

## **Revisão Bibliográfica acerca da reprodução do experimento do Plano Inclinado de Galileu Galilei sob a perspectiva da História e Filosofia da Ciência**

CARLOS H. M. F. SILVA<sup>1</sup>, ALEX LINO<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Graduando em Licenciatura em Processo Física, IFSP, Câmpus Caraguatatuba, h.medeiros@aluno.ifsp.edu.br.

<sup>2</sup> Professor Doutor do IFSP, Campus Caraguatatuba, alex.lino@ifsp.edu.br.

Área de conhecimento (Tabela CNPq): Física - 1.05.00.00-6

**RESUMO:** O estudo busca fazer um levantamento por meio de uma revisão bibliográfica acerca da reprodução do experimento do Plano inclinado de Galileu Galilei, de artigos que tentam reproduzi-lo com a perspectiva da História e Filosofia da ciência, comparando os dados obtidos com os encontrados por Galileu em sua obra *Duas Novas Ciências*. Galileu propôs que o movimento uniformemente variado é definido como sendo aquele e que o corpo, quando parte do repouso, adquire em intervalos de tempos iguais, aumentos iguais na intensidade da velocidade. Nessa obra Galileu, através de um diálogo entre três personagens, faz referimento a um possível experimento para comprovar as relações do movimento acelerado, um aparelho feito de madeira com uma canaleta onde era possível percorrer uma pequena esfera quando esse plano estivesse inclinado. Uma educação sem uma construção histórica do conhecimento científico gera estudantes que não percebem a ciência como ela realmente é, tornando assim para esses mesmos estudantes um conceito absoluto e imutável, prejudicando assim o avanço da própria ciência na sociedade, sendo assim o estudo conseguiu levantar uma base para o estudo sob a perspectiva de HFC sobre o plano inclinado de Galileu e suas possibilidades de uso em sala de aula para o ensino de física.

**PALAVRAS-CHAVE:** História da ciência; Galileu Galilei; Plano inclinado; Movimento Acelerado; Revisão Bibliográfica

### **1 INTRODUÇÃO**

A recusa sobre o valor do método histórico no Ensino de Ciências se baseia normalmente sobre o seguinte questionamento: *por que ensinar sobre teorias que já não são válidas ou são incorretas aos estudantes?* Para responder esse questionamento precisamos refletir sobre a importância da História e Filosofia da Ciência (HFC) no ensino.

A HFC contribui para a formação das pessoas, ajudando a desmitificar a ciência devido uma visão a-histórica. Essa visão errônea sobre a ciência, devido a falta de enfoque histórico no ensino de ciências pode fazer com que o estudante não perceba que o conceito ou conhecimento científico está passando por um processo de desenvolvimento e não sendo um conceito absoluto, ou uma verdade absoluta e imutável. Os cientistas enfrentaram e enfrentam muitas dificuldades para garantir uma explicação mais adequada dos fenômenos da natureza. E estas explicações não garantem uma verdade absoluta: estas ainda podem sofrer modificações (Lino, 2016; Peduzzi, Raicik, 2020).

A visão de ciência como verdade absoluta não estimula em nada a formação de um cidadão crítico, pois, desta forma, não existe espaço para dúvidas sobre os produtos

da ciência. Então, por que se questionar, se o produto foi gerado por uma ciência que não comete erros?

A intenção maior da abordagem histórica e filosófica, que defendemos aqui, é a sua contribuição para a construção de uma visão mais ampla a respeito das questões envolvidas no desenvolvimento histórico de determinados conhecimentos científicos. Sendo essencial para o trabalho de vigilância epistemológica exercido pelo professor (Ricardo, 2020).

A atual Base Comum Curricular na área de Ciências da natureza destaca em diversas habilidades a importância de os estudantes entenderem e conseguirem discutir sobre as principais teorias e modelos científicos aceitos atualmente e os diversos conhecimentos construídos por diferentes povos, além da capacidade de modelização de sistemas físicos de conservação de energia. Em ambos os casos Galileu possui uma grande importância na construção desses pensamentos, ajudando o estudante a entender como os conhecimentos e teorias hoje aceitas foram construídas historicamente (Brasil, 2018).

As justificativas mais recorrentes que encontramos em trabalhos acadêmicos sobre o uso didático da HFC no Ensino de Ciências são as possibilidades de aumentar a predisposição em aprender; ajudar na compreensão dos conceitos de ciências; desenvolver o senso crítico e reflexivo do aluno; se discutir a natureza da ciência e mostrá-la como uma construção humana; compreender como a ciência funciona; incentivar a reflexão sobre o papel que a ciência desempenha na sociedade atual (Matthews, 1995; Martins, 2007; Forato, 2009; Damasio, Peduzzi, 2017; Corrêa 2022).

Dado as preocupações iniciais apresentadas, forneceremos, por meio desse trabalho uma revisão bibliográfica de diversos autores sobre o estudo do plano inclinado de Galileu Galilei, apresentado em sua obra *Discurso e Demonstrações Matemáticas em torno às Duas Novas Ciências*, publicada em 1638, acerca da aceleração de um corpo em um plano inclinado. Pretendemos a partir dessa revisão em trabalhos acadêmicos fornecer uma visão histórica e epistemológica sobre o trabalho científico de Galileu em relação ao estudo do plano inclinado, facilitando a construção de conhecimento a cerca de HFC.

## 2 TEORIA

Galileu Galilei (1564 – 1642), um dos principais nomes associado ao rompimento do equilíbrio entre a filosofia especulativa, a matemática e a evidência experimental no estudo dos fenômenos físicos, principalmente ao estudo das propriedades do movimento, foi um dos pioneiros a tentar matematizar o problema do movimento pendular, queda livre e dos movimentos acelerados.

Em sua obra publicada em 1638, *Discorsi e Dimostrazioni Matematiche intorno a Due Nuove Scienze*, Galileu descreve as relações matemáticas para o movimento uniformemente acelerado, especificamente na terceira jornada do livro, intitulada *terceira jornada sobre o movimento naturalmente acelerado* (Galilei, 1935). Galileu escreve essa obra em forma de um diálogo entre três personagens, a saber, Simplicio (quem representa os aristotélicos), Salviati (quem representa o próprio Galileu) e Sagredo (quem representa um personagem neutro e que fará parte do debate).

Na terceira jornada Galileu mostra que a velocidade do corpo em movimento naturalmente (ou uniformemente) acelerado é diretamente proporcional ao tempo de movimento.

Em símbolos, tem-se a seguinte notação

$$V \propto t$$

Em que  $v$  representa a velocidade de queda de um corpo em um tempo  $t$  determinado.

A constante de proporcionalidade entre as grandezas, para este tipo de movimento, é a aceleração. Considerando, como Galileu fez, para uma queda livre, a velocidade inicial sendo nula, e, desprezando os atritos, tem-se a seguinte equação horária da velocidade de um corpo para o movimento uniformemente variado

$$V = a \cdot t \quad (1)$$

Em que “ $a$ ” é a aceleração do plano inclinado local.

Outra equação que é demonstrada por Galileu é a relação entre o deslocamento do corpo e o tempo.

Se um móvel, partindo do repouso, cai em um movimento uniformemente acelerado, os espaços por ele percorridos em qualquer tempo estão entre si na razão dupla dos tempos, a saber, como os quadrados desses mesmos tempos (Galilei, 1935, p. 136).

Nesta citação Galileu afirma que o deslocamento  $d$  de um corpo em queda livre é diretamente proporcional ao quadrado do tempo de queda  $t$ . Em símbolos

$$d \propto t^2$$

Acrescentando a constante de proporcionalidade, tem-se a equação horária dos espaços para o movimento uniformemente variado, considerando, novamente, os atritos desprezíveis e a velocidade inicial nula.

$$d = \frac{a \cdot t^2}{2} \quad (2)$$

Em um determinado momento do diálogo Simplicio traz um questionamento a Salviati sobre a validade das afirmações anteriores e que seria oportuno apresentar experiências que concordariam com as conclusões.

Galileu elabora um esquema experimental para determinar as proporções existentes entre distância e tempo e velocidade e tempo no movimento natural acelerado de um corpo em um plano inclinado. Tal esquema nos mostra as dificuldades que Galileu teve para determinação dos tempos, utilizando-se para isso de um relógio de água. Os tempos eram medidos a partir do peso da água coletado durante todo o movimento da esfera no trajeto considerado.

Podemos notar também que Galileu se preocupou com o atrito em seu procedimento, fazendo com que a canaleta onde se moveria a esfera estivesse lisa e polida. Galileu também nos mostra que as proporções encontradas são independentes da inclinação do plano.

### 3 MATERIAL E MÉTODOS

A pesquisa buscou, a partir de uma revisão bibliográfica, encontrar uma larga gama de trabalhos envolvendo a reprodução histórica do experimento de Galileu Galilei

sobre o plano inclinado, para verificamos se por diferentes métodos e pensamentos de diversos autores se o próprio Galileu o teria realizado realmente.

Dessa forma foi construída uma tabela utilizando-se artigos encontrados nas plataformas Google Acadêmico e Periódicos Capes para a realização dessa revisão bibliográfica, para encontrar os artigos foram utilizadas palavras chaves como Galileu Galilei e o Plano inclinado, Reprodução do experimento do Plano Inclinado, Plano Inclinado no ensino de física, História e Filosofia da ciência no ensino de física. Assim foram destacados nove trabalhos que se enquadravam no tema de pesquisado de forma adequada.

Então, para facilitar a análise dos trabalhos a tabela foi separada em tópicos, verificando se o trabalho se utilizou de HFC; se a proposta foi aplicada em sala de aula; se houve a reprodução do experimento do plano inclinado e sua fidelidade relacionada a descrita por Galileu; se a coleta dos dados foi comparada com as descritas por Galileu; como a medição do tempo foi feita e por fim o autor do trabalho.

Essa estrutura permitiu uma visão mais clara do que o artigo irá tratar, ajudando a identificar se a análise com foi realizada com foco na aplicação em sala de aula ou uma análise crítica sobre a realização ou não do experimento por parte de Galileu, dados esses que contribuem para a discussão de HFC sobre o tema. A escolha por esse modelo se dá para facilitar pesquisas futuras dos autores dessa pesquisa dentro de HFC sobre Galileu Galilei.

#### **4 RESULTADOS E DISCUSSÃO**

Inicialmente pesquisamos em diversas plataformas de busca de artigos científicos, trabalhos que traziam uma reprodução do experimento de Galileu, sendo eles em sua grande parte encontrados no *Google Acadêmico*. Esses trabalhos tem em comum, em sua maioria, uma análise crítica sobre o tema, comparando com os dados obtidos por Galileu, para a realização dessa comparação os autores se utilizaram de diferentes meios de medição, desde os utilizados pelo próprio Galileu, como o relógio de água e também meios de medição de tempo modernos, como o uso de sensores eletrônicos. Também destacamos artigos que demonstraram a utilização desse experimento em sala de aula.

Dessa forma conseguimos construir a seguinte tabela que distribui esses estudos (Tabela 1).

SICLN 2024  
Seminário de Iniciação Científica e Pesquisa do Litoral Norte

TABELA 1 - Revisão Bibliográfica

Artigos	Utilizou de HFC?	Aplicação em Sala de Aula?	Tipo de experimento	Tese/ Artigo/ Dissertação/ TCC	Fonte de Pesquisa	Coleta de Dados	Formas de medir o tempo	Autor
Experimento de Galileu do Plano Inclinado em sala de Aula	SIM	SIM	REPRODUÇÃO ADAPTADA	DISSERTAÇÃO DE PÓS-GRADUAÇÃO	GOOGLE ACADEMICO	HOUVE COMPARAÇÃO COM OS DADOS OBTIDOS POR	GRAVADOR DE SOM DE UM MICROCOMPUTADOR	Max Luiz de Oliveira Santos
Galileu fez o experimento do Plano Inclinado?	SIM	NÃO	REPRODUÇÃO FIEL DO EXPERIMENTO E COM ADAPTAÇÕES	ARTIGO	GOOGLE ACADEMICO	HOUVE COMPARAÇÃO COM OS DADOS OBTIDOS POR GALILEU	PULSO CARDIACO; PÊNDULO; RELÓGIO D'AGUA E CRONOMETRO	Marcos Cesar Danhori Neves
O Plano Inclinado: Um problema desde Galileu	SIM	NÃO	NÃO HOUVE EXPERIMENTO	ARTIGO	PERIÓDICOS DA CAPES	NÃO HOUVE EXPERIMENTO	NÃO HOUVE EXPERIMENTO	Antônio A. S. Brito
O Plano Inclinado de Galileu: uma medida manual e uma medida com aquisição automática de dados	SIM	SIM	REPRODUÇÃO ADAPTADA	ARTIGO	GOOGLE ACADEMICO	NÃO HOUVE COMPARAÇÃO COM O EXPERIMENTO REALIZADO POR GALILEU	MANUALMENTE (CRONOMETRO) E ATRAVÉS DE UM SOFTWARE	Reginaldo R. Soares
O Plano Inclinado: uma atividade de modelização Matemática	SIM	SIM	REPRODUÇÃO FIEL DO EXPERIMENTO E COM ADAPTAÇÕES	ARTIGO	GOOGLE	NÃO HOUVE RELATOS	NÃO HOUVE RELATOS DETALHADOS DO PROCESSO EXPERIMENTAL	Odair Hammes
Reconstruction of Galileo Galilei's experiment: the inclined plane	SIM	SIM	REPRODUÇÃO FIEL DO EXPERIMENTO	ARTIGO	GOOGLE ACADEMICO	NÃO HOUVE COMPARAÇÃO COM OS DADOS OBTIDOS POR GALILEU	RELÓGIO D'AGUA	S Straulino
THE ENIGMA OF THE INCLINED PLANE FROM HERON TO GALILEO	SIM	NÃO	NÃO HOUVE EXPERIMENTO	ARTIGO	GOOGLE ACADEMICO	NÃO HOUVE EXPERIMENTO	NÃO HOUVE EXPERIMENTO	Egídio Festa
Galileo and the Inclined Plane Controversy	SIM	SIM	REPRODUÇÃO FIEL	ARTIGO	GOOGLE ACADEMICO	HOUVE COMPARAÇÃO COM OS DADOS OBTIDOS POR GALILEU	RELÓGIO D'AGUA	Paul D Sherman
Um Pouco Mais sobre Galileu e as Ciências Mistas	SIM	NÃO	NÃO HOUVE EXPERIMENTO	ARTIGO	PERIÓDICOS DA CAPES	NÃO HOUVE EXPERIMENTO	NÃO HOUVE EXPERIMENTO	Carlos Arthur Ribeiro do Nascimento

Fonte: Elaborado pelo autor

Com a realização da pesquisa, notamos uma grande tendência dos autores em mostrarem que os resultados de Galileu foram bastante precisos, mesmo se comparado com sensores (Neves et al., 2008).

Alguns autores como Soares (2010) aplicaram o experimento em sala de aula, utilizando-se do método investigativo para instigar os alunos, fazendo eles realizarem por si só o experimento do plano inclinado de Galileu com diferentes meios de medição, contribuindo para a discussão histórica da teoria de Galileu e a desmitificação da ciência demonstrando na prática como é a construção da ciência.

Os artigos demonstram uma construção de HFC para os conhecimentos de Galileu, evidenciando a importância dos conhecimentos prévios construídos durante a idade média para Galileu chegar em suas conclusões (Festa; Roux, 2008).

É possível observar que existe a possibilidade do uso do experimento do Plano inclinado no ensino de física, sendo possível obter uma boa precisão mesmo com uma reprodução adaptada (Santos, 2014).

Mesmo considerando a possibilidade de realização do experimento da época de Galileu alguns autores como Neves et al. (2008) ainda colocam em dúvida se os resultados foram obtidos originalmente por meio da experimentação, demonstrando diversas faces de Galileu.

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O estudo levantou artigos suficientes para a revisão bibliográfica, de modo que é possível estruturar discussões sob a perspectiva da HFC sobre Galileu utilizando das discussões sobre as diversas faces de Galileu apresentadas nos trabalhos. Por meio desta pesquisa, ficou evidente que existe a possibilidade de uso da reprodução do experimento do plano inclinado no ensino de física, por existir um bom grau de precisão nos dados obtidos, mesmo levando em conta as limitações financeiras para a mesma, sendo possível ter um bom grau de precisão, mesmo com adaptações e como observado por meio dos resultados dos autores esse método ajuda os alunos a compreenderem melhor o conhecimento científico como algo construído.

## REFERÊNCIAS

- BRASIL. Ministério da Educação. Base Nacional Comum Curricular. **Brasília**, 2018.
- BRITO, Antônio A. S. O Plano Inclinado: Um Problema Desde Galileu. **Caderno Catarinense De Ensino De Física**, v. 2, n. 2, p. 57-63, 1985.
- CORRÊA, S. F.; MALAQUIAS, I. History of science and physics teaching through a comics workshop. **Research, Society and Development**, [S. l.], v. 11, n. 13, p. 1-12, 2022.
- DAMASIO, Felipe; PEDUZZI, Luiz O. Q.. História e filosofia da ciência na educação científica: para quê?. **Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências (belo Horizonte)**, [s.l.], v. 19, p.1-19, 2017.
- GALILEI, Galileu. **Duas novas ciências**. São Paulo: Nova Stella, 1935. 288 p. Tradução e notas: Letizio Mariconda e Pablo R. Mariconda.
- HAMMES, Odair; SCHUHMACHER, Elcio. O Plano Inclinado: uma atividade de modelização Matemática. **Revista Experiências Em Ensino De Ciências**, v. 6, n. 2, p. 66-85, 2011.
- FESTA, Egidio; ROUX, Sophie. The Enigma of the Inclined Plane from Heron to Galileo. In: FESTA, Egidio; ROUX, Sophie. **Mechanics and Natural Philosophy Before the Scientific Revolution**. Dordrecht: Springer Netherlands. p. 195-220. ISBN 9781402059667.
- FORATO, T. C. M. **A Natureza da Ciência Como Saber Escolar: um estudo de caso a partir da história da luz**. 2009, 220 f. Tese (Doutorado em Educação). Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo, São Paulo, v. 1, 2009.
- LINO, Alex. **O Desenvolvimento Histórico Do Conceito De Energia: Seus Obstáculos Epistemológicos E Suas Influências Para O Ensino De Física**. 2016. 360 p. Dissertação de Pós graduação — Universidade Federal de Maringá, Maringá, 2016.

- MARTINS, A. F. História e Filosofia da Ciência no ensino: há muitas pedras nesse caminho. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 24, n. 1, p. 112-131, 2007.
- MATTHEWS, M. R. História, Filosofia e ensino de Ciências: a tendência atual de reaproximação. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, v. 12, n. 3, p. 164-214, 1995.
- NEVES, Marcos Cesar Danhoni *et al.* Galileu fez o experimento do plano inclinado? **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias**, v. 7, n. 1, p. 226-242, 2008.
- PEDUZZI, L. O. Q.; RAICIK, A. C. Sobre a natureza da ciência: Asserções comentadas para uma articulação com a história da ciência. **Investigações em Ensino de Ciências** v. 25(2), p. 19–55, 2020.
- SHERMAN, Paul D. Galileo and the Inclined Plane Controversy. **The Physics Teacher**, v. 12, n. 6, p. 343-348, set. 1974.
- RIBEIRO DO NASCIMENTO, Carlos Arthur. UM POUCO MAIS SOBRE GALILEU E AS CIÊNCIAS MISTAS. **Revista Brasileira de História da Matemática**, São Paulo, v. 11, n. 23, p. 15–26, 2020. DOI: 10.47976/RBHM2011v11n2315-26.
- RICARDO, E. C. A história da ciência no ensino de física e a vigilância epistemológica. **Pesquisa e Ensino em Ciências Exatas e da Natureza**, v. 4, n. 1, 2020.
- SANTOS, Max Luiz de Oliveira. **Experimento de Galileu do plano inclinado em sala de aula**. 2014. Universidade Federal de São Carlos, [s. l.], 2014.
- SOARES, Reginaldo R.; BORGES, Paulo de F. O plano inclinado de Galileu: uma medida manual e uma medida com aquisição automática de dados. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 32, n. 2, jun. 2010.
- STRAULINO, S. Reconstruction of Galileo Galilei's experiment: the inclined plane. **Physics Education**, v. 43, n. 3, p. 316-321, 2008.