

O MÉTODO DE GALILEU PARA MEDIR MONTANHAS LUNARES E O IMPACTO NA HISTÓRIA DA CIÊNCIA

GALILEO'S METHOD FOR MEASURING LUNAR MOUNTAINS AND ITS IMPACT ON THE HISTORY OF SCIENCE

Keyti Mayse Martins de Almeida

keytimay@gmail.com.br

Cícero Jailton de Moraes Souza

cicero.souza@pesqueira.ifpe.edu.br

RESUMO

O presente estudo analisa as observações telescópicas da Lua realizadas por Galileu Galilei (1564-1642) e o método matemático utilizado para estimar a altura das montanhas lunares. O objetivo geral da pesquisa é demonstrar o método de cálculo empregado por Galileu para medir o relevo lunar. Especificamente, busca-se analisar como suas observações influenciaram a Revolução Astronômica do século XVII — ao substituir os paradigmas de Aristóteles e Ptolomeu por uma nova concepção de Universo — e debater a aplicação desses conteúdos históricos no ensino de Ciências para estimular a reflexão sobre a Natureza da Ciência. A metodologia consistiu em uma revisão de literatura, com levantamento de fontes e autores para a análise do tema sob uma perspectiva histórica e epistemológica. Os resultados destacam que Galileu, ao utilizar o telescópio refrator, rompeu com a distinção aristotélica entre o mundo sublunar e o supralunar, revelando que a Lua não era uma esfera perfeitamente lisa, mas composta por vales e montanhas. Conclui-se que o episódio da medição das crateras é um marco fundamental para a História da Ciência, pois exemplifica a transição de um modelo qualitativo para uma abordagem quantitativa e experimental, sendo um recurso relevante para o ensino ao humanizar o conhecimento científico e promover uma aprendizagem reflexiva.

Palavras-chave: crateras lunares; História da Física; telescópio; método de cálculo das crateras.

ABSTRACT

This study analyzes the telescopic observations of the Moon made by Galileo Galilei (1564-1642) and the mathematical method used to estimate the height of lunar mountains. The overall objective of the research is to demonstrate the calculation method employed by Galileo to measure lunar relief. Specifically, it seeks to analyze how his observations influenced the Astronomical Revolution of the 17th century—by replacing the paradigms of Aristotle and Ptolemy with a new conception of the Universe—and to discuss the application of this historical content in science education to stimulate reflection on the Nature of Science. The methodology consisted of a literature review, with a survey of sources and authors for the analysis of the topic from a historical and epistemological perspective. The results highlight that Galileo, by using the refracting telescope, broke with the Aristotelian distinction between the sublunar and supralunar world, revealing that the Moon was not a perfectly smooth sphere, but composed of valleys and mountains. It can be concluded that the crater measurement episode is a fundamental milestone in the History of Science, as it exemplifies the transition from a qualitative model to a quantitative and experimental approach, being a relevant resource for teaching by humanizing scientific knowledge and promoting reflective learning.

Keywords: Lunar craters; History of Physics; telescope; method for calculating craters.

1. INTRODUÇÃO

O interesse por observações astronômicas existe desde os povos mais antigos. E desde a antiguidade os povos já conseguiam relacionar eventos do Céu aos acontecimentos na Terra. Pitágoras (572 a.C. - 497 a.C.) acreditava na esfericidade da Terra e da Lua. Aristarco (310 a.C. - 230 a.C.) foi o primeiro a propor que a Terra se movia em torno do Sol e que este, por ser muito maior, não poderia estar orbitando a Terra. Hiparco (160 a.C. - 125 a.C.) deduziu o valor para a razão entre o tamanho da sombra da Terra e o tamanho da Lua (Kepler, 2000, p. 3). Esses e outros marcos da Astronomia, com o passar do tempo, foram refutados ou comprovados por descobertas científicas modernas.

Aristóteles (384 a.C. – 322 a.C.) defendia um Universo esférico, finito e perfeito, no qual a Terra ocupava o centro e todos os demais astros giravam ao seu redor, a Teoria Geocêntrica. Um dos principais defensores desse modelo foi o astrônomo Cláudio Ptolomeu (85 d.C. - 165 d.C.), que se destacou pelos numerosos registros astronômicos e pela proposição de um modelo geocêntrico que foi utilizado por muitos astrônomos durante mais de mil anos (Kepler, 2000, p. 4). No modelo de Ptolomeu, os corpos celestes são esféricos, a Terra ocupa o centro do Universo e sua teoria explicava os fenômenos baseados nos movimentos circulares uniformes.

Em oposição a essa teoria, o astrônomo Nicolau Copérnico (1473 - 1543) retomou a hipótese de Aristarco de Samos (310 a.C. – 230 a.C.), segundo a qual a Terra gira em torno do Sol. E a partir de diversas observações e estudos, formulou a Teoria Heliocêntrica. Em sua obra *De Revolutionibus Orbium Coelestium* (1543), Copérnico registrou suas ideias de um sistema no qual o Sol ocupa o centro e os seis planetas conhecidos na época orbitavam ao seu redor (Kepler, 2000, p. 61). Poucos anos após sua morte, nasceu Galileu Galilei (1564 - 1642), que se tornou o principal defensor da Teoria Heliocêntrica.

Galileu foi um destacado astrônomo, inventor e divulgador científico. Em 1609, ao tomar conhecimento da existência de um telescópio capaz de ampliar a imagem de objetos distantes, realizou aperfeiçoamentos que tornaram o equipamento vinte vezes mais potente (Leitão, 2010, p. 45). A partir disso, direcionou-o para o céu e passou a observar os astros. No entanto, Galileu não se limitou à observação; ele interpretou o que via (Gingerich, 2011). Até então, acreditava-se que a Lua era uma esfera perfeitamente lisa, mas, Galileu ao observar as sombras projetadas pela luz solar sobre sua superfície, concluiu que ela era composta por montanhas, vales e crateras (Gingerich, 2011, p. 137).

As observações de Galileu foram fundamentais para comprovar a Teoria Heliocêntrica e marcaram o fim da distinção aristotélica entre Céu e Terra. A Terra deixava de ocupar o centro do Universo e passava a ser um planeta como os outros (Moschetti, 2002, p.14). Essas foram características da Revolução Copernicana que aconteceu entre os séculos XVI e XVIII e representou a substituição do modelo Geocêntrico para o modelo Heliocêntrico. A refutação da tese aristotélica deixaria o caminho livre para geometrização¹ do espaço, para a admissão do movimento da terra e vários outros atributos da chamada Revolução Galileana (Bulhões, 2012, p. 11).

Segundo a perspectiva de Thomas Kuhn (2017), expressa na teoria das revoluções científicas, a Revolução Copernicana não deve ser entendida apenas como a refutação pontual de teses anteriores, mas como a substituição de um paradigma científico por outro. Tal processo ocorre de maneira não cumulativa, sendo precedido por um período de ciência normal marcado pelo surgimento de anomalias, culminando em uma crise que conduz à reorganização dos fundamentos conceituais, dos métodos e dos critérios de validação do conhecimento científico.

Até o século XVI, a produção do conhecimento científico esteve majoritariamente vinculada a tradições filosóficas de caráter racional e qualitativo, nas quais a observação sensível desempenhava papel secundário em relação a princípios metafísicos e explicações baseadas na natureza intrínseca dos corpos. Um dos limites desse modelo residia na confiança não problematizada nos sentidos e na ausência de procedimentos sistemáticos de experimentação. Galileu Galilei introduz uma mudança significativa nesse cenário ao articular observação, experimentação controlada e descrição matemática dos fenômenos, conferindo à experiência um papel metodológico central, porém mediado por instrumentos, modelos e relações quantitativas (Koyré, 2006; Drake, 1978; Kuhn, 2017).

¹ Entende-se por geometrização do espaço o processo histórico pelo qual o espaço físico passa a ser concebido como homogêneo, contínuo e suscetível de descrição matemática, em oposição à concepção aristotélica de um espaço qualitativamente diferenciado e hierarquizado, marcado pela noção de “lugares naturais”. Tal transformação, associada às contribuições de Galileu Galilei, foi fundamental para a formulação de leis universais do movimento e para a unificação entre a física terrestre e celeste, constituindo um dos pilares da chamada Revolução Científica dos séculos XVI e XVII (Koyré, 2006; Drake, 1978).

Esse método proposto por Galileu foi característico da Revolução Científica e consiste na busca por leis universais, fundamentadas no rigor da comprovação experimental (Santos, 2021, p. 24). Foi sucessor do método Aristotélico e introduziu uma abordagem quantitativa da ciência, onde a verdade não era apenas deduzida, mas testada e comprovada experimentalmente (Santos, 2021, p.19).

Nesse contexto, destaca-se a importância das observações realizadas por Galileu Galilei da Lua, que foi o primeiro a esquematizar sua superfície e a contestar a concepção aristotélica de uma Lua sem imperfeições. Por meio de um telescópio refrator (ou luneta), Galileu revelou ao homem moderno que não havia distinção entre o mundo sublunar e o supralunar, uma vez que, além de constatar que a Lua possuía um relevo acidentado, também observou satélites em torno de Júpiter e manchas na superfície do Sol (Condé, 2002, p. 8). As medições que realizou da altura das crateras lunares é relevante, pois demonstra a capacidade analítica de Galileu, revela o seu método e representa um importante episódio científico. As profundidades das crateras compõem um importante estudo sobre a origem do Satélite e até mesmo a origem do planeta Terra.

Assim, nesta pesquisa, temos como objetivo principal demonstrar o método utilizado por Galileu para medir as montanhas lunares, e como objetivos específicos analisar como as observações telescópicas de Galileu, em particular suas observações das montanhas da Lua, influenciaram a revolução astronômica que substituiu as ideias aristotélicas e ptolomaicas por uma nova maneira de conceber o mundo, e debater como discussões deste tipo podem ser aplicadas ao ensino estimulando uma reflexão sobre a importância da inserção destes conteúdos no ensino de Ciências.

Acreditamos que tal abordagem, alinhada às diretrizes da Base Nacional Comum Curricular que incentiva o trabalho com a História e a Filosofia da Ciência ao afirmar, entre suas competências gerais, a valorização dos conhecimentos historicamente construídos, bem como ao propor, no âmbito das Ciências da Natureza, a análise de modelos científicos ao longo do tempo, considerando suas limitações e possibilidades explicativas, o que legitima a abordagem histórica e epistemológica da Física no Ensino Médio, valoriza o letramento científico e o desenvolvimento de competências investigativas por parte dos estudantes (Brasil, 2018, p. 547).

A importância do estudo da História da Ciência, especificamente da Física e Astronomia, envolve compreender como o avanço científico acontece, quais teorias científicas foram refutadas e quais foram corroboradas pelas observações e experimentações.

2. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Segundo Bastos e Keller (1999), a pesquisa científica consiste em uma investigação metódica acerca de um assunto determinado, orientada para esclarecer aspectos específicos do objeto de estudo. Nesse sentido, nossa investigação adota o método da Pesquisa Bibliográfica, entendida, conforme Prodanov (2013, p. 54), como a elaboração de um estudo fundamentado em materiais já publicados, cuja seleção

exige constante atenção à confiabilidade das fontes. Essa abordagem se mostra adequada ao objetivo do trabalho, pois possibilita examinar, em profundidade, as observações lunares de Galileu Galilei, seu método de determinação das alturas das crateras e os impactos desses episódios na História da Ciência e no ensino.

Além disso, a Pesquisa Bibliográfica possibilita um amplo alcance de informações permitindo a utilização de dados dispersos em inúmeras publicações, auxiliando também na melhor definição do quadro conceitual que envolve o objeto de estudo proposto (Gil, 2002). Utilizamos fontes primárias e secundárias conforme conceitua Sousa (2021), nossa fonte primária foi o *Sidereus Nuncius* (1610) que foi a fonte básica, original, que contém informações do próprio autor e permitem um maior aprofundamento do tema, e nossas fontes secundárias, que são bibliografias complementares que analisam e interpretam as fontes primárias, foram de renomados pesquisadores como Koiré, Kuhn, Évora, entre outros.

Essa opção metodológica é particularmente relevante em pesquisas de natureza histórica, pois, como observa Gil (2002, p. 45), “a pesquisa bibliográfica também é indispensável nos estudos históricos. Em muitas situações, não há outra maneira de conhecer os fatos passados se não com base em dados bibliográficos”. Assim, a escolha por esse método se justifica pela necessidade de examinar interpretações clássicas e contemporâneas sobre o desenvolvimento das ideias astronômicas, permitindo reconstruir, com rigor, o contexto científico que antecede e sucede as descobertas galileanas.

A análise seguiu o procedimento de leituras sucessivas descrito por Lima e Mioto (2007), conforme Figura 1 a seguir:

Figura 1 – Procedimento de leituras



Fonte: De autoria própria (2025).

Inicialmente, realizou-se uma leitura de reconhecimento, voltada à identificação e seleção das fontes potencialmente relevantes, selecionamos livros, teses, artigos e sites. Em seguida, procedeu-se à leitura exploratória, destinada a verificar a pertinência de cada obra para os objetivos da pesquisa. A etapa seguinte consistiu em uma leitura seletiva, que permitiu delimitar os materiais mais significativos para a discussão proposta. Posteriormente, a leitura crítica possibilitou o estudo detalhado das obras, com atenção às convergências, divergências e implicações conceituais dos autores analisados. Por fim, a leitura interpretativa promoveu a articulação das ideias encontradas com o propósito geral da investigação, permitindo compreender a importância do método científico de Galileu, sua ruptura com a tradição aristotélica e seu papel na consolidação da Revolução Científica.

A metodologia adotada permitiu integrar aspectos históricos, conceituais e didáticos, articulando-os de modo coerente com os objetivos estabelecidos para o estudo.

3. O CONTEXTO COSMOLÓGICO ANTERIOR A GALILEU

Aristóteles (384 a.C. - 322 a.C.) foi um filósofo grego polímata que fundamentou seu pensamento na lógica e na observação da natureza. Enfatizou a necessidade de a Filosofia começar com as experiências sensoriais, e a partir delas proceder para regras gerais (Soares, 2011, p. 33).

Aristóteles acreditava que o universo era uma grande esfera e estava dividido em duas regiões diferentes e regidas por leis diferentes. Uma região inferior chamada sublunar que ia da Terra até a Lua e uma superior chamada supralunar que ficava além da Lua, a Lua seria uma espécie de referência dividindo os dois mundos onde abaixo da Lua estariam as coisas corruptíveis e a partir da Lua para acima estaria o mundo dos movimentos perfeitos (Condé, 2002, p. 45).

A primeira região, a sublunar, era imperfeita composta pelos quatro elementos terra, ar, fogo e água, e nela ocorriam mudanças, no entanto a região supralunar era perfeita, imutável e estática. Para Aristóteles, nos céus existia um quinto elemento chamado éter, eterno, imóvel, imutável e leve do qual todos os objetos celestes eram feitos. E como o éter era o elemento perfeito, todos os objetos celestes deveriam girar em um movimento circular, um movimento perfeito, sendo a Terra estática o centro do movimento (Condé, 2002, p. 4). Assim, de acordo com Aristóteles, a esfera da Terra está localizada no centro do Universo, pois é constituída do elemento terra que é pesado, e os astros por serem constituídos de Éter são mais leves, se encontram elevados no céu realizando um movimento natural e circular ao redor da Terra (Soares Júnior, 2023, p. 40).

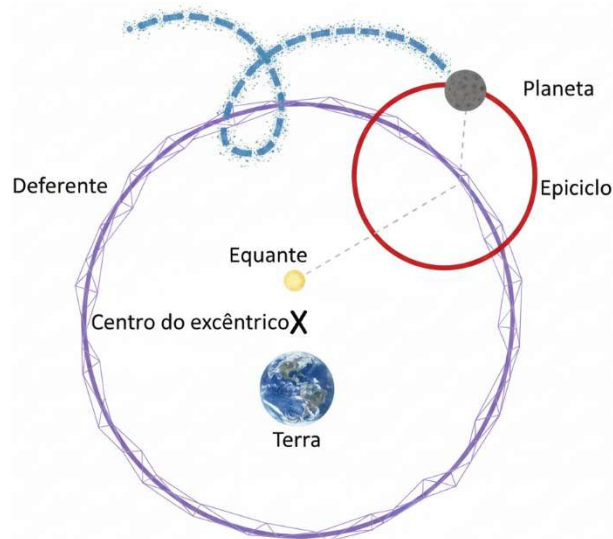
As Teorias de Aristóteles eram características do seu método científico e se baseava em indução e dedução. A investigação consistia em induzir princípios explicativos dos fenômenos observados e deduzir afirmações a partir de premissas que incluem esses princípios (Romanini, 2010, p. 4).

Outro importante astrônomo, Claudio Ptolomeu (85 d.C. - 165 d.C.), defendeu o Sistema Geocêntrico que tinha como pilares a Terra central, imóvel e esférica (Soares Júnior, 2023, p. 53).

Ptolomeu adotou elementos para descrever as irregularidades dos movimentos celestes que acabaram por adaptar o modelo de esferas de Aristóteles (Kepler, 2000). Sua teoria está fundamentada em três princípios: Princípio dos movimentos excêntricos no qual a Terra não está exatamente no centro das órbitas planetárias, mas em uma posição excêntrica em relação a essas órbitas; Princípio dos epiciclos no qual cada planeta gira sobre um ciclo denominado epiciclo, cujo centro, move-se sobre um círculo maior, o *deferente*; e Princípio do *equante* que consiste em um ponto imaginário em relação ao qual a rotação do planeta era uniforme (Soares Júnior, 2023).

Para Ptolomeu, um planeta realiza um movimento ao longo de um círculo menor chamado epiciclo cujo centro se move em relação ao *equante* que é um ponto localizado próximo a Terra, esse epiciclo realiza um movimento ao longo de um círculo maior chamado *deferente* e a Terra fica um pouco afastada do centro do *deferente* (Kepler, 2000, p. 59), conforme representado na Figura 2.

Figura 2 — Modelo com Excêntrico, Epiciclo e Equante.

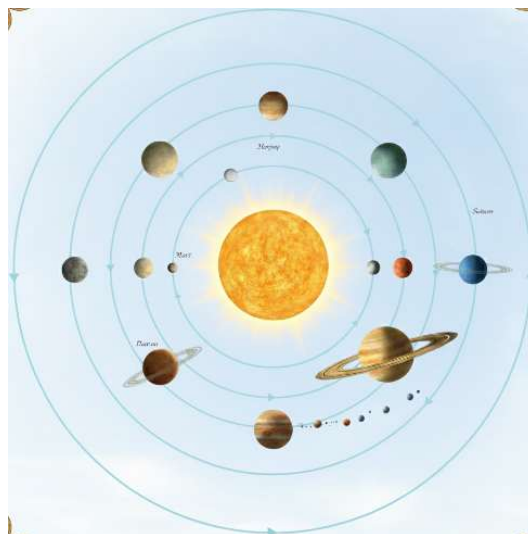


Fonte: Adaptado de KEPLER (2000, p. 60).

De encontro a essas teorias, Nicolau Copérnico (1473 - 1543) foi um astrônomo polonês que revolucionou a ciência ao propor o modelo heliocêntrico. Organizou os planetas e estabeleceu a relação entre proximidade e velocidade orbital. Sua obra rompeu com a visão de que a Terra era o centro fixo do cosmos, tratando-a como um planeta comum.

No Heliocentrismo a Sol está no centro do Universo e em torno dele estão girando os planetas Mercúrio, Vênus, Terra, Marte, Júpiter e Saturno que eram os planetas conhecidos até então, como é visto na Figura 3. Além disso, a Terra gira em torno do seu próprio eixo e a Lua gira em torno da Terra (Soares, 2011, p. 89). Os movimentos celestes são uniformes, perpétuos e circulares. Segundo Copérnico, somente em um movimento assim descrito os corpos celestes poderiam retornar às suas posições anteriores conforme são observados (Évora, 1988).

Figura 3 — Sistema proposto por Copérnico.



Fonte: De autoria própria (2025).

Galileu Galilei (1564 – 1642) foi o pai da física experimental e da astronomia telescópica (Kepler, 2000, p. 75) que, mesmo no século XVII, uma época historicamente turbulenta para Ciência, trouxe grandes e revolucionárias contribuições para muitas áreas, entre elas, Matemática, Física e principalmente, Astronomia e Astrofísica (Lívio, 2021, p. 31).

Galileu foi inventor de muitos instrumentos como, por exemplo, a bússola geométrica e termoscópio, e também realizou melhoramentos em instrumentos existentes que foram precursores de tecnologias usadas na atualidade. Realizou importantes experimentos, deduções e teorias.

Por defender ideias como a teoria heliocêntrica, Galileu foi condenado pela Inquisição Romana a permanecer em prisão domiciliar até sua morte. Como destaca Lívio:

Embora as acusações principais dissessem respeito à desobediência às ordens da Igreja, nenhum outro evento isolado representou de maneira tão clara o embate entre o raciocínio científico e a autoridade religiosa, e suas reverberações são sentidas até hoje (Lívio, 2021, p. 227).

Entre suas importantes observações, podemos destacar: a descoberta da semelhança entre a superfície da Lua e a da Terra; que a Via Láctea era formada por incontáveis estrelas; os quatro satélites em torno de Júpiter; e, especialmente, as crateras da Lua (Leitão, 2010).

Galileu foi essencial para Revolução Científica, que se iniciou no século XVI, não só pelas suas observações que contribuíram para refutar a Teoria Geocêntrica, mas por seu método científico caracterizado pela procura de regularidades matemáticas nas leis da natureza e a forma como busca validação empírica através da realização de experimentos (Santos, 2021, p. 19).

Seu método consistia em três etapas: A primeira é observar, e se propõe a reduzir um dado sensorial a um elemento quantitativo simples; a segunda é a experimentação, e se propõe a testar suas hipóteses; e a terceira a demonstração matemática dos fenômenos (Soares Júnior, 2023, p. 119).

4. A LUNETTA DE GALILEU E A NOVA PRÁTICA OBSERVACIONAL

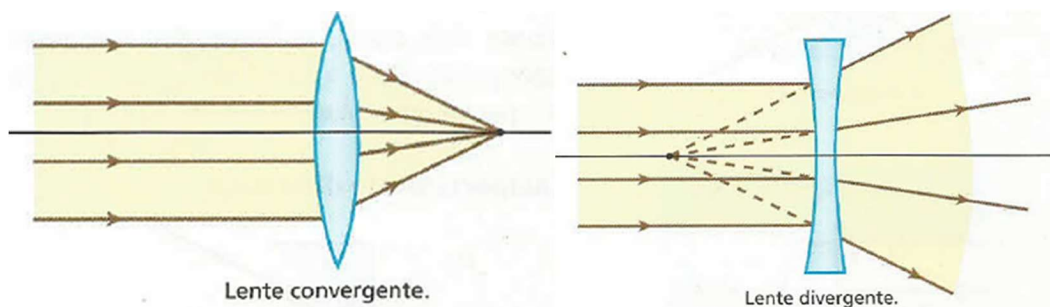
A invenção do telescópio foi uma grande revolução tecnológica para Astronomia, com ele logo se expandiu os horizontes da observação, apresentando um universo muito mais amplo e detalhado (Conte, 2021).

Era do conhecimento de Galileu que um holandês chamado Hans Lippershey (1570 - 1619) fabricara, em 1608, uma luneta que consistia de um tubo de metal, com uma lente convexa como objetiva em uma extremidade e uma lente côncava como ocular na outra extremidade, que conseguia aumentar a visualização de objetos distantes.

Uma lente convexa (também chamada de lente convergente) os raios de luz que incidem na lente paralelamente entre si se refratam com direções que convergem para um mesmo ponto, já na lente côncava (também conhecida como lente divergente) os raios que incidem se refratam com direções que divergem de um

mesmo ponto (Villas Bôas; Doca; Biscuola, 2012, p. 383), conforme exemplificado na Figura 4.

Figura 4 — Comparação entre lentes convergentes e divergentes



Fonte: Villas Bôas, Doca e Biscuola (2012, p. 383).

Galileu criou uma versão melhorada desse telescópio, Figura 5, mesmo sem nunca tê-lo visto, testando combinações de lentes e espelhos, e aplicando técnicas de polimento (Kepler, 2000).

Figura 5: Imagens do Telescópio de Galileu.



Fonte: Museo Galileo (2025).

O telescópio de Galileu poderia chegar a uma ampliação de até 21 vezes com subsequentes aperfeiçoamentos. Ele era feito de madeira com revestimento em couro, seu comprimento 927 mm, um objetiva plano-convexa de 37 mm de diâmetro, abertura de 15 mm, distância focal de 980 mm e espessura no centro de 2 mm (Museo Galileo, 2025). Além disso, foi acrescentado um diafragma para bloquear parte da objetiva possibilitando uma melhor nitidez (Dupré, 2003, p. 369).

Essa é uma das características do método experimental de Galileu, a descoberta ou o aperfeiçoamento de instrumentos a serem utilizados nas suas observações (Nascimento; Jesus; Santos, 2021, p. 19)

Galileu argumentava que não podemos confiar cegamente na percepção humana ou em dogmas estabelecidos. Em vez disso, propunha que a verdade fosse buscada por meio da observação detalhada — potencializada por ferramentas técnicas — e de uma análise racional e sistemática (Tolmasquim, 1996).

O método galileano, fundamentado na observação, estrutura-se em três etapas: resolução (ou intuição), demonstração e experimentação. A etapa da resolução consiste na decomposição dos dados sensoriais em elementos quantitativos simples, permitindo que o fenômeno seja traduzido para a linguagem matemática por meio de representações numéricas ou geométricas. Nesse sentido, Galileu sustentava que o avanço do conhecimento exigia transcender as

demonstrações matemáticas, recorrendo invariavelmente à observação e à experimentação (Soares Júnior, 2023, p. 120).

O principal exemplo de aplicação desse método é a própria lei de queda dos corpos que Galileu confirma por meio da realização de experimentos com o plano inclinado (Mariconda, 2006, p. 269), assim como o cálculo das montanhas lunares onde para chegar aos resultados ele aplicou a técnica de observar através do telescópio, formulou a hipótese e demonstrou através do cálculo geométrico.

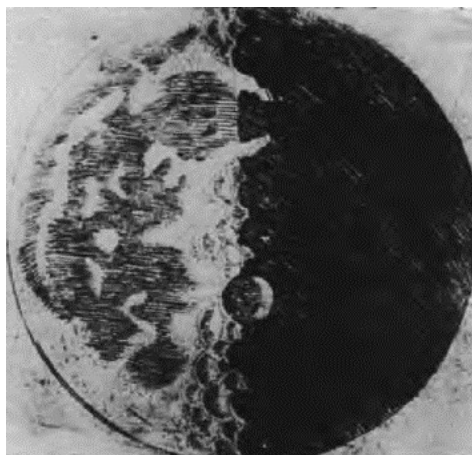
5. A OBSERVAÇÃO DA LUA E A RUPTURA COM A COSMOLOGIA ARISTOTÉLICA

Galileu descreveu, minuciosamente, uma parte das observações que fez com o Telescópio no seu manuscrito "Sidereus Nuncius" (O mensageiro das Estrelas), publicado em 1610, na cidade de Veneza. A obra teve grande importância na trajetória de Galileu e na defesa do heliocentrismo, assim como no rompimento com a cosmologia tradicional (Moschetti, 2002, p. 58).

O livro trouxe muitas novidades e está dividido em dois tratados, o primeiro sobre a Lua e o segundo sobre os satélites de Júpiter (Leitão, 2010, p. 54 - 55). Primeiramente ele apresenta o registro sobre os melhoramentos realizados na luneta, um instrumento que tornou possível todas as observações (Soares Júnior, 2023, p. 94) e mostra sua utilidade científica.

Depois ele anuncia as observações da superfície lunar, destaca, com desenhos detalhados, como podemos ver na Figura 6, seu caráter montanhoso que revela o início do processo de dissolução do cosmo aristotélico, que se baseia na ideia de uma distinção qualitativa entre os Céus e Terra (Soares Júnior, 2023, p. 95) onde nada muda além da posição dos astros, as estrelas e planetas são considerados "perfeitos".

Figura 6: A Lua representada por Galileu



Fonte: Galilei (1610, p. 162).

Galileu também demonstrou, no tratado, o cálculo geométrico da altura de uma das montanhas. Em seguida, fez registros de nebulosas e estrelas fixas onde mostrou

a existência de inúmeras estrelas que não poderiam ser vistas a olho nu (Soares Júnior, 2023).

Por último, anunciou a descoberta dos quatro satélites de Júpiter, como podemos observar na Figura 7, A figura apresentada corresponde a um registro esquemático elaborado por Galileu Galilei em 1610, no qual Júpiter é representado por um círculo central, acompanhado por quatro astros luminosos indicados por asteriscos, dispostos ao longo de uma linha aproximadamente horizontal. As marcações “Ori.” e “Occ.” indicam, respectivamente, as direções de oriente e ocidente no céu, permitindo a identificação das posições relativas desses corpos em diferentes observações. Tal disposição linear reflete o fato de que os satélites de Júpiter orbitam aproximadamente em um mesmo plano, o que, visto da Terra, resulta em seu alinhamento aparente. Ao comparar registros feitos em noites sucessivas, Galileu constatou que esses astros não eram estrelas fixas, mas corpos que se deslocavam em torno de Júpiter, permanecendo sempre próximos a ele, em analogia ao movimento da Lua em torno da Terra. Embora Galileu os tenha inicialmente denominado “estrelas”, por ainda não existir o conceito moderno de satélite natural, essa observação teve profundo impacto cosmológico, ao demonstrar que nem todos os movimentos celestes tinham a Terra como centro, fornecendo um importante argumento empírico em favor do copernicanismo.

Figura 7: Representação de Júpiter e as quatro estrelas



Fonte: Galilei (1610, p. 194).

Esses registros trouxeram notoriedade a Galileu e foram relevantes para a história da Astronomia e para o contexto científico. O livro *Sidereus Nuncius* não só revela Galileu à sociedade, mas também divulga o sistema copernicano para o mundo (Soares Júnior, 2023, p.95).

Até o ano de 1600, já se conheciam alguns aspectos sobre a Lua, como suas fases, os eclipses e seu movimento aparente diário. Plutarco (46 a.C. - 119 a.C.), por exemplo, considerava a Lua um corpo semelhante à Terra, interpretando as manchas visíveis a olho nu como indícios de sua heterogeneidade (Ariew, 1984). Aristóteles, por outro lado, defendia a ideia de uma Lua esférica e perfeita, alinhada à sua concepção de um cosmos ordenado e imutável. No entanto, foi Galileu Galilei quem, ao utilizar o telescópio para observar a superfície lunar estabeleceu uma mudança na mentalidade científica. Galileu não apenas descobriu coisas novas, ele ensinou a humanidade como descobrir. Ele substituiu a autoridade de dogmas pela autoridade da evidência (Condé, 2002, p. 2-3).

Segundo Gingerich (2011, p. 137), sua descoberta da natureza terrestre da superfície da Lua foi uma imensa revelação para ele, porque a visão aristotélica dos céus era que os objetos celestes puros e incorruptíveis eram totalmente diferentes da Terra corruptível e em constante mudança.

Galileu desafiou muitas ideias defendidas na época, e afirmava que a lua era irregular e nela existiam montanhas e crateras:

Podemos discernir com certeza que a superfície da Lua não é perfeitamente polida, uniforme e exatamente esférica, como um exército de filósofos acreditou, acerca dela e de outros corpos celestes, mas é, pelo contrário, desigual, acidentada, constituída por cavidades e protuberâncias, como a face da própria terra, que está marcada, aqui e acolá, por cadeias de montanhas e profundezas de vales. (Galilei, 2010, p. 156, tradução de Henrique Leitão)

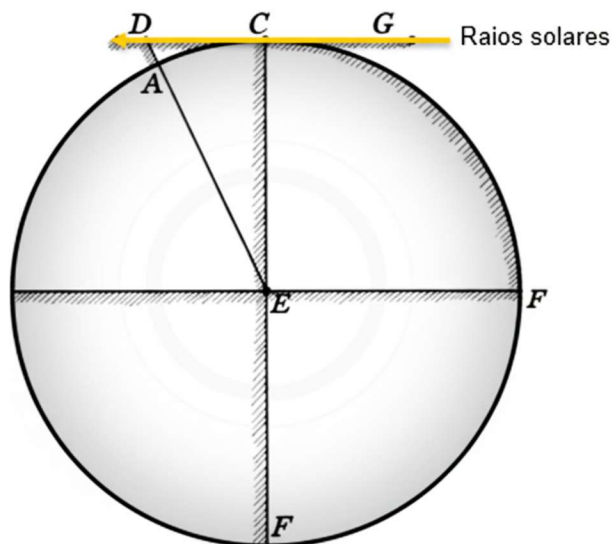
Inicialmente, Galileu observou que, assim como na Terra, antes do nascer do Sol, as planícies ainda estão na sombra enquanto os picos das montanhas já se encontram iluminados, e que gradativamente tudo vai se iluminando até o nascer completo do Sol (Galilei, 2010, p. 158). A partir das suas observações Galileu deduziu que as manchas vistas eram relevos e as desenhou como vimos na Figura 6.

Ele observou que a Lua apresentava dois lados, um escuro e um iluminado, e a linha imaginária que divide os dois lado ele chamou de “Terminador” (Leitão, 2010, p. 65). Notou manchas brilhantes no lado escuro e interpretou-as como reflexões vindas de montanhas suficientemente altas para capturar os raios solares provenientes do outro lado do terminador (Weinberg, 2015).

A partir disso desenvolveu um método de cálculo utilizando conhecimentos da trigonometria para calcular as alturas desses relevos.

Para determinar a altura das montanhas, Galileu utilizou um método engenhoso que consiste no seguinte: deve-se imaginar um triângulo cujos vértices sejam o centro da Lua **E**, o topo da montanha **D** e o ponto do terminador **C**, conforme ilustrado na Figura 8.

Figura 8: Modelo geométrico de Galileu para determinação da altura de montanhas da Lua. A seta horizontal indica um raio de luz **G** que passa pelo terminador (segmento) e atinge o topo **D** da montanha.



Fonte: Adaptado de Galilei (2010, p. 168).

Adotando o raio da Lua (r) como sendo os segmentos EA e EC , a altura da montanha (h) sendo o segmento AD e a distância do terminador até a montanha (d) como sendo o segmento CD , explicamos, a seguir, o cálculo segundo o canal Professor Cícero – Física e Astronomia (2025).

Podemos aplicar o Teorema de Pitágoras no triângulo retângulo CDE descrito, ou seja, igualar o quadrado da hipotenusa à soma dos quadrados dos catetos como expresso na Equação 1.

$$(r + h)^2 = r^2 + d^2 \quad (1)$$

Fazendo algumas manipulações matemáticas, isolando a distância e desenvolvendo o produto notável, chegamos à Equação 2:

$$\begin{aligned} d^2 &= (r + h)^2 - r^2 \\ d^2 &= r^2 + 2rh + h^2 - r^2 \end{aligned} \quad (2)$$

Reduzindo, chegamos a outra expressão, destacada na Equação 3:

$$d^2 = 2rh + h^2 \quad (3)$$

Desprezando o valor de h^2 , pois a altura de qualquer montanha é muito pequena comparada com $2rh$ cujo fator multiplicativo r é o raio da Lua, teremos a expressão mostrada na Equação 4:

$$d^2 = 2rh \quad (4)$$

Dividindo ambos os termos por $2r^2$ para obter a razão entre a altura da montanha e o raio da Lua uma vez que Galileu já havia estimado a razão entre a distância do terminador e o raio da Lua, obtemos a relação expressa na Equação 5:

$$\frac{h}{r} = \frac{1}{2} \left(\frac{d}{r} \right)^2 \quad (5)$$

Portanto, sabendo a razão entre a distância do terminador até a montanha (d) e o raio da Lua (r) é possível determinar a altura da montanha. Ainda na época de Galileu já estimava que o raio da Lua seria algo em torno de 1000 milhas (Galilei, 2010), convertendo para o Sistema Internacional de Unidades é, aproximadamente, 1609 km. Hoje sabemos que o raio da lua é de aproximadamente 1737,4 km (Kepler, 2000) o que evidencia uma boa precisão para os instrumentos da época.

Galileu estimou também que essa razão d/r era de 1/10, que ao substituir na equação (5) resulta no seguinte resultado:

$$\begin{aligned} \frac{h}{1600} &= \frac{1}{2} \left(\frac{1}{10} \right)^2 \\ h &= 8 \text{ km} \end{aligned} \quad (6)$$

6. IMPLICAÇÕES PARA O ENSINO DE FÍSICA

A Base Nacional Comum Curricular (BNCC) destaca que no Ensino Fundamental a área de Ciências da Natureza tem como compromisso o desenvolvimento do letramento científico envolvendo a capacidade de compreender

e interpretar o mundo. E que deve promover atividades em que os alunos possam observar, utilizar ferramentas, propor hipóteses, elaborar modelos, entre outras.

Podemos destacar aqui a primeira competência específica de Ciências da Natureza que diz: “Compreender as Ciências da Natureza como empreendimento humano, e o conhecimento científico como provisório, cultural e histórico” (Brasil, 2018, p. 324). Percebemos que o conhecimento científico é construído ao longo do tempo e através de contribuições de muitos cientistas. E a medida que a sociedade vai evoluindo o pensamento científico também precisa ser revisto.

Além disso, para elaboração dos currículos de Ciências as aprendizagens são organizadas em Unidades Temáticas. Podemos citar a Unidade Temática Terra e Universo que tem como objetivo:

A compreensão de características da Terra, do Sol, da Lua e de outros corpos celestes – suas dimensões, composição, localizações, movimentos e forças que atuam entre eles. Ampliam-se experiências de observação do céu, do planeta Terra, particularmente das zonas habitadas pelo ser humano e demais seres vivos, bem como de observação dos principais fenômenos celestes. Além disso, ao salientar que a construção dos conhecimentos sobre a Terra e o céu se deu de diferentes formas em distintas culturas ao longo da história da humanidade, explora-se a riqueza envolvida nesses conhecimentos, o que permite, entre outras coisas, maior valorização de outras formas de conceber o mundo, como os conhecimentos próprios dos povos indígenas originários (Brasil, 2018, p. 328).

Percebemos essa compreensão, nos estudos de Galileu sobre a Lua, quando ele descreve as características da Lua, dos outros astros e do céu, assim como quando desenvolve uma argumentação partindo das observações.

Sobre o Ensino Médio, na área de Ciências da Natureza e Suas Tecnologias, destacamos a unidade temática Vida, Terra e Cosmos, que propõe que os estudantes analisem a complexidade dos processos relativos à origem e evolução da Vida (em particular dos seres humanos), do planeta, das estrelas e do Cosmos (Brasil, 2018, p. 549).

E dentre as habilidades destacamos a primeira que diz:

“Analisar e discutir modelos, teorias e leis propostos em diferentes épocas e culturas para comparar distintas explicações sobre o surgimento e a evolução da Vida, da Terra e do Universo com as teorias científicas aceitas atualmente” (Brasil, 2018, p. 557).

O estudo das observações de Galileu, seu contexto histórico e, especificamente, o seu método para calcular as montanhas da Lua desenvolve no aluno a compreensão e interpretação, conforme proposto pela BNCC, uma vez que exige do aluno analisar a história da ciência, a cultura da época e todo o processo envolvido.

É possível desenvolver atividades que relacionem Astronomia e Física com outras ciências, por exemplo a Matemática, com o objetivo de desenvolver o pensamento científico dos alunos, a observação, a interpretação, a curiosidade e o interesse.

7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O método científico de Galileu estabeleceu um marco temporal entre o método Aristotélico e uma nova ciência. Com um método baseado em observação, experimentação e demonstração matemática ele se diferenciou do método aristotélico baseado na simples observação dos fenômenos da natureza (Soares Junior, 2023). Galileu inovou ao adaptar um instrumento para observação celeste, que antes era usado para observação na navegação; realizou melhoramentos ao apurar os sistemas de lentes e espelhos fazendo ajustes nos sistemas ópticos; e realizou cálculos e registros apurados.

Com isso, Galileu Galilei, a partir do seu método científico aplicado às suas observações telescópicas pôde defender a Teoria Heliocêntrica que marcou o início de uma nova fase para Ciência Moderna.

A partir dos aperfeiçoamentos feitos numa luneta simples, Galileu conseguiu torná-la precursora da maioria dos telescópios utilizados hoje. Uma das suas observações mais importantes foi em relação a Lua e como sua representação, como podemos ver na Figura 9 (A), se aproxima do que atualmente conhecemos a partir de telescópios mais modernos, como vemos na Figura 9 (B).

Figura 9 (A) - Lua de Galileu



Fonte: Galilei (1610, p. 162).

Figura 9 (B) - Lua de um telescópio moderno



Fonte: NASA (2025a).

O método de Galileu para medição da altura das montanhas lunares consistiu em um método observacional utilizando sombras e conhecimentos de Trigonometria.

No ensino, podemos replicá-lo utilizando diretamente um telescópio ou imagens do Lunar Reconnaissance Orbiter (LRO) que constitui uma sonda robótica da NASA (NASA, 2025b) dedicada ao mapeamento detalhado da superfície lunar, provendo dados de alta resolução. Podemos utilizar também imagens do Moon Atlas 3D (MOON 3D MAP, [s.d.]) que é um aplicativo voltado para a exploração detalhada da superfície lunar. Em posse das imagens poderemos utilizá-las no software profissional DS9 (SMITHSONIAN ASTROPHYSICAL OBSERVATORY, [202-]) que é uma ferramenta de visualização e análise de imagens, onde será feito o tratamento da imagem, escolha da cratera a ser medida e a análise dos dados (Silva, 2022), para em seguida aplicar os cálculos que Galileu utilizou.

De posse dos resultados calculados podemos compará-los com os valores reais das crateras, obtidos no catálogo NASA Catalogue of Lunar Nomenclature (NASA RP-1097), por Andersson e Whitaker (1982).

Além disso, podemos promover discussões acerca das teorias Geocêntrica e Heliocêntrica e aprofundar os pensamentos científicos que foram essenciais para o episódio científico de Galileu e para Revolução Astronômica.

Desenvolver atividades experimentais possibilitam uma maior proximidade dos alunos com a ciência, o aluno estará desenvolvendo a capacidade de compreender e interpretar e que, segundo Silva (2022), aprimorar esta experiência com uso de novas tecnologias ajuda o aluno a ir além do livro didático.

Com a metodologia utilizada no presente trabalho conseguimos apresentar o método de Galileu para determinar as alturas das montanhas lunares, suas observações telescópicas a respeito da Lua, analisando sua importância para história da Astronomia, seu impacto na Revolução Científica e sua relevância pedagógica. Ademais, analisamos como tais debates podem ser transpostos para a sala de aula, ressaltando a integração desses conteúdos com o ensino de Ciências.

Galileu precisou ir além da observação telescópicas. Segundo Santos “suas realizações científicas, a maneira particular de fazer a ciência física e, principalmente, a maneira como chegava aos resultados científicos são as principais contribuições de Galileu para a humanidade” (2021, p. 19).

No ensino de Física o trabalho proporcionará um melhor entendimento sobre a evolução da ciência, buscando desmistificar esse contexto histórico e propor uma atividade didática experimental colocando o professor como mediador e o aluno como protagonista da discussão.

Além dessa proposta didática de aula experimental, ainda é possível aprofundar essas temáticas com os alunos através de círculos de debates, oficinas de confecção de telescópio de baixo custo e minicursos. A temática oferece vasto potencial para investigações futuras, favorecendo uma análise sob múltiplas perspectivas disciplinares.

8. REFERÊNCIAS

- ANDERSSON, L. E.; WHITAKER, E. A. **NASA Catalogue of Lunar Nomenclature**. Washington, D.C.: National Aeronautics and Space Administration, 1982. (NASA Reference Publication, 1097).
- ARIEW, R. Galileo's lunar observations in the context of medieval lunar theory. **Studies in History and Philosophy of Science**, [S. l.], v. 15, n. 3, p. 213-226, 1984.
- BASTOS, C. L.; KELLER, V. **Aprendendo a aprender: introdução à metodologia científica**. Petrópolis: Vozes, 1999.
- BRASIL. Ministério da Educação. **Base Nacional Comum Curricular**. Brasília, DF: MEC, 2018.
- BULHÕES, A. F. de. **Diálogo sobre a imutabilidade do céu: Aristóteles e Galileu**. 2012. 128 f. Dissertação (Mestrado em Filosofia) – Centro de Filosofia e Ciências Humanas, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2012.

CONDÉ, M. L. L. De Galileu a Armstrong: as várias faces da Lua. **Cronos**, Pedro Leopoldo, MG, v. 5, n. 1, p. 42-56, 2002.

CONTE, F. A. A. **Uma história da astronomia a partir dos desenvolvimentos tecnológicos**. 2021. 111 f. Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino de Astronomia) – Centro de Ciências Exatas e Tecnológicas, Universidade Estadual de Feira de Santana, Feira de Santana, 2021. Disponível em: <http://sitio.uefs.br/handle/123456789/1458>. Acesso em: 22 maio 2024.

DRAKE, S. **Galileo at work: his scientific biography**. Chicago: University of Chicago Press, 1978.

DUPRÉ, S. Galileo's telescope and celestial light. **Journal for the History of Astronomy**, [S. l.], v. 34, n. 4, p. 369-399, 2003.

ÉVORA, F. R. R. **A Revolução Copernicana-Galileana: Astronomia e Cosmologia Pré-Galileana**. Campinas: CLE, 1988.

GALILEI, G. **Sidereus Nuncius: o mensageiro das estrelas**. Tradução de Henrique Leitão. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, 2010.

MOON 3D Map. **Moon 3D Map**: interactive map of the Moon. [S. l.: s. n.], [s.d.]. Disponível em: <http://moon3dmap.com/>. Acesso em: 24 ago. 2025.

MUSEO GALILEO. **Istituto di Storia Della Scienza**. Disponível em: https://catalogo.museogalileo.it/oggetto/CannocchialeGalileo_n01.html?_gl=1*15dela_u*_ga*MTE1NDAXMjUwOC4xNzQ5MTQyMjgz*_ga_MR6699DG9Z*czE3Njc0NTI3NjAkbnZlJGcxJHQxNzY3NDUyNzg5JGozMSRSMCRoMA. Acesso em: 1 jun. 2025.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2002.

GINGERICH, O. Galileu, o impacto do telescópio e o nascimento da astronomia moderna. **Anais da Sociedade Filosófica Americana**, [S. l.], v. 155, n. 2, jun. 2011.

KEPLER, S. O.; SARAIVA, M. F. O. **Astronomia e Astrofísica**. Porto Alegre: Editora da Universidade/UFRGS, 2000.

KOYRÉ, A.. **Do mundo fechado ao universo infinito**. 4. ed. Rio de Janeiro: Forense Universitária, 2006.

KUHN, T. S. **A estrutura das revoluções científicas**. 13. ed. São Paulo: Perspectiva, 2017.

LEITÃO, H. Estudo introdutório. *In*: GALILEI, G. **Sidereus nuncius: o mensageiro das estrelas: tradução, estudo e notas**. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, 2010.

LIMA, T. C. S.; MIOTO, R. C. T. Procedimentos metodológicos na construção do conhecimento científico: a pesquisa bibliográfica. **Revista Katálysis**, [S. l.], v. 10, n. 3, p. 37-45, 2007.

LÍVIO, M. **Galileu e os negadores da Ciência**. Rio de Janeiro: Record, 2021.

MARICONDA, Pablo Rubén. **Galileu e a ciência moderna**. São Paulo: Alameda, 2006.

MOSCHETTI, M. **A Unificação do Cosmo: o rompimento de Galileu com a distinção aristotélica entre céu e Terra**. 2002. Dissertação (Mestrado em Filosofia) – Instituto de Filosofia e Ciências Humanas, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2002.

NASA. Scientific Visualization Studio. **Moon Phase and Libration**. 2025. Disponível em: <https://svs.gsfc.nasa.gov/5415/>. Acesso em: 28 nov. 2025.

NASA. **Lunar Reconnaissance Orbiter (LRO)**: mission overview. Maryland: NASA, 2024. Disponível em: https://www.nasa.gov/mission_pages/LRO/main/index.html. Acesso em: 15 ago. 2025.

NASCIMENTO, A. V. S.; JESUS, L. S.; SANTOS, T. L. Método e ciência em Galileu Galilei. In: SANTOS, A. C.; MATOS, S. M. S. (org.). **Percursos da investigação científica**. São Paulo: República do Livro, 2021. p. 17-37.

PRODANOV, C. C.; FREITAS, E. C. **Metodologia do trabalho científico: métodos e técnicas da pesquisa e do trabalho acadêmico**. 2. ed. Novo Hamburgo: Feevale, 2013.

PROFESSOR CÍCERO – FÍSICA E ASTRONOMIA. **Galileu e o tamanho das montanhas da lua**. YouTube, 16 mar. 2024. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=K3aQDS3bV2Q>. Acesso em: 10 jun. 2025.

ROMANINI, M. **O ideal axiomático de ciência: a filosofia da ciência de Aristóteles como fundamento para o modelo clássico de ciência**. Seara Filosófica, Pelotas, n. 1, p. 33-52, 2010.

SANTOS, A. C.; SANTOS, M. S. M. **Percursos da investigação científica**. 1. ed. São Paulo: República do Livro: Discurso Editorial, 2021.

SILVA, M. A.; CARVALHO N., W. P. de; SCARANO JR., S. **Como determinar a altura das crateras lunares em uma atividade de aprendizagem investigativa**. Scientia Plena, Aracaju, v. 18, n. 8, 2022.

SMITHSONIAN ASTROPHYSICAL OBSERVATORY. **SAOImageDS9**: astronomical data visualization application. Cambridge: Harvard-Smithsonian Center for Astrophysics, [202-]. Disponível em: <https://sites.google.com/cfa.harvard.edu/saoimageds9>. Acesso em: 12 jul. 2025.

SOARES, D. **Evolução das ideias da Física**. 2. ed. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2011.

SOARES JÚNIOR, J. A. **Revolução copernicana-galileana: aspectos históricos e epistemológicos**. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Física) – Centro de Ciências Exatas e da Natureza, Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2023.

SOUSA, A. S.; OLIVEIRA, S. O.; ALVES, L. H. **A pesquisa bibliográfica: princípios e fundamentos**. Cadernos da Fucamp, Monte Carmelo, v. 20, n. 43, p. 64-83, 2021.

TOLMASQUIM, A. T. Indução ou dedução? O método científico de Galileu e de Einstein. **Ciência Hoje**, Rio de Janeiro, v. 21, n. 124, p. 18-27, 1996.

VILLAS BÔAS, N.; DOCA, R. H.; BISCUOLA, G. J., **Tópicos de física: termologia, ondulatória e óptica**. 18. ed. São Paulo: Saraiva, 2012. v. 2.

WEINBERG, S. **Para explicar o mundo: a descoberta da ciência moderna**. Tradução: Denise Bottmann. São Paulo: Companhia das Letras, 2015.