

10

Duhem e Galileu

(*Uma Reavaliação da Leitura Duhemiana de Galileu*)¹

PABLO RUBÉN MARICONDA

I

Pierre Duhem foi responsável por uma verdadeira revolução historiográfica na história da ciência ao redescobrir, na primeira década de nosso século, os importantes desenvolvimentos mecânicos realizados durante a Idade Média. A referida radicalidade revolucionária das investigações de Duhem sobre a ciência medieval consistiu basicamente em produzir o primeiro questionamento geral da concepção da Revolução Científica do século XVII como uma ruptura clara e decisiva com o passado imediato, conduzindo ao que Crombie² chama a “questão medieval”, que pode ser sumariamente caracterizada como o problema da relação entre a ciência do século XVII e a ciência medieval.

¹ Este ensaio é uma versão consideravelmente ampliada do texto apresentado em outubro de 1991 no VII Colóquio de História da Ciência - CLE - Unicamp. Dejo expressar também meu reconhecimento ao CNPq e à FAPESP pelos auxílios recebidos.

² CROMBIE, A.C. The Significance of Medieval Discussion of Scientific Method for the Scientific Revolution. In: CLAGETT, M (ed.) *Critical Problems in the History of Science*, p. 79-80.

Ao redescobrir a mecânica medieval, Duhem produziu uma enorme massa de evidência histórica contra a convicção gerada pelos próprios autores do século XVII, compartilhada por historiadores do século XVIII como Voltaire, consolidada por Kant e, portanto, dominante nos ambientes científicos do século XVII ao século XIX; convicção segundo a qual a ciência e, em particular, a mecânica era uma invenção do século XVII e que, admitindo-se que a ciência tivesse antecedentes significativos, estes não deveriam ser procurados na Idade Média, mas na Antiguidade. De modo geral, mesmo os primeiros autores do século XIX que se dedicaram ao estudo da história da mecânica – como é o caso de Charles Thurot e Giovanni Vailati³ – consideraram os textos medievais que consultaram como comentários da mecânica grega que não produziam avanços significativos e originais, mantendo-se assim presos àquela convicção dominante da essencial irrelevância dos desenvolvimentos medievais para o surgimento da mecânica no século XVII.

O próprio Duhem, que com seu trabalho *Les origines de la statique* publicado entre 1903 e 1904 na *Révue des Questions Scientifiques*, praticamente funda o campo dos estudos sistemáticos da história da ciência medieval, não estava imune à convicção dominante. *Les origines de la statique* deixa transparecer em sua composição o quanto foi surpreendente para seu autor a redescoberta da estática medieval, na medida em que essa composição guarda uma descontinuidade entre o propósito inicial da investigação, inteiramente compatível com a crença dominante, e o resultado a que ela chega. Assim, em outubro de 1903, Duhem afirmava:

Os comentários da Escolástica às *Questões Mecânicas* de Aristóteles não acrescentam essencialmente nada às idéias do Estagirita; para ver *essas* idéias brotarem e produzirem novos frutos, devemos esperar o começo do século XVI⁴.

³THUROT, C. Recherches historiques sur le principe d'Archimède. *Révue Archéologique*, serie nouvelle, v. 18 (1868), 19 (1869) e 20 (1869). VAILATI, G. *Scritti*. Leipzig-Florença, 1911.

⁴DUHEM, P. Les origines de la statique, *Révue de Questions Scientifiques*, v. 54, p. 469, 1903. O tratado, *As Questões Mecânicas*, atribuído na passagem a Aristóteles é hoje considerado apócrifo, embora ainda se acredite que ele pertence ao corpus aristotélico. Esse tratado foi influente durante a Idade Média e é freqüentemente citado por Galileu em seus diálogos. Cf. Ross, W.D. (ed.), *The Works of Aristotle*, v. 6.

Entretanto, em abril de 1904, com a descoberta do texto de Jordanus Nemorarius, essa posição é radicalmente modificada, com toda a dramaticidade que uma tal inversão de posição comporta:

Antes de chegar ao tratado fundamental de estática produzido na Idade Média pelo enigmático Jordanus de Nemore, devíamos juntar os fragmentos espalhados pelos manuscritos de escritos sobre a ciência do equilíbrio compostos em Alexandria⁵.

A partir da descoberta dos *Elementa Jordani de Ponderibus*⁶, Duhem direcionou sua investigação histórica no sentido de uma reconstrução sistemática da mecânica medieval, produzindo entre 1906 e 1913 uma reconstrução histórica dos desenvolvimentos medievais na cinemática e na dinâmica, numa longa série de ensaios coletados em três volumes nos *Études sur Léonard de Vinci*⁷. É nesta obra que Duhem chama a atenção para a fecundidade das correções medievais da mecânica aristotélica da queda livre e do movimento dos projéteis, apresentando pela primeira vez o tratamento cinemático medieval do movimento uniforme e uniformemente disforme (acelerado ou retardado) que teve lugar nas escolas de Oxford (Merton College) e de Paris no século XIV. No âmbito desse estudo – tal como havia ocorrido com Jordanus Nemorarius para a estática no século XIII – emergiram como figuras centrais no desenvolvimento da física medieval tardia Jean Buridan e Nicole Oresme. Foi Duhem quem descobriu e expôs a teoria medieval do *impetus*, desenvolvida pelos terministas parisienses, revelando assim a origem desse conceito central no desenvolvimento da mecânica italiana do século XVI com Tartaglia e Benedetti e, posteriormente, na mecânica do século XVII com Galileu.

Mas, a enorme massa de evidência histórica coletada por Duhem contrária à visão estabelecida da Revolução Científica do século XVII, não deve obscurecer o aspecto historiográfico fundamental de seu trabalho, que constitui o cerne da revolução historiográfica a que me referi de início. A partir da descoberta de Jordanus Nemorarius e da

⁵ *Ibidem*, *Révue des Questions Scientifiques*, v. 55, p. 561, 1904.

⁶ Os *Elementa Jordani de Ponderibus* (*Elementos dos Pesos de Jordano*) foram compostos por volta de 1246 (Cf. CLAGETT, M. *La Scienza della Meccanica nel Medioevo*. Milão : Feltrinelli, 1972, p. 139) e constituem um tratado sistemático de estática.

⁷ DUHEM, P. *Études sur Léonard de Vinci*. Paris : F. de Nobele, 1955. 3v.

conseqüente superação da convicção que embasava a visão histórica estabelecida, Duhem passa a sustentar uma *tese de continuidade do desenvolvimento da ciência* que, em sua articulação histórica completa, está constituída basicamente por duas partes:

- 1) que as condenações de 1277 marcaram a origem da ciência moderna, a ruptura decisiva com Aristóteles e o começo de cosmologias novas e imaginativas para substituir a cosmologia aristotélica⁸;
- 2) que os desenvolvimentos do século XIV, que se seguiram à condenação, permitiram o nascimento de novos conceitos fundamentais para o desenvolvimento da mecânica; conceitos tais como os conceitos de ímpeto, de movimento uniformemente disforme e de aceleração, cujos proponentes, os *Doctores Parisienses*, foram os precursores de Galileu.

No interior da reconstrução histórica propiciada pela tese de continuidade, encontra-se uma série de outras teses interpretativas de conteúdo altamente polêmico, com base nas quais Duhem procura estabelecer a originalidade e a modernidade dos conceitos e teorias medievais com o evidente propósito de mostrar que os desenvolvimentos conceituais do século XIV justificam a adoção da primeira parte da tese de continuidade, a saber, que a ciência moderna nasce no século XIII, e não, como supunha a visão estabelecida, no século XVII.

Três dessas teses são particularmente importantes: 1) que a *teoria do ímpetus* de Buridan já é uma *teoria da inércia* que contém a concepção moderna do movimento, realizando de modo completo a transição da concepção aristotélica do movimento como processo para a concepção moderna do movimento como estado; 2) que Oresme é o

⁸DUHEM, P. *Le système du monde*, v.6, intitulado "Le reflux de l'Aristotelisme. Les condamnations de 1277". As chamadas condenações de 1277 resultaram de um decreto do Bispo de Paris, Etiène Tempier, que supostamente havia sido encarregado pelo Papa João XXI de investigar as concepções filosóficas sustentadas na Universidade de Paris e avaliá-las frente à ortodoxia teológica. O decreto anematizava 219 teses filosóficas e científicas, tomadas aleatoriamente, dentre as quais se encontravam teses defendidas por Tomás de Aquino, Aristóteles, Aegidius Romanus e Roger Bacon. Embora a Igreja não se tenha pronunciado oficialmente acerca do assunto e o decreto de 1277 fosse revogado em 1325, as condenações tiveram uma poderosa e decisiva influência no desenvolvimento da filosofia e da ciência na Universidade de Paris. Para um resumo, ver: DIJKSTERHUIS, E.J. *The Mechanization of the World Picture*. Princeton: Princeton University Press, 1986, p. 160-3.

verdadeiro fundador da *geometria analítica* em virtude de seu sistema de representação gráfica da intensidade das qualidades (e dos movimentos); 3) que o mesmo Oresme é um precursor de Copérnico por sua discussão da possibilidade do *movimento de rotação da Terra*⁹.

II

As considerações feitas até aqui procuraram apresentar sucintamente o quadro geral das investigações históricas de Duhem; quadro no qual se insere sua apreciação da contribuição científica de Galileu. Passemos agora a essa apreciação propriamente dita, que pode ser dividida em duas partes: de um lado, uma interpretação retrospectiva da mecânica de Galileu frente a seus antecessores medievais e, de outro, uma avaliação crítica da defesa realista de Galileu da astronomia e cosmologia copernicanas.

O principal texto de Duhem em que é feita a apreciação da contribuição mecânica de Galileu – e até onde sei o único em que isso é feito – é o terceiro volume dos *Études sur Léonard de Vinci*. Logo no início do Prefácio desse trabalho, Duhem enuncia clara e diretamente sua posição:

À terceira série de nossos *Études sur Léonard de Vinci*, demos um subtítulo: *Os precursores parisienses de Galileu*. Esse subtítulo anuncia a idéia de que nossos estudos anteriores já haviam descoberto alguns aspectos e que nossas novas pesquisas iluminaram completamente. A ciência mecânica inaugurada por Galileu, por seus êmulos, por seus discípulos, Baliani, Torricelli, Descartes, Beeckman, Gassendi, não é uma criação; a inteligência moderna não a produziu de um só salto e com todas as peças a partir do momento em que a leitura de Arquimedes lhe revelou a arte de aplicar a Geometria aos efeitos naturais. A habilidade matemática adquirida no comércio com os geômetras da Antigüidade, Galileu e seus contemporâneos a utilizaram para precisar e desenvolver uma ciência mecânica da qual a Idade Média cristã tinha posto os princípios e formulado as proposições mais essenciais. Essa mecânica, os físicos que ensinavam, no século XIV, na Universidade de Paris tinham-na concebido tomando a observação como guia; eles a substituíram à

⁹Para as duas primeiras teses, cf. DUHEM, P. *Études sur Léonard de Vinci*, 3ème. série, XIII, IV, p. 34-53 e XV, XVII, p. 375-87, respectivamente. A terceira tese está desenvolvida em DUHEM, P. *Le système du monde*, tomo 9, cap. 19, p. 325-62.

Dinâmica de Aristóteles, convencidos de sua impotência para “salvar os fenômenos”¹⁰.

Além da afirmação clara da total ausência de novidade da mecânica de Galileu e da redução de seu mérito ao trabalho de sistematização matemático-dedutiva e aumento da precisão dos resultados alcançados pela mecânica medieval, a passagem citada adianta também que a rejeição medieval da mecânica aristotélica, com a qual se abre a possibilidade de fundar uma nova mecânica, se dá em estrita observância da metodologia instrumentalista expressa pela máxima com a qual os astrônomos gregos sintetizavam sua atitude científica: *Σώξειν τὰ φαινόμενα* (“salvar os fenômenos”). Essa máxima expressava a decisão de manter-se estritamente no domínio dos fenômenos observados, sem procurar inferir as causas desses fenômenos ou discutir sua natureza.

Este último aspecto é importante, pois revela a concepção metodológica que embasa a tese da continuidade do desenvolvimento histórico. A meu ver, a concepção de “salvar os fenômenos” constitui o verdadeiro cerne da tese continuista de Duhem, revelando, por assim dizer, a espinha dorsal de sua argumentação. Com efeito, quase duas décadas antes de empreender sua reconstrução histórica da ciência medieval, Duhem já havia desenvolvido suas concepções filosóficas fundamentais acerca do objeto da teoria física e dos *métodos teórico e experimental* da física, numa série de quatro ensaios publicados entre 1892 e 1894 na *Révue des Questions Scientifiques*¹¹. Em resumo, para Duhem, as teorias físicas não são explicações metafísicas que nos revelam as causas do fenômenos, mas simplesmente meios de classificar e coordenar as leis de sucessão dos fenômenos através da representação simbólica (matemática) e econômica dessas leis¹². Ou seja, a física teórica (a física matemática no sentido duhemiano) não

¹⁰ DUHEM, P. *Études sur Léonard de Vinci*, v. 3, p. v.

¹¹ Esses ensaios de Pierre Duhem são os seguintes: “Quelques réflexions au sujet des théories physiques”, *Révue des Questions Scientifiques*, 31, p. 139-77, 1892; “Physique et métaphysique”, *Révue des Questions Scientifiques*, 34, p. 55-83, 1893; “L’École anglaise et les théories physiques”, *Révue des Questions Scientifiques*, 2a. série, v. 4, p. 345-78, 1893; e “Quelques réflexions au sujet de la physique expérimentale”, *Révue des Questions Scientifiques*, 36, p. 179-229, 1894. Esses ensaios foram publicados em português em *Ciência e Filosofia*, 1989, v. 4, São Paulo, F.F.L.C.H., U.S.P. As referências serão a essa edição em português.

¹² A esse propósito ver DUHEM, P. Algumas reflexões sobre as teorias físicas.

deve ter como objetivo a explicação das leis experimentais por meio de hipóteses sobre a realidade essencial inobservável (causa última), subjacente aos fenômenos observáveis. Para Duhem,

o nó vital de todas as doutrinas errôneas de que foi objeto a física teórica [se encontra] na tendência irresistível que nos leva a pesquisar a natureza das coisas materiais que nos cercam e a razão de ser das leis que regem os fenômenos que observamos¹³.

Ora, essa tendência só pode ser combatida, caso se delimite precisamente os *objetos* da física e da metafísica:

Cabe à física “o estudo dos fenômenos, cuja fonte é a matéria bruta, e das leis que os regem” e à metafísica (ou cosmologia) “conhecer a natureza da matéria bruta, considerada como causa dos fenômenos e como razão de ser das leis físicas”¹⁴.

Essa delimitação do objeto da física teórica conduz Duhem a sustentar uma concepção do trabalho científico na qual o objetivo é produzir uma *representação simbólica* – arbitrária, posto que é *matemática*, enquanto os conceitos a que pretende aplicar-se são físicos e, portanto, contingentes – que fornece uma classificação e ordenação econômica das leis obtidas pela observação da regularidade de sucessão dos fenômenos físicos. Neste sentido, o esquema simbólico (a teoria física), na medida em que organiza os fenômenos observados num corpo conceitual dedutivamente ordenado a partir de hipóteses arbitrariamente selecionadas dentre as próprias leis, *salva os fenômenos*. Neste sentido, a física teórica (a física matemática) simplesmente fornece regras gerais das quais as leis observadas pelos físicos experimentais são casos particulares.

É sobre a base dessa articulação filosófica concernente ao objeto da física teórica e ao método de “salvar os fenômenos” que Duhem assenta sua tese de continuidade do desenvolvimento histórico e a reconstrução histórica da ciência medieval. Isto permite mostrar que as duas partes acima referidas da apreciação duhemiana da contribuição científica de Galileu são na verdade as duas faces de uma

Ciência e Filosofia, v. 4, p. 13-4 e p. 25-7, 1989; *Física e Metafísica. Ciência e Filosofia*, v. 4, p. 41-3; *La Théorie Physique. Son Objet. Sa Structure*. 2.ed. Paris : Marcel Rivière, 1914, especialmente os capítulos 1 e 2.

¹³ DUHEM, P. Algumas reflexões sobre as teorias físicas. *Ciência e Filosofia*, v. 4, p. 25.

¹⁴ DUHEM, P. Física e metafísica. *Ciência e Filosofia*, v. 4, p.42.

mesma moeda: de um lado, a questão dos precursores de Galileu e a conseqüente leitura que Duhem faz da mecânica galileana numa linha de continuidade com a mecânica medieval supõe que a teoria cinemática de Galileu foi desenvolvida com observância do método instrumentalista de “salvar os fenômenos”; de outro lado, a crítica que Duhem levanta contra a defesa galileana da astronomia de Copérnico dirige-se exatamente contra as teses realistas (metafísicas) de Galileu, que são, portanto, criticadas em função do abandono da metodologia de “salvar os fenômenos”. Esse método confere, como se vê, unidade e coerência à reflexão de Duhem.

III

Quanto à primeira parte, que ao desenvolvimento da mecânica, convém deixar claro desde início que a busca de precursores medievais de Galileu pode com toda propriedade ser considerada como uma espécie de *corolário* da tese duhemiana de continuidade do desenvolvimento da ciência medieval e moderna. Isso significa que a leitura interpretativa de Duhem tenderá a deter-se longamente naqueles pontos em que a continuidade é visível e a minimizar e na maioria das vezes simplesmente omitir aqueles pontos que poderiam ser considerados como rupturas com a tradição medieval.

Assim é que, após um longo e exaustivo trabalho de reconstrução da mecânica medieval que se estende por 560 páginas, Duhem chega à consideração da obra de Galileu no item XXXI, resumindo sua conclusão em apenas 20 páginas, das quais um terço é dedicado a Beeckman e Descartes. Essa conclusão consiste basicamente em considerar que o trabalho dos estudiosos medievais conduziu ao conhecimento de

... duas das leis essenciais da queda dos corpos; (e que) a favor dessas leis, Galileu pôde muito bem aportar novos argumentos, tirados seja do raciocínio, seja da experiência; mas, pelo menos, não as pôde inventar¹⁵.

E quais são essas “duas leis essenciais da queda dos corpos”? A primeira afirma que “a queda livre de um grave é um movimento uniformemente acelerado; a ascensão vertical de um projétil é um movimento uniformemente retardado”. A segunda, conhecida como

¹⁵Ibidem, p. 562.

teorema mertoriano da velocidade média, afirma que “num movimento uniformemente variado, o caminho percorrido é o mesmo que num movimento uniforme, de mesma duração, cuja velocidade é a média entre as duas velocidades extremas do primeiro movimento”¹⁶.

Com efeito, basta um exame rápido da Terceira Jornada dos *Discorsi*¹⁷ para perceber que efetivamente: 1) Galileu define o movimento de queda de um corpo como sendo um movimento uniformemente acelerado; 2) que o Teorema I – que prova o famoso teorema mertoreano da velocidade média – é uma conseqüência direta da definição de movimento uniformemente acelerado. Além disso, se se examinam a definição de movimento uniformemente acelerado e a prova do Teorema I, não há como negar a evidente coincidência com o tratamento dado por Oresme a ambos.

Se com base nisso – e é nisso que consiste substancialmente o argumento de Duhem – nos colocamos a questão que ele propõe ao final de seu trabalho, a saber, “não nos é permitido agora invocar o próprio testemunho do genial Pisano para saudar esses Doutores Parisienses com o título de Precursores de Galileu?”¹⁸, a resposta é sim. Mas, se invertemos a questão e nos perguntamos se esse testemunho é suficiente para afirmar, como parece ser a intenção de Duhem no início de seu trabalho, a total ausência de novidade da mecânica de Galileu e seu mero caráter sistematizador dos resultados medievais, a resposta é, ao meu ver, não.

Não posso aqui mais do que indicar os pontos que me parecem ser suficientes para justificar essa resposta negativa; e que podem servir como uma espécie de balizamento para uma posterior avaliação mais profunda da posição de Duhem concernente à revolução científica do século XVII.

O primeiro aspecto refere-se à própria definição do movimento uniformemente acelerado. Duhem discute longamente o erro de Galileu na famosa carta a Paolo Sarpi de 1604, na qual ele declara ter

¹⁶Ibidem, p. 561-2.

¹⁷Daqui em diante, por motivo de brevidade, designarei por *Discorsi* a obra de Galileu intitulada *Discorsi e Dimostrazioni matematiche intorno a due nuove Scienze attenenti alla Mecanica ed ai Movimenti Locali*. Entretanto, as citações e referências a essa obra são da edição em português intitulada *Dois Novas Ciências*, São Paulo, Nova Stella e Instituto Cultural Ítalo-Brasileiro, 1985.

¹⁸DUHEM, P. *Études sur Léonard de Vinci*, p. 583.

encontrado o “princípio” do movimento uniformemente acelerado, e mostra, com certa surpresa, que também Descartes em sua correspondência com Mersenne comete o mesmo erro¹⁹. Esse erro consiste basicamente em considerar que o movimento uniformemente acelerado pode ser definido como aquele movimento no qual a velocidade cresce em proporção ao espaço percorrido, ao invés de defini-lo – como seria correto e como fará posteriormente Galileu nos *Discorsi* – como aquele movimento no qual a velocidade cresce proporcionalmente ao tempo. Ora, o ponto relevante nesta discussão que, ao meu ver, é inteiramente encoberto por Duhem, é que a decisão de submeter a uma escolha as duas possíveis caracterizações do movimento e a conseqüente decisão de aceitar uma delas como definição do movimento natural de queda dos corpos, essas decisões não se podem dar no mesmo plano da investigação medieval acerca do movimento, mas comportam uma superação do próprio tratamento medieval.

Com efeito, no tratamento dos escolásticos do século XIV, a intensidade de uma qualidade qualquer (isto é, a *intensio formae* da qualidade) era considerada como uma função da extensão (*extensio*) dessa mesma qualidade. No caso particular do movimento, os medievais distinguiam dois tipos de extensões para as qualidades intensivas fundamentais de velocidade e aceleração: 1) *extensio secundum distantia*: a extensão segundo o caminho (distância, espaço) percorrido pelo móvel; 2) *extensio secundum tempus*: a extensão segundo a duração (tempo) do movimento. A variação da intensidade da *velocidade*, que é a característica definitiva dos movimentos desiguais (acelerados ou retardados), resultava assim passível de uma dupla caracterização: seja em função do *espaço*, seja em função do *tempo*, sem que os medievais encontrassem meio de distinguir a forma correta da definição da aceleração. Prova disso é que tanto Buridan, como Oresme, que fazem a discussão mais lúcida dessa questão

¹⁹Ibidem, p. 566 e seg. A carta de Galileu a Fra Paolo Sarpi de 16 de outubro de 1604 se encontra em *Le Opere di Galileo Galilei*, Edizione Nazionale, Vol. X, p.115-116. A carta de Descartes a Mersenne de 13 de novembro de 1629 se encontra em *Oeuvres de Descartes*, ed. Adam e Tannery, *Correspondance*, tomo I, p. 69-73. Galileu retoma o erro envolvido na definição segundo a qual a velocidade de um movimento uniformemente acelerado cresce proporcionalmente ao espaço percorrido em *Dois Novas Ciências*, p. 131-2, mas seu argumento para afastar essa definição contém uma falácia, que não será discutida aqui.

no século XIV, não optam por uma delas, ficando sua discussão no plano puramente conceitual da organicidade lógica de cada uma das alternativas²⁰, sem sentir a necessidade de confrontar cada uma das alternativas em discussão com as observações dos movimentos naturais, sem colocar a questão genuinamente empírica – como o faz Galileu²¹ – de qual delas se adapta ao movimento natural observado dos corpos em queda.

Além disso, não basta constatar que Galileu utiliza o teorema mertoriano em sua análise cinemática da queda livre para afirmar, como faz Duhem, a continuidade entre o tratamento medieval e o tratamento de Galileu, pois o teorema mertoriano só se torna uma das expressões formais da lei da queda livre, quando se reconhece que o movimento de queda dos corpos é um exemplo *in natura* de movimento com aceleração uniforme. Ou seja, era preciso aplicar o teorema mertoriano (Teorema I dos *Discorsi*) à queda livre para deduzir a famosa lei da queda livre dos corpos (Teorema II e corolários dos *Discorsi*); e isso foi feito por Galileu²² e não pelos medievais, que “não aplicaram seus teoremas cinemáticos relativos ao movimento uniformemente acelerado à descrição do comportamento dos corpos em queda livre”²³.

Outro aspecto da leitura de Duhem que salta aos olhos concerne a duas omissões particularmente importantes que são, de certo modo, conseqüências de sua adesão estrita à tese da continuidade do desenvolvimento científico. Em primeiro lugar, Duhem não apresenta, e conseqüentemente não discute, o grupo de três proposições que se segue à prova do teorema mertoriano da velocidade média. Esse grupo de proposições está composto pelo Teorema II e seus dois corolários e constitui a formulação matemática da lei da queda dos corpos²⁴. Assim, no Teorema II, Galileu prova a proporcionalidade, num movimento uniformemente acelerado, entre os espaços percorridos e os

²⁰ Para uma discussão interessante dessa questão em Buridan e Oresme, ver Clagett, Marshal, *La Scienza della Meccanica nel Medioevo*, p. 9; em particular p. 588, 591 e 600. Cf. Johannis Buridan, *Quaestiones super libris quattuor de Caelo et mundo*, ed. E. A. Moody, Cambridge, Mass., 1942. Nicole Oresme, *Le livre du ciel et du monde*.

²¹ GALILEI, G. *Duas Novas Ciências*, p. 126-127.

²² Cf. a esse propósito Clagett, op. cit., p.283.

²³ CLAGETT, op. cit., p.17.

²⁴ GALILEI, G. *Duas Novas Ciências*, p. 136-141.

quadrados dos tempos e, no corolário I, apresenta a prova alternativa segundo a qual, quando a definição de movimento uniformemente acelerado é satisfeita, os espaços percorridos crescem segundo a ordem dos números ímpares *ab unitate*. Ora, a discussão relevante neste contexto deveria procurar entender porque os autores medievais não chegaram à formulação e prova dessa relação matemática que é considerada como a lei da queda dos corpos. Essa discussão Duhem não a faz, deixando no leitor a impressão de que, a partir dos desenvolvimentos medievais, a descoberta seria apenas mais um passo na mesma direção, quando na verdade ela supõe uma ruptura com a tradição anterior, ruptura que discutiremos adiante.

Em segundo lugar, Duhem não faz qualquer menção à Quarta Jornada dos *Discorsi*, silenciando sobre a teoria dos projéteis de Galileu, que se assenta em parte num princípio de composição dos movimentos que está em completo desacordo com as concepções cosmológicas dos terministas parisienses. Como reconhece Galileu, o *princípio de composição* opera através de um argumento *ex suppositione*,

pois, supõe que o movimento transversal se mantém sempre uniforme e que o movimento natural descendente conserva também sua característica de acelerar-se sempre proporcionalmente ao quadrado dos tempos e que tais movimentos e suas velocidades, ao serem combinados, não se alteram, nem se perturbam, de modo que em última análise a trajetória do projétil, durante o movimento, não sofre nenhuma alteração de natureza. . . ²⁵.

Isso significa basicamente que para Galileu um projétil pode estar naturalmente animado por dois movimentos, dos quais um deles – o movimento para baixo – seria considerado pelos medievais como *natural* e o outro, o movimento transversal de projeção, como *violento*. Ora, essa concorrência de dois movimentos de natureza supostamente diferentes num mesmo móvel, com base na suposição de que o movimento composto não sofre alteração de natureza, é impossível para uma concepção do movimento que, como a dos terministas parisienses, aceita uma distinção de natureza entre movimentos violentos e naturais. Galileu, por outro lado, afirma que o movimento dos projéteis é um movimento tão natural quanto o movimento de queda de um corpo, posto que está sujeito às mesmas leis que este último. Percebe-se neste ponto que a ruptura está muito mais no conceito de

²⁵ *Ibidem*, p. 202. O grifo é meu.

natureza que subjaz às teorias mecânicas de Galileu e dos terministas parisienses.

Finalmente – o que é de meu ponto de vista o aspecto mais fundamental e revolucionário do pensamento de Galileu frente à tradição dos terministas parisienses –, Galileu estabelece a lei da queda dos corpos por um raciocínio que não se limita a utilizar Arquimedes apenas como ideal de sistematização dedutiva, como sugere Duhem, que se refere somente a duas leis essenciais da queda dos corpos: a lei segundo a qual a queda dos corpos é um movimento uniformemente acelerado e a lei de que, num movimento desse tipo, a velocidade num dado instante pode ser medida pela distância que o corpo percorreria em movimento uniforme, num tempo dado, com uma velocidade que é a média entre a velocidade inicial e a velocidade no instante considerado, mas silencia sobre a lei fundamental da queda dos corpos, enunciada por Galileu da seguinte maneira:

Todos os corpos caem com a mesma velocidade, se for eliminada a resistência do meio

ou, o que é o mesmo:

Todos os corpos caem, no vácuo, com a mesma velocidade²⁶.

É basicamente no raciocínio, que conduz Galileu ao estabelecimento dessa lei, que se pode encontrar a radicalidade e novidade do tratamento dado por ele à queda dos corpos e que consiste em considerar o movimento de queda de um grave como um caso particular do fenômeno arquimediano de imersão de um corpo num meio fluido, com a conseqüência de que a queda de um corpo não tem qualquer relação com o peso do corpo considerado como causa intrínseca de um ímpeto responsável pela aceleração da queda²⁷.

²⁶ GALILEI, G. *Duas Novas Ciências*, Primeira Jornada, p. 62-63.

²⁷ Essa estreita vinculação entre ímpeto e peso do corpo pode ser percebida na explicação que Buridan, nos *Questiones octavi libri physicorum*, apresenta para a aceleração dos corpos em queda: “Essa parece ser também a causa pela qual a queda natural dos graves vai se acelerando sem cessar. No início dessa queda, com efeito, a gravidade movia sozinha o corpo; ele cai portanto mais lentamente; mas, logo depois, essa gravidade imprime um certo ímpeto ao corpo pesado, ímpeto que move o corpo ao mesmo tempo que a gravidade; o movimento torna-se então mais rápido; mas mais ele se torna rápido, mais o ímpeto se torna intenso; vê-se portanto que o movimento irá continuamente acelerando-se.” (Citado por Duhem, *Études sur Léonard de Vinci*, 3ème. série, p. 41.)

O raciocínio de Galileu comporta claramente uma passagem ao limite: se a diferença das velocidades de queda dos corpos de pesos diferentes diminui à medida que diminui a densidade (resistência) do meio em que se dá a queda, então no *limite*, isto é, num meio de densidade nula como seria o vazio, não existirá diferença alguma entre as velocidades dos dois corpos em queda, por maior que seja a diferença dos pesos desses corpos.

Em suma, o raciocínio de Galileu exclui a possibilidade de dar à queda dos corpos um tratamento dinâmico baseado na teoria do ímpeto, pois qualquer que seja a *causa* da aceleração dos corpos em queda, ela certamente *não* é o próprio peso do corpo. E Galileu declara explicitamente não saber qual é essa causa, sendo-lhe suficiente, do ponto de vista dinâmico, a constatação de que os corpos apresentam uma tendência de se dirigir para o centro da terra²⁸. O caráter fundamental da lei reside, portanto, justamente no fato de que, a partir do estabelecimento pelo raciocínio de passagem ao limite do comportamento universal dos corpos com relação à aceleração de queda, se abre a possibilidade de um estudo dos efeitos (e, portanto, de um estudo puramente cinemático) do movimento de queda independente de considerações acerca das causas (dinâmicas) desse movimento. E esse tratamento cinemático independente para a queda dos corpos é algo que nunca fez parte do horizonte da pesquisa mecânica medieval.

Mas não é apenas no estabelecimento da lei da queda dos corpos que Galileu emprega o raciocínio de passagem ao limite; esse raciocínio fica subentendido em outro ponto muito mais fundamental da sistematização da teoria do movimento e mostra com clareza que Galileu se coloca num plano inteiramente diferente do de seus precursores medievais, justamente no que diz respeito ao conceito fundamental de *velocidade*. Com efeito, Galileu define movimento uniforme como

aquele cujos espaços, percorridos por um móvel em tempos iguais quaisquer, são iguais entre si²⁹;

e chama a atenção na *Advertência*, que se segue imediatamente à definição, que esta última difere da definição tradicional pela introdução

²⁸ GALILEI, G. *Duas Novas Ciências*, p. 131.

²⁹ idem, p. 121.

da palavra *quibuscunque* (*qualquer*), com a consequência de que os espaços percorridos são iguais para todos os tempos iguais:

Parece oportuno acrescentar à velha definição (que chama simplesmente de movimento uniforme àquele que, em tempos iguais, percorre espaços iguais) a palavra *quibuscunque*, ou seja, para todos os tempos iguais: pode, efetivamente, acontecer que um móvel percorra espaços iguais em tempos iguais determinados, ainda que não sejam iguais os espaços percorridos em frações menores e iguais desses mesmos tempos³⁰.

Ora, o raciocínio que fica subentendido consistiria em tomar intervalos temporais iguais cada vez menores até que tivéssemos, no limite, apenas instantes temporais. Pode-se, portanto, considerar que o movimento uniforme é aquele que, no limite, tem a mesma velocidade em todos os instantes de tempo. A definição acaba assim, de certo modo, dependendo da noção de *velocidade instantânea*³¹.

Entretanto, quando consideramos a análise conceitual a que os medievais submeteram a noção de velocidade, percebemos que é de certo modo anacrônico falar de velocidade instantânea no sentido galileano. Ao contrário, para os medievais a velocidade é uma qualidade que é sempre caracterizada por uma intensidade e por uma extensão que é a medida dessa intensidade, de modo que a intensidade ela mesma é totalmente desprovida de sentido concreto. Ora, é exatamente nisso que reside a importância da chamada regra mertoriana da velocidade média, referida por Duhem como sendo a segunda lei essencial da queda dos corpos descoberta pelos medievais. Ela permite definir a quantidade da intensidade da velocidade que varia uniformemente por referência a um movimento uniforme de mesma extensão (temporal ou espacial). Em outros termos, o teorema mertoriano submete a compreensão do movimento uniformemente acelerado ao movimento uniforme, com a consequência que o único conceito de velocidade que tem sentido quantitativo para os medievais é o conceito de *velocidade média*³².

A insistência de Galileu, na *Advertência* sobre a modificação da definição tradicional de movimento uniforme, mostra que ele compre-

³⁰ idem, p. 121-122.

³¹ MERLEAY-PONTY, M. *Leçons sur la genèse des Théories Physiques*, p. 28.

³² Sobre este importante ponto ver também Isabelle Stengers, *Quem tem medo da ciência?*, p. 32-33.

endeu a indispensabilidade de “possuir um conceito *ezato* do movimento uniforme, bem diferente daquele de um movimento uniforme na *média*, do qual não se pode obter, mesmo de modo semi-intuitivo, o conceito de *velocidade instantânea*...”³³ Este aspecto parece suficiente para mostrar que, embora Galileu utilize a regra mertoriana para obter a medida da velocidade de um movimento uniformemente acelerado, sua compreensão deste último não depende da noção de velocidade média, mas antes da noção de velocidade instantânea.

A análise cinemática medieval estava, por outro lado, sujeita a uma importante limitação no que concerne à medida dos movimentos acelerados. Limitação aliás que está ligada à própria aplicação do teorema mertoriano, pois a regra torna possível comparar e, portanto, medir movimentos que têm uma extensão comum, por exemplo, dois movimentos acelerados que se produzem no mesmo espaço ou no mesmo tempo. Mas era aparentemente incapaz de comparar movimentos acelerados diferentes que se produzem em tempos diferentes e espaços diferentes.

É neste ponto que intervém o *princípio do movimento*, postulado por Galileu na Terceira Jornada dos *Discorsi*, segundo o qual

os graus de velocidade alcançados por um mesmo móvel em planos diferentemente inclinados são iguais quando as alturas desses planos também são iguais³⁴.

Duhem não faz qualquer discussão mais detalhada desse princípio, limitando-se a afirmar que ele pode ser encontrado em Leonardo da Vinci, que neste aspecto teria antecipado Galileu³⁵. Em primeiro lugar, não fica claro o sentido que Duhem empresta a essa sua afirmação, pois se é verdade que se pode encontrar em Leonardo da Vinci uma proposição equivalente à de Galileu, não é menos verdade que uma proposição não é em si mesma (isto é, intrinsecamente) mais do que uma proposição, e que se a consideramos como um princípio (hipótese, teorema, etc) é em decorrência da posição que ela ocupa no interior de um sistema de proposições. Mas Leonardo não extrai de seu suposto princípio nenhuma consequência importante, nem se pode dizer que exista em sua obra um sistema dedutivo matemático

³³MERLEAU-PONTY, M., op. cit., p. 28. Os grifos são do autor.

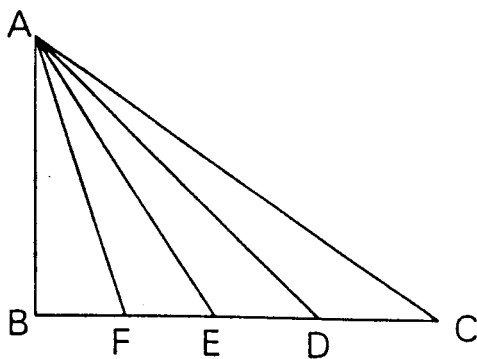
³⁴GALILEI, G. *Dois Novas Ciências*, p. 133.

³⁵DUHEM, P. *Études sur Léonard de Vinci*, 3ème serie, p. 518-519.

de proposições mecânicas, de modo que não fica claro em que sentido Leonardo teria antecipado Galileu.

Mas, deixando isso de lado e retornando ao fio de nosso argumento, a ausência de discussão por parte de Duhem da necessidade e alcance do princípio postulado por Galileu obscurece totalmente o que se pode considerar como o aspecto central da superação galileana do tratamento mecânico medieval, que é o de permitir fazer exatamente aquilo que a regra mertoriana deixa de fazer, a saber, comparar movimentos com acelerações diferentes que percorrem espaços diferentes em tempos diferentes. É fácil ver como o princípio de Galileu permite fazer isso.

Tomemos uma família de planos inclinados, AC, AD, AE, AF , etc, todos de mesma altura AB . É óbvio que um móvel que caísse verticalmente por AB ou descesse pelos planos AC, AD, AE, AF , percorreria distâncias diferentes em tempos diferentes. Ora, o princípio afirma que o corpo chegaria nos pontos B, C, D, E, F , com a mesma



velocidade, vale dizer, teria nos pontos B, C, D, E, F a mesma velocidade instantânea; e estabelece desse modo um termo comum de comparação entre os movimentos acelerados diferentes, a saber, a altura da queda:

Para determinar e representar este ímpeto e velocidade particular, nosso Autor não encontrou outro meio mais adequado do que servir-se do ímpeto adquirido por um móvel durante um movimento naturalmente acelerado, pois qualquer momento adquirido graças a esse último movimento e convertido em movimento uniforme conserva precisamente seu valor limite, a saber, precisamente que, durante um intervalo de tempo igual ao da queda, percorre uma distância que é o dobro da altura pela qual caiu³⁶.

Em suma, dois pontos são relevantes aqui. Em primeiro lugar, o princípio dá um sentido físico e concreto à noção de velocidade ins-

³⁶ GALILEI, G. *Duas Novas Ciências*, p. 264.

tantânea, proporcionando um termo comum para a medida da velocidade de qualquer movimento uniformemente acelerado: esse termo comum é fornecido pela *altura* a que uma dada velocidade seria capaz de elevar o corpo ou, o que é o mesmo, pela *altura* da qual o corpo cai até atingir a velocidade a ser medida. Em segundo lugar, o princípio permite generalizar a classe dos movimentos de queda, estendendo a análise da queda dos corpos ao movimento por planos inclinados, ao movimento pendular e ao movimento dos projéteis, todos entendidos agora como movimentos naturais. Ao meu ver, esses dois aspectos são suficientes para conceder com justiça a Galileu o título de “primeiro físico moderno” e mostrar que sua realização pressupõe uma verdadeira superação do trabalho de seus precursores medievais, principalmente no que diz respeito ao caráter experimental da mecânica de Galileu que, como vimos, baseia-se numa nova concepção da natureza.

Mas deixemos de lado a defesa da originalidade da mecânica de Galileu e concentremos nossa atenção na crítica que Duhem faz da defesa galileana da cosmologia de Copérnico, que consideramos, no início deste ensaio³⁷, como segunda parte da avaliação duhemiana de Galileu.

IV

A segunda parte da apreciação duhemiana de Galileu está expressamente formulada num ensaio publicado em 1908 com o título erudito ΣΩΖΕΙΝ ΤΑ ΦΑΙΝΟΜΕΝΑ e o subtítulo acadêmico e especializado *Ensaio sobre a noção de teoria física de Platão a Galileu*³⁸. Nesse ensaio, Duhem empreende uma investigação histórica detalhada da concepção de teoria física com o objetivo de ilustrar e confirmar suas teses metodológicas sobre o objeto da teoria física, expostas em seu influente livro *La théorie physique. Son objet. Sa structure*, publicado em 1905.

³⁷Cf. Item II, p. 127.

³⁸Utilizo para esta exposição a seguinte edição: DUHEM, P. ΣΩΖΕΙΝ ΤΑ ΦΑΙΝΟΜΕΝΑ (*Essai sur la Notion de Théorie Physique de Platon a Galilée*), Paris, Vrin, 1990. O ensaio traduzido ao português por Roberto Martins foi publicado com o título Salvar os fenômenos nos *Cadernos de História e Filosofia da Ciência*, Suplemento 3, 1984.

Na verdade, o ensaio de 1893, intitulado “Physique et métaphysique”, no qual se encontra a expressão mais clara da demarcação duhemiana entre física e metafísica – demarcação que, como vimos³⁹, preside a caracterização do objeto da física e serve como base para a adoção da metodologia de “salvar os fenômenos” –, já contém um esboço de reconstrução histórica que visava justificar pela tradição (e, portanto, historicamente) a adoção dessa metodologia instrumentalista. Duhem localizava então essa tradição em Aristóteles e seus comentaristas – em particular Tomás de Aquino; nos tratados mecânicos de Arquimedes, por exemplo, no *Sobre os corpos flutuantes*; e finalmente no próprio Copérnico que, segundo Duhem⁴⁰, “procede em astronomia como Arquimedes em hidrostática”. E qual é esse modo de procedimento seguido por tão respeitável tradição?

Esse modo de proceder, essa metodologia, Duhem os encontra perfeitamente sintetizados no Prefácio de Osiander ao *De Revolutionibus Orbium Coelestium* de Copérnico, principalmente naquela passagem que se refere à natureza das hipóteses astronômicas:

Nem é pois necessário que essas hipóteses sejam verdadeiras, nem tampouco verossímeis, mas basta só isso: que mostrem um cálculo congruente com as observações... Ninguém, no que diz respeito às hipóteses, espere algo de CERTO da astronomia, porque nada disso ela pode oferecer⁴¹.

Está claro que para Duhem a tradição nada mais faz do que prescrever a metodologia de $\Sigma\acute{\omega}\xi\epsilon\upsilon\nu\ \tau\grave{\alpha}\ \phi\alpha\upsilon\nu\acute{\omicron}\mu\epsilon\nu\alpha$, para a qual as hipóteses astronômicas são artificios (constructos) matemáticos com os quais organizamos as observações celestes e não explicações metafísicas sobre a natureza desses fenômenos observados ou sobre a razão de ser das leis experimentais, isto é, das regularidades observadas na sucessão dos fenômenos.

Após essa tentativa de justificação histórica da metodologia de salvar os fenômenos, seguem-se dois parágrafos que podem ser con-

³⁹ Cf. p. 5 acima.

⁴⁰ DUHEM, P., “Física e Metafísica”, *Ciência e Filosofia*, n. 4, p. 51-54.; p.54.

⁴¹ Cf. DUHEM, P. Física e metafísica, nota 11, p. 54. O prefácio de Osiander foi publicado sob o título Andreas Osiander: Prefácio ao “De Revolutionibus Orbium Coelestium” de Copérnico, com tradução, introdução e notas de Zeljko Loparić nos *Cadernos de História e Filosofia da Ciência*. CLE-UNICAMP, n. 1, p. 44-61, 1980.

siderados como uma síntese da avaliação duhemiana da contribuição científica dos séculos XVI e XVII e, por isso, cito-os por extenso:

No fim do século XVI e início do século XVII o espírito humano sofreu uma das maiores revoluções que subverteram o mundo do pensamento. As regras lógicas, traçadas pelo gênio grego, tinham sido aceitas até então com uma inteligente docilidade pelos mestres da Escola, depois com uma estreita servilidade pela escolástica em decadência. Nesse momento, os pensadores a rejeitam; pretendem, então, reformar a lógica, forjar de novo os instrumentos dos quais a razão humana se serve e, com Bacon, criar um *novum organum*. Quebram as linhas de demarcação estabelecidas pelos peripatéticos entre os diversos ramos do saber humano; o *distinguo*, que servia para delimitar exatamente as questões e para marcar a cada método o campo que lhe é próprio, torna-se um termo ridículo do qual se apodera a comédia. Vê-se, então, desaparecer a velha barreira que separava o estudo dos fenômenos físicos e de suas leis da procura das causas; então, vê-se as teorias físicas tomadas por explicações metafísicas, os sistemas metafísicos procurando estabelecer, por via dedutiva, teorias físicas.

A ilusão de que as teorias físicas atingem as verdadeiras causas e a própria razão de ser das coisas penetra em todos os sentidos os escritos de Kepler e Galileu. As discussões que compõem o processo de Galileu seriam incompreensíveis a quem não visse nisso a luta entre o físico que quer que suas teorias sejam não somente a representação, mas ainda a *explicação* dos fenômenos e os teólogos que mantêm a velha distinção e não admitem que os raciocínios físicos e mecânicos de Galileu tenham qualquer coisa contra sua cosmologia. Mas aquele que mais contribuiu para romper a barreira entre a física e a metafísica foi Descartes⁴².

Duas conseqüências podem ser imediatamente obtidas a partir dessa caracterização da chamada Revolução Científica do século XVII: 1) para Duhem a profunda transformação do espírito humano ocorrida nesse século é eminentemente *metafísica* e não científica, posto que, como vimos, a revolução científica teria ocorrido no século XIII, mais precisamente em 1277; 2) se aceitar o método de salvar os fenômenos significa respeitar uma demarcação estrita entre física e metafísica, então abandoná-lo significa romper o *distinguo* ou, como prefere Duhem de modo ostensivamente crítico, confundir as duas disciplinas e promover a invasão da física pela metafísica. E embora Descartes seja o principal responsável por essa confusão entre física e

⁴²DUHEM, P., Física e metafísica. *Op. cit.*, p. 54.

metafísica, Galileu compartilha com Kepler “a ilusão de que as teorias físicas atingem as verdadeiras causas e a própria razão das coisas”. Em suma, a profunda transformação operada pelos séculos XVI e XVII se assenta, para Duhem, numa confusão. Mais que liberadora, essa transformação serve antes como obstáculo ao desenvolvimento da ciência.

Nesse quadro interpretativo, o processo de Galileu só pode então ser compreendido como uma luta entre a concepção realista (mecanicista) de que as teorias físicas podem explicar os fenômenos naturais e “os teólogos que mantêm a velha distinção [entre física e metafísica] e não admitem que os raciocínios físicos e mecânicos de Galileu tenham qualquer coisa contra sua cosmologia”. Não há como deixar de perceber, nesta linha de raciocínio, uma condenação implícita de Galileu, uma vez que Duhem se alinha metodologicamente com os opositores de Galileu: “os teólogos que mantêm a velha distinção”. O ensaio de 1893 já contém, assim, implícita uma condenação de Galileu, por via de uma adesão explícita à posição da teologia católica que presidiu o processo contra Galileu.

Duhem retoma em *ΣΩΖΕΙΝ ΤΑ ΦΑΙΝΟΜΕΝΑ*, o delicado problema do “processo de Galileu”, a saber, da condenação pela Inquisição da defesa galileana da astronomia de Copérnico. Delicado, pois essa defesa conduziu, como se sabe: 1) em 1616, à condenação do *De Revolutionibus* de Copérnico e à admoestação (instrumentalista) de Bellarmino a Galileu; 2) em 1633, à condenação teológica e cosmológica do sistema de Copérnico e à abjuração humilhante e penitente de Galileu. Nessa retomada, não é difícil ver que Duhem aprofunda a linha de argumentação de “Física e Metafísica”, fortalecida pela revolução historiográfica já discutida da redescoberta da ciência medieval.

Assim, após apresentar as hipóteses de Copérnico, que são basicamente duas:

[a] que a Terra não está imóvel, nem no centro do mundo, mas move-se em torno de si mesma, ou seja, com movimento diurno;

[b] que o Sol é o centro do mundo e totalmente imóvel de movimento local,

Duhem expressa claramente o que, no seu modo de ver, é a posição

de Galileu concernente à natureza das hipóteses de Copérnico:

ele [Galileu] pretendia que as hipóteses do novo sistema não fossem artifícios próprios ao cálculo de tabelas, mas proposições conformes à natureza das coisas; ele pretendia que elas fossem estabelecidas por razões de Física. Pode-se mesmo dizer que essa confirmação pela Física das hipóteses copernicanas é o centro para o qual convergem as pesquisas mais diversas de Galileu; é para esse mesmo objeto que concorrem seja suas observações de astrônomo, seja suas teorias de mecânico⁴³.

É evidente que “Física” não expressa nesta passagem o mesmo que entendemos hoje por esse termo. Ele está associado à noção de “proposição conforme à natureza das coisas” e, portanto, está associado no sentido duhemiano à metafísica, ou se se preferir, à física no sentido aristotélico. A passagem expressa, portanto, o reconhecimento de Duhem de que a defesa de Galileu do sistema copernicano é uma defesa cosmológica, para a qual concorrem tanto as investigações mecânicas quanto as investigações astronômicas de Galileu. E essa discussão é tida por Duhem como sendo realista.

A esse posicionamento realista de Galileu se opôs a Inquisição no processo de 1616,

perguntando-se se essas duas proposições possuíam as marcas que, por comum acordo, copernicanos e ptolomaicos requeriam de toda hipótese astronômica aceitável: essas proposições eram compatíveis com a Sã Física? Eram elas conciliáveis com as Escrituras divinamente inspiradas?⁴⁴.

Em outras palavras, para Duhem, a Inquisição põe a questão no mesmo plano em que Galileu conduz sua polêmica em defesa do copernicanismo: no plano realista. O resultado parece agora inevitável. Do ponto de vista da sã física, que é a de Aristóteles e Averrões, as duas proposições incriminadas são *stultae et absurdae* in Philosophia. Do ponto de vista das Escrituras, a primeira proposição era *formaliter haeretica*, a segunda era *ad minus in fide erronea*.

Convém notar aqui, ainda que de passagem, que Duhem não tece qualquer comentário acerca do dogmatismo com que a filosofia natural de Aristóteles é tomada como “sã física”, nem menciona

⁴³DUHEM, P. ΣΩΖΕΙΝ ΤΑ ΦΑΙΝΟΜΕΝΑ, p. 126-7.

⁴⁴DUHEM, P. ΣΩΖΕΙΝ ΤΑ ΦΑΙΝΟΜΕΝΑ, p. 127.

o realismo pressuposto pela interpretação literal (ortodoxa) das Sagradas Escrituras. A condenação das duas hipóteses copernicanas apela de modo claro para o *princípio de autoridade* e não se põe no plano estritamente metodológico da adequação dos dados observacionais (mecânicos ou astronômicos) com o sistema astronômico de Copérnico.

Contudo, Duhem parece mais preocupado em mostrar que o veredito do processo de 1616, segundo o qual

é necessário rejeitar inteiramente as hipóteses de Copérnico, que não se deve usá-las nem mesmo com o único fim de salvar os fenômenos; assim, o Santo Ofício advertia Galileu de não ensinar de modo algum (*quovis modus*) a doutrina de Copérnico⁴⁵.

só pode ser compreendido contra um pano de fundo realista da polêmica cosmológica. Na verdade, para Duhem, a condenação poderia ter sido evitada, se o confronto entre ptolomaicos e copernicanos tivesse sido conduzido num plano estritamente metodológico:

A condenação do Santo Ofício era uma conseqüência do choque que se tinha produzido entre dois realismos. Esse choque violento podia ter sido evitado, o debate entre ptolomaicos e copernicanos podia ter sido mantido unicamente no terreno da astronomia, se se tivesse escutado os sábios preceitos referentes à natureza das teorias científicas e das hipóteses sobre as quais elas repousam; esses preceitos, formulados por Posidonius, por Ptolomeu, por Proclus, por Simplicio, uma tradição ininterrupta os havia conduzido até Osian-der, até Reinhold, até Mélancton...⁴⁶.

O veredito de Duhem é claro: o abandono da metodologia de salvar os fenômenos e a conseqüente adesão ao realismo, à pretensão de que o sistema de Copérnico pode explicar a verdadeira natureza dos fenômenos astronômicos observados, ou que ele revela as causas desses fenômenos – e que, portanto, pode erigir-se como uma cosmologia alternativa à cosmologia tradicional – é a principal razão que conduz à condenação.

⁴⁵ DUHEM, P. ΣΩΖΕΙΝ ΤΑ ΦΑΙΝΟΜΕΝΑ, p. 128. Não é verdade que Galileu tenha recebido em 1616 uma advertência expressa de não ensinar quovis modus a doutrina de Copérnico. Ver a esse respeito, SANTILLANA, G. de, *The Crime of Galileo*. Chicago : The University of Chicago Press, 1976. A afirmação de Duhem parece atender muito mais à lógica interna de sua argumentação que visa responsabilizar o realismo pela condenação do que a uma preocupação de adequação histórica e factual do relato.

⁴⁶ DUHEM, P. ΣΩΖΕΙΝ ΤΑ ΦΑΙΝΟΜΕΝΑ, p. 128.

A partir deste ponto o objetivo de Duhem se torna claro. Duhem procura mostrar que a defesa galileiana da astronomia copernicana está baseada numa concepção insustentável do método científico. Sua argumentação procura então estabelecer o juízo segundo o qual,

é necessário reconhecer e declarar hoje em dia que a Lógica estava ao lado de Osiander, de Bellarmino e de Urbano VIII, e não do lado de Kepler e de Galileo; que aqueles haviam compreendido o alcance exato do método experimental e que, a esse respeito, estes últimos se tinham enganado⁴⁷.

E no que consiste esse engano? Ele consiste basicamente numa concepção errônea da natureza das hipóteses científicas ou, nas palavras de Duhem:

Apesar de Kepler e de Galileu, acreditamos hoje, com Osiander e Bellarmino, que as hipóteses da Física não são senão artifícios matemáticos destinados a *salvar os fenômenos*⁴⁸.

O argumento de Duhem tem, portanto, um caráter evidentemente retrospectivo; ou seja, é feito do ponto de vista da concepção atual que os físicos têm do alcance do método científico e experimental, e se assenta no reconhecimento da falibilidade metodológica do conhecimento científico: nenhum método é suficiente para chegar à verdade última, à natureza essencial dos fenômenos naturais estudados.

É por isso que para Duhem, uma vez abandonada a prudência metodológica instrumentalista – que ele encontra admiravelmente expressa na famosa carta de 12 de abril de 1615 do Cardeal Bellarmino a Antonio Foscarini⁴⁹ –, Galileu teria se comprometido com um raciocínio que supõe que os experimentos mecânicos e as observações astronômicas podem decidir acerca da realidade e/ou verdade de hipóteses astronômicas concorrentes ou conflitantes. Eis no que consiste basicamente a estratégia metodológica galileiana para Duhem: submeter as duas teorias astronômicas conflitantes a um *experimento crucial*, com base no qual se possa decidir conclusivamente por um dos sistemas em confronto:

Duas doutrinas são apresentadas, das quais cada uma pretende ser possuidora da verdade; mas uma diz a verdade, a outra mente; quem

⁴⁷ DUHEM, P. ΣΩΖΕΙΝ ΤΑ ΦΑΙΝΟΜΕΝΑ, p. 136.

⁴⁸ DUHEM, P. ΣΩΖΕΙΝ ΤΑ ΦΑΙΝΟΜΕΝΑ, p. 140.

⁴⁹ Cf. DUHEM, P. ΣΩΖΕΙΝ ΤΑ ΦΑΙΝΟΜΕΝΑ, p. 128-9.

decidirá? A experiência. Aquela das duas doutrinas com a qual ela se recusa estar de acordo será reconhecida como errônea e, devido a esse mesmo fato, a outra doutrina será proclamada como conforme à realidade. A ruína de um dos dois sistemas opostos assegura a certeza do sistema oposto como, na Geometria, o caráter absurdo de uma proposição acarreta a exatidão da proposição contraditória⁵⁰.

Ora, esse raciocínio parece aos olhos de Duhem totalmente infundado basicamente por duas razões. Em primeiro lugar, porque transfere para o método experimental um raciocínio de cunho geométrico (matemático): o experimento crucial seria uma espécie de redução ao absurdo experimental, na qual a contradição experimental representaria o papel da contradição lógica da redução ao absurdo dos geômetras⁵¹. Em segundo lugar, porque não percebe a falsidade da suposição na qual se baseia a utilização como método de demonstração de um recurso argumentativo eminentemente refutativo tal como a redução ao absurdo⁵². Mas ao refutar uma das teorias, o experimento não prova definitivamente a verdade da outra, a não ser que se considere que as proposições sejam contraditórias entre si como ocorre na matemática. Certamente não se pode considerar que os dois sistemas astronômicos sejam contraditórios neste sentido, embora sejam evidentemente contrários: a falsidade de um sistema permite então afirmar apenas a possibilidade da verdade do outro, posto que ambos sistemas podem ser falsos.

A afirmação da verdade do sistema de Copérnico em face da refutação do sistema de Ptolomeu transcende as razões puramente lógicas – que só garantem um juízo provável – e só se sustenta por-

⁵⁰ DUHEM, P. ΣΩΖΕΙΝ ΤΑ ΦΑΙΝΟΜΕΝΑ, p. 131-2.

⁵¹ DUHEM, P. *La théorie physique*, p. 303. “Um semelhante modo de demonstração parece tão convincente, tão irrefutável quanto a redução ao absurdo, usual nos geômetras; é, de resto, sobre a redução ao absurdo que é calcada essa demonstração, a contradição experimental representando numa o papel que a contradição lógica joga na outra”.

⁵² DUHEM, P. *La théorie physique*, p. 308: “A redução ao absurdo, que parece não ser mais que um meio de refutação, pode tornar-se um método de demonstração; para demonstrar que uma proposição é verdadeira, é suficiente encurralar numa consequência absurda aquele que admitisse a proposição contraditória daquela; sabe-se qual é o partido que os geômetras gregos tiraram desse modo de demonstração.” Para a análise que Duhem faz dos experimentos cruciais, ver DUHEM, P. *La théorie physique*, p. 308-12; e também Algumas reflexões acerca da física experimental. *Ciência e Filosofia*, v. 4, p. 95-7, 1989.

que Galileu se deixa vencer pela ilusão realista de que a astronomia de Copérnico descreve a verdadeira natureza dos fenômenos que estuda. Ofuscado por essa ilusão, Galileu não percebe que sua argumentação por experimentos cruciais só seria concludente quando fosse verdadeira a suposição tacitamente aceita nesse raciocínio, a saber, que não há outros sistemas astronômicos possíveis.

Ao se opor decididamente ao papel atribuído aos experimentos cruciais, Duhem pretende estar também combatendo a imagem de desenvolvimento científico segundo a qual

a ciência positiva progride por uma série de dilemas, dos quais cada um é resolvido com o auxílio de um *experimentum crucis*⁵³.

Duhem reconhece que essa é uma imagem baconiana do progresso da ciência, mas afirma expressamente que Galileu e Francis Bacon possuem aproximadamente a mesma opinião acerca “do valor do método experimental e da arte de utilizá-lo”. Basta, portanto, apenas transpor a crítica geral ao uso dos experimentos cruciais para o caso da escolha entre os dois sistemas astronômicos, para mostrar o caráter infundado da afirmação galileana da verdade e realidade da astronomia de Copérnico.

Essa maneira de conceber o método experimental foi chamada a ter uma grande voga, pois era muito simples; mas ela é inteiramente falsa, porque é muito simples. Que os fenômenos deixem de ser salvos pelo sistema de Ptolomeu; o sistema de Ptolomeu deverá ser reconhecido como certamente falso. Não resultará de modo algum que o sistema de Copérnico seja verdadeiro, porque o sistema de Copérnico não é pura e simplesmente a contradição do sistema de Ptolomeu. Que as hipóteses de Copérnico consigam salvar todas as aparências conhecidas; concluiremos disso que essas hipóteses podem ser verdadeiras; não se concluirá que elas são certamente verdadeiras; para legitimar esta conclusão, seria preciso provar anteriormente que nenhum outro conjunto de hipóteses poderia ser imaginado, que permitisse salvar tão bem as aparências; e esta última demonstração jamais foi dada. No próprio tempo de Galileu, todas as observações que se podiam invocar em favor do sistema de Copernico não se deixavam do mesmo modo salvar pelo sistema de Tycho Brahe?⁵⁴.

A argumentação de Duhem não deixa qualquer dúvida: a concepção que Galileu tem do método experimental é tosca e inadequada.

⁵³DUHEM, P. ΣΩΖΕΙΝ ΤΑ ΦΑΙΝΟΜΕΝΑ, p. 132.

⁵⁴DUHEM, P. ΣΩΖΕΙΝ ΤΑ ΦΑΙΝΟΜΕΝΑ, p. 132-3.

Não se sustenta com base na mais simples análise lógica. O argumento experimental com o qual Galileu pretende decidir sobre a verdade de *um* dos dois sistemas astronômicos comete um erro banal: toma os dois sistemas como contraditórios, quando eles são apenas contrários. E Duhem aduz uma prova cabal do erro: Galileu não toma em consideração o sistema de Brahe. Reduzido a pó o método experimental de Galileu, pois sua forma argumentativa se assenta sobre um argumento falacioso, Duhem procura levar-nos a aceitar que a Inquisição – ou antes, a Igreja – tinha uma concepção mais adequada e mais moderna do método experimental, concepção que Duhem resume na adesão ao método de salvar os fenômenos.

Apesar disso, poderia parecer que, em sua conclusão, Duhem reconhece a contribuição de Kepler e Galileu para a unificação de investigações que a filosofia tradicional da natureza mantinha separadas, pois afirma:

Apesar de Kepler e de Galileu, acreditamos hoje, com Osiander e Bellarmino, que as hipóteses da Física não são senão artifícios matemáticos destinados a salvar os fenômenos, mas graças a Kepler e Galileu, exigimos deles que salvem ao mesmo tempo todos os fenômenos do universo inanimado⁵⁵.

Contudo, basta uma análise atenta do argumento que conduz a essa conclusão de Duhem, para perceber que a contribuição de Galileu e Kepler para a unificação da física é bastante diminuída. Com efeito, Duhem reconhece de início que o princípio da separação cosmológica entre Céu e Terra, no qual se assentava por sua vez a distinção entre a mecânica terrestre e a astronomia, foi definitivamente abandonado em vista das observações telescópicas de Galileu e que com isso ele conseguiu unificar as duas físicas: “a física dos corpos celestes e a física das coisas sublunares”⁵⁶.

Mas Duhem afirma logo a seguir que o princípio de unificação defendido por Copérnico, Kepler e Galileu, segundo o qual “a astronomia deve tomar como hipóteses proposições cuja verdade seja estabelecida pela física”, possui dois sentidos: um sentido superficial e ilógico e outro sentido oculto, mais profundo e verdadeiro. No primeiro sentido, a tese é entendida como se afirmasse que

⁵⁵ DUHEM, P. ΣΩΖΕΙΝ ΤΑ ΦΑΙΝΟΜΕΝΑ, p. 140.

⁵⁶ DUHEM, P. ΣΩΖΕΙΝ ΤΑ ΦΑΙΝΟΜΕΝΑ, p. 139.

as hipóteses da astronomia eram juízos sobre a natureza das coisas celestes e sobre seus movimentos reais; ela podia significar que ao controlar a adequação dessas hipóteses, o método experimental enriqueceria nossos conhecimentos cosmológicos com novas verdades⁵⁷.

É neste sentido que os astrônomos dos séculos XVI e XVII tomam o princípio e a argumentação de Duhem, exposta acima, procurou mostrar que nesse sentido ele é falso e nocivo. Por outro lado, no outro sentido,

ao exigir que as hipóteses da astronomia estivessem de acordo com os ensinamentos da física, exigia-se que a teoria dos movimentos celestes repousasse sobre bases capazes de suportar igualmente a teoria dos movimentos que observamos aqui embaixo; exigia-se que o curso dos astros, o fluxo e o refluxo do mar, o movimento dos projéteis, a queda dos graves fossem salvos com a ajuda de um mesmo conjunto de postulados, formulados na linguagem das matemáticas⁵⁸.

Ora, para Duhem, esse sentido do princípio ficava inteiramente dissimulado e não era conscientemente sustentado nem por Copérnico, nem por Kepler, nem por Galileu. Que ele se tenha imposto a partir da síntese newtoniana é, portanto, meramente acidental para esses autores, porque, na verdade, sua interpretação do princípio é mais impeditiva do que revolucionária ou inovadora.

V

Apresentarei a seguir, em linhas gerais, as principais dificuldades da avaliação duhemiana da contribuição cosmológica de Galileu e, em particular, de sua defesa do copernicanismo.

1. A primeira objeção dirige-se à própria historiografia de Duhem e à reconstrução histórica que ela propicia. Duhem parte de uma tese amplamente aceita no século XX: o reconhecimento da *insuficiência* do método científico. Com efeito, nós concordamos que nenhum método, por mais excelente que seja, pode conferir às conclusões da ciência natural um grau maior que aquele da probabilidade, pode mostrar que essas conclusões são mais do que hipóteses. Mas em que medida esse juízo, quando aplicado retrospectivamente aos principais pensadores

⁵⁷ DUHEM, P. ΣΩΖΕΙΝ ΤΑ ΦΑΙΝΟΜΕΝΑ, p. 139.

⁵⁸ DUHEM, P. ΣΩΖΕΙΝ ΤΑ ΦΑΙΝΟΜΕΝΑ, p. 139-40.

dos séculos XVI e XVII e, em particular, a Galileu, fornece uma imagem historicamente fiel desses pensadores? Em que medida, então, a reconstrução de Duhem nos leva a compreender a convicção contrária dos maiores cientistas desses séculos de que seus procedimentos conduziam à verdadeira natureza dos fenômenos que estudavam? Parece forçoso admitir aqui que Duhem não estava preocupado em produzir uma reconstrução historicamente adequada aos fatos, mas antes em reconstruir a história adequando-a a uma concepção metodológica prévia, representada por uma metodologia instrumentalista estrita de que a função das teorias físicas é salvar os fenômenos. A objeção consiste, portanto, em apontar uma espécie de *anacronismo metodológico* na reconstrução histórica de Duhem.

Para entender a postura científica do século XVII é preciso não esquecer as circunstâncias históricas particulares da época⁵⁹. Os proponentes da nova ciência tinham razão em afirmar que, por meio da nova combinação de procedimentos experimentais e raciocínios matemáticos, estavam realizando um progresso efetivo e importante no entendimento da natureza. Ora, se tivessem concordado que seus resultados eram, no fim das contas, “meramente prováveis”, poderia parecer que eles não possuíam para seus resultados uma prerrogativa superior ao da afirmação vaga e informal de “probabilidade”, à qual Aristóteles e seus seguidores haviam acostumado o mundo: a probabilidade de uma “*opinião plausível*”, ou ainda, conforme o caso, de uma “*especulação persuasiva*”, que muitos aristotélicos pensavam ser o máximo que se pode alcançar na investigação do reino *imperfeito e contingente* da “matéria”. Os defensores da nova ciência, e entre eles Galileu,

tinham a convicção profunda de que haviam conseguido atingir mais do que isso – de que suas conclusões eram imensamente melhor fundamentadas e com muito maior segurança certificadas do que as conclusões de seus oponentes aristotélicos. E nisto eles estavam inteiramente corretos. Sem dúvida, estavam incorretos ao supor que essa diferença não podia ser adequadamente expressa em termos de “probabilidade”, adequadamente interpretada. Mas esse erro

⁵⁹Obviamente, as próprias “circunstâncias históricas particulares” são, também elas, reconstruções históricas segundo padrões, etc. Mas isto não invalida a objeção de que Duhem não leva em consideração fatos históricos significativos que podem ser reconstruídos com padrões neutros com relação aos seus.

não era totalmente infundado, e tampouco é desprovido de razão histórica⁶⁰.

Pode-se sem dúvida condená-los retrospectivamente, como faz Duhem, por não atender à falibilidade do conhecimento da natureza, mas isso não melhora nossa compreensão histórica da revolução científica do século XVII.

Ao contrário, a visão duhemiana do século XVII é totalmente valorativa e depreciativa. Em Duhem talvez existisse mais do que em qualquer outro pensador a necessidade de reconciliar o conflito entre a fé católica e a ciência. No fundo, toda sua historiografia se ressentia dessa tendência a procurar reconstruir a história da ciência de modo a torná-la compatível com as exigências de uma concepção instrumentalista do método científico que, estando baseada numa circunscrição muito estreita do âmbito da ciência, deixa para a teologia e a metafísica a questão da verdadeira natureza dos fenômenos observados. Mas essa é exatamente a tentativa de conciliação do catolicismo tradicional entre ciência e fé.

Pode-se ver agora como se engendra a reconstrução histórica de Duhem. Ela se faz supondo que só se reconstruirmos a história da ciência do ponto de vista de uma concepção instrumentalista do método, essa história se torna coerente e orgânica. Ela é então uma história de teorias – constructos matemáticos – constantemente desenvolvidas e melhoradas por pessoas que aderiram conscientemente ao método de salvar os fenômenos. Por outro lado, nessa reconstrução, a concepção da física como a descoberta da essência do mundo físico natural é tida como independente da ciência – como metafísica – e revela um padrão de desenvolvimento descontínuo, caracterizado pela substituição de dogmas metafísicos arbitrários e conflitantes. Por força de seu padrão interpretativo, Duhem é levado a ignorar totalmente o impacto que as doutrinas metafísicas tiveram sobre o desenvolvimento da física, doutrinas como a da indestrutibilidade da matéria, a alma do mundo ou o atomismo.

Ao reconstruir a história da mecânica no interior desse quadro interpretativo, Duhem é levado a sustentar a tese de que a ciência moderna nasce nos séculos XIII e XIV, no seio do pensamento católico,

⁶⁰ Blake, Ralph M., Ducasse, Curt J. e Madden, Edward H. *Theories of Scientific Method. The Renaissance through the Nineteenth Century*, cap. 1, p. 21.

com a estática de Nemorarius, a cinemática do Merton College e a dinâmica dos terministas de Paris. Desta perspectiva, os desenvolvimentos dos séculos XVI e XVII – em particular aqueles ligados aos nomes de Copérnico, Kepler, Galileu, Bacon, Descartes – são, naquilo que é cientificamente significativo, meramente continuadores de uma tradição anterior de pesquisa científica e, naquilo que se considera em geral como as características mais inovadoras desses séculos, a saber, o método e a nova filosofia natural, os frutos da adesão injustificada a dogmas metafísicos que só serviram para promover a invasão da física pela metafísica.

Contudo, mais grave é que Duhem não deixa claro que o realismo de Galileu e dos inquisidores, longe de representar uma preferência meramente pessoal, traduzia na verdade uma preferência epistemológica da época, que era uma conseqüência da exigência de superioridade, e conseqüente autoridade, da teologia sobre a metafísica e a astronomia. A adesão ao método de salvar os fenômenos representava assim a expressão metodológica do compromisso que os tradicionalistas estabeleciam, por um lado, com o princípio da autoridade teológica e, por outro lado, servia para compatibilizar a astronomia de Ptolomeu com a cosmologia e filosofia natural de Aristóteles.

2. Este último ponto nos conduz à crítica que Duhem move contra a concepção de método experimental de Galileu. Pode-se considerá-la adequada?

É verdade que algumas vezes Galileu parece argumentar que se existirem boas razões empíricas para rejeitar o sistema ptolomaico, então o sistema copernicano estará suficientemente estabelecido, como se este último fosse a única alternativa possível e uma espécie de *experimentum crucis* estivesse envolvido. Duhem cita em apoio a sua interpretação a seguinte passagem do *Considerazioni circa L'opinione copernicana* de Galileu:

Não acreditar que exista demonstração da mobilidade da Terra até que esta não seja mostrada, é sumamente prudente; nem pedimos que alguém acredite em tal coisa sem demonstração: antes, nós não procuramos outra coisa a não ser que, pelo bem da Santa Igreja, seja com suma severidade examinado aquilo que sabem e podem produzir os seguidores de tal doutrina, e que não lhes seja admitido nada se aquilo pelo que lutam não supera em grande espaço as razões da outra parte; e quando não tivessem mais que 90 por 100 de razões,

que sejam rejeitados: mas quando tudo aquilo que produzem os filósofos e astrónomos contrários for demonstrado ser na maior parte falso, que ela não tem absolutamente peso, que não se despreze a outra parte, nem se repute essa parte tão paradoxal que não se creia que jamais possa ela ser demonstrada claramente. E pode-se muito bem fazer uma oferta tão ampla: porque é claro que aqueles que sustentam a parte falsa, não podem ter para si nem razão, nem experiência que sirva; quando para a parte verdadeira é forçoso que todas as coisas concordem e sejam adequadas⁶¹.

Contudo, existem outras passagens em que Galileu, além de admitir o carácter opinativo (hipotético) das duas posições em confronto, argumenta claramente a partir da suposição da verdade de uma delas, que é afinal o que ocorre nas disputas, onde cada parte argumenta acerca da falsidade da posição oposta, supondo a verdade de sua posição:

Tal que aquela última conclusão que o autor inferia, ao dizer que discorrendo pelos efeitos da natureza se encontram sempre coisas favoráveis à opinião de Aristóteles e Ptolomeu, e jamais uma que não contrarie Copérnico, é preciso uma grande consideração; e melhor é dizer, que sendo uma destas duas posições verdadeira, e a outra necessariamente falsa, é impossível que para a falsa se encontre jamais razão, experiência ou reto discurso que lhe seja favorável, assim como para a verdadeira nenhuma destas coisas pode ser repugnante. Grande diversidade portanto convém que se encontre entre os discursos e os argumentos que se produzem de uma e de outra parte em pró e contra a estas duas opiniões, cuja força deixarei que julgue por si mesmo, Sr. Simplício⁶².

Também existem passagens em que o argumento de Galileu assume a forma de um dilema entre dois sistemas contraditórios. Mas quando isso ocorre é porque o que está em questão não admite meio termo: ou a Terra se move e o sistema copernicano é correto, ou ela está parada e o de Ptolomeu é vindicado. E isso explica uma certa ambigüidade na interpretação da Hipótese (1) de Copérnico: ela é astronômica, por um lado, e cosmológica, por outro, na exata medida em que é contrária a uma suposição fundamental da filosofia

⁶¹GALILEI, G. *Considerazioni circa L'opinione copernicana*, *Le Opere*, Edizione Nazionale, v. V, p. 368-9. Citado por Duhem, ΣΩΖΕΙΝ ΤΑ ΦΑΙΝΟΜΕΝΑ, p. 130-1.

⁶²GALILEI, G. *Dialogo sopra i due massimi sistemi del Mondo*, 2a. Jornada, *Le Opere*, Edizione Nazionale, v. VII, p. 296-7.

natural de Aristóteles, ou para usar o jargão de Duhem, à Física de Aristóteles.

Além disso, note-se atentamente que tratando-se da mobilidade ou repouso da Terra ou do Sol, estamos em um dilema de proposições contraditórias, das quais por necessidade uma é verdadeira, nem se pode de modo algum recorrer a dizer que talvez não esteja nem neste nem naquele modo: ora se a estabilidade da Terra e a mobilidade do Sol é *de facto* verdadeira na natureza, e absurda a posição contrária, como se poderá razoavelmente dizer que melhor concorda às aparências manifestas visíveis e sensíveis, nos movimentos e constituições das estrelas, a posição falsa que a verdadeira? Quem é que não sabe ser concordantíssima a harmonia de todos os verdadeiros na natureza, e dissoar asperamente as posições falsas dos efeitos verdadeiros? Concordará, portanto, em toda espécie de consonância a mobilidade da Terra e a estabilidade do Sol com todos os outros corpos mundanos e com todas as aparências, que são milhares, que nós e nossos antecessores temos minuciosamente observado, e será tal posição falsa; e a estabilidade da Terra e mobilidade do Sol, estimada verdadeira, de modo algum não poderá concordar com as outras verdades? Se se pudesse dizer, não ser verdadeira nem esta, nem aquela posição, poderia ser que uma se acomodasse melhor que a outra no dar razão das aparências: mas que das mesmas posições, das quais uma é necessariamente falsa e a outra verdadeira, se tenha que afirmar que a falsa responde melhor aos efeitos da natureza, verdadeiramente ultrapassa minha imaginação⁶³.

Entretanto, Galileu parece ter reconhecido, não sem relutância, que mostrar que uma hipótese salva os fenômenos, mesmo quando é melhor que qualquer outra conhecida, não é uma demonstração suficiente de sua verdade:

É verdade que não é a mesma coisa mostrar que a suposição de que a terra se move e o Sol está parado salva as aparências, e demonstrar que essas hipóteses são realmente verdadeiras na natureza; mas é quase tanto e ainda mais verdadeiro que por meio do outro sistema comumente recebido é impossível dar conta dessas aparências. O último sistema é indubitavelmente falso, assim como é claro que o primeiro, que está adequado muito excelentemente às aparências, pode ser verdadeiro e que nenhuma verdade maior pode ou deve ser procurada numa hipótese que sua correspondência com os fatos particulares⁶⁴.

⁶³ GALILEI, G. *Considerazioni circa L'opinione copernicana, Le Opere*, Edizione Nazionale, v. 10, p. 356-7.

⁶⁴ GALILEI, G. *Le Opere*, V, p. 369.

A passagem é significativa: ela mostra de modo claro que a concepção que Galileu tem da natureza das hipóteses e do alcance do método experimental não é tão primária e grotesta quanto Duhem pretende ter mostrado.

Além disso, o argumento de Duhem está baseado, como vimos⁶⁵, numa identificação das concepções de Galileu e Bacon acerca da natureza e alcance do método experimental. Mas essa identificação é obviamente pejorativa e injustificada. Em primeiro lugar, porque Bacon é um teórico do método – ou, para usar a expressão baconiana, um reformador do *Organon* aristotélico, enquanto Galileu é um cientista, um praticante do método experimental que não vê razões para modificar a dialética de Aristóteles⁶⁶. Em segundo lugar, porque faz supor que, enquanto praticante do método experimental, Galileu procura pela verdadeira natureza dos fenômenos que estuda. Ora, isso desconhece totalmente o caráter da obra mecânica de Galileu, particularmente as terceira e quarta jornadas dos *Discorsi*, na qual o método de salvar os fenômenos é utilizado para assegurar o caráter estritamente *cinemático* da teoria exposta. Esta é então tomada como uma descrição matemática dos fenômenos tal como ocorrem em vista de um conjunto muito amplo de observações e experimentos, e não como uma explicação da causa dos movimentos observados. Ou seja, Galileu utiliza apropriadamente o método de salvar os fenômenos para restringir o âmbito de sua investigação. Prova cabal de que ele não considerava sua mecânica uma explicação da verdadeira natureza dos movimentos, mas antes uma descrição verdadeira dos movimentos observados na natureza.

É claro que isto não invalida a objeção de Duhem, porque, quanto à mecânica, Galileu é visto por ele como um continuador da mecânica medieval, mas ajuda, por um lado, a entender o sentido pejorativo do juízo de que católicos não-cientistas, como Osiander, Bellarmino e Urbano VIII, possuíam uma consciência mais clara do alcance do método experimental do que o próprio Galileu e, por outro lado, permite colocar a objeção de Duhem nos devidos termos. A objeção está endereçada ao uso do método experimental para resolver o conflito

⁶⁵Cf. p. 21 acima.

⁶⁶Cf. a esse propósito a carta de Galileu a Fortúnio Licete datada de 15 de setembro 1640, *Le Opere*, Vol. XVIII, p. 247-251.

entre duas teorias astronômicas antagônicas que Duhem reputa como equivalentes astronômicamente, posto que ambas permitem salvar os fenômenos com razoável adequação.

Contudo, Duhem não deixa claro – em virtude de seu padrão interpretativo – que o confronto entre os dois sistemas astronômicos, além de tratar da questão da adequação empírica, na qual aliás Galileu possui uma enorme massa de observações astronômicas contrárias ao sistema ptolomaico, é fundamentalmente uma polêmica que tem como critério último a adequação dos sistemas astronômicos a princípios cosmológicos acerca da verdadeira natureza dos fenômenos celestes observados. Em suma, o debate não pode ser meramente astronômico como pretende Duhem, mas ele é antes e fundamentalmente cosmológico. E isso por força da própria maneira tradicional de definir o alcance da astronomia, como o mostra Galileu:

Duas espécies de suposição foram feitas até aqui pelos astrônomos: algumas são primeiras e concernentes à absoluta verdade na natureza; outras são segundas, as quais foram imaginadas para dar razão das aparências nos movimentos das estrelas, aparências que mostram de certo modo não concordar com as primeiras e verdadeiras suposições. Como, por exemplo, Ptolomeu, antes de aplicar-se a satisfazer as aparências supõe, não como puro astrônomo, mas como puríssimo filósofo, antes toma dos próprios filósofos, que os movimentos celestes são todos circulares e regulares, isto é, uniformes; que o céu tem a forma esférica; que a Terra está no centro da esfera celeste, sendo também ela esférica e imóvel, etc.: voltando-se depois para a desigualdade que percebemos nos movimentos e nas distâncias dos planetas, os quais parecem opor-se às primeiras suposições naturais estabelecidas, passa para uma outra espécie de suposição, que tem em vista encontrar as razões, pelas quais, sem mudar as primeiras, possa acontecer a desigualdade evidente e sensível nos movimentos das estrelas e na sua aproximação ou afastamento da Terra: para fazer isso introduz alguns movimentos também circulares, mas sobre outros centros diferentes daquele da Terra, descrevendo círculos excêntricos e epiciclos: e esta segunda suposição é aquela da qual alguém poderia dizer que o astrônomo supõe para satisfazer aos seus cálculos, sem obrigar-se a sustentar que ela seja *re vera* na natureza. Vejamos agora em qual espécie de hipótese coloca Copérnico a mobilidade da Terra e a estabilidade do Sol: que não há dúvida alguma que, se bem considerarmos, ele a coloca entre as posições primeiras e necessárias na natureza;...⁶⁷.

⁶⁷GALILEI, G. *Considerazioni circa L'opinione copernicana, Le Opere*, Edizione Nazionale, Vol. V, p. 357.

Ao apresentar o modo tradicional de definir a tarefa do astrônomo através da distinção entre suposições primeiras (físicas e cosmológicas) e suposições segundas (astronômicas) e ao mostrar que nesse modo tradicional as únicas hipóteses astronômicas legítimas são aquelas que são fisicamente verdadeiras, isto é, aquelas que estão baseadas em primeiros princípios físicos e cosmológicos, Galileu explicita também que a diferença entre copernicanos e ptolomaicos não é uma diferença entre dois *artifícios matemáticos* destinados a salvar os fenômenos celestes, mas antes entre duas *cosmologias*, ou seja, entre duas filosofias naturais irreconciliáveis em vista de suas próprias suposições primeiras.

Tudo isso deixa claro que a defesa galileana da astronomia de Copérnico se dá num plano cosmológico, isto é, no plano metafísico da natureza das coisas, além de mostrar também a inevitabilidade, no modo tradicional de colocar a questão, do debate nesse plano. Mas não se pode esquecer a dimensão eminentemente crítica dos argumentos de Galileu, para a qual concorrem suas realizações científicas astronômicas e mecânicas: o que Galileu mostrou decisivamente é que se tomamos os fatos observados pelo telescópio e os resultados matemáticos da nova mecânica, *então* não podemos mais sustentar a cosmologia tradicional. Com efeito, as observações telescópicas de Galileu conduziram, como o próprio Galileu reconhece, à eliminação da distinção cosmológica tradicional entre Céu e Terra⁶⁸. É nesse mesmo plano crítico que se deve apreciar o alcance cosmológico das teses mecânicas de Galileu. Assim, à abolição da distinção entre movimentos naturais e violentos corresponde a eliminação da teoria do lugar natural, cuja centralidade na filosofia da natureza de Aristóteles é inquestionável. À eliminação da distinção entre grave e leve corresponde uma crítica à teoria aristotélica dos quatro elementos, cuja utilização para a hierarquização do Cosmo aristotélico é fundamental⁶⁹. Ao estabelecimento de um sistema inercial de coordenadas métricas corresponde a eliminação efetiva da concepção do movimento como processo e sua substituição pela concepção do

⁶⁸Cf. Galileu, *Dialogo sopra i due massime sistemi del mondo, Le Opere*, Edizione Nazionale, Vol. VII, 1a. Jornada.

⁶⁹Cf. Galileu, *Duas Novas Ciências*, 1a. Jornada.

movimento como estado⁷⁰. Considerados, portanto, os desenvolvimentos mecânicos de Galileu em sua oposição a princípios e teses da cosmologia natural, percebe-se claramente que o que está em jogo é fundamentalmente o conceito de *natureza*.

A objeção à avaliação de Duhem consiste, assim, em afirmar que seu padrão interpretativo, cujo cerne é uma demarcação estrita entre física e metafísica, o impede de apreciar a relevância de dois pontos básicos estabelecidos acima: primeiro, a inevitabilidade da polêmica cosmológica; segundo, a importância dessa discussão cosmológica para a constituição de um novo conceito de natureza como base metafísica para a nova ciência do século XVII.

Mas deixemos de lado a defesa de Galileu e retornemos a Duhem para conceder-lhe o que por mérito lhe cabe. Em primeiro lugar, o imenso trabalho e, porque não dizê-lo, o heróico trabalho de compilação e reconstrução da mecânica medieval, iniciado por Duhem, conduziu a fundar definitivamente o vasto campo de estudo a que se dedicam os historiadores medievalistas da ciência, levando ao abandono da concepção estabelecida até o século XIX, segundo a qual a Idade Média era um período de trevas dominado pelo preconceito e pela ignorância. Em segundo lugar, o que me parece ser mais importante, Duhem impôs ao historiador da ciência a tarefa de precisar e refinar sua concepção de desenvolvimento da ciência, de modo a dar conta da tensão existente nesse desenvolvimento entre *continuidade* e *ruptura*.

Referências Bibliográficas

- BURIDAN, J. *Questions super libris quattuor de Caelo et Mundo*. In: MOODY, E.A. (ed.) Cambridge : University of Chicago Press, 1942.
- CLAGETT, M. *La Scienza della Meccanica nel Medioevo*. Milão : Feltrinelli, 1972.
- CROMBIE, A.C. The Significance of Medieval Discussion of Scientific Method for the Scientific Revolution. In: CLAGETT, M.

⁷⁰ Cf. Galileu, *Dialogo sopra i due massimi sistemi del mondo, Le Opere*, Edizione Nazionale, Vol. VII, 2a. Jornada.

(ed.) *Critical Problems in the History of Science*. Madison : University of Wisconsin, 1959.

DIJKSTERHUIS, E.J. *The Mechanization of the World Picture*. Princeton : Princeton University Press, 1986.

DUHEM, P. Quelques réflexions au sujet des théories physiques. *Révue des Questions Scientifiques*, v. 31, p. 139-77, 1892.

———. Physique et métaphysique. *Révue des Questions Scientifiques*, v. 34, p. 55-83, 1893.

———. L'école anglaise et les théories physiques. *Révue des Questions Scientifiques*, v. 36, p. 179-229, 1894.

———. Les origines de la statique. *Révue des Questions Scientifiques*, v. 54, 1903.

———. *La théorie physique. Son objet. Sa structure*. 2.ed. Paris : Marcel Rivière, 1914.

———. *Études sur Léonard de Vinci*. Paris : F. de Nobele, 1955. 3v.

———. *Le système du monde*. Paris : Hermann, 1958-79. 10v. V.6.

GALILEI, G. *Discorsi e Dimostrazione matematiche intorno a due nuove Scienza*. Trad. por P.R. Mariconda e L. Mariconda. *Duas Novas Ciências*. São Paulo : Nova Stella/Instituto Cultural Ítalo-Brasileiro, 1985.

MARTINS, R. Salvar os fenômenos. *Cadernos de História e Filosofia da Ciência*, Suplemento 3, 1984.

OSIANDER, A. Prefácio ao "De Revolutionibus Orbium Coelestium". Tradução, introdução e notas de Z. Loparić. *Cadernos de História e Filosofia da Ciência*, n. 1, p. 44-61, 1980.

SANTILLANA, G. de. *The Crime of Galileo*. Chicago : The University of Chicago Press, 1976.

THUROT, C. Recherches historiques sur le principe d'Archimède. *Révue Archéologique*, serie nouvelle, v. 18-20.