 2011.

SARAIVA, Augusto. *Filosofia*. Lisboa, Plátano, 1981.

SERRA, Joaquim. *Filosofia e Ciência*. Artigos Lusofia. Covilhão, 2008.

SILVA, Francismary. *Historiografia da revolução científica: Alexandre Koyré, Thomas Kuhn e Steven Shapin*. Dissertação – Programa de Pós-graduação em História / Universidade Federal de Minas Gerais, 2010.

SILVA, Francismary. *Notas Biográficas sobre Alexandre Koyré*. Caderno de resumos e anais do 5º Seminário Nacional de História da Historiografia: biografia e história intelectual. Ouro Preto: EdUFOP.

STENGERS, Isabelle. *A Invenção das ciências modernas*. São Paulo: Editora 34, 2002.

STUMP, James B. *History of Science through Koyre’s Lenses*. Stud. Hist. Phil. Sci., Vol. 32, No. 2, p. 243–263, 2001.

WILLIAMS, Michel. *A Critical Introduction to Epistemology*, Oxford: Oxford University Press, 2001.

WHITEHEAD, Alfred North. *A Ciência e o Mundo Moderno*. 2ª Edição. São Paulo: Brasiliense, 1951.

WHITEHEAD, Alfred North. *A Função da Razão*. Brasília: IBCCRIM, 1985.