

# **A Revolução Científica do século XVII em *Estudos Galilaicos* de Alexandre Koyré**

Marlon Jeison Salomon, Israel Salém Parreira Sales

Faculdade de História – UFG

e-mail: israelsalem@gmail.com; marlonsalomon@gmail.com

Palavras-chave: Revolução Científica, elaboração teórica, historiografia das ciências.

## **Introdução:**

Koyré estuda as condições que tornaram possível a ciência moderna, as transformações dos marcos em que se assentava a ciência antiga e medieval e o modelo estrutural da nova concepção de mundo, além de apontamentos específicos nos *Estudos Galilaicos* sobre os conceitos de Revolução Científica, experiência e movimento no desenvolvimento da nova ciência. Portanto, a interpretação de Koyré se interessa em compreender como foi possível matematizar a natureza e destruir o cosmo medieval para conceber e estabelecer as leis do movimento.

*Estudos Galilaicos*, publicado originalmente em 1939, é um dos primeiros livros em que Koyré reflete preferencialmente sobre a história das ciências. Neste momento, a interpretação positivista sobre a história da ciência moderna dominava os meios acadêmicos. Para Koyré, a revolução científica do século XVII não está dissociada de uma transformação de um quadro de pensamento onde está incluído tanto o pensamento religioso quanto o pensamento filosófico. E é por isso que *Estudos Galilaicos* é tão importante para se pensar a trajetória singular da interpretação de Koyré sobre a história das ciências e principalmente da revolução científica do século XVII operada por Galileu Galilei.

Para Koyré, o nascimento da ciência moderna não corresponde a um momento de cientificização do mundo, de uma purificação do espírito científico em contraposição ao obscuro tratamento que o pensamento medieval deu aos fenômenos da natureza. A revolução científica do século XVII não corresponde tampouco à descoberta das leis que regem os fenômenos físicos, mas sim uma “profunda transformação intelectual”. O pensamento do

século XVII, para Koyré, marca uma ruptura com todo o quadro de pensamento em que a metafísica e ciência aristotélica se encontrava até então fundamentado:

“(…) não é de um simples problema de ciência, é de um problema filosófico que se trata ao longo de todo este debate” [sobre a matematização da natureza], ou ainda: “é de filosofia, de ontologia, de metafísica que se trata ao longo de todo este debate. Não de ciência pura” (KOYRÉ1992. p. 211 e p. 231).

A Revolução científica dependeu de uma mutação do pensamento. Por isso, para ele, trata-se de um assunto indissociável da história intelectual. A física do século XVII não se desenvolveu isoladamente. Para Koyré, “o pensamento científico jamais foi inteiramente separado do pensamento filosófico”; “as grandes revoluções científicas sempre foram determinadas por transformações ou mudanças de concepções filosóficas”:

O pensamento científico não se desenvolve no vácuo, mas se acha sempre no interior de um quadro de idéias, em um conjunto de conceitos, de princípios fundamentais, de evidências axiomáticas que, habitualmente, foram consideradas como pertencentes propriamente à filosofia. (KOYRÉ,1991. p. 256).

Para Koyré, a revolução científica do século XVII (revolução galileana) foi uma revolução teórica. Não houve fato empírico novo que, em discordância com a teoria científica corrente, a levasse a uma revisão radical (no séc. XVII, os corpos caem da mesma forma que na época de Aristóteles, a observação do fato é a mesma, não há fenômeno novo). Isto porque, para Koyré, ciência significa “elaboração teórica”. Assim, as revoluções científicas são transformações nos fundamentos da ciência e não decorrem de uma acumulação de fatos (de observação ou empíricos) ou da consequência da descoberta de fatos novos.

Nos *Estudos Galilaicos*, Koyré distingue o novo conceito de experimentação do conceito de experiência. Experiência remete diretamente às sensações e à percepção sensível dos fenômenos empíricos, enquanto que experimentação remete a uma interrogação da natureza formulada numa linguagem geométrica e matemática.

Segundo Koyré, a transformação do conceito de movimento, no início do século XVII, implica na destruição da noção antiga e medieval de Cosmos, tornando possível a formação da ciência moderna. Estudamos o modo como ele interpreta a transformação desses conceitos: ciência, experimentação e movimento, com Galileu, dividindo a história do pensamento galilaico em etapas. Galileu parte de uma crítica, baseada na concepção medieval da física, do conceito aristotélico de movimento; em seguida, busca matematizar a física do *impetus* e, finalmente, pensa arquimedeanamente o problema do movimento.

Inicialmente, reconstituímos o percurso de sua interpretação. Ele inicia o livro *Estudos Galilaicos* com argumentos críticos às interpretações tradicionais (principalmente a positivista). Após estudar o itinerário inicial de Koyré, analisamos como, para ele, Galileu

abandona as concepções de uma física medieval. Koyré estuda, então, a nova interpretação do fenômeno da queda dos corpos e, finalmente, a formulação de uma concepção mecânica do movimento relacionada ao problema do princípio de inércia. Explicita uma mudança teórica operada na ciência moderna, uma transformação que implica a passagem de uma cinemática para uma dinâmica do movimento.

## **2- Objetivos**

Para Koyré, as transformações no pensamento científico são transformações teóricas. O autor dos *Estudos Galilaicos* não interpreta o nascimento da ciência moderna como uma dedução da observação empírica dos fenômenos. Para a maior compreensão dessas afirmações, abordamos a definição feita por Koyré dos conceitos de ciência, experimentação/experiência e movimento. A transformação destes conceitos implica e torna possível a Revolução científica do século XVII.

Assim, levamos em consideração a relação de seus estudos posteriores (escritos pelo próprio Koyré) e aqueles de seus contemporâneos. Buscamos compreender a maneira como o autor interpreta o nascimento da ciência moderna, acontecimento compreendido por ele como uma revolução teórica e que marca, portanto, uma ruptura com a ciência antiga e medieval, em contraposição ao empirismo e ao continuísmo. Pesquisamos a crítica koyreniana ao positivismo e aos marcos estabelecidos por essa tradição quanto ao nascimento da ciência moderna.

## **Metodologia**

Buscando compreender a maneira como Alexandre Koyré define o nascimento da ciência moderna, identificamos e selecionamos a sua primeira e as principais obras nas quais o autor trabalha a questão da Revolução Científica do século XVII, bem como a sua análise conceitual desenvolvida em textos posteriores como: *Estudos de História do Pensamento Científico* (1982), *Estudos de História do Pensamento Filosófico* (1991).

Analizamos comparativamente a historiografia da ciência moderna com as conclusões de Koyré sobre a interpretação do nascimento da ciência moderna.

## **Resultados**

A execução e conclusão da pesquisa possibilitou a apresentação de textos e artigos em simpósios. É preciso lembrar que este projeto foi desenvolvido ao longo de 6 meses por um bolsista (Mohana Ribeiro) e nos outros 6 meses por outro bolsista (Israel Salem). Mohana Ribeiro, a partir do trabalho de pesquisa realizado no quadro desta pesquisa, elaborou projeto de mestrado aprovado e selecionado para PPGHis-UFG.

## **Discussão**

Para Koyré, a historiografia das ciências busca explicar o nascimento da ciência moderna a partir de dois principais conjuntos de características. No primeiro, trata-se de relacionar a ciência moderna a uma nova atitude perante o mundo, a uma transformação espiritual do homem antigo-medieval. A ciência moderna seria consequência da “secularização da consciência” do homem ocidental. O homem moderno desloca seu interesse de “metas transcendentais para objetivos imanentes”. O homem medieval teria o ideal de *vita contemplativa* em oposição à *vita activa* do homem moderno. A ciência medieval seria apenas teórica, livresca, sem relações práticas ou técnicas com a natureza, enquanto que a ciência moderna, iniciada por Galileu, Bacon, Descartes e Hobbes, procuraria dominar a natureza.

O segundo conjunto de argumentos diz respeito ao traço que explica a nova ciência pela desvalorização da teoria e seu desvio em direção à prática. Podemos afirmar que no interior dessa concepção, a ciência moderna seria uma ciência da supremacia da experiência e da observação do fato. Isso teria conduzido à promoção da técnica, realizando dessa forma as invenções dos objetos e das máquinas do mundo moderno. A experiência determinaria o interesse na relação pragmatista. A ciência teria nascido nesse sentido de um reconhecimento da necessidade da ciência de resolver problemas práticos.

A definição koyreniana de ciência como elaboração teórica possui importante papel em seus estudos referentes à história das ciências, de maneira geral, e, particularmente, em relação à revolução científica do século XVII, interpretada pelo autor como uma transformação nos fundamentos da ciência. O nascimento da ciência moderna marcaria uma mutação no próprio intelecto e não decorreria da construção de instrumentos capazes de aumentar o poder de observação (KOYRÉ, 1992).

A importância das invenções e instrumentos criados no século XVII é associada, pela tradição historiográfica, à experiência. É aí que a perspectiva positivista funda o argumento para a defesa do suposto caráter empírico da ciência moderna. No interior dessa perspectiva,

segundo Koyré, é evidente a personagem de Francis Bacon que, segundo Augusto Comte, seria o fundador dessa ciência e “inventor” do método experimental.

### **A síntese metafísica de Aristóteles e a física do impetus**

A transformação do Cosmo Fechado em Universo Infinito está profundamente relacionada com a revolução científica do século XVII. Segundo Koyré, a destruição do Cosmo Fechado foi condição de possibilidade para o nascimento da nova física.

É em função da astronomia que se elabora (...) a nova física; mais precisamente: em função dos problemas postos pela astronomia copernicana, e, especialmente, da necessidade de responder aos argumentos físicos apresentados por Aristóteles e por Ptolomeu contra a possibilidade do movimento da Terra. (KOYRÉ, 1992, p. 205).

A revolução elaborada por Galileu dependeu de uma revolução cosmológica produzida por Copérnico. Para Koyré, a dissolução do cosmo aristotélico fez-se em etapas, que vão de Copérnico a Newton.

A síntese aristotélica fornecia as bases para se pensar e produzir o conhecimento científico e dominava tanto o saber da física quanto da astronomia medievais. Em Aristóteles, a base do conhecimento reside na percepção e na experiência sensível; sem sensação não há conhecimento.

Ao contrário da historiografia positivista das ciências, Koyré não interpreta a física aristotélica como um amontoado de erros. A física aristotélica, apesar de proscrita a partir do século XVII, era uma teoria altamente elaborada; ela tinha um caráter de verdade em relação ao seu alcance de explicação da observação ordinária dos fenômenos.

A física aristotélica transcende o senso comum, ela elabora teorias e não apenas representa fenômenos, por isso pode ser considerada científica. Não obstante é uma física, isto é, uma ciência altamente elaborada, apesar de não o ser fundada abstratamente na matemática. Não se trata de imaginação pueril, nem de grosseiro enunciado logomáquico de senso comum, mas de uma teoria, ou seja, uma doutrina que, partindo naturalmente dos dados do senso comum, submete-os a um tratamento extremamente coerente e sistemático. (KOYRÉ. 1982. p 157).

A história da revolução galileana, esta é uma das conclusões de nossa pesquisa, será a história, para Koyré, da história da transformação do conceito aristotélico, antigo e medieval, de movimento. A estrutura de *Estudos Galilaicos* se organiza a partir deste problema. As etapas da historicidade do conceito de movimento são divididas em três períodos, que correspondem a três tipos de pensamentos. A física aristotélica, a física do *impetus* (iniciada também pelos gregos, mas desenvolvida principalmente pelos físicos parisienses medievais, Buridan e Nicolau Oresme) e, em seguida, a física matemática de Galileu (arquimediana).

Em Aristóteles, o conceito de movimento articulava-se com uma concepção de cosmo, de natureza. O movimento de um objeto estava associado ao seu "lugar natural" e todo movimento correspondia a um retorno do móvel ao seu lugar natural (as pedras caem porque são corpos pesados que tendem naturalmente a voltar ao seu lugar natural, a Terra, o lugar mais baixo e mais centra em Cosmo fechado e limitado). Determinado na hierarquia dos seres, um objeto obedecia à necessidade de sua forma e matéria; o ser de cada objeto determinava seu movimento. A constituição do objeto (os elementos que formavam sua matéria) implicava na causa de seu movimento.

A física medieval aceitará a explicação aristotélica para a queda dos corpos, mas criticará sua teoria do arremesso, pois questionava a explicação da permanência do movimento uma vez separado do motor. Na física do *impetus*, o movimento se explicava pela impressão de uma força motriz imanente, um motor interno no objeto. O projétil era impelido ao movimento devido a uma força imprimida ao móvel, portanto, a partir do contato de um motor, a *virtude* passava do movente ao móvel e o objeto passava a se movimentar como consequência da ação (força impressa) do motor transferido internamente para móvel (KOYRÉ, 1992.)

Nestes dois pensamentos, o movimento é explicado pela sua causa. Há sempre uma causa determinando o movimento, uma força externa ou interna impressa ao móvel que explica o movimento. A noção de movimento é explicada por uma cinemática do movimento. Koyré explica que há uma transformação teórica no modo como Galileu interpreta o movimento. Galileu define o conceito de movimento recusando a explicação do fenômeno do movimento por uma cinemática. Para Galileu, não há como explicar a causa do movimento.

Os corpos caem, isto é, as partes da Terra são impelidas para "baixo". Isto é uma experiência corrente. Mas é tudo. Pois a "causa" desse movimento - causa externa ou interna - é-nos perfeitamente desconhecida. Dizer "peso", "gravidade", "tendência para baixo" ou "tendência para o centro" é designar o fato; não é explicá-lo. (KOYRÉ, 1992, p. 302)

Koyré compreende que a dinâmica moderna aparece inicialmente como uma cinemática no pensamento juvenil de Galileu. Desde suas primeiras pesquisas, em *De Motu*, Galileu se declara anti-aristotélico. Os argumentos que Galileu utiliza nesse escrito estão relacionados aos conceitos da física do *impetus*, e não é por acaso que em todos os textos posteriores Galileu continue a utilizar a palavra *impetus* para explicar o movimento. Contudo, para Koyré – e é sobre essa análise conceitual que a sua originalidade na historiografia das ciências se distingue da interpretação de P. Duhem –, o significado da palavra *impetus* já não é mais o mesmo em Galileu. Há, embora a palavra seja a mesma, uma mudança conceitual e

*impetus*, tal como empregado por Galileu, ganha um outro sentido: não mais causa do movimento, mas *momento de velocidade*, um instante em que o objeto se localiza. Galileu elimina a necessidade de um motor para explicar o movimento.

Primeiramente, esse *momento* estaria no espaço e, posteriormente, na reformulação da lei da queda dos corpos, no tempo – esse erro inicial no qual também incorre Descartes, um erro duplo que Koyré aponta. Galileu e Descartes cometem um engano que não foi por acaso, pois ter renunciado à explicação causal em benefício da pesquisa da essência do movimento ou, como se diz, de sua lei, decorre de uma atitude de matematizar em excesso os fenômenos da natureza. Para Koyré, é mais fácil pensar em matematizar o espaço do que matematizar o tempo.

O princípio que Galileu pretendia colocar como fundamento da sua dinâmica – a velocidade do móvel é proporcional ao caminho percorrido (em lugar do princípio correto: a velocidade do móvel é proporcional ao tempo transcorrido, princípio que Leonardo da Vinci já conhecia), não é como Wohwill e Duhem bem mostram, uma invenção galilaica. (KOYRÉ, 1992, p. 110)

Para Koyré, não é possível falar em continuidade, pois a ciência anterior a Galileu era fundamentada em Aristóteles, e como tal, profundamente contrária ao uso da matemática nos estudos físicos. Em contraposição, a ciência do mundo moderno seria essencialmente matemática, portanto, não seria possível que uma ciência matemática derivasse de uma teoria aristotélica.

### **A matematização dos fenômenos físicos e o estabelecimento das leis do movimento**

A constituição do conceito moderno de movimento pressupõe uma atitude diferente na abordagem dos fenômenos naturais. A renúncia à cinemática, operada por Galileu, decorre de um esforço em estabelecer uma teoria matemática da realidade, em ignorar, portanto, a causa do movimento (este problema apenas será colocado novamente por Newton no final do século XVII); ela pressupõe que o movimento pode ser pensado sem relação com a experiência cotidiana, negando as qualidades naturais que tanto o objeto quanto o cosmo aristotélico apresentavam aos sentidos. Trata-se de pensar o movimento no espaço homogêneo e geométrico e não mais no espaço da experiência ordinária e sensível. Com Galileu, o movimento torna-se um *estado* (que se opõe ao estado de repouso e é indiferente ao móvel) e deixa de ser um *processo* (que sempre depende da ação de um motor/causa e que afeta o móvel). Nesse sentido, o que está em jogo na dinâmica galilaica é a matematização da

natureza. A atitude revolucionária de Galileu é a de introduzir no mundo qualitativo do cosmo antigo-medieval as verdades das certezas matemáticas. Com essa atitude, Galileu pode formular o conceito de movimento e definir que o movimento dos corpos é sujeito à lei dos números.

Ocorre que, para Koyré, pensar o movimento no espaço abstrato e ideal das matemáticas, explicar o real pelo impossível, implica em uma nova concepção de natureza, de real e de mundo. Segundo Koyré, a transformação do conceito de movimento, no início do século XVII, implica na destruição da noção antiga e medieval de Cosmos, tornando possível a formação da ciência moderna, mas também da noção moderna de Universo (infinito e homogêneo e não mais finito e diferenciado por lugares naturais). Nossa conclusão é a de que a revolução científica, em *Estudos Galilaicos*, pode ser pensada desta forma. Um novo conceito de movimento apenas pôde se constituir transformando os marcos do próprio pensamento. O novo conceito de movimento, que mostra Koyré, baseia-se no princípio de inércia (um corpo abandonado em movimento ou em repouso permanecerá eternamente em movimento ou em repouso exceto se uma ação qualquer interromper este estado), apenas pôde ser admitindo se ocorresse uma transformação mais ampla daquilo que se concebe como natureza e mundo. Por isso, a história desse conceito é a de uma revolução científica. (Esse relatório de conclusão de pesquisa abre, assim, nosso projeto para a sua continuidade. Pois estas conclusões nos levaram a formular o problema da relação, em Koyré, entre conceito e teoria, que pretendemos desenvolver no próximo ano de pesquisa).

### **Conclusões:**

Esta pesquisa abriu caminhos para outras pesquisas e questionamentos que desenvolveremos a partir deste ano (2011), especificamente sobre a constituição do conceito moderno de movimento, possibilitando um desenvolvimento mais claro dos pontos abordados em uma análise conceitual feita por Koyré em comparação a análise do conceito de movimento desenvolvida por P. Duhem. Portanto, essa pesquisa possibilitou o aprofundamento mais sistemático do problema da Revolução científica do século XVII.

A transformação teórica operada nas ciências do real por Galileu implica em uma transformação na estrutura das ciências e na estrutura da natureza a que se dedicam essas ciências. Para Galileu, na medida em que ele elimina a noção de motor da física, não tem como explicar a causa do movimento, mas somente demonstrar a sua essência de defini-lo

matematicamente. Koyré explicita essa atitude de inversão teórica na qual Galileu fundamenta o conceito de movimento, pois desde a juventude, quando Galileu estava imbuído da física do *impetus*, sua intenção era matematizar a natureza. Mas a física de Aristóteles e mesmo a física do *impetus* era essencialmente anti-matemática; era preciso destruir seus princípios, seus marcos teóricos. A matematização do movimento implica na constituição de uma nova concepção de real e por isso, para Koyré, essa *atitude* galileana implica em uma mutação do pensamento, em uma revolução científica.

## Referências

BACHELARD, Gaston. A Formação do Espírito Científico. 4º Edição. Rio de Janeiro: Contraponto, 2003.

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

COMTE, Augusto. Discurso Preliminar sobre o Espírito Positivo.

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

\_\_\_\_\_. Estudos de História do Pensamento Científico. Rio de Janeiro: Forense Universitária; Brasília: Ed. UnB, 1982.

\_\_\_\_\_. Estudos de História do Pensamento Filosófico. 2º Edição. Rio de Janeiro: Forense Universitária. (Coleção Campo Teórico), 1991.

\_\_\_\_\_. Do Mundo Fechado ao Universo Infinito. 4ª Edição. Rio de Janeiro: Forense Universitária, 2006.

FOUCAULT, Michel. Arqueologia das Ciências e História dos Sistemas de Pensamento [Organização e seleção de textos de Manoel Barros da Motta]. 2º Edição. Rio de Janeiro: Forense Universitária, 2005. (Ditos e Escritos II).

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

TATON, René. [org.] História Geral das Ciências (Tomo 1. Volume 3; Tomo 2. Volumes 1 e 2), São Paulo: Difusão Européia do Livro. 1960.