
GALILEU – UM CIENTISTA E VÁRIAS VERSÕES

Arden Zylbersztajn
Depto. de Física – UFSC
Florianópolis – SC

I. Introdução

Galileu Galilei, filho de uma nobre família florentina, nascido em Pisa, em 1564, e falecido em Arcetri, em 1642, é, indiscutivelmente, uma das figuras mais fascinantes da história da ciência. Personagem conhecido dos textos didáticos da Física, por conta de suas contribuições ao desenvolvimento da mecânica, tornou-se também, através da pena de Brecht, um personagem da dramaturgia moderna.

A importância das suas realizações e as polêmicas nas quais Galileu se envolveu geraram um interesse ímpar por parte da história e da filosofia da ciência, tendo um autor avaliado, em 1983, em oito mil o número de estudos a seu respeito⁽¹⁾. Longe de conduzir a um consenso, a diversidade de perspectivas, sob as quais a obra galileiana tem sido analisada, estimulou a controvérsia e o debate. Como bem observou um conhecido historiador da ciência:

Toda a história da ciência talvez não seja capaz de apontar uma simples figura sobre a qual as opiniões sejam tão discrepantes quanto Galileu. Ninguém, realmente, deseja questionar a sua estatura científica ou negar que ele tenha sido, talvez, a pessoa que mais contribuiu para o desenvolvimento da ciência clássica. No entanto, sobre as questões de qual precisamente foi a sua contribuição, e onde essencialmente se encontra a sua grandeza, não existe unanimidade de forma alguma. [Apud (2), p. 333]

Situação diametralmente oposta é verificada no contexto educacional, onde predomina uma imagem monolítica de Galileu. Esta imagem está associada à versão empirista de Galileu e será a primeira abordada neste artigo, seguindo-se três outras versões distintas. O objetivo aqui não é o de traçar um quadro completo das interpretações existentes, mas o de ilustrar, por meio de algumas linhas de pensamento representativas no âmbito da história da ciência, diferentes

perspectivas a respeito da obra galileana que são usualmente ignoradas pela Física corporificada nos textos didáticos, e apresentada nas escolas.

II. Galileu – O Empirista

Das versões da figura de Galileu a serem aqui apresentadas, esta é a mais conhecida. Além de contar, no final do século passado, com um defensor do quilate do físico e filósofo Ernst Mach, a imagem empirista de Galileu foi reforçada pelo domínio do positivismo-lógico no campo da filosofia da ciência. Incorporada a “histórias da ciência”, que assumiram os pressupostos epistemológicos do positivismo, a imagem empirista de Galileu foi adotada, de forma quase que universal, por autores de livros-texto e projetos de ensino de Física, do ensino médio à universidade.

Segundo a versão empirista, Galileu teria rompido com a tradição reinante dos escolásticos aristotélicos ao contrapor, à metafísica especulativa daqueles, um novo método baseado na observação e no experimento para a obtenção do conhecimento – o assim denominado “método científico”.

De acordo com a sua interpretação mais tradicional, o “método científico” é concebido como um processo indutivo por meio do qual chega-se a generalizações (leis científicas) a partir de observações de instâncias singulares (dados empíricos) de um fenômeno. Tomando como ponto privilegiado de partida, e como limite do teórico, a observação da realidade, a correta aplicação do “método científico” permitiria o conhecimento da natureza como ela é, livre das preconceções e especulações do sujeito conhecedor.

Com o questionamento dos pressupostos do positivismo-lógico, principalmente no último quarto do século XX, a versão empirista de Galileu perdeu muito do seu prestígio, e dificilmente encontraremos historiadores da ciência a defendê-la (pelo menos na sua interpretação mais tradicional) nos dias de hoje⁽³⁾. Essa mesma versão, contudo, continua sendo a dominante dentro das salas de aula.

Assim, é comum encontrar, nos textos didáticos, referências a experimentos por meio dos quais Galileu teria chegado, indutivamente, às suas leis mais conhecidas. No entanto, no caso do princípio da inércia, tratava-se de experiências pensadas; já no caso da lei da queda dos corpos, é praticamente certo que Galileu partiu da lei para o experimento, e não vice-versa.

A imagem de Galileu é, por vezes, reforçada nos textos didáticos estabelecendo-se uma contraposição entre Aristóteles, retratado com um filósofo especulativo pouco preocupado em observar a realidade, e Galileu, apresentado como o protótipo do cientista que fundamenta suas teorias em dados empíricos. Entretanto, a física e a cosmologia aristotélicas apresentam, no geral, uma

correspondência mais direta com o imediatamente observável do que as abstrações galileanas. Basta considerar as idéias de Aristóteles e Galileu a respeito da relação entre força e movimento e sobre a posição da Terra no Cosmos, para se chegar à conclusão de que as concepções do filósofo grego tinham mais sustentação na experiência imediata, do que aquelas do cientista italiano.

III. O herdeiro da Física medieval

Esta versão, que teve origem nas pesquisas históricas publicadas no início do século XX pelo físico teórico, filósofo e historiador francês Pierre Duhem, tem como seu maior mérito o resgate de importantes desenvolvimentos ocorridos durante a Idade Média. Entre estes, merecem especial destaque os trabalhos empreendidos, em meados do século XIV, no Merton College em Oxford e na Universidade de Paris.

Os filósofos mertonianos (Bradwardine, Heytesbury, Swineshead e Dumbleton) fizeram uma análise dos movimentos uniforme e uniformemente acelerado (por eles denominados “*motus uniformiter difformis*”, ou seja, movimentos uniformemente disforme) tão precisa quanto a de Galileu⁽⁴⁾. Enunciaram ainda a regra da velocidade média, à qual Oresme, da Universidade de Paris, daria uma demonstração geométrica. Trata-se da regra segundo a qual o espaço percorrido em um movimento uniformemente acelerado é equivalente àquele percorrido em um movimento uniforme que tenha velocidade igual à média de suas velocidades inicial e final.

Trezentos anos mais tarde, na terceira jornada do seu célebre “*Discursos e demonstrações matemáticas sobre duas novas ciências*”, Galileu apresentará a regra da velocidade média (demonstrando-a de forma similar a Oresme) como o teorema fundamental, a partir do qual deduzirá as propriedades cinemáticas dos corpos em queda: proporcionalidade entre o espaço percorrido e o quadrado do tempo, e entre os espaços em intervalos de tempo sucessivos e os números inteiros ímpares⁽⁵⁾.

Essas mesmas propriedades já eram conhecidas no Século XIV para o caso do movimento considerado em abstrato, sem que, contudo, tivessem sido aplicadas para a análise de movimentos efetivamente encontrados na natureza. Coube ao dominicano espanhol Domingo de Soto a primazia de associar as propriedades do “movimento uniformemente disforme” à queda dos corpos. Tendo estudado em Paris, no início do Século XVI, de Soto ensinou na Universidade de Salamanca, onde foi autor de trabalhos em filosofia e teologia. A idéia de considerar a queda dos corpos como um caso de movimento acelerado aparece em um conjunto de comentários e questões sobre a “Física” de Aristóteles, que de Soto apresentou em torno de 1545⁽⁶⁾.

O jovem Galileu, certamente, teve acesso (se bem que não direto) aos resultados da cinemática medieval, visto que, nos seus manuscritos mais antigos, coletados sob o título de “Juvenilia”, ele menciona autores como Heytesbury, Swineshead e de Soto, entre outros. Como, entretanto, em sua obra mais madura, composta cerca de 40 anos mais tarde, Galileu não faz referência a seus predecessores medievais (o que não era obrigatório na época), fica em aberto a questão sobre até que ponto ele teria usado conscientemente aqueles resultados⁽⁷⁾.

O que distingue o tratamento que Galileu dá ao problema da queda dos corpos no “Duas novas ciências” é a apresentação da célebre experiência do plano inclinado. Trata-se aqui, sem dúvida, de uma contribuição original de Galileu, visto que pela primeira vez se buscava comprovar empiricamente um desenvolvimento teórico cujas origens remontavam ao Século XIV. Reconhecer a importância desta contribuição não implica em aceitar a tese empirista, segundo a qual Galileu teria chegado à lei da queda dos corpos experimentalmente.

No que concerne à dinâmica, os trabalhos pioneiros de Duhem chamaram a atenção para a teoria do “impetus”, surgida como consequência de críticas a um aspecto particularmente vulnerável da física de Aristóteles, no caso, a explicação para o movimento de um corpo projetado no ar.

Para enquadrar esse caso em sua dinâmica, Aristóteles concebeu a teoria da antiperístase, segundo a qual o ar atua como agente do movimento, empurrando o objeto até cessar o contato entre este e o lançador. A teoria foi alvo de críticas já no Século VI, quando Filopono (um dos precursores da teoria do “impetus”) rejeitou a idéia de que o ar pudesse, ao mesmo tempo, forçar e resistir (pelo atrito) ao movimento.

As críticas escolásticas à teoria aristotélica do movimento de projéteis culminaram na formulação da teoria do “impetus” no Século XIV, na Universidade de Paris. Jean Buridan, a quem a teoria é mais usualmente associada, afirmava que, quando uma pedra, ou outro projétil, é lançada:

(O lançador) imprime um certo impetus ou força motiva no corpo em movimento, impetus este que atua na direção para a qual o lançador moveu o corpo, tanto para o alto, para baixo, ou lateralmente ou circularmente. E pela quantidade que o lançador move este corpo mais rapidamente, pela mesma quantidade um impetus mais forte será impresso. É por meio deste impetus que a pedra se move após o lançador ter parado de movê-la. Mas este impetus é continuamente diminuído pela resistência do ar e pela gravidade da pedra que a inclina em uma direção contrária àquela na qual o impetus estava naturalmente predisposto a movê-la. Portanto o movimento da pedra torna-se continuamente mais lento até que o impetus é

tão diminuído ou corrompido, que a gravidade da pedra ganha dele e move a pedra para baixo para o seu lugar natural.
[Apud (8), p. 120]

Nicole Oresme, discípulo de Buridan, deu continuidade aos trabalhos do mestre, tendo, inclusive, discutido a possibilidade do movimento de rotação da Terra com argumentos que pressupunham a teoria do “impetus”; séculos mais tarde Galileu usaria argumentos do mesmo tipo para desarmar as “provas” anti-copernicanas relativas à imobilidade da Terra⁽⁸⁾. Um aspecto importante a ser destacado é que, com Buridan e Oresme, a dinâmica terrestre passou a ser usada em argumentos cosmológicos, um avanço na direção de uma física para descrever movimentos nos céus e na Terra.

Nos dois séculos seguintes, a dinâmica do “impetus” substituiu a dinâmica aristotélica, e os manuscritos da época em que Galileu foi professor em Pisa revelam a influência desta teoria na sua formação⁽⁹⁾.

Constituiu decerto um exagero afirmar, como o fez Duhem, que as idéias que Galileu formulou com relação ao princípio da inércia tenham sido antecipadas pelos teóricos parisienses do “impetus”. Existe toda uma diferença conceitual entre a idéia de “impetus” (força impressa e causa do movimento) e a física inercial (que estabelece a possibilidade do movimento sem força e coloca repouso e movimento uniforme em um mesmo nível ontológico), e a obra de Galileu representa um avanço fundamental em direção a esta última⁽¹⁰⁾. Por outro lado, o fato de receber sua formação em um mundo não mais regido pela dinâmica de Aristóteles, mas sim pela dinâmica do “impetus”, abriu caminho para que Galileu superasse esta última.

Os desenvolvimentos na cinemática e na dinâmica que tiveram lugar na Idade Média, deixam claro que esse período não foi uma página em branco na história da mecânica, como os textos didáticos geralmente levam a crer. Estes, mesmo quando, com a melhor das intenções, tentam introduzir um pouco de história, saltam de Aristóteles para Galileu⁽¹¹⁾. No caso da teoria do “impetus” em particular, a sua não menção, além de constituir um caso de desinformação histórica, desperdiça a chance de explorar didaticamente uma teoria que, em suas linhas básicas, é recriada por nossos alunos⁽¹²⁾.

IV. O platonista

Alexandre Koyré, um dos mais renomados historiadores galileanos, ao mesmo tempo em que aceita a tese de que a obra de Galileu apresenta a ligação com desenvolvimentos medievais, procura destacar os aspectos revolucionários desta obra. No seu clássico “Études Galiléennes”, editado pela primeira vez em 1939, Koyré coloca-se em diametral oposição à versão empirista, sustentando

que a experiência exerceu um papel apenas secundário na física galileana, e que as inovações introduzidas por esta não dependeram de novas evidências empíricas, situando-se antes no campo da razão do que no da observação⁽¹³⁾.

Para Koyré, a abordagem usada por Galileu na investigação da natureza foi fortemente influenciada pela filosofia de Platão, que já havia na antiguidade marcado a ciência de Arquimedes. Essa influência se evidencia, por exemplo, na ênfase dada por Galileu à matemática como instrumento para a apreensão da natureza. Em uma célebre passagem do “*Il Saggiatore*” (O ensaiador), Galileu explicita sua crença de que:

A filosofia se encontra escrita neste grande livro, o universo, que permanece constantemente aberto aos nossos olhos. Mas o livro não pode ser entendido a menos que se aprenda primeiro a linguagem e as letras no qual ele está escrito. Ele está escrito na linguagem da matemática e seus caracteres são triângulos, círculos, e outras figuras geométricas sem as quais é humanamente impossível entender uma única palavra dele.
[Apud (14), p. 135]

A busca de uma ordem na natureza, através das abstrações da matemática, encontra-se diretamente relacionada com a teoria platônica das formas ideais, das quais o mundo em que vivemos não seria mais do que uma cópia imperfeita. É por este motivo, sustenta Koyré, que a física de Galileu se dá em um mundo idealizado constituído por planos completamente lisos, esferas perfeitamente esféricas e corpos absolutamente duros.

Nesse mundo idealizado, a observação e a experiência, pelo menos como as concebem os empiristas, não poderiam, ainda segundo Koyré, ter senão um papel negativo e de obstáculo. Se Galileu dependesse de dados empíricos para desenvolver suas teorias não teria chegado onde chegou, já que os equipamentos eram rudimentares, o que levava a resultados pobres.

Para Koyré, a contribuição de Galileu se deu, primordialmente, no campo teórico no qual, através da razão, um novo quadro conceitual foi erigido. É este quadro conceitual que vai conduzir a uma reinterpretção da experiência já existente. É neste sentido que, invertendo-se o credo empirista, se pode caracterizar Galileu como um “cientista que não acreditava em observações que não tivessem sido verificadas teoricamente”. [Apud (13^a), p. 67]

Em reforço à sua tese, Koyré observa que muitas das experiências de Galileu foram “experiências pensadas” e, portanto, teóricas, como o caso da esfera que desce um plano inclinado e sobe por outros de inclinações sucessivamente menores. Esta “experiência” é discutida no “Diálogo sobre os dois principais sistemas do mundo” como parte da argumentação que levaria à visão galileana de

inércia. Outras vezes, a experiência parece ter apenas a função pedagógica de ajudar a convencer o leitor de uma verdade para a qual os argumentos teóricos deveriam bastar. É o caso do experimento do plano inclinado para demonstrar a lei da queda dos corpos, descrito no “Duas novas ciências”. Mesmo neste caso, em que o experimento é descrito com alguns detalhes, Koyré coloca dúvidas quanto à veracidade dos resultados que Galileu afirma ter obtido⁽¹⁵⁾.

O exemplo mais expressivo usado pelo historiador francês para ilustrar a influência do racionalismo platônico em Galileu refere-se a uma passagem do “Diálogo sobre os dois principais sistemas do mundo”, na qual Salviati (o galileano) e Simplicio (o aristotélico) discutem a trajetória de uma pedra abandonada do alto do mastro de um navio que se move com velocidade constante⁽¹⁶⁾. Simplicio defende a idéia, aceita na época, de que a pedra tocaria o chão do barco em um ponto afastado do pé do mastro (devido ao movimento deste), enquanto Salviati tenta convencê-lo de que a pedra atinge o chão junto ao pé do mastro, como o faria no caso do navio parado.

Em um certo ponto da discussão, Salviati pergunta a Simplicio se ele já havia observado o fenômeno e, ante a resposta negativa do aristotélico, acrescenta que ninguém havia realizado ainda o experimento. A reação de Simplicio beira a indignação:

Simplicio: Então, você não fez uma centena de testes, ou pelo menos um? E mesmo assim, com tanta liberdade afirma que isto é correto?

Salviati: Sem experimento, eu estou certo que o efeito acontecerá como eu lhe digo, porque precisa acontecer deste modo, e devo acrescentar que você também sabe que não pode acontecer de forma diferente, não importa quanto pretenda não sabê-lo, ou dar esta impressão. Mas eu sou uma tão boa parteira do cérebro que farei você confessá-lo a despeito de si próprio. [Apud (13a), p. 165]

Dois pontos chamam a atenção nesta passagem. Em primeiro lugar, ser o aristotélico Simplicio que se indigna com a não realização de um teste experimental, enquanto que o galileano Salviati proclama a não necessidade deste – uma inversão das posturas usualmente atribuídas a Aristóteles e Galileu nos textos didáticos de Física. Em segundo lugar, o apelo à teoria da reminiscência e à maiêutica socrática, reveladores, para Koyré, da influência platônica.

O caráter polêmico e radical desta versão não poderia deixar de repercutir no âmbito da história e filosofia da ciência. Por um lado, ela contribui para uma reflexão mais profunda a respeito da relação entre teoria e observação na produção do conhecimento científico que transcendesse os limites impostos pela

perspectiva positivista; por outro lado, vários autores chamam a atenção para o viés idealista e apriorista que permeia a visão de Koyré⁽¹⁷⁾.

V. O manipulador de idéias

Em sua obra mais conhecida, “Contra o método”, o filósofo da ciência Paul Feyerabend defende a idéia de que em ciência não existem regras absolutamente válidas, e que importantes desenvolvimentos só ocorreram porque alguns pensadores deixaram de obedecer a princípios metodológicos tidos como obviamente corretos e indiscutíveis⁽¹⁸⁾. Para Feyerabend, não existe uma só regra de boa conduta em pesquisa, por mais plausível e fundamentada epistemologicamente que seja, que não tenha sido violada em uma ocasião ou outra. Longe de serem acidentes de percurso, frutos da desatenção ou desconhecimento do cientista, tais violações seriam condição necessária para o progresso do conhecimento.

Em “Contra o método”, Feyerabend ilustra suas idéias tomando como exemplo, a defesa da teoria heliocêntrica de Copérnico empreendida por Galileu, principalmente no “Diálogo sobre os dois principais sistemas do mundo”. Hoje, quando qualquer aluno de escola primária “sabe” que a Terra se move ao redor do Sol e gira em torno do seu próprio eixo, não é trivial se fazer uma idéia de quão difícil era defender estas noções na primeira metade do Século XVII. Tratava-se de se argumentar a favor de uma interpretação da natureza que se chocava frontalmente com a interpretação natural aceita durante milênios – a Terra imóvel no centro do Cosmos.

A nova interpretação não contava com uma base observacional (as evidências de nossos sentidos são claramente favoráveis à teoria geocêntrica) e nem com um suporte teórico, visto que este dependia de uma física inercial, que Galileu estava elaborando. Galileu tinha plena consciência destas dificuldades, como atesta a célebre passagem do “Diálogo sobre os dois principais sistemas do mundo”, na qual Salviati (o porta-voz de Galileu) responde a Sagredo, que se havia declarado surpreso com o pequeno número de copernicanos:

Você se admira que haja tão poucos seguidores da opinião pitagórica (de que a Terra se mova) enquanto eu fico atônito de que tenha existido até hoje quem a tenha abraçado e seguido. Nem posso deixar de admirar fortemente a assombrosa perspicácia daqueles que assumiram esta opinião e a aceitaram como verdadeira; eles, através da pura força do seu intelecto, violentaram os seus sentidos de forma a preferir o que lhes dizia a razão sobre o que a experiência sensível claramente lhes mostrava ser de forma contrária. Pois os

argumentos contra a rotação da Terra... são, como vimos, muito plausíveis e o fato de que os ptolomaicos e aristotélicos e todos os seus discípulos os tomaram como conclusivos, é realmente um forte argumento de sua efetividade. Mas as experiências que abertamente contradizem o movimento anual são realmente tão maiores na sua força aparente que, eu repito, não há limites para a minha perplexidade quando eu penso como Aristarco e Copérnico foram capazes de fazer com que a razão conquistasse os sentidos, de modo que, em desafio a estes, aquela se tornou senhora de suas crenças.[Apud (19), p. 48]

Em situações como esta, que envolvem um confronto de interpretações da natureza tão radicalmente discordantes, os bons argumentos não bastam e:

Até mesmo o mais puritano dos racionalistas será então forçado a deixar de lado a razão e recorrer à propaganda e à coerção, não porque algumas de suas razões tenham deixado de ser válidas, mas porque desapareceram as condições psicológicas que as tornam eficazes e capazes de influenciar os outros. E para que serve um argumento se ele não consegue mudar as pessoas? [Apud (18), p. 25]

É justamente isto que, de acordo com Feyerabend, Galileu faz com maestria. Ele utiliza-se de “propaganda” (truques psicológicos e táticas persuasivas para induzir a aceitação de novas idéias) para reforçar os argumentos com os quais conta a seu favor.

Para começar, as duas principais obras de Galileu são escritas na forma de uma conversa na qual as idéias de Simplicio, o interlocutor aristotélico, são sistematicamente rebatidas, e algumas vezes ridicularizadas, por Salviati. No “Diálogo sobre os dois principais sistemas do mundo”, o objetivo de Salviati é o de desarmar as críticas anti-copernicanas de Simplicio e convencê-lo (e ao leitor, é claro) a aceitar uma nova interpretação da natureza.

Uma das táticas “propagandísticas” de Galileu é dissimular a real extensão do fosso conceitual que separa as concepções de mundo que estão em jogo. Um exemplo dessa tática em ação é a passagem, citada na seção anterior deste artigo, na qual vemos Salviati dizendo a Simplicio que, no fundo, este sabe que o fenômeno em questão ocorre da forma segundo a qual ele (Salviati) o apresenta. Assim, é passada a idéia de que a nova concepção é algo de que as pessoas não tenham se dado conta, apenas pela falta de alguém que lhes chamasse a atenção, desvelando a sua obviedade.

A nova concepção envolvia, no caso, a idéia de que apenas movimentos relativos são operativos para os nossos sentidos e que um corpo em queda compartilhava dos movimentos da Terra. Esta interpretação contrariava o ponto de vista, aceito na época, de que o movimento dos corpos graves em direção ao centro do Cosmos era absoluto. A interpretação introduzida por Galileu apresentava como consequência, a impossibilidade de se detectar o movimento da Terra a partir da observação de um corpo em queda, desarmando assim um dos mais fortes argumentos anti-copernicanos.

Um outro aspecto discutido com detalhes em “Contra o método” é o uso que Galileu faz do telescópio para sua defesa da teoria heliocêntrica e a não aceitação, por parte dos seus adversários, das novas “evidências” observacionais. Para Feyerabend, esta atitude seria perfeitamente racional para a época, constituindo-se um anacronismo julgá-la como dogmática e anti-científica.

Afinal, não havia na época nenhuma teoria convincente que explicasse o funcionamento do telescópio, além do que a qualidade precária das lentes introduzia distorções que poderiam ser a causa dos fenômenos observados. Os adversários de Galileu também estariam em seu direito ao não aceitar como argumento a favor do funcionamento do telescópio para observações celestes o seu funcionamento na Terra, visto serem o Céu e a Terra domínios para os quais, de acordo com a crença da época, não valeriam as mesmas leis. Deve-se considerar ainda que os objetos observados na Terra eram familiares em seus detalhes, o que permitia ao observador descontar as distorções introduzidas pelo instrumento.

Um caso para o qual as observações telescópicas apresentavam-se favoráveis à teoria de Copérnico eram as variações do brilho de Vênus e Marte. A olho nu, essas variações mostram-se muito menores do que aquelas previstas pela teoria copernicana, que leva em conta os afastamentos e aproximações dos planetas com relação à Terra. A tática usada por Galileu, aponta Feyerabend, foi a de apresentar essas observações telescópicas como evidência independente em favor da teoria copernicana, ao mesmo tempo em que, a partir do acordo entre as observações e a teoria, sustentava a confiabilidade do telescópio para as observações celestes. Assim, ao utilizar, de forma conjunta, uma teoria refutada empiricamente (na época) e um instrumento sem confiabilidade (na época), Galileu conseguiu aumentar a credibilidade tanto da teoria quanto do instrumento.

Para Feyerabend, o emprego dos recursos persuasivos ilustrados acima não diminui a estatura científica de Galileu. Pelo contrário, o seu gênio se revela justamente na habilidade em combinar, sutilmente, argumentos científicos e “propaganda” para induzir a aceitação de uma nova e revolucionária visão de mundo, uma versão que certamente contrasta com as imagens idealizadas de ciência e de cientistas que são tradicionalmente apresentadas nos textos e aulas de Física⁽²⁰⁾.

VI. Considerações Finais

Ao final desta exposição de algumas versões da obra galileana, espero ter evidenciado o caráter limitado e limitante da imagem empirista de Galileu, ainda hoje (a despeito de sua revisão no âmbito da história e da filosofia da ciência) dominante na Física curricular. Por outro lado, não gostaria de deixar a impressão de que estou pregando a substituição, no contexto da educação científica, daquela imagem por uma das outras apresentadas.

Se, ao filósofo e historiador, é difícil a adoção de uma postura eclética, o educador científico pode, e deve, valer-se do pluralismo de versões, mostrando como cada uma delas revela diferentes facetas do conhecimento científico. Este posicionamento é particularmente necessário no que diz respeito à formação de professores de Física, tanto para o ensino médio como para o universitário.

O que se torna pernicioso na formação atual desses profissionais é o fato de a imagem empirista da ciência ser-lhes apresentada (e Galileu é um exemplo paradigmático) não como uma imagem, mas como a imagem de conhecimento científico. O problema não é o de que professores de Física adotem, e propaguem, uma versão empirista de Galileu e de ciência (isto até que seria aceitável desde que fundamentado em uma decisão informada), mas que o façam sem que lhes tenha sido oportunizado o acesso a outras versões.

VII. Notas e Referências Bibliográficas

1. FISCHER, K. **Galileo Galilei**. Barcelona: Editorial Herder, 1986.
2. DIJKSTERHUIS, E. J. **The mechanization of the world picture**. Oxford: Oxford University Press, 1961. p. 333.
3. Entre os autores que adotam uma versão empirista mais sofisticada do tipo hipotético-dedutivo, merece especial destaque o conceituado historiador e tradutor galileano Stillman Drake.
4. CLAGETT, M. Galileu e a Cinemática Medieval. In: ROLLER, D. H. D. et al. **Iniciação à história da ciência**. São Paulo: Cultrix, 1966.
5. GALILEI, G. **Duas novas ciências**. São Paulo: Nova Stella.
6. WALLACE, W. A. **Prelude to Galileo: essays on medieval and sixteenth-century sources of Galileo's thought**. Dordrecht: D. Reidel, 1981.
7. Wallace (Ref. 6) argumenta ser muito provável que os escritos que compõem a "Juvenilia" datem do período em que Galileu era um jovem professor em Pisa

(1589-1591), e que tenham tido como fonte textos de professores do prestigioso Collegio Romano, da ordem jesuíta. Anteriormente, tinha-se como certo que a “Juvenilia” (daí o seu nome) consistia em cópias de notas de aula feitas por Galileu quando ainda estudante (1584). A aceitação da tese de Wallace implica em atribuir um peso maior à influência daquela fonte na obra do Galileu maduro.

8. KUHN, T. S. **The Copernican revolution**. Massachusetts: Harvard University Press, 1957.

9. De acordo com Kuhn (Ref. 8), Galileu teria aprendido a teoria com Bonamico, seu professor em Pisa; Wallace (Ref. 6) ressalta a influência dos textos do Collegio Romano. (Ver Nota 7)

10. As idéias de Galileu representam um avanço fundamental em direção ao princípio da inércia, mas não a sua concretização. Diferentemente da inércia de Descartes e Newton, a inércia galileana era, no limite, uma inércia circular, conforme apontou Koyré (Ref. 13). Para uma discussão do assunto, ver Shapere (Ref. 14) e também: COHEN, I. B. *History and the philosopher of science*. In: SUPPE, F. **The structure of scientific theories**. Urbana: University of Illinois Press, 1977.

11. Mesmo o Harvard Project Physics, que representa a tentativa mais séria de se introduzir a história como um componente fundamental no ensino da Física, não dá ao período medieval o tratamento devido.

12.a. ZYLBERSZTAJN, A. Concepções espontâneas: exemplos em Dinâmica e implicações para o ensino. **Revista de Ensino de Física**, v. 5, n. 2, 1983.

b. GILBERT, J. K.; ZYLBERSZTAJN, A. A conceptual framework for science education: the case study of force and movement. **European Journal of Science Education**, v. 7, n. 2, 1985.

13.a. Koyré, A. **Galileo Studies**. Sussex: Harvester Press, 1978.

b. KOYRÉ, A. **Estudos de história do pensamento científico**. Rio de Janeiro: Forense, 1982.

14. SHAPER, D. **Galileo: a philosophical study**. Chicago: The University of Chicago, 1974.

15. As dúvidas de Koyré foram contestadas por outros estudiosos que inclusive reproduziram a experiência do plano inclinado. Sobre o assunto, ver:

SHERMAN, P. D. Galileo and the inclined plane controversy. **The Phys. Teach.**, v. 12, n. 6, 1974.

16. Tanto o “Diálogo sobre os dois principais sistemas do mundo” quanto a “Duas novas ciências”, que são as principais obras de Galileu, foram escritas na forma de uma conversa entre três personagens: Salviati (que defende as teses galileanas), Simplicio (que representa o pensamento aristotélico) e Sagredo (um homem da época, culto o suficiente para acompanhar o debate e reconhecer os bons argumentos).

17. T. S. Kuhn e I. Bernard Cohen são exemplos de autores influentes que reconhecem o seu débito para com Koyré.

Para críticas às teses de Koyré ver:

D. Shapere, Ref. (14) e

FINOCHIARO, M. A. **Galileo and the art of reasoning**. Dordrecht: D. Reidel, 1980.

18. FEYERABEND, P. **Against method**. London: Verso Editions, 1977.

19. _____ **Science in a free society**. London: Verso Editions, 1978.

20. Para uma crítica às idéias de FEYERABEND, ver:

MACHAMER, P. K. Feyerabend and Galileo: the interaction of theories, and the reinterpretation of experience. **Studies in History and Philosophy of Science**, v. 4, n. 1, 1973.

A resposta de Feyerabend a esta crítica é dada no Apêndice 2 da Ref. (18).