

VISITANDO O PASSADO COM O *STELLARIUM*: as observações astronômicas que impactaram o conhecimento humano

VISITING THE PAST WITH *STELLARIUM*: the astronomical observations that impacted human knowledge

Miguel Júlio Oliveira de Araújo
migueljulio.o.araujo@gmail.com
Prof. Me. Cícero Jailton de Moraes Souza
cicero.souza@pesqueira.ifpe.edu.br

RESUMO

Este trabalho apresenta uma análise das observações e medições realizadas por figuras históricas da Astronomia, como Ptolomeu, Copérnico e Galileu, utilizando simulações no *software Stellarium*. O trabalho inclui uma revisão histórica dessas personalidades, destacando suas contribuições para a Física e a Astronomia, e explora o uso do *Stellarium* como ferramenta para simular o céu noturno e reproduzir os fenômenos observados por Galileu. A metodologia envolveu a comparação entre as simulações e as observações registradas no século XVII, confirmando a precisão das descobertas de Galileu, como as suas observações das imperfeições da superfície lunar e as luas de Júpiter. Conclui-se que o *Stellarium* é uma ferramenta valiosa para o Ensino e aprendizado da Astronomia, além de oferecer uma plataforma eficaz para a investigação de descobertas históricas feitas pelos astrônomos do passado.

Palavras-chave: Astronomia, *Stellarium*, Ensino de Física.

ABSTRACT

This work presents an analysis of the observations and measurements conducted by historical figures in Astronomy, such as Ptolemy, Copernicus, and Galileo, using simulations in the *Stellarium* software. The study includes a historical review of these personalities, highlighting their contributions to Physics and Astronomy, and explores the use of *Stellarium* as a tool to simulate the night sky and reproduce the phenomena observed by Galileo. The methodology involved comparing the simulations with the observations recorded in the 17th century, confirming the accuracy of Galileo's discoveries, such as his observations of the imperfections on the lunar surface and Jupiter's moons. It is concluded that *Stellarium* is a valuable tool for teaching and learning Astronomy, as well as offering an effective platform for investigating historical

discoveries made by astronomers of the past.

Keywords: Astronomy. *Stellarium*. Physics Teaching.

1 INTRODUÇÃO

Uma forma de explorar o desconhecido é através da Astronomia, uma jornada que nos leva a descobrir nossa insignificância diante da vastidão do Universo. Como Carl Sagan (1934-1996) destacou em seu livro “Cosmos”: “Numa perspectiva cósmica, a maioria das preocupações humanas parece ser insignificante, até mesmo mesquinha” (Sagan, 2017 p.23). Ao contemplar as estrelas e os planetas, somos lembrados de nossa posição minúscula no cosmos e convidados a questionar e a compreender nossa existência no contexto cósmico (Sagan, 1985).

A Astronomia é uma das ciências mais antigas da humanidade e se dedica ao estudo dos corpos celestes, como estrelas, planetas, cometas e galáxias. Desde a antiguidade, o homem tem observado o céu noturno e se maravilhado com as constelações, os movimentos dos astros e os fenômenos astronômicos, como eclipses e chuvas de meteoros (Jain, 2015).

Outra aplicação prática da Astronomia, que vai além da simples contemplação do céu, é a previsão das estações do ano, fundamental para a agricultura. Ao analisar os movimentos da Terra em torno do Sol e a inclinação de seu eixo, os astrônomos determinam os períodos de maior e menor insolação em diferentes regiões do planeta, sendo essa informação essencial para definir as épocas mais adequadas para o cultivo de diversas culturas, que possuem necessidades específicas de luz e temperatura.

Além disso, a Astronomia contribui para a previsão de eventos como as cheias dos rios, ao analisar a influência da Lua e do Sol nas marés e no clima. Essas informações são utilizadas na gestão de recursos hídricos e na implementação de medidas de prevenção de desastres naturais, como a construção de sistemas de alerta e a elaboração de planos de emergência.

Com uma rica história de observações e interpretações que moldaram a nossa compreensão do cosmos ao longo dos séculos, Ptolomeu, no século II d.C., desempenhou um papel crucial com o seu famoso livro “Almagesto”, que, dentre outras coisas, delineava um modelo geocêntrico de Universo.

Ptolomeu (85 d.C. - 165 d.C.) (Claudius Ptolemaeus) foi o último astrônomo importante da antiguidade. Não se sabe se ele era egípcio ou romano. Ele compilou uma série de treze volumes sobre Astronomia, conhecida como o Almagesto, que é a maior fonte de conhecimento sobre a Astronomia na Grécia (Oliveira e Saraiva; p.5, 2014).

Nicolau Copérnico (1473-1543), no século XVI, revolucionou a visão cosmológica ao reafirmar a proposta de um modelo heliocêntrico do sistema solar, inicialmente sugerido por Aristarco de Samos (310-230 a.C.). Um de seus trabalhos mais conhecidos é “De revolutionibus orbium coelestium”, ou “Sobre a revolução dos orbes celestes”. De acordo com Oliveira e Saraiva (2014), as principais contribuições do trabalho de Copérnico foram: introduzir a ideia que a Terra é equivalente aos outros planetas que circulam ao redor do Sol; definir a ordem dos planetas em relação às

suas distâncias ao Sol; além definir essas distâncias a partir da distância da Terra ao Sol, chegando por fim a conclusão que quanto mais próximo do Sol o planeta está, maior é sua velocidade orbital.

Um dos astrônomos mais importantes da história foi Galileu Galilei (1564-1642), nascido em Pisa, na Itália. Galileu foi um grande observador do céu e realizou diversas descobertas astronômicas que revolucionaram a ciência da época. Com sua luneta, ele foi capaz de observar coisas muito impressionantes para sua época, como as fases de Vênus e os satélites de Júpiter relatadas em uma de suas maiores obras “Sidereus Nuncius” (1610).

Para Michael Julio (2015), existiam as formas de praticar a Astronomia antes, durante e depois das contribuições de Galileu, pois desde as observações do céu feitas por povos antigos até as imagens mais recentes obtidas por telescópios espaciais como o Hubble, Galileu agregou nessa área do conhecimento de várias formas, tais quais: Aperfeiçoamento do telescópio refrator, descrição da superfície da Lua, demonstração das estrelas que orbitavam Júpiter e a primeira observação das fases de Vênus.

É importante destacar que “Apresentação exata dos detalhes lunares nunca foi a intenção de Galileu. As gravuras são peças de um argumento (...) Galileu intencionalmente deformou e exagerou muitos aspectos do que vira, para contruir e ilustrar os seus argumentos. (...) O telescópio não lhe mostrou diretamente o perfil de montanhas lunares, nem nunca Galileu reclamou tal coisa. (...) A existência de montanhas e vales (...) é, pois uma dedução a partir das propriedades do brilho da superfície da lua, uma dedução que nem todos concordariam” (Leitão, 2010, p. 63-64).

Essas descobertas foram fundamentais para validar e comprovar a Teoria Heliocêntrica proposta por Nicolau Copérnico, o qual possui uma enorme relevância junto com Galileu e que construíram os passos iniciais da Astronomia Moderna. Copérnico afirmou que os planetas orbitavam o Sol e não a Terra, como se acreditava na época. As observações de Galileu, aliadas a outros estudos, contribuíram para uma mudança radical na forma como o homem enxergava o Universo.

A partir daí, a Astronomia se desenvolveu ainda mais, com novas técnicas de observação e instrumentos mais sofisticados como: Radiotelescópios, telescópios, além dos mais diversos *softwares* de captura e análise de dados. Atendendo a demanda de tecnologias para o estudo e observações astronômicas temos a disponibilidade o *Stellarium*, que é um *software* livre e gratuito que permite simular o céu noturno em tempo real em qualquer local do planeta. Ele é uma excelente ferramenta para estudantes e amantes da Astronomia que desejam observar e entender o céu noturno, bem como planejar suas observações (Zotti, Hoffmann, et al., 2021).

Através do programa *Stellarium*, é possível observar constelações, planetas, nebulosas, galáxias e outros objetos celestes em detalhes. Além disso, o *software* permite ajustar a data e a hora para visualizar as posições dos corpos celestes em diferentes momentos do passado ou do futuro, sendo a nossa principal referência de dados para o desenvolvimento de nossa investigação.

No que se refere às observações de Galileu Galilei, o *Stellarium* é uma ferramenta valiosa para simular as observações que ele realizou com sua luneta na

época. É possível visualizar as fases de Vênus e os satélites de Júpiter, assim como Galileu fez em sua época. Ao utilizar o *Stellarium* para simular as observações de Galileu, podemos visualizar melhor as descobertas que ele realizou e os impactos provocados no conhecimento sobre a Astronomia e na Ciência em geral.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Desde os primórdios da humanidade, o ser humano olha para o céu e busca compreender a origem, estrutura e evolução do Universo em que estamos inseridos. Através de observações, teorias e experimentos, a Astronomia nos proporciona uma visão abrangente do cosmos e desvenda os mistérios do espaço sideral.

Uma das teorias mais importantes da Astronomia foi o modelo heliocêntrico proposto por Nicolau Copérnico no século XVI. Copérnico postulou que a Terra e outros planetas orbitam em torno do Sol, rompendo com o modelo geocêntrico aceito até então. Essa revolução cosmológica abriu caminho para uma compreensão mais precisa dos movimentos planetários e da estrutura do sistema solar.

No século XVII, o trabalho de Galileu Galilei trouxe uma nova dimensão para a Astronomia. Com o uso de telescópios, Galileu realizou observações revolucionárias, como as fases de Vênus, as luas de Júpiter e as manchas solares. Suas descobertas corroboraram o modelo heliocêntrico de Copérnico e serviram como um dos alicerces do método de estudo e pesquisa na Astronomia em sua época.

2.1 OBSERVAÇÃO E DESCOBERTAS ASTRÔNOMICAS

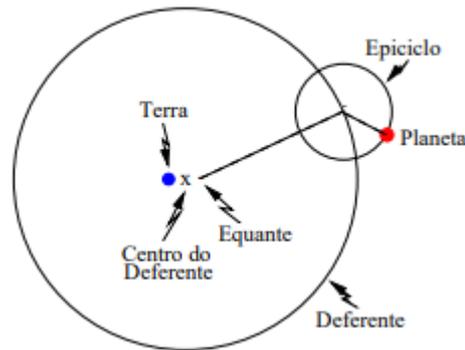
A observação do céu tem desempenhado um papel crucial na evolução do conhecimento humano, especialmente no campo da Astronomia. Desde os primeiros registros das posições dos astros pelos antigos astrônomos até as sofisticadas observações realizadas por telescópios modernos, as observações astronômicas têm proporcionado uma janela para compreender a natureza do Universo.

Apesar disso, durante toda a Antiguidade e Idade Média, o geocentrismo prevaleceu na Astronomia. Um dos sistemas geocêntricos mais renomados foi o sistema ptolomaico, criado por Claudio Ptolomeu, o último dos grandes astrônomos gregos da antiguidade, que desenvolveu um modelo geocêntrico mais completo e eficiente do que seus predecessores.

A contribuição mais importante de Ptolomeu foi uma representação geométrica do sistema solar, com círculos, epiciclos e equantes, que permitia prever o movimento dos planetas com considerável precisão, e que foi usado até o Renascimento, no século XVI (Oliveira e Saraiva; p.5, 2014).

A Figura 1 representa o modelo ptolomaico do movimento planetário. Nesse modelo, a Terra, representada pelo ponto azul, é o centro do Universo, mas não o centro do movimento dos planetas. O Deferente é a grande órbita circular pela qual o centro do Epiciclo se move. O Epiciclo, por sua vez, é uma pequena órbita circular que um planeta, representado pelo ponto vermelho, descreve enquanto percorre o Deferente. O Equante é um ponto imaginário posicionado próximo ao centro do Deferente, em uma posição oposta à Terra, em torno do qual o centro do Epiciclo se move a uma velocidade angular constante.

Figura 1 – Modelo de Ptolomeu



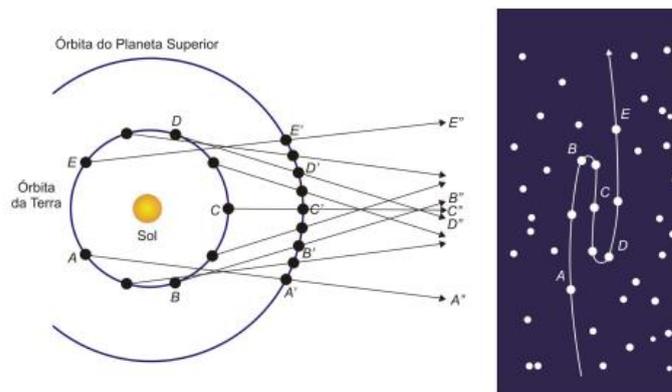
Fonte: Livro *Astronomia e Astrofísica*, Oliveira e Saraiva (2014, p. 66)

Essas definições são importantíssimas, pois fizeram o modelo Ptolemaico se tornar algo de suma importância na história da Astronomia. Esses elementos foram fundamentais para explicação dos movimentos celestes no contexto do modelo geocêntrico, prevalecendo por mais de mil anos até ser substituído pelo modelo Heliocêntrico de Copérnico.

Estudar o modelo Ptolemaico e seus conceitos é fundamental para compreender a evolução do pensamento científico. Ele exemplifica como a ciência progride através de tentativas e erros, e como teorias antigas podem pavimentar o caminho para descobertas futuras. Além disso, a análise crítica desses conceitos ajuda a ilustrar a importância da observação empírica e da precisão matemática na construção de modelos científicos.

No começo do século XVI, o Renascimento foi um grande momento histórico, marcado pelas manifestações de ideias, se baseando na racionalidade e o humanismo, e Nicolau Copérnico foi o principal nome no período renascentista na área da Astronomia. Copérnico (1473-1543) era um astrônomo polonês com grande inclinação para a matemática. Durante seus estudos na Itália, ele leu sobre a hipótese heliocêntrica proposta por Aristarco de Samos (310-230 a.C.) e achou que colocar o Sol no centro do Universo era muito mais razoável do que a Terra. Copérnico registrou suas ideias em um livro intitulado "As Revoluções dos Orbes Celestes", o qual foi publicado no ano de sua morte.

Figura 2 – Demonstração do movimento de um planeta com órbita maior que a da Terra



Fonte: Livro *Astronomia e Astrofísica*, Oliveira e Saraiva (2014, p. 67).

É relevante observar que Copérnico sustentou a concepção de que as órbitas dos planetas eram circulares. Para obter posições coerentes, ele precisou incorporar pequenos epiciclos, embora não tenha empregado Equantes (Oliveira e Saraiva, 2014) como fez Ptolomeu.

Uma contribuição significativa para o Modelo Heliocêntrico foi fornecida pelo italiano Galileu Galilei (1564-1642). Galileu é considerado o precursor da Física Experimental moderna e da Astronomia telescópica. Suas experiências em mecânica foram cruciais para estabelecer os princípios de inércia e demonstrar que a aceleração de corpos em queda livre não está relacionada ao seu peso, conceitos que mais tarde foram integrados às leis do movimento formuladas por Newton.

Os estudos de Galileu Galilei desempenharam um papel crucial na confirmação e disseminação da teoria heliocêntrica proposta por Nicolau Copérnico. Através de suas observações astronômicas inovadoras, Galileu forneceu evidências empíricas que desafiaram o modelo geocêntrico predominante e corroboraram a visão heliocêntrica do Universo. As evidências apresentadas por Galileu formaram a base necessária para que a teoria copernicana convencesse a comunidade científica da época sobre a validação do seu modelo de como o mundo e Universo funcionariam. Entretanto suas teorias e afirmações desafiaram diretamente as crenças estabelecidas pelos modelos geocêntricos e os princípios, como o da imutabilidade do céu de Aristóteles.

Galileu iniciou suas observações astronômicas em 1609, utilizando um telescópio que ele mesmo construiu. No entanto, não se atribui a Galileu o crédito pela invenção do telescópio, uma vez que o primeiro telescópio foi patenteado pelo holandês Hans Lipperhey, em 1608. Sendo descrito no estudo introdutório de Henrique Leitão dentro da terceira edição do *Sidereus Nuncius*:

Em Setembro de 1608, Hans Lipperhey (fal. 1619), um vidreiro (oculista) de Middelburg, deslocou-se até Haia, a capital da República Holandesa, para submeter uma patente de um instrumento para ver ao longe. Lipperhey aproveitou a sua estadia para propagandear o seu instrumento, mostrando-o e fazendo demonstrações do seu uso a vários nobres, cortesãos e outras pessoas influentes, inclusivamente ao príncipe Maurício de Orange (Leitão, p.36, 2010)

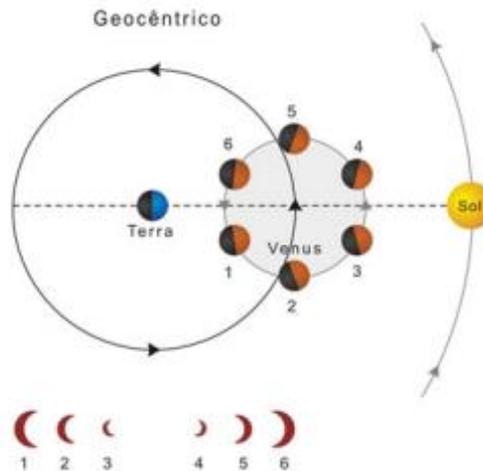
Leitão (2010) relata que Galileu tomou conhecimento dessa descoberta em 1609 e, mesmo sem ter visto o telescópio de Lipperhey, construiu o seu próprio com um aumento de 3 vezes. Posteriormente, ele desenvolveu outros instrumentos, sendo o mais avançado com um aumento de 30 vezes. Apontando o telescópio para o céu, Galileu realizou várias descobertas importantes, tais como: o grande número de estrelas na composição da Via Láctea e a presença de 4 satélites orbitando o planeta Júpiter, sendo chamadas de “satélites galileanos” e futuramente renomeados como Io, Europa, Ganimedes e Calisto.

A descoberta dos satélites de Júpiter foi notavelmente significativa, uma vez que indicou a possibilidade de existirem centros de movimento que, por conseguinte, também estavam em constante movimento. Isso implicava que o fato da Lua orbitar a Terra não necessariamente significava que a Terra estava estaticamente imóvel.

Galileu também constatou que Vênus passa por um ciclo de fases semelhante ao da Lua. No sistema geocêntrico, o planeta apresentaria, em sua maior parte, uma superfície iluminada voltada na direção oposta à Terra, e seria percebido

continuamente com uma forma crescente ou minguante côncava resultando na Figura 3 a seguir.

Figura 3 – Fases de Vênus do ponto de vista geocêntrico.



Fonte: Livro *Astronomia e Astrofísica*, Oliveira e Saraiva (2014, p. 83)

A Figura 3 ilustra a interpretação do modelo geocêntrico em relação a Vênus, destacando suas diferentes fases em várias situações numeradas de 1 a 6. Nesse contexto, o modelo geocêntrico torna impossível observar uma fase cheia de Vênus durante as observações.

Por outro lado, o sistema heliocêntrico reproduz as fases de Vênus de forma análoga as da Lua, resultando em formas equivalentes, desde a fase minguante até a cheia e Galileu retratou isso através de um de seus desenhos demonstrando quais seriam as imagens observadas em cada estágio de observação de Vênus:

Figura 4 – Fases de Vênus, no ponto de vista heliocêntrico, feitas por Galileu.



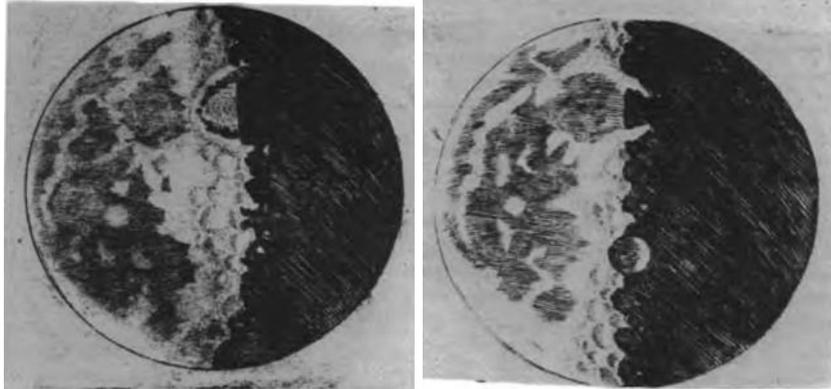
Fonte: Livro *Os pensadores XII*, Bruno, Galileu e Campanella (1973, p. 83).

Essa descoberta também se revelou crucial porque, no modelo ptolomaico, Vênus está sempre mais próximo da Terra do que o Sol. Dado que Vênus está perpetuamente próximo ao Sol, de acordo com esse modelo, nunca seria possível que toda a sua face iluminada estivesse voltada para nós. Portanto, Vênus deveria sempre aparecer como uma lua nova ou crescente.

Ao observar que Vênus frequentemente exibe fases quase completamente iluminadas, Galileu deduziu que Vênus orbita ao redor do Sol, às vezes passando entre a Terra e o Sol e, em outras ocasiões, movendo-se para trás dele. Conseqüentemente, Vênus não realiza um movimento orbital em torno da Terra, como previsto pelo modelo ptolomaico.

Galileu revelou a topografia da superfície lunar e identificou manchas na superfície do Sol. Ao observar que a Lua possui cavidades e elevações semelhantes às da Terra, e que o Sol não apresenta uma superfície lisa, mas exibe características distintas, ele demonstrou que a incorruptibilidade do domínio celeste era questionável ao apresentar irregularidades, assim como nosso planeta. Essa constatação fundamentou a ideia de que a Terra não difere dos demais corpos celestes e pode ser considerada também como um corpo celeste (Oliveira e Saraiva, 2014).

Figura 5 – Demonstrações da superfície da lua feitas por Galileu

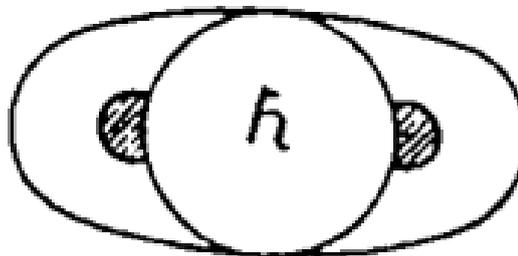


Fonte: Livro *Sidereus Nuncius* - O mensageiro das estrelas, Galileu Galilei (2010, p.162).

Alguns anos após a publicação de *Sidereus Nuncius*, Galileu lançou, em 1623, mais uma obra intitulada "*Il Saggiatore*" ou "*O Ensaíador*". Uma das coisas que se destacou nessa obra foi a demonstração do Saturno tricorpóreo, com o intuito de mostrar que os planetas possuem características próprias, as quais exigem bons equipamentos para serem observadas e verificadas.

É verdade, Sr. Sarsi, que Saturno, Júpiter, Vênus, Marte, a olho nu, não mostram entre eles nenhuma diferença de aspecto, e pouca diferença de tamanho entre eles em tempos diversos? E é verdade que com a lente do telescópio podem-se observar Saturno, como aparece nesta figura, e Júpiter e Marte sempre daquela forma, e Vênus em todas aquelas formas diversas? Assim que ele com cornos mostra seu disco quarenta vezes maior que quando redondo, e Marte sessenta vezes quando se encontra no perigeu do que quando é apogeu, mesmo que a olho nu não mostra mais que quatro ou cinco vezes sua superfície? (...) (Bruno, G; Galileu, G.; Campanella, T; 1973, p.228).

Figura 6 – Diagrama de Saturno feito por Galileu



Fonte: Livro *Il Saggiatore* - O Ensaíador, Galileu Galilei (1997, p.119).

Na Figura 6, observa-se o impressionante resultado obtido por Galileu ao observar Saturno com seu telescópio. Ele forneceu algumas das primeiras interpretações ao representar Saturno como um corpo tricorpóreo em seus desenhos,

uma imagem que, segundo Leitão (2010), permaneceu um mistério até 1656, quando Christian Huygens (1629-1695) demonstrou que se tratava de anéis.

2.2 STELLARIUM

O *Stellarium* é uma ferramenta de *software* revolucionária projetada para explorar e visualizar o vasto panorama do céu noturno. Essa aplicação de código aberto oferece uma variedade de informações reunidas em um só lugar, dando a liberdade para os entusiastas mais exigentes buscarem desde informações básicas a respeito de um astro até dados mais minuciosos como pode ser visto na Figura 7.

Para fazer a demonstração da simulação utilizamos a versão do *Stellarium* 23.3, o astro escolhido foi a Lua, que fica demarcada pelos quatro traços vermelhos que indicam qual astro está em destaque, já na parte superior esquerda temos uma pequena legenda com informações a respeito do astro selecionado como: “Tipo”, “Distância do Sol”, “Distância” e o “Tempo-Luz”.

O “Tipo” demonstra qual a classificação o astro possui, no exemplo da figura 7 temos a Lua sendo registrada como um “**satélite natural**”, se fosse o Sol teríamos a classificação de “**Estrela**” sendo exibida. A “Distância do Sol” representa a distância do astro selecionado ao Sol naquele exato momento e posição no espaço, variando de acordo com a data e o tempo selecionados no simulador. A medida base utilizada pelo simulador é Unidade Astronômica ou UA (1 UA corresponde a distância média entre a Terra e o Sol, que é de aproximadamente 150 milhões de km), mas também é possível visualizar o valor em km, pois o simulador faz a conversão e exibe ao lado entre parênteses. A “Distância” representa a distância do astro selecionado ao ponto do qual está sendo feita a simulação da observação, no exemplo temos que a Terra é o local de observação em relação a Lua, então o valor exibido é da distância entre elas, podendo variar ao longo do ano a partir da data escolhida. E o “Tempo-Luz” que se trata da distância que a luz percorre, em um determinado período de tempo, entre o ponto de observação e o astro escolhido no simulador.

Figura 7 – Exibição da Lua na simulação do *Stellarium* acompanhada de informações fornecidas pelo simulador



Fonte: *Stellarium* 23.3 utilizado pelo autor.

Além dessas informações temos na parte inferior da imagem mais algumas informações, sendo: Planeta, local, elevação (Terra, Pesqueira, 655 m), Campo de visão (CDV), FPS (“*Frames per Second*”) significa quadros por segundo, é uma unidade de medida que demonstra a frequência em que uma obra audiovisual é produzida, e por fim temos um calendário e um relógio para auxiliar com as datas e os horários, os quais foram muito importantes nas simulações.

Com o *Stellarium*, é possível observar e identificar objetos celestes em tempo real. Os usuários podem utilizar ferramentas interativas para apontar para uma estrela, planeta ou constelação e obter informações detalhadas, como nome, magnitude, distância e características específicas do objeto (Acut, D. e Latonio, R. 2021).

O *Stellarium* oferece uma simulação precisa e realista a partir do seu catálogo, novos objetos que surgam precisam ser incluídos, permitindo aos usuários explorar o Universo de qualquer local na Terra e em qualquer data. Ele fornece uma representação bidimensional dos corpos celestes, incluindo estrelas, planetas, satélites naturais, nebulosas e outros objetos astronômicos (*Stellarium User Guide*, 2023). E dentro das bases teóricas utilizadas por ele, podemos destacar o seguinte:

Stellarium usa por padrão a teoria VSOP87 amplamente difundida (P. Bretagnon e Francou, 1988) para calcular as posições dos planetas ao longo do tempo. Esta é uma efeméride analítica modelada para corresponder à execução de integração numérica DE200 da NASA JPL, que por si só fornece posições para 1850. . . 2050. Seu uso é recomendado para os anos -4000...+8000. Você pode observar o sol deixando a “eclíptica de data” e rodando na “eclíptica J2000” fora deste intervalo de datas. Isso é obviamente um truque matemático para manter a continuidade. Ainda assim, as posições podem ser um tanto úteis fora nesta faixa, mas não espere nada confiável 50.000 anos atrás! (*Stellarium User Guide*, p. 400).

O programa emprega o método VSOP87 (*Variations Séculaires des Orbites Planétaires 87*) para realizar seus cálculos precisos e confiáveis. Desenvolvido para a determinação das órbitas planetárias, o método VSOP87 utiliza uma abordagem analítica que leva em consideração as variações seculares ao longo do tempo. O VSOP87 é baseado em Séries de Fourier, nas quais os elementos orbitais dos planetas são expressos como funções matemáticas que consideram perturbações gravitacionais causadas por outros corpos celestes. Este método é particularmente eficaz para calcular posições planetárias com alta precisão ao longo de períodos extensos.

O *Stellarium* tem se mostrado uma valiosa ferramenta de Ensino, permitindo que professores e alunos explorem conceitos astronômicos de forma visual e prática. As simulações em tempo real fornecidas pelo *software* facilitam a compreensão de fenômenos celestes, como eclipses, fases da Lua e movimento dos planetas (Domingos e Texeira, 2021).

Dessa maneira, o *Stellarium* tem desempenhado um papel importante na popularização da Astronomia, oferecendo uma maneira acessível e envolvente de explorar o céu. Com sua interface intuitiva e recursos poderosos, o *software* permite que entusiastas da Astronomia, independentemente de sua formação acadêmica, se conectem ao Universo e despertem o interesse pelo estudo dos corpos celestes. Podendo até servir como uma forma de alfabetização digital para várias pessoas (Maulana e Masturi, 2023).

2.3 O *STELLARIUM* no Ensino de Física

O *Stellarium* tem se destacado como uma ferramenta pedagógica inovadora no Brasil, especialmente no campo da Astronomia. Sua utilização em ambientes educacionais tem proporcionado uma experiência de aprendizagem rica e interativa, permitindo que os alunos visualizem e compreendam fenômenos astronômicos de maneira prática e envolvente.

No cenário educacional, há trabalhos que dedicaram muitos anos ao desenvolvimento de pesquisas com o uso do programa *Stellarium*. Um exemplo é o estudo de Domingos e Teixeira (2021), que passaram seis anos aplicando o *Stellarium* de diversas maneiras, desde a divulgação científica até a educação formal, em cinco municípios de São Paulo, principalmente na região litorânea norte do estado. Em seu trabalho, os autores destacam que o *Stellarium*, ao permitir a simulação em tempo real do céu noturno, facilitou a visualização de constelações, planetas e outros corpos celestes. Isso tornou conceitos, muitas vezes abstratos para os alunos, mais tangíveis e compreensíveis.

Outra fato importante a salientar foi que a utilização do *software* de forma complementar ao ensino teórico com atividades práticas, alinhando-se aos conteúdos programáticos de Física e Astronomia presentes nos currículos do ensino médio. Isso inclui a observação de movimentos planetários, fases da Lua e eclipses.

Outro trabalho digno de destaque é o de Girardi (2017), realizado em uma escola estadual de Porto Alegre, que apresenta novas possibilidades de ensino de conceitos de Física Moderna. Girardi propôs aos alunos uma sequência didática em que, de forma coletiva, eles desenvolveriam um diagrama inicialmente proposto. Em uma das etapas, o *Stellarium* foi utilizado como ferramenta para a coleta de parâmetros astrofísicos que auxiliariam na construção do projeto. O estudo ressalta como atividades desse tipo podem incentivar o trabalho colaborativo e o desenvolvimento de habilidades científicas entre os estudantes.

Junior (2018) relatou como o *Stellarium* foi utilizado em programas de formação continuada de professores, capacitando-os a utilizar tecnologias digitais no ensino de Ciências, contribuindo assim para a atualização pedagógica e a melhoria da qualidade do ensino. Além de ser usado dentro de sala de aula o programa foi empregado em atividades de divulgação científica, como observações astronômicas públicas e *workshops*, com o objetivo de popularizar a Astronomia e introduzir a Ciência para população em geral.

3 METODOLOGIA

Para essa pesquisa foi definida como base a revisão de literatura, ou bibliográfica, pois permite uma análise detalhada e abrangente de publicações desde obras históricas até as mais recentes de um campo específico do conhecimento. Além de optar pela revisão narrativa, devida a não adotar critérios explícitos ou sistemáticos para realização da seleção ou coleta de dados.

Realizou-se uma revisão bibliográfica abrangendo bases de dados acadêmicas, bibliotecas virtuais e periódicos científicos pertinentes ao tema em questão. A pesquisa abarcou majoritariamente obras relevantes publicadas nos últimos anos, garantindo a abordagem de perspectivas contemporâneas.

Instituto Federal de Pernambuco *campus* Pesqueira. Curso de Licenciatura em Física. 02 de setembro de 2024.

Foram selecionadas e avaliadas criticamente fontes bibliográficas consideradas fundamentais para a construção do embasamento teórico da pesquisa. A análise crítica incluiu a avaliação da credibilidade das fontes, a identificação de lacunas no conhecimento existente e a interpretação de diferentes perspectivas.

A pesquisa caracteriza-se como quali-quantitativa, pois inicialmente adotou uma abordagem qualitativa para analisar peculiaridades e características de um contexto do saber humano que, a princípio, não pode ser mensurado (FONSECA, 2002). Nesse caso, foram analisados a relevância e os impactos causados pelas obras de grandes astrônomos, como Ptolomeu, Galileu e Copérnico. De forma quantitativa, a pesquisa utilizou dados numéricos para descrever e analisar as observações realizadas por esses astrônomos, além de fomentar simulações no *Stellarium* ao comparar os registros desses autores com o auxílio de uma ferramenta moderna, assim verificando suas hipóteses.

3.1 Definição dos Astrônomos para fazer as simulações

O primeiro passo foi estabelecer Ptolomeu, Copérnico e Galileu como as bases teóricas da pesquisa, devido às suas contribuições significativas para a Astronomia. Suas obras, como *“Almagesto”*, *“As Revoluções dos Orbes Celestes”* e *“Sidereus Nuncius”*, foram fundamentais para a fundamentação teórica deste estudo. No entanto, para a realização das simulações, apenas os dados extraídos da obra de Galileu foram comparados diretamente com as simulações, pois em uma das fontes de informação da pesquisa, que é o *Sidereus Nuncius*, é fornecida por um dos editores do livro, o professor doutor em Física, Henrique Leitão, uma linha cronológica das observações realizadas por Galileu que pode ser visualizada na figura a seguir.

Figura 8 – Exibição cronológica das observações de Galileu

Nov. 30.	Em Pádua, pouco depois do pôr do sol, observa e desenha a Lua de quatro dias, usando um telescópio com ampliação de cerca de vinte vezes. Continua a observar até a Lua “quase se pôr” (por volta das 8 da tarde), fazendo, neste dia e nos seguintes, mais desenhos.
Dez. 4	Escreve a Michelangelo Buonarroti, mencionando melhorias na sua luneta e “se calhar outra descoberta” (<i>Opere</i> , X, 271).
Dez. 17	Observa a Lua por volta das 5 da manhã; nota sombras provocadas pelas fronteiras montanhosas do M. Serenitatis.
Dez. 18	Continua observações; nota particularmente o pôr do sol na cratera Albaténio.
Dez. 18-1610 Jan. 6	Observa estrelas, aglomerados, a Via Láctea e Júpiter com telescópio de 8X durante este período.

Fonte: *Sidereus Nuncius*, Galileu Galilei (2010, p.138).

Dentro desse e outros trechos do *Sideriu Nuncius* é possível saber como era a rotina de observações de Galileu, mostrando os horários, data, local de observação, quais astros eram o alvo em cada dia. Além disso tudo também temos acesso aos desenhos feitos pelo próprio Galileu que serviram como material para realizar as comparações com as simulações realizadas no *Stellarium*.

3.2 Coleta de dados para realizar as simulações

Os dados prioritários para realizar as simulações no *Stellarium* foram os seguintes: data, horário, astros e local de observação. E a principal fonte dessas informações será a cronologia apresenta pelo professor doutor Henrique Leitão, no seu estudo introdutório do *Sidereus Nuncius* permitindo montar a seguinte tabela com as informações que foram utilizadas para realizar as simulações:

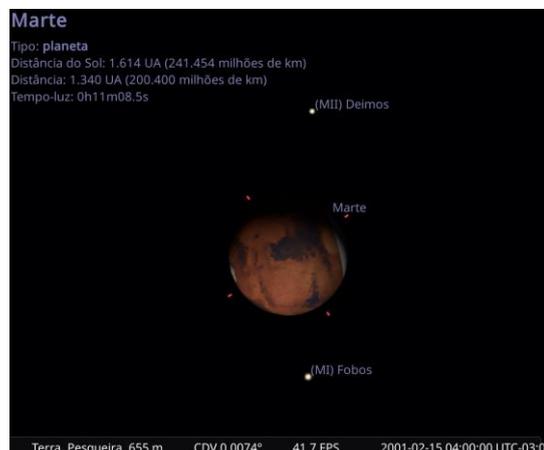
Tabela 1 – Dados Recolhidos.

Data	30/11/1609	17/12/1609 e 18/12/1609	18/12/1609 até 06/01/1610	07/01/1610 até 13/01/1610	31/01/1610
Horário	18:00 até 20:00	05:00	x	18:00	x
Astro	Lua	Lua	Estrelas, a Via Láctea e Júpiter	Júpiter e 4 pequenas estrelas	Plêiades
Local	Pádua				

Fonte: Estudo introdutório dentro do *Sidereus Nuncius*(2010).

Após a coleta de dados, utilizamos essas informações para obter imagens dentro do *Stellarium*, para exemplificar isso demonstramos uma simulação e exibição tendo como base os seguintes dados: Data 15/02/2001, horário 04:00 da manhã, local de observação Pesqueira, e o astro observado foi Marte. Seguindo essas informações é possível obter a seguinte imagem:

Figura 9 – Demonstração de uma situação simulada no *Stellarium*



Fonte: Simulação feita no *Stellarium* pelo autor.

A discussão dos resultados envolveu a análise comparativa das informações obtidas das obras bases, como os desenhos feitos por Galileu e suas interpretações a respeito deles, com as imagens simuladas nas mesmas condições descritas para refletir sobre as semelhanças e diferenças e como tirar algum aprendizado com elas.

4 RESULTADOS E ANÁLISES

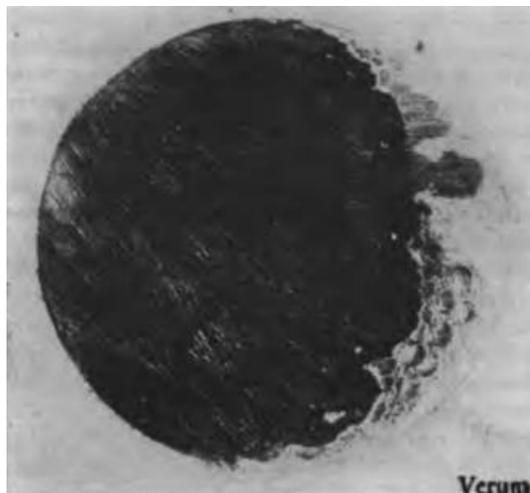
Inicialmente, Galileu concentrou suas primeiras observações na Lua. Com o telescópio em mãos, ele percebeu que poderia reproduzir as imagens que observava na forma de desenhos ou diagramas. Durante vários dias, manteve sua atenção no mesmo astro, observando como suas formas mudavam conforme os dias passavam. Galileu foi extremamente meticuloso ao desenhar cada detalhe dessas mudanças, registrando-as com precisão.

Entre 30 de Novembro e 18 de Dezembro, Galileu observou a Lua em diversas fases, fazendo cuidadosos desenhos do que via. Para além das gravuras que estão no *Sidereus Nuncius*, conhecem-se alguns outros desenhos e aquarelas da Lua também feitos por ele. Muito recentemente foi localizado um exemplar do *Sidereus Nuncius*, absolutamente idêntico aos da primeira edição, mas que, em lugar das gravuras, apresenta aquarelas que tudo leva a crer foram feitas pelo próprio Galileu. As gravuras da edição original do *Sidereus Nuncius* são de boa qualidade, mas nas edições seguintes decaíram muito de nível (Leitão, 2010, p. 61).

Observando a Figura 10, é possível perceber que, mesmo com poucos recursos visuais, Galileu conseguiu destacar pequenas alterações no lado direito do relevo da superfície lunar. Essas observações o levaram a questionar uma ideia há muito tempo defendida pelo modelo geocêntrico, que postulava a perfeição geométrica dos planetas, sugerindo que seriam esferas perfeitas, sem nenhuma imperfeição.

Daí, conseqüentemente, que qualquer pessoa compreenda, com a certeza dos sentidos, que a Lua não é de maneira nenhuma revestida de uma superfície lisa e perfeitamente polida, mas sim de uma superfície acidentada e desigual, e que, como a própria face da Terra, está coberta em todas as partes por enormes protuberâncias, depressões profundas, e sinuosidades (Galileu, p.152, 2010).

Figura 10 – Primeira gravura da superfície da lua feita por Galileu



Fonte: *Sidereus Nuncius*, Galileu (2010, p.157).

As observações de Galileu Galilei da superfície lunar, realizadas no início do século XVII, foram um marco na história da Astronomia. Utilizando o telescópio/luneta telescópica por ele construído, Galileu notou que a Lua não era uma esfera perfeitamente lisa, mas apresentava características topográficas intrigantes. As simulações no *Stellarium* permitem uma comparação detalhada entre as observações originais de Galileu e as representações modernas da Lua.

Com isso reproduzimos essa primeira situação no *Stellarium* tendo as seguintes informações a respeito observação feita por Galileu: a data tratada em sua obra a respeito dessa observação, como foi registrado na Tabela 1, foi feita em 30 de novembro de 1609, se estendendo até no máximo às 8 da tarde, localizado em Pádua na Itália, essa descrição aparece na breve cronologia elaborada por Henrique Leitão, representada na Fig. 11.

Consideramos que o pôr do sol seria por volta das 17:30 ou 18:00, com isto o período de observação se estendeu até as 20:00 e o astro observado foi a Lua, aplicando todos os dados disponíveis a respeito da primeira observação de Galileu no *Stellarium* conseguimos a imagem apresentada na Fig. 12.

Figura 11 – Trecho da Cronologia feita por Henrique Leitão

Nov. 30. Em Pádua, pouco depois do pôr do sol, observa e desenha a Lua de quatro dias, usando um telescópio com ampliação de cerca de vinte vezes. Continua a observar até a Lua “quase se pôr” (por volta das 8 da tarde), fazendo, neste dia e nos seguintes, mais desenhos.

Fonte: *Sidereus Nuncius*, Galileu (2010, p.138).

Figura 12 – Simulação da primeira Observação da lua de Galileu



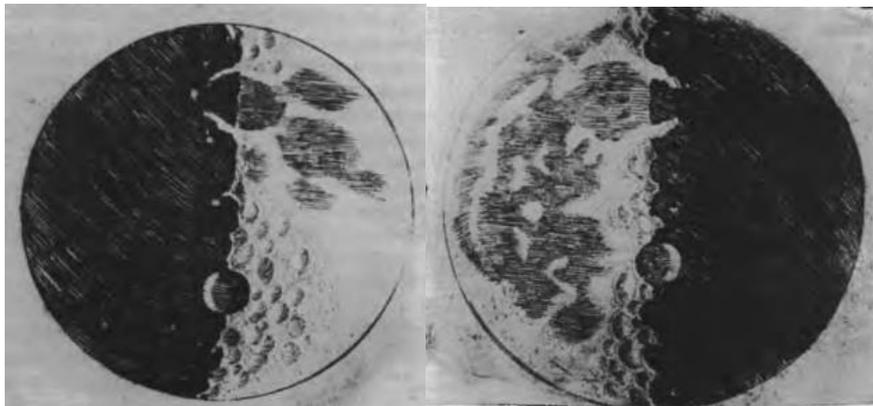
Fonte: Simulação realizada pelo autor no *Stellarium* 23.3.

Comparando as Fig. 10 e 12, podemos observar uma notável semelhança na imagem da Lua representada por Galileu e pela simulação. Ambas as imagens destacam irregularidades na superfície lunar bem como um brilho parecido, o que evidencia ainda mais a habilidade de Galileu, que, mesmo com os recursos limitados de sua época, foi capaz de observar e registrar suas descobertas para defender seus argumentos e ponto de vista.

Dando continuidade na sua fala, em *Sidereus Nuncius*, a respeito das observações da Lua, Galileu a retratou em duas partes, descrevendo uma como clara ou iluminada e a outra como escura ou manchada:

Falemos, em primeiro lugar, da face da Lua que está voltada para nós, que, para facilitar a compreensão, distinguirei em duas partes, uma mais clara e outra mais escura. A mais clara parece rodear e inundar todo o hemisfério, enquanto a mais escura cobre, como uma nuvem, essa face, enchendo-a de manchas. Estas manchas, um pouco escuras e bastante vastas, são visíveis a todos e em todas as épocas foram observadas (Galileu, 2010, p.155 e 156).

Figura 13 – Primeiro e segundo quadrante da lua, registrado por Galileu



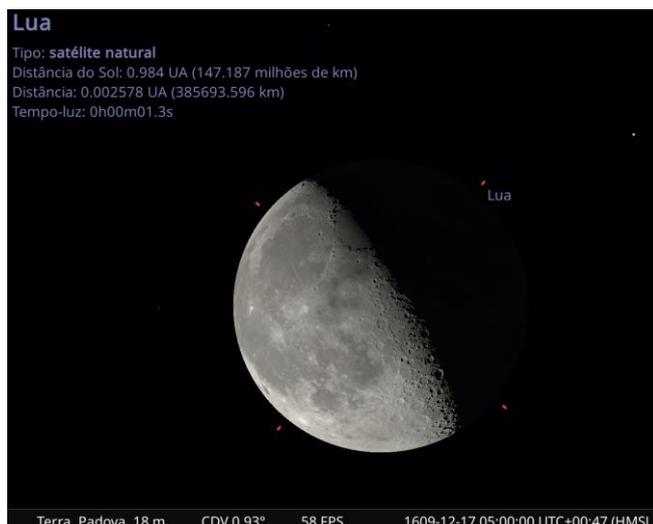
Fonte: *Sidereus Nuncius*, Galileu (1610, p.160 e 161)

Conforme apresentado na Fig. 13, Galileu concentrou-se em analisar o comportamento de cada quadrante da Lua (quarto crescente e quarto minguante), mas como mostra Leitão (2010) os seus instrumentos possuíam um campo de visão de cerca de 12 a 15 minutos de arco, o que lhe permitia observar apenas cerca de um quarto da Lua cheia.

A parte mais iluminada, além disso, eleva-se muito perto das manchas, a tal ponto que antes da primeira quadratura, como nas vizinhanças da segunda, enormes protuberâncias se elevam acentuadamente, perto de uma certa mancha ocupando a região superior, isto é, boreal, da Lua, tanto acima como abaixo dela (...) (Galileu, 2010, p.160).

Seguindo nossa linha do tempo na Tab. 1, nos dias 17 e 18 de dezembro de 1609, ainda em Pádua, por volta das 05:00 da manhã, Galileu realizou observações com o objetivo de demonstrar, de forma ainda mais enfática, que a superfície da Lua possuía desníveis significativos. Isso contrastava com a crença predominante de seu tempo, que considerava os planetas como esferas perfeitas e sem irregularidades. Galileu buscava evidenciar que a Lua não era a superfície lisa e sem obstruções que muitos acreditavam.

Figura 14 – Simulação da segunda observação de Galileu



Fonte: Simulação realizada pelo autor no *Stellarium* 23.3.

É possível visualizar os relevos e irregularidades destacados por Galileu, sendo representados pelos rascunhos em preto na parte iluminada de cada quadrante e na simulação vemos como o desnível da superfície muda a iluminação da parte visível. Para explicar esse fenômeno Galileu fez as seguintes afirmações:

Primeiro, se as proeminências e depressões no corpo lunar estivessem espalhadas apenas ao longo da periferia circular que delimita o hemisfério visto por nós, então a Lua poderia, sem dúvida, e deveria mesmo, mostrar-se-nos numa forma análoga a uma roda dentada, isto é, delimitada por uma linha eriçada e sinuosa. Se, contudo, não houvesse apenas uma única cadeia de proeminências distribuídas apenas ao longo de uma única circunferência, mas antes muitas filas de montanhas, com as suas lacunas e sinuosidades, dispostas ao longo do circuito externo da Lua - e estas não apenas no hemisfério visível mas também do outro lado (mas perto da fronteira entre os hemisférios) - então o olho, vendo de longe, não poderia de modo algum distinguir entre proeminências e depressões. (Galileu, 2010, p.165)

Galileu argumenta que, se as irregularidades na superfície Lunar estivessem apenas ao longo da borda visível da Lua, ela pareceria uma roda dentada, com uma linha irregular e sinuosa delimitando seu contorno. No entanto, ele observa que as montanhas e vales não estão apenas ao longo da borda, mas espalhados por toda a superfície lunar, incluindo áreas próximas à fronteira entre hemisférios visíveis e invisíveis. Devido a essa distribuição irregular e a presença de múltiplas cadeias de montanhas, Galileu concluiu que, ao observar a Lua de longe, o olho humano não consegue distinguir claramente entre as proeminências e depressões.

É importante ressaltar como Galileu utilizou essas observações para desafiar a visão aristotélica de um Universo perfeito e imutável. Ao demonstrar que a Lua tinha uma superfície acidentada, semelhante à da Terra, ele contribuiu para a mudança de paradigma que levou à aceitação de um cosmos dinâmico e em constante mudança.

Ao explorar a Lua no *Stellarium*, é possível visualizar as cristas, vales e crateras que Galileu identificou. A precisão dessas simulações destaca a contribuição pioneira de Galileu para nossa compreensão da superfície lunar, validando suas observações à luz das capacidades tecnológicas contemporâneas.

Dando continuidade as observações, do dia 18 de dezembro de 1609 até 6 de janeiro de 1610, Galileu se dedicou a observar uma gama maior de corpos celestes. Com isto percebendo diferenças entre os planetas, que estão mais próximos à Terra, e as estrelas ou constelações no Universo:

A diferença entre a aparência dos planetas e das estrelas fixas também parece digna de nota. Com efeito, os planetas apresentam os seus globos exactamente redondos e circulares, como pequenas luas, inteiramente cobertos de luz, ao passo que as estrelas fixas não aparecem de modo algum delimitadas por contornos circulares mas, ao invés, como luminárias cintilando em toda a volta com raios brilhantes (Galileu, 2010, p. 174)

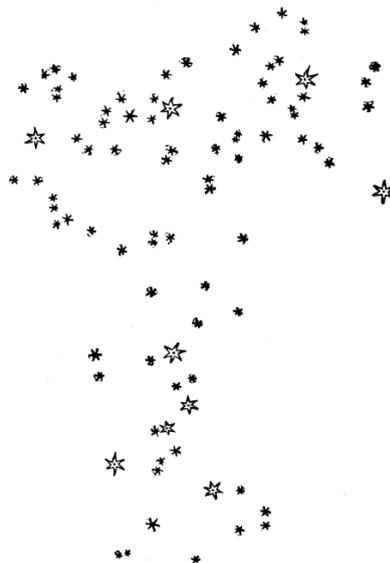
Nesse período ele destacou a presença de muitas outras estrelas, desconhecidas até aquele momento, próximas ao asterismo do cinturão e da espada da constelação de Órion, como demonstrado na Fig. 15, com isso mostrando as capacidades da sua luneta ao conseguir visualizar novos objetos astronômicos.

No primeiro tinha decidido representar toda a constelação de Oriente mas, vencido pela enorme multidão de estrelas e pela falta de tempo, diferi esse empreendimento para uma outra ocasião. Com efeito, dentro do limite de um ou dois graus existem e disseminam-se, em torno das antigas, mais de quinhentas novas estrelas. Por esta razão, às três no cinturão de Oriente e às seis na sua espada que já foram observadas de há muito adicionei oitenta, muito próximas, vistas recentemente, respeitando as suas distâncias tão rigorosamente quanto possível (Galileu, 2010, p.175).

Para realizar a simulação no *Stellarium*, foi definido os seguintes dados, o dia 31 de dezembro de 1609, pois se encaixa no intervalo de tempo em que foi feita as observações, o horário não é retratado, por isso usamos o mesmo horário da primeira observação, entre 18:00 e 20:00, e local continua sendo Pádua, resultando na Fig. 16.

Isso demonstra que as concepções de Galileu estavam corretas, pois uma grande quantidade de estrelas pode ser percebida nas proximidades das estrelas já conhecidas pelos astrônomos de sua época. No *Stellarium*, à medida que aumentamos o campo de visão (CDV) próximo a cada membro da constelação de Órion, é possível observar a presença de muitas outras estrelas, confirmando as observações feitas por Galileu.

Figura 15 – Asterismo do cinturão e espada de Órion desenhado por Galileu



Fonte: *Sidereus Nuncius*, Galileu Galilei (2010, p.176)

No simulador é possível notar que no momento em que Galileu viu pela primeira vez os satélites de Júpiter houve a coincidência com o momento em que um deles estaria sobreposto sobre o outro, devido as limitações do seu equipamento, desse jeito atrasando a descoberta do quarto satélite em alguns dias.

Dando continuidade as observações de Júpiter, no dia 13 de janeiro de 1610 Galileu viria a descobrir mais uma nova estrela, “No décimo terceiro dia, pela primeira vez, foram vistas por mim quatro pequenas estrelas, na seguinte disposição relativamente a Júpiter:” (Galileu, 2010, p.182). Adiante teremos a Fig. 19 demonstrando o trabalho de Galileu e na Fig. 20 a simulação.

Figura 19 – Diagrama de Júpiter pela primeira vez com a presença das quatro “estrelas”



Fonte: *Sidereus Nuncius*, Galileu Galilei (2010, p.182).

Figura 20 – Simulação dos quatro satélites galileanos orbitando Júpiter



Fonte: Simulação realizada pelo autor no *Stellarium* 23.3.

Mais uma vez, a simulação replica de forma semelhante os desenhos de Galileu, mostrando o alinhamento dos satélites, com apenas um deles apresentando um leve desvio em relação aos outros.

A identificação dos quatro maiores satélites de Júpiter, conhecidos como luas galileanas: Io, Europa, Ganímedes e Calisto, foi uma descoberta notável de Galileu. O *Stellarium*, ao simular o sistema joviano, oferece uma oportunidade única de comparar as observações originais de Galileu com as representações modernas, permitindo uma apreciação mais profunda da precisão e importância de suas descobertas.

As simulações no *Stellarium* permitem não apenas visualizar a dinâmica orbital dessas luas ao redor de Júpiter, mas também reproduzir as fases e posições relativas que Galileu testemunhou. Essa comparação realça a precisão e a relevância

duradoura das observações de Galileu, ao mesmo tempo que destaca a contribuição do *Stellarium* para a visualização e compreensão desses fenômenos celestes.

Por fim, a linha do tempo destacada na Tabela 1 aborda a observação de Galileu do aglomerado de estrelas conhecido como Plêiades. Essa observação serviu como mais uma demonstração da capacidade de sua luneta, permitindo que ele registrasse a presença de novas estrelas próximas ao aglomerado, evidenciando a precisão e o alcance de sua ferramenta de observação, podemos ver isso na Fig. 21.

No segundo exemplo, desenhei as seis estrelas do Touro chamadas PLEIADES (digo seis porque a sétima quase nunca aparece) contidas nos céus entre limites muito estreitos. Perto destas encontram-se mais de quarenta outras estrelas invisíveis, nenhuma das quais afastada das seis antes mencionadas mais do que meio grau. Assinalei apenas trinta e seis destas, respeitando as suas distâncias mútuas, os tamanhos, e a distinção entre antigas e novas, tal como no caso de Oriente (Galileu, 2010, p.175).

Figura 21 – Desenho do aglomerado das Plêiades feito por Galileu



Fonte: *Sidereus Nuncius*, Galileu Galilei (2010, p.177).

Nesta simulação, os dados utilizados correspondem ao dia 31 de janeiro de 1610. O texto não define um horário específico para a observação, mas, devido à proximidade dos corpos celestes e ao intervalo de tempo observado, é provável que Galileu tenha adotado o mesmo horário para suas observações anteriores. Assim, foi utilizado o intervalo de 18:00 às 20:00 para realizar a simulação, resultando na Fig. 22.

Figura 22 – Simulação das Plêiades no *Stellarium*.



Fonte: Simulação realizada pelo autor no *Stellarium* 23.3.

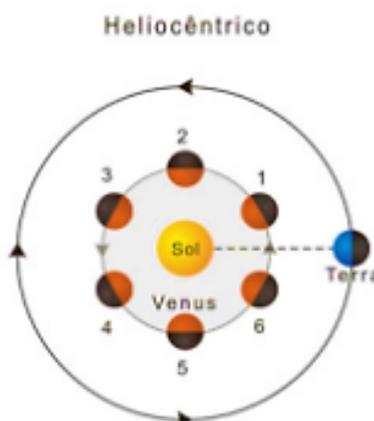
Seguindo adiante vamos tratar um pouco a respeito das considerações de Galileu sobre as fases de Vênus, dentro do *Sidereus Nuncius*. É pouquíssimo falado sobre esse tópico por seu autor, porém Henrique Leitão, no seu estudo introdutório, trás algumas falas a respeito da ótica de Galileu sobre o tema, como por exemplo:

Observando Vênus com o telescópio, entre Outubro e Dezembro de 1610, Galileu deu-se conta de que o planeta exibia um ciclo de fases muito semelhante ao da Lua, passando de Vênus crescente a Vênus cheio. A descoberta era de interesse excepcional pois permitia decidir entre os vários sistemas cosmológicos conhecidos na altura (Leitão, 2010, p.95).

Quando Galileu decidiu contribuir com suas observações utilizando sua luneta, ele se viu diante de duas ideias concorrentes para a descrição do cosmos: o sistema ptolemaico e o heliocentrismo copernicano, ambos já discutidos anteriormente neste trabalho.

O sistema ptolemaico, sendo geocêntrico, colocava a Terra no centro do Universo. Nesse modelo, outros planetas, como Vênus, orbitariam ao redor da Terra. Nesse contexto, Vênus estaria sempre entre a Terra e o Sol, o que faria com que a maior parte do tempo a face de Vênus voltada para a Terra estivesse em escuridão total ou parcial, como discutido no início deste trabalho. Já no sistema heliocêntrico, representado com a Fig. 20, o Sol ocupava a posição central, de acordo com as idealizações de Copérnico. Nesse modelo, Vênus orbitava o Sol, permitindo que, conforme Galileu observasse, ele pudesse identificar várias fases de Vênus, de maneira similar às fases da Lua vistas da Terra. Essa observação era crucial, pois Copérnico argumentava que a variedade de fases visíveis de Vênus seria uma evidência a favor do heliocentrismo, algo que o modelo ptolemaico não poderia explicar completamente.

Figura 20 – Representação das fases de Vênus no modelo heliocêntrico



Fonte: Livro *Astronomia e Astrofísica*, Oliveira e Saraiva, (2014, p. 83).

Com isso em mãos, Galileu colocou em prática seu recurso mais poderoso a seu favor em relação aos seus antecessores, seu telescópio, mais uma vez Henrique Leitão descreve o procedimento adotado por Galileu:

Quando Galileu observou Vênus com um telescópio, constatou que o planeta exibia ao longo dos dias um ciclo de fases completo, passando de Vênus crescente a Vênus cheio. Ficava assim demonstrado que Vênus circulava em torno do Sol: um resultado excepcionalmente importante, que lançava um golpe definitivo no sistema ptolomaico (Leitão, 2010, p.97).

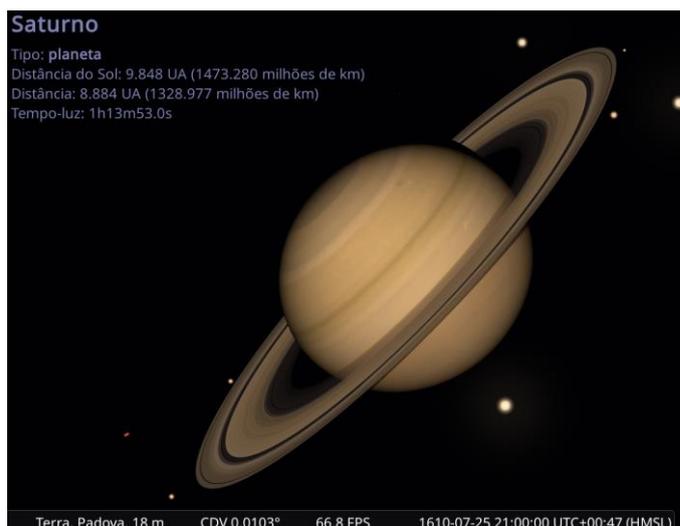
E para finalizar, nossa última simulação será a respeito das observações de Saturno feitas por Galileu, o primeiro registro dessas observações é descrito por Henrique Leitão como:

A 25 de Julho de 1610, Galileu fez a descoberta de mais uma “stravagantissima meraviglia”. Observando o planeta Saturno com o telescópio, constatou que parecia um astro grande ladeado por duas pequenas estrelas, uma de cada lado, muito próximas ou mesmo pegadas a ele, e que não se moviam (Leitão, 2010, p.92).

Devido às limitações instrumentais e ao fato de que a compreensão sobre o que seriam essas “estrelas” ao redor de Saturno ainda estava nos primeiros estágios, Galileu abriu caminho para que outros astrônomos aprofundassem suas observações e respondessem à questão sobre a verdadeira natureza desses objetos. Suas descobertas iniciais impulsionaram futuras investigações que, eventualmente, levariam à identificação dos anéis de Saturno, algo que Galileu não pôde discernir claramente com os recursos de sua época.

Para simulação no *Stellarium* da primeira observação de Saturno feita por Galileu, usamos os seguintes dados, data 25 de julho de 1610, às 21:00 e o local de observação continua sendo a cidade de Pádua, o que gerou a imagem a seguir:

Figura 21 – Simulação de Saturno no *Stellarium*



Fonte: Simulação realizada pelo autor no *Stellarium* 23.3.

Tentamos reproduzir uma imagem que remeta ao que Galileu possa ter visto em sua época, com o intuito de remeter a seguinte fala: “(...) avisando que, se Saturno fosse observado com telescópios de fraca qualidade, a sua real configuração não se observaria, parecendo apenas um astro oblongo (...)” (Galileu, Galilei. et al, p.93 e 94, 2010).

Lembrando que, mesmo no simulador, foi necessário reduzir significativamente o campo de visão, chegando a 0,0103, para obter uma imagem de qualidade e nitidez. Isso corrobora as dificuldades enfrentadas por Galileu em sua época para visualizar objetos celestes com clareza, dadas as limitações de seus equipamentos. Compreender algo de tamanha magnitude, com tão poucos recursos realmente eficientes para observar um astro como Saturno, destaca ainda mais a genialidade e a persistência de suas observações.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A análise das observações de Galileu, especialmente aquelas focadas na superfície lunar e nos satélites de Júpiter, utilizando as simulações do *Stellarium*, proporcionou uma experiência envolvente e esclarecedora. Este exercício permitiu uma comparação detalhada entre as observações realizadas no início do século XVII e as representações modernas fornecidas pelo *Stellarium*. Através dessa comparação, diversas considerações importantes foram discutidas ao longo do texto, destacando tanto a precisão das observações de Galileu quanto o valor das ferramentas modernas na compreensão e validação de descobertas históricas.

Em relação à superfície lunar, as simulações do *Stellarium* realçam ainda mais as descobertas de Galileu sobre a topografia lunar. As montanhas, vales e crateras que Galileu registrou em suas observações se mostraram bastante análogas às simulações oferecidas por um programa que está tecnologicamente muito à frente de seu tempo, destacando a precisão e a relevância duradoura de suas contribuições para a Astronomia.

Quanto aos satélites de Júpiter, as simulações no *Stellarium* proporcionaram uma perspectiva contemporânea sobre as órbitas e fases das luas galileanas. A capacidade de visualizar a dinâmica orbital desses corpos celestes reforça a genialidade de Galileu ao identificar e caracterizar esses satélites numa época em que a compreensão dos corpos celestes ainda estava em plena evolução.

Essas análises também sublinham o papel fundamental do *Stellarium* como uma poderosa ferramenta educacional. Ao proporcionar simulações precisas e envolventes, ele não apenas valida as observações históricas, mas também facilita a compreensão dos movimentos celestes para um público amplo, tornando acessível o estudo da astronomia e incentivando novas gerações a explorar o cosmos.

Consideramos que a incorporação de elementos da história da Astronomia nas aulas de Física, destacando a importância das observações astronômicas para o desenvolvimento da Ciência, pode ajudar os alunos a entender como a Física é aplicada no estudo do cosmos e a apreciar a evolução do pensamento científico ao longo do tempo. Outra possibilidade é o desenvolvimento de atividades práticas e projetos de pesquisa que incentivem os alunos a explorar observações astronômicas históricas, realizar simulações no *Stellarium* e comparar os resultados. Isso pode promover habilidades de pensamento crítico, análise de dados e comunicação científica.

Essa abordagem interativa e visualmente dinâmica pode aumentar o engajamento e a motivação dos alunos. A possibilidade de simular e observar fenômenos astronômicos em diferentes contextos e épocas do ano facilita a compreensão dos conceitos apresentados. Além disso, o *Stellarium* é um *software* gratuito e de fácil acesso, permitindo que escolas com recursos limitados também possam utilizá-lo.

A integração das observações históricas de Galileu com as capacidades modernas do *Stellarium* ressalta a atemporalidade e a relevância das contribuições do “pai da Astronomia Moderna”. Essa abordagem, que une passado e presente, não apenas homenageia o legado de Galileu, mas também inspira uma apreciação mais

Instituto Federal de Pernambuco *campus* Pesqueira. Curso de Licenciatura em Física. 02 de setembro de 2024.

profunda do Universo e de sua complexidade intrínseca. Assim, este estudo reitera a importância da investigação histórica e do uso de tecnologias contemporâneas para aprimorar nosso entendimento contínuo do cosmos.

REFERÊNCIAS

ACUT, D.; LATONIO, R. Utilization of Stellarium-based activity: its effectiveness to the academic performance of Grade 11 STEM strand students. **Journal of Physics: Conference Series**, 2021. DOI: 10.1088/1742-6596/1835/1/012082.

BRUNO, G.; GALILEU, G.; CAMPANELLA, T. **Os pensadores XII**. Edição de Victor Civita. Brasil: Editora Abril Cultural, 1973.

DOMINGOS, R.B.; TEIXEIRA, R.R.P. Uso do software Stellarium em atividades de ensino de Astronomia. **Revista Brasileira de Física Tecnológica Aplicada**, Ponta Grossa, v. 8, n. 1, p. 30-50, maio 2021. Disponível em: <<https://periodicos.utfpr.edu.br/rbftat>>. Acesso em: 09 jan. 2024.

FONSECA, João José Saraiva. **Metodologia da pesquisa científica**. Fortaleza: UEC, 2002. Apostila.

Galileo. Encyclopedia.com. Disponível em: <<https://www.encyclopedia.com/science/dictionaries-thesauruses-pictures-and-press-releases/galilei-galileo>>. Acesso em: 25 maio 2023.

GALILEI, Galileu. **Il Saggiatore**. Edição de Catia Righi e Revisão de Claudio Paganelli. Itália: Editora E-text, 1997. E-book. Disponível em: <http://www.dominiopublico.gov.br/pesquisa/DetalheObraForm.do?select_action=&o_obra=40895>. Acesso em: 09 jan. 2024.

GALILEI, Galileu. **Sidereus Nuncius**. Tradução, Estudo e Notas de Henrique Leitão. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, 2010.

GIRARDI, Mauricio. Construção do Diagrama Hertzsprung-Russell através do Stellarium: Uma proposta para explorar conceitos de Física moderna e contemporânea no ensino médio. **UFRGS**. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/10183/175181>>. Acesso em: 09 jan. 2024.

JAIN, Pankaj. **An introduction to astronomy and astrophysics**. Hoboken: CRC Press, 2015.

JULIO, Michael. Technological Revolution in Astronomy. 2015. **CUNY Academic Works**. Disponível em: <https://academicworks.cuny.edu/gc_etds/579>. Acesso em: 09 jan. 2024.

JUNIOR, E. et al. Divulgação e ensino da Astronomia e Física por meio de abordagens informais. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 40, 2018. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/1806-9126-RBEF-2018-0051>>. Acesso em: 09 jan. 2024.

LEITÃO, Henrique. Estudo Introdutório. O mensageiro das estrelas. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, 2010.

MAULANA, M.; MASTURI, M. Stellarium Assisted Celestial Coordinate Learning to Encourage Students' Concept Comprehension and Digital Literacy. **Jurnal Penelitian**

Pembelajaran Fisika, v. 14, n. 1, p. 1-8, 2023. DOI: <<https://doi.org/10.26877/jp2f.v14i1.14926>>.

OLIVEIRA, K.S.; SARAIVA, M. F. O. **Astronomia e Astrofísica**. Departamento de Astronomia - Instituto de Física, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2014.

SAGAN, Carl. **Cosmos**. Tradução de Ruth Guimarães. São Paulo: Companhia das Letras, 1985.

SAGAN, Carl. **Cosmos**. Prefácio de Mel deGrasse Tyson e introdução de Ann Druyan. São Paulo: Companhia das Letras, 2017.

ZOTTI, G.; HOFFMANN, S. M.; WOLF, A.; CHÉREAU, F.; CHÉREAU, G. The Simulated Sky: Stellarium for Cultural Astronomy Research. **Journal of Skyscape Archaeology**, [S. l.], v. 6, n. 2, p. 221–258, 2021. DOI: 10.1558/jsa.17822. Disponível em: <<https://journal.equinoxpub.com/JSA/article/view/17822>>. Acesso em: 20 jun. 2023.