



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DA PARAÍBA
CAMPUS VIII – PROFESSORA MARIA DA PENHA
CENTRO DE CIÊNCIAS, TECNOLOGIA E SAÚDE
CURSO DE LICENCIATURA EM FÍSICA**

FRANCISCO DANIEL DE PONTES SILVA

GALILEU GALILEI E A QUEDA DOS CORPOS

**ARARUNA
2017**

FRANCISCO DANIEL DE PONTES SILVA

GALILEU GALILEI E A QUEDA DOS CORPOS

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Graduação em Licenciatura em Física da Universidade Estadual da Paraíba como requisito parcial para a obtenção do título de Licenciado em Física.

Área de concentração: Ensino de Física.

Orientador: Prof. Me. Altamir Souto Dias.

É expressamente proibido a comercialização deste documento, tanto na forma impressa como eletrônica. Sua reprodução total ou parcial é permitida exclusivamente para fins acadêmicos e científicos, desde que na reprodução figure a identificação do autor, título, instituição e ano do trabalho.

S586g Silva, Francisco Daniel de Pontes.
Galileu Galilei e a queda dos corpos [manuscrito] : /
Francisco Daniel de Pontes Silva. - 2017.
26 p.

Digitado.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Física) -
Universidade Estadual da Paraíba, Centro de Ciências,
Tecnologia e Saúde, 2018.

"Orientação : Prof. Me. Altamir Souto Dias, Coordenação
do Curso de Licenciatura em Física - CCTS."

1. História e Filosofia da Ciência. 2. Galileu Galilei. 3.
Queda dos Corpos.

21. ed. CDD 500

FRANCISCO DANIEL DE PONTES SILVA

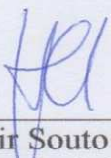
GALILEU GALILEI E A QUEDA DOS CORPOS

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Graduação em Licenciatura em Física da Universidade Estadual da Paraíba como requisito parcial para a obtenção do título de Licenciado em Física.

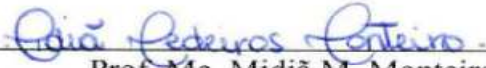
Área de concentração: Ensino de Física.

Aprovada em: 13/12/2017.

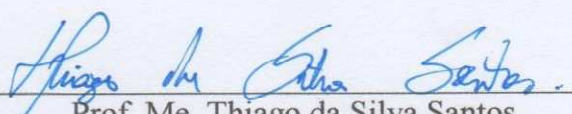
BANCA EXAMINADORA



Prof. Me. Altamir Souto Dias (Orientador)
Universidade Estadual da Paraíba (UEPB)



Prof. Me. Mídia M. Monteiro
Universidade Federal Rural do Semi-Árido (Ufersa)



Prof. Me. Thiago da Silva Santos
Universidade Estadual da Paraíba (UEPB)

À minha mãe, pela dedicação, companheirismo e amizade; ao meu orientador que ao longo de quatro anos me orientou; aos professores que sempre estiveram dispostos a me ajudar, DEDICO.

AGRADECIMENTOS

Ao professor Altamir Souto Dias, por toda orientação ao longo dos quatro anos que trabalhamos juntos; pelas experiências acadêmicas que me aproximaram da linha de pesquisa investigada nesse trabalho; e por toda paciência que teve comigo.

Aos professores do Curso de Licenciatura em Física da UEPB, em especial, Jaene Guimarães, João Hugo, Thiago Santos, Jamilton Rodrigues e César Soares que contribuíram, por meio das disciplinas e debates, para que este momento viesse a acontecer. Especialmente, agradeço à professora Midiã Monteiro, pelo seu comprometimento e pela sua disponibilidade de compor a banca de avaliação desse trabalho.

Aos meus colegas de classe, em especial, Fernanda, Gildeneide, Rafael e Fagne, pelos momentos de amizade e apoio, tornando a minha trajetória acadêmica mais agradável.

À minha mãe, Edileuza, especialmente, pois sem ela eu não poderia viver este momento; sempre foi a minha fortaleza, sempre lutou para que eu estivesse na escola e garantiu-me condições para que entrasse na Universidade e chegasse até a sua finalização.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	7
2	DESENVOLVIMENTO	12
2.1	GALILEU E A QUEDA DOS CORPOS: Continuísta, racionalista ou empiris- empiris- ta?.....	12
2.1.1	Galileu Galilei e a Queda dos Corpos Graves.....	12
2.1.2	Galileu Galilei e sua dupla personalidade epistemológica	19
3	CONCLUSÃO	23
	REFERÊNCIAS	25

GALILEU GALILEI E A QUEDA DOS CORPOS

Francisco Daniel de Pontes Silva¹

RESUMO

O estudo de episódios históricos pode representar uma das alternativas para se analisar o passado da História da Ciência. Um exemplo de episódio é o da queda dos corpos, teoria elaborada por Galileu Galilei, no século XVII. Lidar com questões fora do “senso comum” pode causar muitas discordâncias e desconfortos, assim foi o que aconteceu com Galileu ao tratar do movimento dos corpos cadentes, devendo-se a diversos fatores (religiosos, filosóficos, epistemológicos, dentre outros). As explicações que Galileu dá à queda dos corpos estão organizadas em forma de diálogo, tendo como principais personagens Salviati (porta-voz galileico), Simplicio (aristotélico) e Sagredo (ávido por conhecimento); esse diálogo entre os três personagens é conduzido pelas discordâncias e “entendimentos” do que seria o movimento, suas explicações físico-matemáticas, dentre outras questões. Desse diálogo foram utilizados alguns trechos neste trabalho (trechos encontrados em fontes secundárias), mostrando como Galileu construiu o seu raciocínio acerca do movimento de queda dos corpos. Sendo assim, este texto se propôs a apresentar o episódio de “Galileu e a queda dos corpos”, tentando-se descrever como foi elaborada sua teoria para o respectivo movimento, quais dificuldades foram enfrentadas, quais prováveis barreiras epistemológicas foram transpostas para que sua teoria fosse estabelecida ou não. Procurou-se responder aos questionamentos: Definimos Galileu como empirista ou racionalista? De um modo geral, os cientistas e a ciência têm um caráter mais racionalista ou mais empirista?

Palavras-Chave: História e Filosofia da Ciência. Galileu Galilei. Queda dos Corpos.

1 INTRODUÇÃO

A Ciência pode ser vista por pessoas não especialistas como um grande empreendimento incontestável de “grandes homens” que se eternizaram mediante seus feitos e, podendo torná-las acríicas frente às questões científicas. Com isso, pode haver uma grande valoração do que se supõe ser “cientificamente comprovado” ou o “cientificamente testado”.

Com isso, acarretam-se diversas visões e perspectivas equivocadas do empreendimento científico e do estereótipo de seus idealizadores, tema largamente discutido por pesquisadores como Gil Pérez et al. (2001), Martins (2006), Matthews (1995), dentre outros, evidenciando como estas visões se apresentam, principalmente nos currículos e nas salas de aula de Física, e um possível caminho de neutralização ou amenização delas é através da História e Filosofia da Ciência (doravante HFC).

¹ Aluno de Graduação em Licenciatura em Física na Universidade Estadual da Paraíba – Campus VIII.
Email: danielponva20@gmail.com

As expectativas e preconceitos criados em relação à Ciência têm ligação com essas concepções dos estudantes e que, geralmente, podem acabar desmotivando-os para o entendimento das questões inerentes a ela e, possivelmente, provocar um distanciamento de muitos jovens secundaristas ou de outros níveis educacionais das carreiras e das disciplinas científicas (e até mesmo de estudantes de ensino superior). Isso pode ser caracterizado por um ensino descontextualizado, que visa apenas à memorização de equações físico-matemáticas, pela apresentação de um ofício distante da realidade dos estudantes, dentre outros fatores, sendo criticados por Matthews (1995).

Em relação às concepções científicas de estudantes (e comunidade em geral), Gil Pérez et al. (2001) enumeram sete tipos de visões deformadas acerca do trabalho científico que são, comumente, encontradas nas salas de aula de Ciências. Tratar dos equívocos pode ser, em primeira instância, uma forma simples de se falar o que seria a “Natureza da Ciência”, justificando os riscos que podem haver de se falar de visões corretas do fazer científico, sugerindo, desse modo, a existência de um suposto método universal, de paradigmas imutáveis; todavia, as elucidações dessas perspectivas equivocadas, podem ser via de aproximação de uma imagem mais coerente do empreendimento científico e de seus idealizadores (Cf. GIL PÉREZ et al., 2001).

Em geral, essas visões podem ser caracterizadas por perspectivas empírico-indutivista e atórica, visão rígida, aproblemática e ahistórica, exclusivamente analítica, acumulativa e de crescimento linear, individualista e elitista e socialmente neutra da ciência; assim, a Ciência é vista isolada do contexto e acontecimentos sociais, produzida a partir de métodos infalíveis, como se o conhecimento se desse de modo linear ao ignorar as controvérsias pelas quais passou, tendo a crença em grandes gênios, como se as investigações fossem dissociadas de corpos coerentes de conhecimentos ou teorias.

Todavia, a HFC pode ser uma via de neutralizações de tais concepções na medida em que pode contribuir para uma apresentação mais humana da Ciência, ao apresentar as controvérsias e as crises de uma teoria, assim como o conhecimento num campo determinado desde suas primeiras asserções e sua evolução. Para tanto, a utilização da HFC no ensino não pode configurar a substituição do currículo vigente, mas complementá-lo através do estudo adequado de episódios sob a luz de uma reflexão filosófica que permita observar questões referentes à “Natureza da Ciência” (doravante NdC) (Cf. GIL PÉREZ et al., MARTINS, 2006; MATTHEWS, 1995).

Neste sentido, ensinar Ciências (em especial a Física) é mais do que apresentar equações e resoluções de problemas de forma mecânica; o professor além de ensinar os conteúdos básicos da ciência que ensina, deve conhecer sobre ela, como aspectos históricos e da NdC, como vemos em Matthews (1995), e deste modo tornar as suas aulas mais interessantes e atrativas para os estudantes. Sendo assim, a HFC pode representar um suporte que subsidiaria o docente em sua prática, sendo deste modo um ensino “de e sobre ciências”.

Os que defendem HFS tanto no ensino de ciências como no treinamento de professores, de uma certa forma, advogam em favor de uma abordagem contextualista, isto é, uma educação em ciências, onde estas sejam ensinadas em seus diversos contextos: ético, social, histórico, filosófico e tecnológico; o que não deixa de ser um redimensionamento do velho argumento de que o ensino de ciências deveria ser, simultaneamente, em e sobre ciências (MATTHEWS, 1995, p. 166).

Com um estudo adequado de episódios históricos nas aulas de Física, por exemplo, o professor pode trabalhar questões referentes à “Natureza da Ciência”; o conhecimento como construção coletiva; os fracassos, controvérsias e êxitos das teorias; quais os contribuidores no desenvolvimento e estabelecimento de alguma teoria.

Para exemplificar casos de episódios que podem ser levados à sala de aula, citamos um deles que é “Galileu e a queda dos corpos”, estabelecendo-se uma aproximação das concepções dos estudantes e as do próprio autor da lei abordada pelo episódio.

Em HFC são discutidas muitas questões como citadas acima, e ao se investigar o percurso teórico de algum pesquisador, comumente, analisa-se quais métodos foram utilizados, qual corpo de conhecimentos de base ou teorias adotadas, dentre outros aspectos, e com Galileu não foi diferente. Ao se discutir o papel que Galileu teve na história da Ciência, podemos encontrar diversos comentários a esse respeito e, aqui, vamos destacar dois críticos da produção dele, sendo eles Pierre Duhem (1861-1916), citado por Mariconda (1991), e Alexandre Koyré (1892-1964), em seu livro “Galileu e Platão e do mundo do mais ou menos ao universo da precisão”, Koyré (1948).

Se por um lado Galileu não foi sinônimo de revolução na história da ciência, continuísta, por outro foi um dos protagonistas de grandes mudanças científicas. Podemos ver argumentos que justificam a falta de novidade e inovação nos trabalhos de Galileu devido a uma interpretação histórica dos acontecimentos que afetaram os rumos da Ciência feita por Duhem e podemos ver, também, uma versão de Galileu inovador que quebrou paradigmas e utilizou

novos métodos e se apropriou de novos modelos para descrever os fenômenos naturais observados, como foi defendido por Koyré.

Em uma perspectiva duhemiana, podemos perceber uma imagem de Galileu e de seus feitos como uma continuação de pensadores que foram intitulados, por Duhem, como precursores medievais, e que seu trabalho não foi tão relevante quanto o deles, sendo, apenas, continuidade de uma linha teórica já iniciada anteriormente. Isso é evidente em Mariconda (1991) quando apresenta as asserções de Duhem sob a luz da *Tese de Continuidade do Desenvolvimento da Ciência*:

- 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 aristotélica;
- 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 (DUHEM, 1903 apud MARICONDA, 1991, p. 126).

Deste modo, é notável que esta forma de interpretação minimiza as contribuições de Galileu e que teve como justificativa uma interpretação histórica dos acontecimentos que revolucionaram o pensamento científico e que, a propósito, foi o período demarcado a partir de 1277 no qual deveria ter acontecido a Revolução Científica e que é criticado por Duhem (Cf. MARICONDA, 1991).

Para Duhem, a Revolução Científica não aconteceu entre os séculos XVI e XVIII, todavia, teve seu acontecimento no século XIII; sendo assim, por esse motivo Galileu e seus contemporâneos não representaram grande relevância, que suas ideias não foram tão revolucionárias dentro do desenvolvimento científico. Um dos fatores que Duhem considerava em seu argumento era o de “Continuidade do Desenvolvimento da Ciência”, apresentando arguições em favor de uma suposta continuidade nas pesquisas de Galileu e dos pesquisadores do século XIII (Cf. MARICONDA, 1991).

Todavia, podemos encontrar em Koyré uma outra versão de Galileu que se contrapõe à duhemiana; nesta versão, podemos encontrar uma imagem de Galileu como inovador, tanto nos métodos quanto nas realizações proporcionadas por ele no tempo em que viveu. Outro fator evidenciado por Duhem foi a metodologia instrumentalista de “Salvar os Fenômenos”, dizendo que as teorias preservam as aparências ou observações dos fenômenos naturais sob

essa condição, tendo Galileu desprezado essa metodologia e sua teoria não preservado o que se observava naturalmente, para Duhem.

Se a Revolução Científica se caracterizava por contribuições inovadoras, segundo Koyré (1948), podemos perceber isso em Galileu; uma de suas contribuições foi a destruição do *cosmos* e da física que o descrevia e a geometrização do espaço, substituindo-se o espaço distintamente qualificado para uma noção de um espaço sujeito às mesmas leis e física. Essa contribuição representa mais do que uma noção simples de universo, representa uma mudança conceitual que muda toda a explicação de lugar dos corpos celestes e de sua hierarquia, apresentando, até mesmo, um universo infinito, conceito inconcebível para Aristóteles e seus contemporâneos.

Se para Duhem Galileu era empirista², para Koyré ele era platônico – “Se reivindicais para as matemáticas um estatuto superior, se, além disso, ainda lhes atribuis um valor real e uma posição decisiva em física, então sois platônico” (KOYRÉ, 1948, p. 44) –, tendo em vista a utilização de uma linguagem matemática em suas demonstrações. Mariconda (1991) afirma que Galileu fez a demonstração do Teorema Mertoriano para deduzir sua equação da *queda dos corpos*, tornando-se uma expressão formal da queda dos corpos, feito que os medievais não realizaram. Além disso, em suas observações, ele utiliza a noção de *limite*, quando faz abstrações de fatores externos ao movimento, como a resistência em um meio, justificando velocidades iguais para corpos de massas distintas em queda livre, inviabilizando, assim, a explicação dinâmica da teoria do *ímpeto* (Cf. MARICONDA, 1991).

Sendo assim, este texto propõe-se a apresentar o episódio de “Galileu e a queda dos corpos”, intentando-se descrever como foi elaborada sua teoria para o respectivo movimento, quais dificuldades foram enfrentadas, quais prováveis barreiras epistemológicas foram transpostas para que sua teoria fosse estabelecida ou não. Procurou-se responder aos questionamentos: Definimos Galileu como empirista ou racionalista? De um modo geral, os cientistas e a ciência têm um caráter mais racionalista ou mais empirista?

A pesquisa foi realizada através de uma reconstrução história do episódio sobre a Lei de Queda dos Corpos, elaborada por Galileu Galilei. Para a reconstrução foram utilizadas

² “...duas leis essenciais da queda dos; (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 inventar” (Pierre Duhem, MARICONDA, 1991, p. 130).

literaturas secundárias de pesquisadores especializados em História e Filosofia e Epistemologia das Ciências, em especial Física.

2 DESENVOLVIMENTO

2.1 GALILEU E A QUEDA DOS CORPOS: Continuísta, racionalista ou empirista?

2.1.1 Galileu Galilei e a Queda dos Corpos Graves

O problema da *Queda dos Corpos* por mais que, sob o olhar atual, pareça um tema bastante simples, a Galileu e a seus contemporâneos não o era, tendo em vista dificuldades de diversas ordens, inclusive barreiras técnicas que deveriam ser vencidas no intento do estabelecimento de uma *teoria do movimento* que descrevesse este fenômeno que, por muito tempo, possuía uma explicação no âmbito da tradição aristotélica.

Sabendo-se que entre os séculos XVI e XVII a matemática existente era a das proporções de Euclides (Cf. VASCONCELOS, 2006), esta foi a que Galileu utilizou para dar uma explicação matemática às suas demonstrações, sendo para ele desconhecidas as equações horárias do movimento que hoje conhecemos; e, ademais, falar de aceleração de corpos em queda livre não era uma questão simples para ele, muito menos, de movimento uniformemente acelerado. Todavia, com alguns problemas e limitações nos apresentou uma descrição do movimento de queda dos corpos, como se observa na continuidade deste texto.

As equações horárias do movimento que hoje são tão bem conhecidas e ensinadas nos cursos de Física e na Educação Básica não poderiam ser usadas, nem por Galileu nem por seus contemporâneos, não por falta de interesse e muito menos por falta de compreensão (de certa forma), mas porque para eles ainda não existia uma associação entre o movimento acelerado e o movimento dos corpos em queda. A compreensão do movimento acelerado iria além da formulação de equações matemáticas, poderia promover uma revolução nas apreensões de movimentos existentes na época, influenciando no conceito de *movimento uniformemente acelerado*. Essa dificuldade epistemológica e ontológica é expressa por Brito (1985).

O próprio conceito de movimento uniformemente acelerado era na época objeto de controvérsia. Diferentemente dos livros-textos que conhecemos, em que os vários movimentos são descritos por algumas fórmulas em poucas linhas, no Diálogo, a definição do movimento uniformemente acelerado só é

alcançada após uma longa discussão a respeito dos movimentos em geral (BRITO, 1985, p. 57).

Não é de se esperar que Galileu, em pleno século XVII, conseguisse oferecer uma definição de movimento uniformemente acelerado e, tampouco, apresentar uma relação com os corpos cadentes. As concepções de Galileu também tinham muitas influências de seus antecessores, havia muitos elementos da metafísica defendida por muitos de seus contemporâneos e de muitos que o haviam precedido. Galileu explica o movimento planetário através de um mito cosmogônico, segundo Vasconcelos (2000), comparando a altura de um plano inclinado com as alturas as quais se encontravam os corpos celestes.

Galileu atribui a Platão a autoria do mito cosmogônico que na literatura aqui consultada não se encontrou nenhuma relação entre Platão e o mito (Cf. VASCONCELOS, 2000). Nesse mito, Galileu, na fala de Sagredo, procura justificar a ideia de um móvel que inicia seu movimento a partir do repouso, ganhando pouco a pouco graus de velocidade, desde a maior lentidão até alcançar os maiores graus de velocidade. Da mesma forma, Deus após criar os corpos celestes os teria dotado com uma velocidade que naturalmente os faria mover-se uniformemente em movimento circular, logo após se deslocarem em linha reta (VASCONCELOS, op. cit.).

Sagredo: Um instante, por favor, porque me parece convir aqui reforçar este pensamento do Autor em concordância com a idéia de Platão a respeito de como determinar as diferentes velocidades dos movimentos uniformes das revoluções dos movimentos celestes. Com efeito, tendo Platão descoberto, por acaso, que nenhum móvel pode passar do repouso a qualquer grau de velocidade, que deve a seguir conservar uniformemente, a não ser que tenha passado por todos os outros graus menores de velocidade, ou, melhor dizendo, por todos os graus de maior lentidão, que estão compreendidos entre o grau de velocidade dado e o maior grau de lentidão, ou seja, o repouso, afirmou, apoiando-se nessa idéia, que Deus, após ter criado os corpos móveis celestes, para conferir-lhes as velocidades com as quais eles deveriam a seguir mover-se perpetuamente com um movimento circular uniforme, fez com que, partindo do repouso, se movessem através de espaços determinados com movimento natural retilíneo, idêntico ao movimento naturalmente acelerado com o qual vemos claramente que os móveis terrestres se movessem, a partir do estado de repouso. E acrescentou que, após ter feito com que adquirissem aquele grau de velocidade que lhe pareceu insuficiente para mantê-los perpetuamente em movimento, converteu seu movimento retilíneo em circular, que é o único capaz de manter-se, visto que se efetua em torno de um centro pré-fixado, ao qual ele tende sem aproximar-se ou afastar-se (GALILEU, 1958 apud VASCONCELOS, 2000, p. 87).

Na defesa do movimento uniformemente acelerado, Galileu usa dois artifícios, a autoridade de Platão e a autoridade divina. Ele tem concepções de tendências metafísicas³ e, também, apresenta uma ideia com características aristotélicas quando fala do movimento circular perpétuo em relação a um centro pré-fixado. Isso ratifica a nossa opinião de que na História da Ciência não observamos saltos, podendo haver controvérsias e adesões às teorias científicas construídas.

Antes de falarmos de movimento uniformemente acelerado, falemos como Galileu concebia o movimento uniforme. O segundo tipo de movimento é aquele que qualquer grau de velocidade adquirido por algum corpo móvel seria igual. Note que quando Galileu fala de cada um dos graus ele está utilizando uma noção de limite, olhando para o grau de velocidade unitário no movimento. Da mesma maneira o faz para o caso do primeiro movimento, como enuncia Vasconcelos (2000, p. 84): “Chamamos movimento igualmente, ou seja, uniformemente acelerado, àquele que, partindo do repouso, adquire em tempos iguais momentos iguais de velocidade”. Este enunciado é mais do que uma formulação matemática, é, além disso, uma formulação física, pois ao postulá-la, pensa numa resistência quase inexistente, levando ao caso limite em sua formulação.

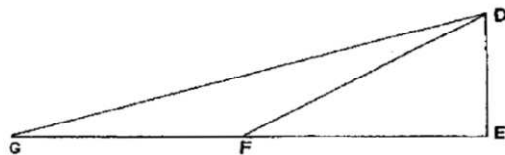


Figura 1 Planos Inclinados com a mesma altura D (VASCONCELOS, 2000).

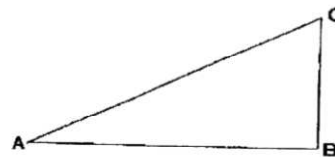


Figura 2 Plano Inclinado de altura C (VASCONCELOS, 2000).

Galileu postulou que se um móvel cai a partir de uma altura D, tanto faz se seu movimento for ao longo de DE, DF ou DG, seus graus de velocidade ou *momento* nos pontos E, F e G serão os mesmos (Figura 1). Será que esta asserção de Galileu sobre um corpo que, de uma mesma altura, porém caminhos diferentes, foi bem aceita e compreendida por seus contemporâneos? Certamente o próprio Galileu sabia que havia dúvidas, por parte dos seus êmulos e leigos, acerca do caminho percorrido pelos corpos cadentes e seus respectivos graus de

³ Podemos verificar essa afirmação através da fala de Sagredo apresentada por Vasconcelos (2000), quando Galileu se apropria do mito cosmogônico para explicar a queda dos corpos e o movimento planetário. Eric Meyer, também em citação feita por Vasconcelos (op. cit.), afirma que a associação do mito cosmogônico a Platão *deve ser entendida como nada mais que hábil retórica*.

velocidade alcançados nos pontos finais, de acordo com uma das falas de Simplicio⁴ (Figura 2).

Salviati: ...diga-me, Sr. Simplicio: quando imagina que um móvel é mais veloz que outro, que conceito forma em sua mente?

Simplicio: Imagino que um móvel percorre ao mesmo tempo um espaço maior que o outro, ou melhor, percorre igual espaço, mas em menor tempo.

Salviati: Muito bem! E para móveis igualmente velozes, que conceito forma?

Simplicio: Imagino que percorrem distâncias iguais em tempos iguais.

Salviati: Nenhum outro conceito além desse?

Simplicio Parece-me ser esta a própria definição de movimentos iguais.

Sagredo: Acrescentemos também esta outra definição, ou seja, que se chamam velocidades iguais, quando as distâncias percorridas têm a mesma proporção que os tempos empregados, e esta será uma definição mais universal (GALILEU, 1958 apud VASCONCELOS, 2000, p. 97).

Notamos que a ideia de velocidades iguais nos fins de cada um dos movimentos descritos em planos de diferentes inclinações, porém com a mesma altura, não eram bem apreendidas; dessa forma, Galileu coloca na fala de Sagredo uma definição que leva em consideração a razão entre as distâncias percorridas e os tempos gastos em cada movimento. Mas, para a compreensão desta concepção, havia a necessidade de superação epistemológica dos conceitos de velocidade que existiam ou compreensão mais ampla e integrada entre eles.

Podemos elencar quatro conceitos de velocidades no século XVII, de acordo com Vasconcelos (2000): primeiro, é mais veloz o corpo que completa seu movimento em menor tempo; segundo, um conceito similar ao de velocidade instantânea que possuímos; terceiro, um conceito equivalente ao nosso de velocidade média; e, quarto, um conceito antigo de “*velocitas*”. Esses conceitos se confundem no diálogo, mas os conceitos de *velocidade média* e o de *corpo mais veloz* era o que se caracterizava como barreira epistemológica.

Se um móvel completa seu movimento antes de outro corpo, então ele deveria ser o mais veloz ao final dos movimentos, assim como pensavam os aristotélicos, como apresenta Galileu em seu diálogo. As velocidades que deveriam adquirir, para os aristotélicos, eram *velocitas*, e cada um dos caminhos dotaria o móvel de *velocitas* distintas. Contudo, Galileu apresenta uma demonstração, como se seguirá, através das proporções, que ambos os corpos adquirem velocidades finais iguais, desde que seus movimentos iniciem-se de uma mesma altura.

⁴ Simplicio: Parece-me, porque no tempo em que o móvel cadente percorrerá toda a CB, o que desce percorrerá na CA uma menor que a CB (Cf. VASCONCELOS, 2000).

Galileu apresenta uma explicação para os graus de velocidades finais de um cadente que se desloca pela vertical ou por um plano inclinado; o faz a partir da análise da aquisição dos menores graus de velocidades adquiridos pelo móvel até alcançar todos os possíveis graus de velocidade, justificando a igualdade entre as velocidades finais de um móvel se movendo, ou pela vertical ou por um plano inclinado. Vale ressaltar seu cuidado em quais condições se encontram o corpo cadente, pedindo que imaginem circunstâncias nas quais se desprezem qualquer obstáculo no movimento do móvel.

Salviati: ...Podemos, portanto, concluir que se é verdade que, de acordo com o procedimento ordinário da natureza, um móvel, removidos todos os impedimentos externos e acidentais, move-se sobre planos inclinados com sempre maior lentidão à medida que a inclinação é menor, de modo que finalmente a lentidão chega a ser infinita, o que acontece quando acaba a inclinação e chega-se ao plano horizontal; e se é do mesmo modo verdade que ao grau de velocidade adquirido em qualquer ponto do plano inclinado seja igual aquele grau de velocidade que tem o cadente pela perpendicular no ponto cortado por uma paralela ao horizonte que passa por aquele ponto do plano inclinado, devemos confessar necessariamente que o cadente, partindo do repouso, passa por todos os infinitos graus de lentidão (GALILEU, 1958 apud VASCONCELOS, 2000, p. 98).

Sabemos que a lei da inércia como a conhecemos atualmente, surgiu com Isaac Newton (1643-1727); contudo, percebe-se que Galileu defende que o móvel sempre partindo do repouso, vai adquirindo graus de velocidade, desde os maiores graus de lentidão até alcançar todos os graus possíveis de velocidades.

Ao explicar a queda dos corpos, Galileu propôs uma demonstração através de um corpo que, ora cai em queda por uma perpendicular ora por um plano inclinado e, proporcionalmente, afirma que as velocidades finais da primeira trajetória e da segunda são iguais se suas alturas forem iguais nos dois casos. Um dos conceitos apresentados por ele pode ser uma representação incipiente do “Princípio de Inércia”, que conhecemos atualmente, intitulada por *Regra-da-distância-dupla*, afirmando que um corpo que desce por um plano, percorrerá uma distância que é o dobro do deslocamento vertical, unindo os dois tipos de movimentos, o vertical e o horizontal (Cf. VASCONCELOS, 2000).

Uma outra declaração que corrobora uma suposta inércia está em Vasconcelos (2008), quando Galileu afirma que retirado qualquer tipo de resistência ao movimento, os “graves” podem mover-se por intermédio de qualquer intensidade de força no plano horizontal, sendo mais uma evidência do conhecimento de Galileu deste princípio que nos é familiar.

Podemos considerar louvável sua capacidade de abstração, quando pensou o experimento em condições ideais.

Mas, voltando ao experimento do plano inclinado; em *Duas Novas Ciências*, Salviati (personagem galilaico), Sagredo (ávido por conhecimento) e Simplicio (personagem aristotélico) debatem acerca do fenômeno. No diálogo, através de Sagredo, Galileu apresenta o conceito de movimento uniformemente acelerado, definido como um corpo que partindo do repouso adquire “momentos de velocidade” iguais em tempos iguais (Cf. NEVES et al., 2008), como apresentamos anteriormente. E, a partir disso, Galileu apresentou duas proposições em dois teoremas que vão corroborar o argumento das proporcionalidades entre velocidade, espaço percorrido e tempo num movimento vertical e num plano inclinado, demonstrando que a razão entre os espaços é proporcional à razão dos tempos ao quadrado.

A *Proposição II do Teorema II* é o que nos interessa apresentar e que propõe as relações acima mencionadas que Galileu as demonstrou. Num desenho do próprio autor (Figura 3), ele desenhou duas linhas verticais paralelas (*HI* para o deslocamento e *AB* para o tempo) e uma linha *AC* com um ângulo entre *AB*. Deste modo, Galileu demonstra que a razão entre os espaços percorridos é proporcional à razão entre o quadrado dos tempos de cada deslocamento.

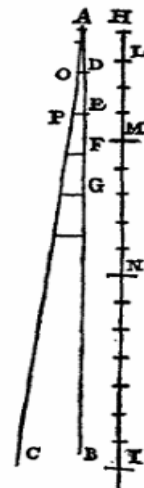


Figura 3 Desenho original de Galileu (fonte: NEVES et al., 2008).

Uma definição importante dada por Sagredo no diálogo foi o de movimento uniformemente acelerado e a lei de queda dos corpos enunciada por Vasconcelos (2000), anteriormente aqui apresentada e por Neves et al. (2008). Em termos algébricos modernos, podemos representá-la como na Equação 1 e, a partir dela e do esquema desenhado por Galileu, apresentar-se-á a demonstração da *Proposição II do Teorema II*, a saber, que a razão entre os deslocamentos são proporcionais à razão do quadrado de seus respectivos tempos.

$$\frac{v_2}{v_1} = \frac{t_2}{t_1}$$

(Equação 1: Razão das velocidades final e inicial igual à razão dos tempos final e inicial)

Araújo Filho (*apud* NEVES et al., 2008, p. 231) apresenta o Teorema II – Proposição II, sendo enunciado por Salviati, porta-voz de Galileu, afirmando que “Se um móvel, partindo do repouso, cai com movimento uniformemente acelerado, os espaços por ele percorridos em

qualquer tempo estão entre si na razão dupla dos tempos, a saber, como os quadrados dos mesmos tempos”.

Considerando a Figura 3, a partir dela, Galileu estabelece um deslocamento inicial HL para um intervalo de tempo inicial AD e um segundo sendo HM para o intervalo de tempo AE ; sendo assim, se a razão entre os deslocamentos HL e HM for proporcional à razão entre os tempos AD e AE , a razão entre HL e HM será proporcional, também, à razão do quadrado dos intervalos de tempos AD e AE . Para verificar esta afirmação, como fez Galileu, podem-se traçar linhas paralelas DO e EP , para graus de velocidades máximas, uma no instante D e intervalo AD e outra no instante E no intervalo AE , respectivamente.

De acordo com o *Teorema I*, teremos que as velocidades num movimento uniformemente acelerado serão iguais às metades das velocidades num movimento uniforme para percorrer o mesmo espaço no mesmo intervalo de tempo. Para que se chegue ao desfecho desta demonstração, a saber, que as distâncias HM e HL são proporcionais ao quadrado dos intervalos de tempo, consideremos a relação entre espaços, tempos e velocidades como na Equação 2. Vamos considerar $AD = t_1$, $AE = t_2$, $HL = S_1$ e $HM = S_2$. Pela Equação 2 chegamos à Equação 3 e, conseqüentemente, à Equação 4.

$$\frac{S_2}{S_1} = \frac{v_2}{v_1} \cdot \frac{t_2}{t_1}$$

(Equação 2: Razão dos deslocamentos final e inicial em função do produto entre as razões das velocidades e dos tempos),

$$\frac{HM}{HL} = \frac{AE^2}{AD^2}$$

(Equação 3: Proporções de Galileu para a razão dos deslocamentos em função da entre razão entre os quadrados dos tempos),

Substituindo a Equação 1 na Equação 3, de acordo com uma álgebra moderna, obtemos a Equação 4 que demonstra, portanto, que a razão dos espaços está para a razão dupla, ou quadrada, dos intervalos de tempo, como queria demonstrar Galileu a partir do Teorema II.

$$\frac{S_2}{S_1} = \frac{t_2^2}{t_1^2}$$

(Equação 4: Razão dos espaços igual à razão dos quadrados dos tempos)

Podemos ver outras demonstrações análogas realizadas por Brito (1985) com o plano inclinado tentando-se apresentar a mesma prova descrita em Neves et al. (2008). Além disso, Brito (Ibid.) apresenta duas demonstrações alternativas utilizando as equações horárias do

movimento, que conhecemos atualmente, e por conservação da energia. Nessas descrições percebemos que a velocidade final é diretamente proporcional à altura e à aceleração da gravidade, corroborando o postulado de Galileu que afirma que tal velocidade seria igual em qualquer deslocamento, tanto na vertical como em planos inclinados, contanto que as alturas sejam as mesmas (Cf. BRITO, 1985).

Dentre as três alternativas apresentadas pelo autor, as que foram por conservação da energia e pelas equações horárias foram mais simples e mais rápidas para se chegar ao desfecho da demonstração.

2.1.2 Galileu Galilei e sua dupla personalidade epistemológica

Uma questão importante acerca de Galileu é a controvérsia entre teóricos, uns afirmando que Galileu realizou todos os experimentos que lhe são atribuídos, como o experimento do plano inclinado e que Galileu não os teria realizado; isso se deve ao fato de uma corrente teórica afirmar que ele era platônico, prezando pelo racionalismo, ou seja, que o conhecimento viria a partir da razão; outra corrente teórica apresenta um Galileu empirista, mostrando que o seu conhecimento advinha da experiência.

Pierre Duhem (1861-1916) além de acreditar que Galileu era empirista, acreditava que ele era apenas continuísta de outros cientistas que “supostamente” deram contribuições para que ele viesse a formular os postulados acerca da queda dos corpos. Duhem se posicionava contra a ideia de que a verdadeira Revolução Científica acontecera, de fato, entre os séculos XVI e XVII, acreditando que, se quiséssemos ver a verdadeira revolução do pensamento científico, deveríamos olhar para o século XIII.

A física de Galileu é caracterizada por Duhem como ausente de alguma novidade e sem potencial para despontar uma revolução. Primeiramente, Duhem acreditava que no século XVI poderiam ser encontradas contribuições nas Mecânicas de Aristóteles, embora mude radicalmente seu posicionamento em 1904, ao afirmar que podem ser encontradas nos manuscritos escritos em Alexandria contribuições para a ciência do equilíbrio, segundo Mariconda (1991).

Em relação às contribuições supracitadas encontradas nos escritos, Duhem assevera que “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 Alexandria” (DUHEM, 1904 apud MARICONDA, 1991, p. 125).

O posicionamento de Duhem era sustentado pela sua *tese de continuidade do desenvolvimento da ciência*. Essa tese se apoiava em duas suposições, a saber, primeiramente que as condenações de 1277 marcaram a origem da ciência moderna, caracterizando uma ruptura decisiva com Aristóteles e o começo de novas cosmologias; segundo, que os desenvolvimentos do século XIV, que se seguiram à condenação, permitiram o nascimento de novos conceitos fundamentais para o desenvolvimento da mecânica, cujos contribuidores foram os precursores de Galileu (Cf. MARICONDA, 1991).

Três teses interpretativas que endossam a tese de continuidade diz que (1) a teoria do *impetus* de Buridan já é uma teoria da inércia que contém a concepção moderna de movimento; (2) Oresme é o verdadeiro fundador da geometria analítica e (3) que ele é precursor de Copérnico em relação à possibilidade do movimento de rotação da Terra (Cf. MARICONDA, 1991). Duhem caracterizava Galileu como realista, por esperar que seus postulados e leis fossem correspondências da realidade, continuísta por manter concepções de precursores, e transgressor das aparências, pois seus postulados não salvavam os fenômenos.

...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 Dinâmica de Aristóteles, convencidos de sua impotência para “salvar os fenômenos” (DUHEM, 1955 apud MARICONDA, 1991, p. 127).

É notável o posicionamento de Duhem quanto à falta de novidade na física de Galileu e dos demais autores acima citados, de acordo com a pretensa continuidade dos feitos do medievo. Todavia, havia muitos aspectos que Galileu possuía e que seus “supostos” precursores não possuíam que foram desprezados por Duhem (Cf. MARICONDA, 1991). Isso acontecia porque a busca por precursores, segundo Mariconda (1991), consistia numa espécie de

corolário para a tese duhemiana da continuidade do desenvolvimento da ciência e, desse modo, não havia isenção nessa busca.

Duhem defendia que duas leis da queda dos corpos foram formuladas pelos medievais e que, a partir delas, Galileu pôde estabelecer novas formulações pela experiência, entretanto, não as poderia inventar. Essas leis são o teorema mertoriano da velocidade média, afirmando que, num movimento uniformemente variado, o caminho percorrido é o mesmo num movimento uniforme; e que a queda livre de um grave num movimento acelerado, o deslocamento vertical para cima é uniformemente retardado (Cf. MARICONDA, 1991).

Contudo, como nos mostra a terceira *Jornada dos Discorsi* de Galileu, foi ele quem fez as demonstrações do teorema mertoriano e estabeleceu a definição de movimento uniformemente acelerado⁵. A demonstração do teorema é uma consequência direta da definição desse tipo de movimento. No entanto, Duhem omite os posteriores avanços de Galileu, como o da teoria dos projéteis que trata da composição de movimentos, naturais e violentos, classificando-os como de mesma natureza⁶. Essa composição de movimentos era inconcebível aos terministas parisienses, pois havia uma distinção clara entre movimentos naturais e violentos (Cf. MARICONDA, 1991).

A física de Galileu se mostrou bastante provocativa para os paradigmas de sua época, pois provocava a ordem natural e bem organizada do cosmos que era aceita por todos⁷. Uma das características do pensamento de Galileu, que Alexandre Koyré (1892-1964) considerou a mais revolucionária, foi a perturbação do cosmos aristotélico. Não se tratava apenas de uma descrição de movimento de corpos cadentes, mas de uma provocação à ordem natural das coisas.

Pensar num movimento abstraindo-se qualquer tipo de impedimento foi uma revolução de pensamento, pois lembremo-nos das concepções que compunha o contexto vivido por Galileu, podemos dizer que representara uma verdadeira provocação aos padrões aceitáveis e,

⁵ “...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 Galileu e não pelos medievais” (MARICONDA, 1991, p. 133).

⁶ “...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” (MARICONDA, op. cit., p. 134).

⁷ “Outros eruditos insistiram na luta de Galileu contra a autoridade, contra a tradição, em particular a de Aristóteles: contra a tradição científica e filosófica que a Igreja defendia e ensinava nas universidades” (KOYRÉ, 1977, p. 14).

quem sabe, representa um motivo para uma revolução do pensamento e das concepções científicas.

A dissolução do cosmo significa a destruição de uma ideia: a de um mundo de estrutura finita, hierarquicamente ordenado, de um mundo qualitativamente diferenciado do ponto de vista ontológico. Esta é substituída pela de um universo aberto, indefinido e mesmo até infinito, que as mesmas leis universais unificam e governam (KOYRÉ, 1948, p. 18).

O que nos leva a considerar o papel inovador de uma potencial ruptura no pensamento moderno do século XVII, defendidos por Koyré (1948), são as concepções presentes em sua física, caracterizada pela presença do princípio de inércia, que se encontra de forma incipiente na física galileana e, todavia, não se encontrava na física daqueles que Duhem defendia como precursores de Galileu.

Outros historiadores da ciência e da filosofia procuraram mais modestamente caracterizar a física moderna, enquanto *física*, por meio de alguns dos seus traços marcantes: por exemplo, o papel que o princípio da inércia aí desempenha. Exacto de novo: o princípio da *inércia* ocupa um lugar eminente na mecânica clássica, em contraste com a dos antigos. É aí a lei fundamental do movimento; reina implicitamente sobre a física de Galileu e explicitamente sobre a de Descartes e de Newton (KOYRÉ, 1948, p. 16).

O Galileu que encontramos no discurso de Koyré é um platônico, racionalista, por dar maior relevância à matemática e à matematização do universo. Galileu procurou expressar suas formulações e postulados em linguagem matemática. Todavia, ao executar o experimento do plano inclinado, reconhecemos um Galileu que está preocupado com a observação do fenômeno, característica defendida por Duhem. Desse modo, podemos reconhecer traços racionalistas e empiristas de Galileu.

Brito (1985) e Neves et al. (2008) apresentam em seus trabalhos trechos do diálogo que evidenciam a dupla face de Galileu através do diálogo entre Simplicio e Salviati, tanto por apresentar evidências de que Galileu realizou o experimento do plano inclinado como por fazer observações pertinentes ao fenômeno que acontecera. Em Neves et al. (2008) destacamos o seguinte trecho do diálogo que se segue:

Simplicio: Estou plenamente convencido de que as coisas se passam assim, uma vez enunciada e aceita a definição do movimento uniformemente acelerado. Mas, se essa é a aceleração da qual se serve a natureza no movimento de queda dos graves, tenho no momento minhas dúvidas. Parece-me, pelo que diz respeito a mim e a outros que pensam como eu, que teria sido oportuno neste lugar apresentar uma das muitas experiências que, em diversos casos, concordam com as conclusões demonstradas.

Salviati: Como verdadeiro homem de ciência, sua exigência é muito razoável; pois é assim que convém proceder nas ciências, que aplicam as demonstrações matemáticas aos fenômenos naturais. (...) Pelo que se refere as experiências, o autor não deixou de fazê-las; e para assegurar-se de que a aceleração dos graves, que caem de modo natural, acontece na proporção acima afirmada, encontrei-me muitas vezes em sua companhia, procurando tal prova da seguinte maneira (GALILEU, 1986 apud NEVES et al., 2008 p. 233).

Neste trecho do diálogo, podemos notar um Galileu empirista por apresentar evidências de que tenha realizado o experimento; mas o papel paradoxal de Galileu nos remete a outra reflexão, a de sua postura epistemológica e a continuidade do desenvolvimento da ciência em suas investigações. A análise que nos convém neste texto é a de um Galileu múltiplo, tanto empirista quanto racionalista e, ao fazer uma leitura de literaturas especializadas, optamos por acreditar na continuidade assumida por Galileu, defendida por Duhem e apresentada em Neves et al. (2008), sabendo que a regra da velocidade média adotada por ele foi inicialmente formulada por Nicole d'Oresme em Paris, por volta do século XIV.

3 CONCLUSÃO

Há muitas peculiaridades na construção e evolução do conhecimento no qual muitas variáveis estão envolvidas, como o contexto histórico no qual o cientista se insere, qual aporte teórico se tem numa dada época, quais limitações epistemológicas existem, dentre outras. Na elaboração das teorias de Galileu não foi diferente assim como no estabelecimento de uma teoria que descrevesse a queda de corpos. Muitos questionamentos se podem levantar a partir da produção científica de Galileu, em especial, da queda dos corpos.

Por mais que os trabalhos de Galileu sejam considerados por Duhem como continuidade de outros, isso não tira seus valores científicos, pois, a Ciência não é produto de um só homem, é fruto do esforço coletivo até que se estabeleça uma explicação plausível para os fenômenos que observamos e que foram observados por eles. Se não fosse pelo esforço dessas pessoas, talvez hoje, estaríamos nos debruçando sobre os mesmos temas que eles. Essa é uma das madeiras de se ver a Ciência e sua natureza equivocadamente.

Em relação à postura epistemológica assumida por Galileu, podemos ver em Duhem uma versão empirista e em Koyré uma versão platônica (visão atacada por Drake por conta do seu radicalismo). Quando analisamos a Natureza da Ciência, podemos ver que a ela não se restringe a um método único e universal, mas é produzida a partir de uma diversidade metodológica. Sendo assim, aceitamos, nestas considerações a partir de literaturas especializadas, a

imagem de um Galileu que pensa racionalmente suas leis e teorias e as experimenta procurando comprová-las ou refutá-las.

Tratando-se do episódio do experimento do plano inclinado que aqui foi descrito, consideramos os feitos de Galileu louváveis apesar de suas falhas ou equívocos. Isto pode ser observado em alguns pesquisadores que também realizaram o mesmo experimento sob as condições que Galileu estava, e os resultados foram satisfatórios.

Com o apoio desse tipo de episódio, a partir de sua inserção nos conteúdos de Física, o professor de Física pode discutir e refletir com os alunos questões como as que discutimos neste texto: *Quais os percursos teóricos foram tomados para se estabelecer uma teoria? Quais dificuldades foram enfrentadas? Quais os atores envolvidos em determinada investigação?* Nesse sentido, a História e Filosofia da Ciência pode ser um subsídio didático para que o professor leve essas informações históricas para a sala de aula e construa uma imagem mais adequada da Natureza da Ciência, dos colaboradores (ou cientistas) que se enveredam nessa jornada em busca do conhecimento, das relações existentes entre Sociedade, Ciência e Tecnologia, que a ciência é fruto do esforço coletivo, dentre outros fatores exploráveis neste tipo de abordagem.

GALILEU GALILEI AND THE FALL OF THE BODIES

ABSTRACT

The study of historical episodes may represent one of the alternatives to analyze the past of the History of Science. An example of an episode is the fall of bodies, a theory developed by Galileo Galilei in the seventeenth century. Dealing with issues outside of "common sense" can cause many disagreements and discomforts, so it was with Galileo in dealing with the movement of falling bodies, due to various factors (religious, philosophical, epistemological, among others). The explanations that Galileo gives to the fall of the bodies are organized in the form of dialogue, having as main characters Salviati (Galilean Spokesman), Simplicio (Aristotelian) and Sagredo (avid for knowledge); this dialogue between the three characters is driven by the disagreements and "understandings" of what would be the movement, its physical-mathematical explanations, among other issues. From this dialogue some passages were used in this work (excerpts found in secondary sources), showing how Galileo constructed his reasoning about the movement of fall of the bodies. Thus, this text proposed to present the episode of "Galileo and the fall of bodies", trying to describe how his theory was elaborated for the respective movement, what difficulties were faced, what likely epistemological barriers were transposed so that his theory whether it was established or not. We tried to answer

the questions: Do we define Galileo as empiricist or rationalist? In general, do scientists and the Science have a more rationalistic or empiricist character?

Keywords: History and Philosophy of the Science. Galileu Galilei. Fall of the Bodies.

REFERÊNCIAS

BRITO, Antônio A. S. **O plano inclinado:** Um problema desde Galileu. Caderno Catarinense de Ensino de Física. João Pessoa, 1985.

GIL PÉREZ, Daniel; MONTORO, Isabel Fernández; ALÍS, Jaime Carrascosa; PRAIA, António Cachapuz João. **Para uma Imagem não Deformada do Trabalho Científico.** Ciência e Educação, v. 7. 2001.

KOYRÉ, Alexandre. **Galileu e Platão:** Do mundo do “mais ou menos” ao universo da precisão. Gradiva. Lisboa, 1948.

MARICONDA, Pablo Rubén. **Duhem e Galileu:** Uma reavaliação da literatura duhemiana de Galileu. Unicamp. Campinas, 1991.

MARTINS, André Ferrer P. **História e Filosofia da Ciência no Ensino:** Há muitas pedras nesse caminho... Caderno Brasileiro de Ensino de Física, v. 24, Departamento de Educação – UFRN. Natal, 2007, pp. 112-131.

MARTINS, Roberto de Andrade. **Introdução:** a história das ciências e seus usos na educação. 2006.

MATTHEWS, Michael R. **História, filosofia e ensino de ciências:** a tendência atual de reaproximação. Caderno Catarinense de Ensino de Física, v. 12. Nova Zelândia, 1995.

NEVES, Marcos Cesar Danhoni; BATISTA, José Marcos; COSTA, José Roberto; GOMES, Luciano Carvalhais; BATISTA, Michel Corci; FUSINATO, Polonia Altoé; ALMEIDA, Fabiana Ribeiro de; SILVA, Rafael Gustavo Rigolon da; SAVI, Arlindo Antonio; PEREIRA, Ricardo Francisco. **Galileu fez o experimento do plano inclinado?** Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias, vol. 7. 2008.

VASCONCELOS, Julio Celso Ribeiro de. **A criação do mundo e a queda dos corpos segundo Galileu Galilei.** Ideação, n. 6. Feira de Santana, 2000.

VASCONCELOS, Julio Celso Ribeiro de. **A quinta jornada dos Discorsi de Galileo:** Nova base para a teoria das proporções. Cadernos de Ciências Humanas – Especiaria, v. 9. Feira de Santana, 2006.

VASCONCELOS, Julio Celso Ribeiro de. **Anotações para uma leitura contemporânea de As mecânicas de Galileu Galilei.** Scientiae Studia, v. 6. São Paulo, 2008.