

UM POUCO MAIS SOBRE GALILEU E AS CIÊNCIAS MISTAS

Carlos Arthur Ribeiro do Nascimento
PUC – SP – Brasil

Resumo

Na segunda metade da década de sessenta do século XX, começou a ser dada um pouco mais de atenção à situação epistêmica das ciências que Aristóteles denomina “as mais físicas das matemáticas”, o Avicena Latino “ciências mistas” e Tomás de Aquino “ciências intermediárias”. A lista de tais ciências compreendia a astronomia, a ótica, e a harmônica (música), sendo a mecânica uma espécie de prima pobre. A estas Avicena acrescenta a ciência da esfera em movimento e a ciência dos pesos, acréscimos estes mantidos por Tomás. Um dos principais interesses no estudo das ciências mistas foi sua relação com a física galileana. Na realidade, não há muitas referências explícitas a estas ciências da parte de Galileu. No entanto, uma passagem dos *Discorsi*, que precede a experiência com o plano inclinado, menciona a definição técnica das ciências intermediárias e enumera as principais. Galileu não está interessado nos problemas epistêmicos que ocuparam os estudiosos no que se refere a estas ciências durante séculos, mas em fundamentar sua definição do movimento uniformemente acelerado e seu postulado sobre planos inclinados de mesma altura. Preocupações estas que o ocupam desde a abertura do estudo sobre o movimento uniformemente acelerado nos *Discorsi*.

Palavras-chave: Aristóteles, Tomás de Aquino, Galileu Galilei, Movimento uniformemente acelerado.

[A LITTLE MORE ON GALILEO AND THE MIXED SCIENCES]

Abstract

In the second half of the 1960s, scholars became more concerned with the epistemic status of the sciences called “the more physical of the mathematics” by Aristotle, or “mixed sciences” by the Latin Avicena and “intermediary sciences” by Aquinas. The list of such sciences comprehended astronomy, optics and harmonics (music), whereas mechanics was thought to be the poor man's counterpart to those. To such a list, Avicena adds the science of the moving sphere and the science of the weights, additions maintained by Aquinas too. One of the main interests in the study of the mixed sciences was its relation with the Galilean physics. In reality, there are but a few explicit references to these sciences by

Galileo. Nevertheless, one passage of the *Discorsi*, preceding the experience with the inclined plane, mentions the technical definition of the intermediary sciences and enumerates the main ones. Galileo is not interested in the epistemic issues that had kept thinkers busy as regards these sciences for centuries. Rather, he wants to establish a foundation to his definition of accelerated uniform movement and his postulate about inclined planes of the same height. These concerns kept him busy since the beginning of the study of the accelerated uniform movement in the *Discorsi*.

Keywords: Aristotle, Aquinas, Galileo Galilei, Uniformly accelerated movement.

As ciências intermediárias: algumas sondagens em sua história

Como disse Alexandre Koyré: *A ciência moderna não brotou perfeita e completa dos cérebros de Galileu e Descartes, como Atenas da cabeça de Zeus. Ao contrário, a revolução galileana e cartesiana – que continua apesar de tudo uma revolução – foi preparada por um longo esforço de pensamento.*

1- Aristóteles (c. 384/3 – 322 a.C.)

Menciona na *Física* (Liv. II, cap. 2) e nos *Segundos Analíticos* (Liv. I, caps. 7, 9 e 13) algumas disciplinas (ótica, harmônica, astronomia e mecânica) que, embora tratem de aspectos do mundo da natureza, utilizam demonstrações matemáticas. Aristóteles não parece muito interessado nessas disciplinas por si mesmas. Menciona-as por outras razões. Na *Física* para mostrar como a matemática (aritmética e geometria) se distingue da ciência da natureza (física). Nos *Segundos Analíticos* quando está discutindo a especificidade das ciências: cada ciência tem um tema de estudo e um método próprio, sendo impossível transferir demonstrações de uma ciência para outra.

As disciplinas mencionadas por Aristóteles chamaram a atenção de seus comentadores na Antiguidade Tardia, no mundo árabe e finalmente no Ocidente Latino Medieval. Estes últimos desenvolveram pouco a pouco uma reflexão sobre tais disciplinas.

2- Roberto Grosseteste (c. 1168 – 08/10/1253)

Escreveu o primeiro comentário latino tanto da *Física* como dos *Segundos Analíticos*. Introduziu algumas considerações importantes. Nos *Segundos Analíticos*, Aristóteles tinha afirmado que estas disciplinas, estão uma sob a outra: a harmônica sob a aritmética e a ótica sob a geometria. Grosseteste cunhou, a partir daí, duas expressões para designar a disciplina superior e a inferior: ciência subalternante e ciência subalternada. Grosseteste elaborou também uma teoria para explicar como a disciplina subalternada não se reduz pura e simplesmente a uma parte da subalternante. É que ela introduz uma característica

(uma diferença) extrínseca ao gênero que é tema de estudo da disciplina subalternante. Por exemplo, a aritmética trata dos números e de suas propriedades; já a harmônica se ocupa do número sonoro, isto é, o número na medida em que se encontra nos sons. Ora, sonoro é uma característica extrínseca ou estranha ao número. Estes não podem ser classificados em sonoros e não-sonoros, mas em pares, ímpares, inteiros, fracionários etc. Estas contribuições de Grosseteste perduraram nos seus sucessores, que delas fizeram uso constante.

3- Tomás de Aquino (1224/5 – 07/03/1274)

Talvez seja quem apresentou a reflexão mais bem articulada na Idade Média sobre as disciplinas mencionadas por Aristóteles e denominadas subalternadas por Grosseteste. Tomás retoma as contribuições de Grosseteste e as insere numa concepção mais desenvolvida. Foi ele quem indicou de modo preciso a situação dessas disciplinas como “ciências intermediárias” entre a física e a matemática. Deu também uma caracterização exata das mesmas: ciências que aplicam os princípios matemáticos às coisas naturais ou materiais. Tomás não era um cultor destas ciências. Seu interesse por elas foi por causa justamente do modelo epistêmico de tais ciências. Este modelo permitiu a Tomás atribuir o caráter de ciência ao ensinamento cristão (doutrina cristã). Assim como o ótico aceita os teoremas demonstrados pelo geômetra e com o auxílio deles demonstra as leis de ótica, assim também aquele que adere ao cristianismo aceita os chamados artigos de fé e procura sistematizar a partir deles o conjunto da doutrina cristã. Deste modo a doutrina cristã é concebida como subalternada à ciência ou saber do próprio Deus. Este tem evidência dos artigos de fé, assim como o geômetra tem evidência dos teoremas que o ótico simplesmente aceita (crê).

4- João Duns Scot (1265/66 – 1308)

A proposta de Tomás de Aquino a respeito da subalternação da doutrina cristã à ciência divina foi objeto de acirradas críticas no final do século XIII e início do XIV. Um de seus críticos foi justamente João Duns Scot. Numa passagem em que Duns Scot rejeita a proposta de Tomás, faz ele, no entanto, uma importante observação. Uma disciplina subalternada como a ótica prova seus princípios básicos, seja pelo recurso a uma disciplina subalternante (geometria) seja através de experiência. O exemplo invocado é o da lei da reflexão nos espelhos (o ângulo de reflexão é igual ao ângulo de incidência). Esta lei, que é um dos princípios básicos do estudo dos espelhos, pode ser provada com o auxílio de um teorema sobre triângulos semelhantes ou então por meio de um experimento.

5- Galileu Galilei (1564 – 1642)

Ao apresentar o experimento com o plano inclinado para mostrar que o espaço percorrido por um corpo em queda livre é proporcional ao quadrado do tempo de queda, Galileu alude aos principais elementos indicados antes.

- a) Menciona a definição de “ciência intermediária” de Tomás de Aquino.

- b) Cita os exemplos mais conhecidos desde a Antiguidade.
- c) Menciona o papel da experiência no estabelecimento de princípios.

De fato Salviati (portavoz de Galileu) diz a Simplicio (portavoz da ciência tradicional) que solicitara uma experiência:

Vós, como verdadeiro cientista, fazeis um pedido muito razoável; e assim se costuma e convém nas ciências que aplicam as demonstrações matemáticas às conclusões naturais como se vê com os óticos, os astrônomos, os mecânicos, os acústicos e outros, os quais confirmam com experiências sensíveis os seus princípios que são os fundamentos de toda a estrutura subsequente.

Galileu e as Ciências Intermediárias

Talvez alguém ainda se lembre do livro de Sir Edwin Arthur Burt, *Os fundamentos metafísicos da ciência moderna*, escrito em 1923-25, tendo tido uma 2ª edição em 1932 e que mereceu tradução em português pela Editora da Universidade de Brasília (1983). Retomo esta referência para indicar que o primeiro vínculo do presente texto é justamente com a metafísica, isto é, com a maneira como é concebido o mundo e que possibilidade temos de conhecê-lo. No entanto, este texto mantém também um vínculo com a arte, nem que seja com as artes liberais, sobretudo com as disciplinas enumeradas no quadrívio. Finalmente, ele se vincula também à religião, na medida em que a partir de Tomás de Aquino, passou a fazer parte dos temas referentes ao estatuto epistêmico da teologia, a contestada aplicação a esta do esquema epistêmico das ciências mistas ou intermediárias, na terminologia do próprio Tomás e que se tornou costumeira depois dele. Este texto se desenvolve em contraponto com dois artigos de Walter Roy Laird¹ e tem uma longa pré-história do ponto de vista pessoal, pois representa um ponto de chegada de um processo iniciado, pelo menos, em 1983.² Dito isto, passemos então ao tema propriamente dito.

Em sua contribuição para o volume *Method and Order in Renaissance Philosophy*, “Galileu e as ciências mistas”, Walter Roy Laird,³ depois de delinear a tradição metodológica das ciências mistas e indicar suas principais preocupações e conclusões, procura mostrar quão desencorajadora ela teria parecido para alguém que estivesse tentando fundar uma nova ciência mista demonstrativa. Nesta última etapa de seu artigo Laird assinala o caráter limitado das referências explícitas de Galileu à tradição das ciências mistas na sua compilação de juventude de fontes Jesuítas sobre o preconhecimento e a demonstração. Mostra também como Galileu estava pouco preocupado com os problemas que ocuparam os comentadores de Aristóteles, isto é, a justificação da legitimidade de

¹ Laird, W. R. Galileu and the Mixed Sciences. 2001, p. 255-267, especialmente 264-267.

² Ver anexo – Uma nota pessoal.

³ Laird, W. R. Op. cit., nota 1, 1997.

aplicar a matemática à física e o tipo de certeza e evidência possível de ser obtido pelas ciências mistas. Ao abordar as preocupações de Galileu, Laird cita a declaração deste:

Aduzirei provas que são menos matemáticas e mais físicas; e utilizarei suposições que são mais claras e óbvias aos sentidos do que as que Arquimedes adotou.

Esta alegação do *Diálogo sobre o movimento*, uma obra de juventude, vale também para os períodos seguintes, como Laird mostra em seu artigo.

É neste contexto que Laird chega à bem conhecida passagem dos *Discursos*, contendo talvez a mais importante referência de Galileu às ciências mistas, no diálogo de abertura à experiência com o plano inclinado. Laird prossegue, comentando o papel desempenhado por esta experiência para estabelecer o princípio físico-matemático de toda a ciência do movimento uniformemente acelerado, a saber que este movimento é um movimento em que momentos iguais de velocidade são acrescentados em tempos iguais.

O que gostaria de acrescentar é que este intento visado por Galileu não se restringe a esta passagem, mas inclui também a passagem de abertura do estudo do movimento uniformemente acelerado. De fato, desde este começo, a primeira preocupação de Galileu é apresentar uma definição do movimento uniformemente acelerado que é utilizado pela natureza; ele até mesmo pretende que sua definição concorde com a essência do movimento naturalmente acelerado. Galileu passa então a apresentar a principal razão que o levou a estar confiante de que chegou à formulação de uma definição deste tipo. Tal razão é enunciada brevemente:

O que os experimentos naturais apresentam aos sentidos aparece como correspondente às propriedades depois demonstradas e congruente com elas.

O esquema suposto por Galileu parece ser o seguinte: certas propriedades observadas no movimento naturalmente acelerado⁴ correspondem às demonstradas pela definição proposta e podem ser justificadas por meio desta.⁵ Isto mostra que a definição expressa verdadeiramente o que caracteriza essencialmente o movimento uniformemente acelerado, tal como encontrado na natureza. O esquema justificativo de Galileu parece consistir num primeiro passo no qual certas propriedades do movimento naturalmente acelerado são observadas; supõe-se que tais propriedades se explicam por uma certa definição do movimento em questão. Esta suposição torna-se certeza, na medida em que as propriedades, que podem ser deduzidas da definição, concordam com as observadas.

Depois de apresentar esta razão principal, Galileu acrescenta uma outra justificativa: devemos considerar “o costume e disposição da natureza em todas suas outras obras, no exercício das quais ela costuma empregar os meios mais próximos, simples e

⁴ Podemos razoavelmente supor que estas propriedades são do tipo da lei dos números ímpares, do quadrado do tempo, da distância dupla e da trajetória semi-parabólica.

⁵ Ver a análise de Wallace, W. A. “Galileo’s Logic of Discovery and Proof”. 1992, p. 270-273; p. 284-285.

fáceis”. Este axioma é ilustrado pelo exemplo do tipo de nado dos peixes e de voo dos pássaros. De fato, ninguém acreditará que haja um modo mais simples e fácil de fazê-lo do que aquele empregado, por instinto natural, respectivamente pelos peixes e pássaros. Segue-se a aplicação deste axioma ao caso de uma pedra em queda livre, partindo do repouso. Neste caso temos de supor que os acréscimos de velocidade são feitos “*pela razão mais simples e óbvia a todos*”. Se observarmos bem, não há acréscimo mais simples do que o que acrescenta sempre do mesmo modo. Isto é o que é observado na extrema afinidade do movimento com o tempo. De fato, a regularidade e uniformidade do movimento é definida pela regularidade dos tempos e dos espaços: “*chamamos uma translação de regular, quando em tempos iguais, espaços iguais são atravessados. Podemos, assim, perceber que os acréscimos de celeridade, feitos da maneira mais simples, são os que se dão pelas mesmas igualdades de tempo. Realizaremos, então, que um movimento é uniforme e continuamente acelerado do mesmo modo, quando em quaisquer tempos iguais, são acrescentados acréscimos de celeridade iguais*”. Assim, “*não parece de modo nenhum dissonante da reta razão se considerarmos que a intensificação da velocidade ocorre de acordo com a extensão do tempo*”. Galileu repete, então, a definição do movimento do qual vai tratar:

*Chamo movimento regular e uniformemente acelerado, o que, partindo do repouso, acrescenta a ele mesmo, em tempos iguais, momentos iguais de celeridade.*⁶

Nesta segunda justificativa da definição do movimento uniformemente acelerado, Galileu recorre a algo muito diferente de sua razão principal. Aqui é o axioma de simplicidade, entendido como uma lei ontológica, que é usado: a natureza costumeiramente emprega em suas obras os meios mais próximos, simples e fáceis. Ora, o modo mais próximo, simples e fácil de fazer acréscimos de velocidade ocorre em função do tempo decorrido. Logo, o movimento uniformemente acelerado é aquele no qual, em tempos iguais, há acréscimos iguais de velocidade. Esta definição é, afinal, evidente – os acréscimos de velocidade se dão pela razão mais simples e óbvia a todos; eles não são dissonantes da reta razão – visto que ocorrem de um modo que é apenas uma instância particular do modo geral de operação da natureza.⁷

⁶ Esta passagem da segunda justificativa da definição do movimento uniformemente acelerado, principalmente em sua parte final, que vem imediatamente antes da apresentação explícita da definição, contém reminiscências do vocabulário da “*intensificação e abrandamento das formas*”. Cf. Clagett, M. *The Science of Mechanics in the Middle Ages*. 1951, p. 251-253.

⁷ O próprio Galileu diz que sua definição do movimento uniformemente acelerado resultou de repetidos esforços mentais (*quod, tandem post diuturnas mentis agitationes repperisse confidimus. Discorsi*, p. 197, lin. 13-14). É sabido como Galileu definiu primeiro, erradamente, o movimento uniformemente acelerado em função do espaço percorrido. É possível tornar estes fatos compatíveis com a afirmação de que a definição, em função do tempo decorrido, é dada “*pela mais simples razão e mais óbvia a todos*” (*simplicissima atque omnibus magis obvia ratione*) com a distinção escolástica entre princípios evidentes por si mesmos para todos e para os peritos (Cf. Tomás de Aquino, *Suma de Teologia*, I, q. 2, a. 1).

O primeiro modo de confirmar a definição proposta de movimento uniformemente acelerado é exemplificada na experiência com o plano inclinado como pode ser visto no diálogo introdutório da experiência.

Simplicio concorda que, pressupondo a definição, os teoremas demonstrados por Galileu e apresentados por Salviati, seguir-se-ão. Mas, quem garante que a definição proposta é real (de algo na natureza) e não apenas uma simples convenção, um postulado arbitrário ou, no melhor dos casos, uma definição nominal, a explicação de um termo? É neste ponto que Salviati dá uma resposta a Simplicio com referência à definição tradicional das ciências intermediárias (ciências que aplicam as demonstrações matemáticas às conclusões naturais), enumera as mais conhecidas pelos nomes de seus praticantes (óticos, astrônomos, mecânicos, acústicos e outros) e afirma que “*estes confirmam com experiências sensíveis seus princípios, que são os fundamentos de toda a estrutura subsequente*”. Esta é a razão porque não é supérfluo falar longamente “*a respeito deste primeiro e maior fundamento sobre o qual repousa a enorme construção de infinitas conclusões*”. Então, a experiência com o plano inclinado é descrita e ela assegura que a aceleração de todo grave em queda livre varia na proporção mencionada, isto é, que o espaço percorrido é proporcional ao quadrado do tempo decorrido.

Parece que Galileu está retomando os dois tipos de demonstração indicados por Aristóteles, a demonstração *quia* e *propter quid* (*Analíticos Segundos*, I, cap. 13). Como Marcel Clavelin assinalou, no primeiro tipo “*começa-se raciocinando ex suppositione, isto é, postulando o princípio ou os princípios capazes de dar conta dos efeitos; então, será a evidenciação de uma conexão necessária entre estes princípios (ou causas) e os efeitos (e aqui a experiência desempenhará seu papel) que permitirá transformar as suposições iniciais em certezas*”.⁸ O segundo tipo é aparentado à demonstração *propter quid*, na medida em que ela fornece a causa ou razão. Aqui, o axioma de simplicidade fundamenta a definição proposta.

É preciso também dizer que Galileu estabelece seu princípio de que “*os graus de velocidade adquiridos pelo mesmo móvel em planos com inclinações diferentes são iguais, quando as alturas destes planos são a mesma*”⁹ com uma experiência. Mas, esta permite ver diretamente o que é enunciado pelo princípio e Sagredo pretende que este experimento é como que equivalente a uma demonstração.¹⁰

Os três modos de estabelecer um princípio, usados por Galileu, foram talvez utilizados sobretudo em ótica, e esta seria a razão porque Galileu coloca esta ciência em primeiro lugar na enumeração das ciências mistas.¹¹ Eles já são associados por Rogério Bacon no seu *Tratado da multiplicação das espécies*, no estudo da reflexão e refração. De fato, Bacon menciona neste contexto três modos usados por Ptolomeu e Alhazen para estabelecer os dois modos de refração (de um meio menos denso para um mais denso e de um meio mais denso para um menos denso) e por Ptolomeu, Alhazen e Alkindi para

⁸ Clavelin, M. “A revolução galileiana: revolução metodológica ou teórica”. 1986, p. 41.

⁹ Galilei, G. *Discorsi*. p. 205-207.

¹⁰ Idem, *Ibidem*, p. 206-207.

¹¹ Cf. supra. Para o caso da astronomia, enumerada em segundo lugar, cf. Laird, *Op. cit.*, 1997, p. 268-269.

estabelecer a igualdade do ângulo de reflexão com o ângulo de incidência.¹² Bacon sustenta que os dois modos de refração e a lei de reflexão podem ser estabelecidos por experimento (*experimentum*) usando instrumentos (*instrumenta*); daí, este tipo de prova ser chamado de “por instrumentos”. Por meio deste tipo de prova perceber-se-á pelos sentidos (*videbitur ad sensum*) como a natureza opera. Em segundo lugar, podem ser provados pela causa ou razão (*causa, ratio*). Em ambos os casos de refração, tanto quanto no caso da reflexão, Bacon recorre ao princípio de uniformidade na operação da natureza, em vista de justificar a dupla refração e a lei de reflexão.¹³ Além disso, no caso da reflexão, Bacon acrescenta as provas geométricas.¹⁴ O terceiro modo de provar é denominado “pelo efeito” (*effectus*), “pelo experimento” (*experimentum*), ou “por experiência” (*experientia*). Mas trata-se de algo diferente do primeiro tipo de prova. De fato, aqui, há algo observado (um efeito) que é possível ou pode ser justificado somente se certos modos de operar da natureza são aceitos. Por exemplo, a combustão (observável) de algo colocado no ponto onde os raios de sol se concentram, depois de terem sido refratados num cristal esférico, não pode ter lugar ou ser entendida se não se admitir que os raios do sol sofrem uma dupla refração ao passar do ar para o cristal e, depois, do cristal para o ar.¹⁵

É possível observar um paralelismo entre as razões apresentadas por Galileu para crer que sua definição do movimento uniformemente acelerado contém a própria natureza deste e para estabelecer seu postulado sobre o grau de velocidade adquirido por corpos pesados em planos inclinados tendo alturas iguais, com os três modos usados por Bacon ao tratar da refração e da reflexão. A primeira razão dada por Galileu corresponde ao terceiro procedimento de Bacon; a segunda razão de Galileu recorda o segundo procedimento de Bacon. É preciso ainda sublinhar que ambos, Bacon e Galileu, recorrem aqui a axiomas metafísicos: o princípio de economia como uma lei da natureza em Galileu e o princípio de uniformidade em Bacon.¹⁶ Finalmente, o experimento usado por Galileu para justificar seu postulado concernente aos planos inclinados com a mesma altura é semelhante ao primeiro procedimento de Bacon.

Este, muito provavelmente, construiu seu esquema de prova, reunindo a experiência com instrumentos, que ele encontrou em Ptolomeu e Alhazen, com o duplo tipo de demonstração (*quia e propter quid*) encontrado por ele nos *Segundos Analíticos*, onde estão ligados com o conhecimento da causa ou razão e com a experiência (*empeiria*). Bacon, naturalmente, privilegia a experiência com instrumentos.¹⁷

¹² Roger Bacon's *Philosophy of Nature*. 1983, part II, cap. 3, p. 110, lins. 75-80; cap. 6, p. 138, lins. 33-37. Ver também cap. 7, no qual, a respeito dos espelhos comburentes, fala-se de “demonstração” (p. 148, lin. 30) e de “prova por experiência e pelo efeito” (p. 152, lin. 106).

¹³ Idem, *Ibidem*, part II, cap. 3, p. 114 e cap. 6, p. 140. Cf. Lindberg, D. C. "The Cause Refraction in Medieval Optics". (1968-69), p. 32-33.

¹⁴ Idem, *Ibidem*, part II, cap. 6, p. 141-144.

¹⁵ Idem, *Ibidem*, part II, cap. 3, p. 116-118; cap. 6, p. 144-148; cap. 7, p. 152-154.

¹⁶ Estes dois princípios implicam a ideia de finalidade na operação da natureza.

¹⁷ Bacon faz também uma referência no capítulo segundo sobre a ciência experimental (parte VI) do *Opus majus* (Ed. Bridges, v. 2, p. 172-173). Trad. Brasileira, 2006, p. 101. É possível identificar os três modos de prova usados por Bacon no começo do livro III da *Ótica* de Ptolomeu, onde ele fundamenta a lei de reflexão. Na edição e tradução de A. Lejeune (*L'optique de Claude Ptolémée*. 1989), números [4]-[6] provas pelo efeito; números [7]-[12], uma prova por experimento e começando com o número [14] provas pela razão. Tradução em anexo a

Este último tipo de prova ou este último modo de fundamentar um princípio chamou atenção num certo momento, em conexão com as ciências intermediárias. João Duns Scot, por exemplo, critica Tomás de Aquino por este estabelecer o fundamento dos princípios destas ciências apenas numa ciência mais elevada. Neste contexto, ele recorda a possibilidade de fundamentação pela experiência e cita Alhazen:

As ciências subalternadas podem ter alguns princípios, dos quais elas têm evidência pela experiência, como Alhazen prova na Perspectiva, pela experiência, que os ângulos de incidência e reflexão são iguais, mesmo se isto pode ser provado pela geometria. Daí, vários princípios serem pura e simplesmente conhecidos pelo perspectivista, dos quais, no entanto, ele não conhece o porquê. Se, porém, há na subalternada outros princípios, que não são conhecidos pelos sentidos e a experiência, é necessário que ele saiba como reconduzi-los a outros princípios anteriores. Portanto, o conhecimento, que somente pressupõe outros princípios, não conhecendo nem o porquê destes, nem os conhecendo por experiência, não é ciência.¹⁸

John Pecham menciona também a possibilidade de estabelecer os princípios da perspectiva por experiência (*experimento colligitur et ratione utrumque probatur*).¹⁹ Laird já tinha citado um texto de Walter Burley, que aponta na mesma direção:

Quando perguntas como os princípios da ciência subalternada são certos, é preciso dizer, de acordo com o novo expositor do undécimo livro da Metafísica, que os princípios da ciência subalternada podem ter evidência e certeza por si, de tal modo que a ciência subalternada não supõe de modo nenhum seus princípios a partir de uma ciência superior; de modo que não os aceita como credo neles, mas os explica a posteriori, isto é, por meio dos sentidos e da experiência, como dizem alguns. A qual prova, se, quanto a alguém que nega aceitá-los como credo neles, não for suficiente, então uma ciência

“Dando volta aos problemas – segunda revisão de ‘três tradições explicativas na lei da queda dos corpos’”. Referência completa abaixo.

¹⁸ *Reportata Parisiensia*, Prologus, *questio* 2, n. 5, Ed. Vivès, v. 22, p. 35, col. b.

Ad primam rationem oppositam, dicendum quod scientiae subalternatae possunt habere aliqua principia, de quibus habent evidentiam per experientiam, sicut Alphazen in Perspectiva, probat per experientiam, quod anguli incidentiae et reflectionis sunt aequales, quamvis hoc probari possit per Geometriam; unde multa principia sunt simpliciter nota Perspectivo, de quibus tamen nescit propter quid. Si sint autem alia principia in subalternata, quae non sunt nota per sensum et experientiam, oportet quod sciat ea reducere in alia principia priora; illa ergo notitia, quae tantum supponit alia principia et non propter quid, nec per experientiam cognoscit ista, illa non est scientia.

¹⁹ *Perspectiva communis*, II, p. 160, Proposito 6. Ed. Lindberg, p. 160-161. Cf. Pich, R. H. Subordinação das ciências e conhecimento experimental. 2004, p. 573-615. Especialmente, p. 589, note 69. Ver também John of Reading. *Scriptum in I Librum Sententiarum*, Prologus, Q. 6. 1989, p. 94, lins. 15-22; p. 112, lins. 15-26.

Agradeço a Roberto Hofmeister Pich por chamar minha atenção para estes textos, assim como para o texto de Duns Scotus citado à nota 18.

*superior deve prová-los. Donde, resumidamente: a demonstração na ciência subalternada produz conhecimento científico, mas não produz conhecimento científico com tanta certeza como a demonstração numa ciência subalternante.*²⁰

Dois pontos, ressaltados por Laird em sua contribuição para o volume *Method and Order in Renaissance Philosophy of Nature*, são certamente muito importantes. Primeiro, Galileu não estava interessado pelos problemas que ocuparam durante séculos as discussões sobre as ciências intermediárias. De fato, ele estava interessado em fundamentar sua análise físico-matemática do movimento, para ele próprio e (talvez principalmente) para seus contemporâneos. Para isso ele utiliza os meios existentes, como se tentou mostrar na exposição precedente.²¹ Em segundo lugar, Galileu sabia muito bem que uma experiência só pode, na melhor das hipóteses, proporcionar uma demonstração de que as coisas se dão como elas são mostradas pela experiência e não porquê elas são assim (*quia e propter quid*). Então ele buscou, até o fim de sua vida, por uma demonstração de seu postulado a respeito dos planos inclinados com a mesma altura e parece ter afinal elaborado esta última.²²

Talvez não fosse impossível dizer que para Galileu, nesta questão, o que era relevante não era o primeiro livro dos *Analíticos Segundos*, mas o segundo, onde Aristóteles se ocupava com os princípios da ciência, isto é, a definição do tema de estudos da ciência (*genus subjectum*) e a asserção dos primeiros princípios.

A isto poderíamos acrescentar, como diz Laird,²³ que Galileu não estava satisfeito com as fundamentações instáveis do “*salvar os fenômenos*” de seu tempo. Assim, ele buscou por fundamentações verdadeiras e reais, tanto para a astronomia quanto para a ciência do movimento, retornando ao sentido platônico original²⁴ do “*salvar os fenômenos*”.

Uma nota pessoal

Escrevi um primeiro artigo tratando da introdução ao estudo do movimento acelerado nas *Duas novas ciências* de Galileu como também da apresentação da experiência com o plano inclinado em 1983 (*TRANS/Form/AÇÃO*, 6 (1983), p. 5-12).

²⁰ *Et cum tu quaeris qualiter principia scientiae subalternatae sunt certa, dicendum secundum novum expositorem undecimo Metaphysicae quod principia scientiae subalternatae possunt habere evidentiam et certitudinem ex se ita quod scientia subalternata non omnino supponit sua principia a superiori scientia, sic quod de eis nullam fidem faciat, sed ea declarat a posteriori, scilicet via sensus et experientiae, secundum quod quidam dicunt. Quae probatio, si quantum ad aliquem negantem fidem non sufficiat, tunc scientia superior debet ea probare. Unde breviter, demonstratio in scientia subalternata facit scire, sed non facit scire ita certitudinaliter sicut demonstratio in scientia subalternante (Quaest. Post., q. 5, p. 76-77). Cit. in: Laird, W. R. *The Scientiaes Mediae*. 1983, p. 187, nota 37.*

²¹ Cf. Laird, W. R. Op. cit., p. 268-269.

²² Laird, W. R. “Renaissance Mechanics and the New Science of Motion”. 2001, p. 255-267, specially 264-267.

²³ Cf. Laird, W. R. *Galileo and the Mixed Sciences*, p. 269.

²⁴ Smith, A. M. “Saving the Appearances of the Appearances: The Foundation of Classical Geometrical Optics”. 1981, p. 73-99. O autor resume sua posição num artigo posterior, “Ptolemy Search for a Law of Refraction: A Case-study in Classical Methodology of “Saving the Appearances” and its Limitations. 1982, p. 221-240, especialmente p. 224-226.

Neste artigo argumentei que Galileu interpretava o raciocínio *ex hypothesi* de maneira realista e que os três esquemas de demonstração eram utilizados para estabelecer a definição do movimento uniformemente acelerado, sendo incompatíveis uns com os outros. Este artigo foi revisado em 1991 – “Revisitando três tradições explicativas na lei da queda dos corpos”. *Revista da Sociedade Brasileira de História da Ciência*. 5 (1991), p. 49-52. Aceitei a crítica de Marcel Clavelin a respeito da interpretação do raciocínio *ex hypothesi* e adotei a interpretação do primeiro esquema de demonstração usado por Galileu como sendo a demonstração *quia*, como Crombie e Carugo tinham estabelecido. Desenvolvi também mais o paralelo com Rogério Bacon e as fontes deste último. Mas continuei a referir os três esquemas de demonstração à definição do movimento uniformemente acelerado, a considerar apenas o terceiro esquema como usado pelas ciências intermediárias e a afirmar uma certa inconsistência no uso dos três esquemas por Galileu.

Em 1997, Daniel Di Liscia escreveu uma resenha de meu livro *De Tomás de Aquino a Galileu*, Campinas: IFCH, Unicamp, 1995 e objetou ao paralelo entre Galileu e Rogério Bacon. Uma segunda visita foi publicada em 2007 (Dando volta aos problemas – segunda visita de “Três tradições explicativas na lei da queda dos corpos”. In: Stein, E. (Org.) *A cidade dos homens e a cidade de Deus*. Porto Alegre: EST Ed., 2007, p. 284-291). Esta segunda revisão foi de fato escrita em 1999. Desta vez entendi que os três tipos de demonstração eram usados uns independentemente dos outros e, assim, não visavam uma compatibilidade entre eles. Eles são apenas três modos de justificar (assim pensava eu) a definição do movimento uniformemente acelerado. Mas, continuei a relacionar esses três esquemas com a definição do movimento uniformemente acelerado e a sugerir que o terceiro esquema era próprio das ciências intermediárias. Em 2004, Roberto Hofmeister Pich chamou minha atenção para o texto de Duns Scot e comecei a pensar em duas tradições na história das ciências intermediárias: uma mais matemática (esta seria a de Tomás de Aquino) e uma mais experimental (dos franciscanos). Neste sentido foi também muito importante uma comunicação de Carolina J. Fernández no IX Congresso Latino-Americano de Filosofia Medieval – Cf. Fernández, C. J. *Ockham y los Philosophi*; la filosofía como descripción contingente de la experiencia. In: De Boni, L. e Pich, R. H. (Orgs.) *A recepção do pensamento greco-romano, árabe e judaico pelo Ocidente medieval*. Porto Alegre: Edipucrs, 2004, p. 657-668.

Finalmente, li os dois artigos de W. R. Laird e parece que as coisas agora se encaixam melhor em seus lugares.

Bibliografia

- CLAGETT, M.. *The Science of Mechanics in the Middle Ages*. Madison: The University of Wisconsin Press, 1951.
- CLAVELIN, M.. A revolução galileana: revolução metodológica ou teórica. *Cadernos de História e Filosofia da Ciência* 9, 35-44, 1986.
- GALILEI, Galileu. *Discorsi e dimonstrazioni matematiche intorno a due nuove scienze*. In: A. Favaro (org.). *Le opere di Galileo Galilei*. Edizione. Nazionale. 2ª ed. Florença: G. Barbera, v. 8, 1929-1939.

- JOÃO DUNS SCOTUS. *Reportata Parisiensia*. In: *Opera Omnia*. Paris: Vivès, v.22, 1891-1895.
- JOÃO DE READING. *Scriptum in I Librum Sententiarum*. Ed. Livesey, Leiden: E. J. Brill, 1989.
- LAIRD, W. R.. *The Scientiaes Mediae in Medieval Commentaries on Aristotle's Posterior Analytics*. (PhD Dissertation), 1983.
- LAIRD, W. R.. Galileo and the Mixed Sciences. In: Di Liscia, D.A., Kessler, E. & Methuen, C. *Method and Order in Renaissance Philosophy of Nature*. Andershot: Ashgate, 255-267, 1997.
- LAIRD, W. R.. Renaissance Mechanics and the New Science of Motion. In: Montesinos, J. and Solís, C. *Largo Campo di Filosofare*. Eurosymposium Galileo 2001. Canarias: Fundación Canaria Orotava de Historia de la Ciencia, 255-267, 2001.
- LINDBERG, D. C.. The Cause of Refraction in Medieval Optics. *The British Journal for the History of science* 4, 23-38, 1968-69.
- PICH, R. H.. Subordinação das ciências e conhecimento experimental. In: De Boni, L. A. e Pich, R. H. (Orgs.). *A recepção do pensamento Greco-romano, árabe e judaico pelo Ocidente medieval*. Porto Alegre: Edipucrs, 573-615, 2004.
- PTOLOMEU. *L'optique de Claude Ptolémée*. Edition and translation by A. Lejeune. Leiden: E. J. Brill, 1989.
- ROGÉRIO BACON. *Roger Bacon's Philosophy of Nature*. Critical edition, translation, introduction and notes by Lindberg, D. C. Oxford: Clarendon Press, 1983.
- ROGÉRIO BACON. *Opus majus*. Ed. J. Henry Bridges. Frankfurt: G.m.b.H. reprint, 1964.
- ROGÉRIO BACON. *Perspectiva communis*. Ed. David C. Lindberg. Oxford: Clarendon Press, 1996.
- SMITH, A. M.. Saving the Appearances of the Appearances: The Foundation of Classical Geometrical Optics. *Archive for History of Exact Sciences* 24, 73-99, 1981.
- TOMÁS DE AQUINO. *Summa Theologiae*. Roma: Editiones Paulinae, 1962.
- WALLACE, W. A.. Galileo's Logic of Discovery and Proof. In: *Boston Studies in the Philosophy of Science*. Boston: Dordrecht, 1992.

Carlos Arthur Ribeiro do Nascimento
Departamento de Filosofia – PUC-SP – Campus
Monte Alegre – São Paulo – SP – Brasil

E-mail: carlos-arthur@ajato.com.br