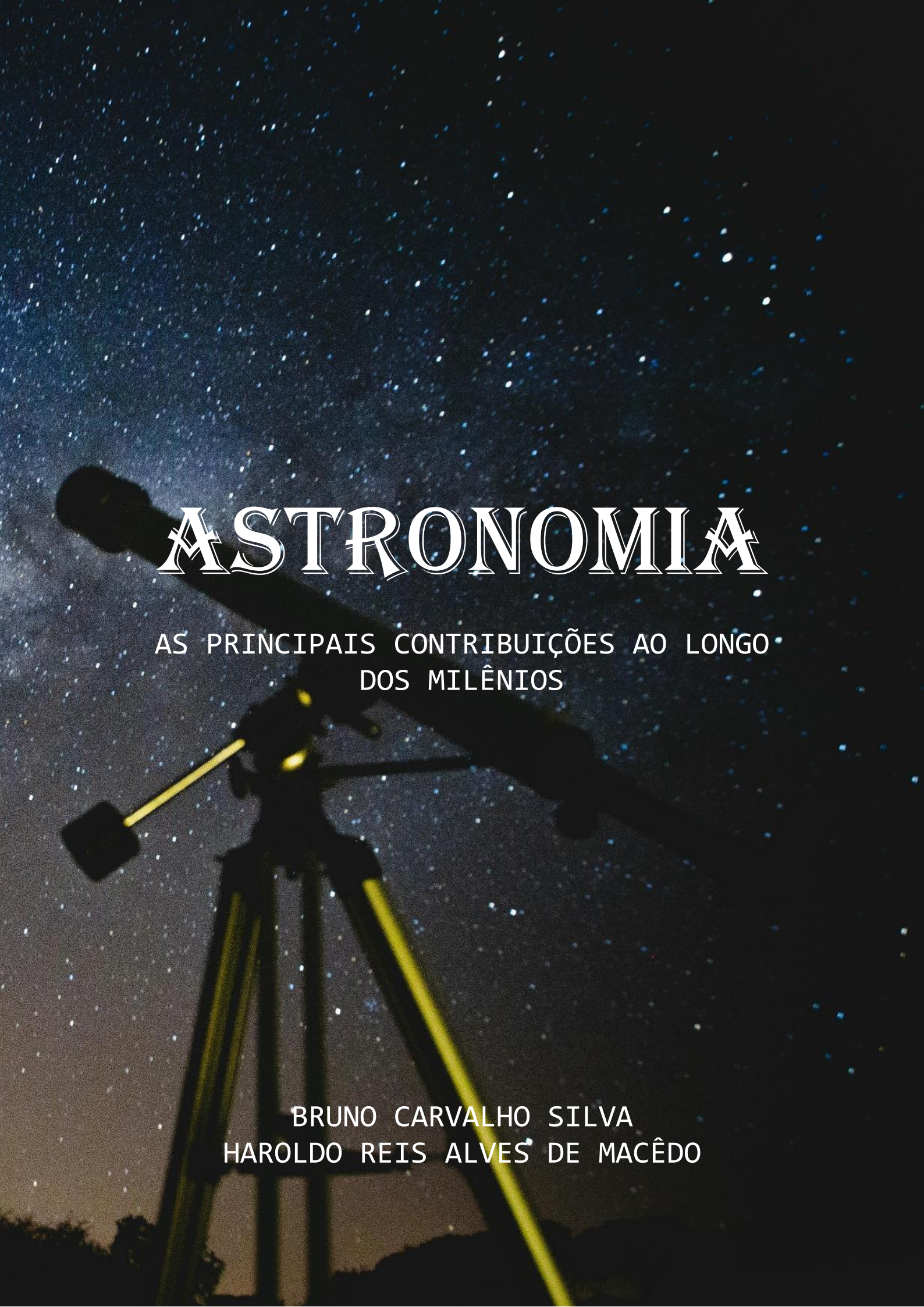


A black and white photograph of a telescope mounted on a tripod, pointing towards a starry night sky. The telescope is in the foreground, and the background is filled with numerous stars. The title 'ASTRONOMIA' is overlaid in a large, white, serif font.

ASTRONOMIA

AS PRINCIPAIS CONTRIBUIÇÕES AO LONGO
DOS MILÊNIOS

BRUNO CARVALHO SILVA
HAROLDO REIS ALVES DE MACÊDO

ASTRONOMIA

AS PRINCIPAIS CONTRIBUIÇÕES AO LONGO
DOS MILÊNIOS

BRUNO CARVALHO SILVA
HAROLDO REIS ALVES DE MACÊDO

ASTRONOMIA

AS PRINCIPAIS CONTRIBUIÇÕES AO LONGO
DOS MILÊNIOS

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
(Câmara Brasileira do Livro, SP, Brasil)

Silva, Bruno Carvalho

Astronomia [livro eletrônico] : as principais contribuições ao longo dos milênios / Bruno Carvalho Silva, Haroldo Reis Alves de Macêdo. -- 1. ed. -- Picos, PI : Ed. dos Autores, 2025.

PDF

Bibliografia.

ISBN 978-65-01-78437-3

1. Astronomia 2. Astronomia - Estudo e ensino
3. Astronomia - História 4. Astronomia -
Observações - Manuais, guias, etc. I. Macêdo,
Haroldo Reis Alves de. II. Título.

25-314217.0

CDD-523.07

Índices para catálogo sistemático:

1. Astronomia : Estudo e ensino 523.07

Aline Grazielle Benitez - Bibliotecária - CRB-1/3129

Dedico este trabalho a Deus, fonte de toda força e sabedoria em minha caminhada. Aos meus pais, por todo amor, apoio e por todos os ensinamentos que moldaram quem sou. À minha esposa, presença constante e incansável nos momentos em que mais precisei. À minha família, professores e amigos, que sempre acreditaram em mim. E, por fim, a mim mesmo, pela coragem de seguir em frente, mesmo nos dias mais difíceis.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a todos os professores que abrilhantaram todo esse percurso com tamanha dedicação e compromisso, aos meus companheiros de mestrado e amigos, meu mais sincero agradecimento por cada noite virada, cada desespero antes das provas, cada risada nas horas mais tensas. Lutamos juntos e chegamos ao fim desta etapa como verdadeiros vencedores.

Agradeço também ao professor Haroldo Reis Alves de Macêdo que foi muito mais do que um orientador, foi um verdadeiro companheiro de jornada, parceiro em diversas publicações e presença constante nos momentos mais desafiadores da escrita. Com sua firmeza quando realmente era necessária, com uma simples palavra de acorda pra vida e apoio, soube me guiar com sabedoria ao longo deste percurso, obrigado mais uma vez “tio” Haroldo. O presente trabalho foi realizado com o apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – código de financiamento 001.

Agradeço a Deus, por ser minha força nos momentos de dúvida e meu alicerce em todas as conquistas desta caminhada. Sem ele, certamente não teria encontrado os motivos para continuar lutando pelos meus sonhos.

Aos meus pais, José dos Santos Silva e Marinez Acelina de Carvalho, minha eterna gratidão. Sei que muitas vezes os caminhos foram difíceis e mesmo com palavras duras e preocupações expressas em forma de repreensão, hoje compreendo que tudo foi por amor e proteção. Obrigado por nunca desistirem de mim, o amor que sinto por vocês é imensurável.

Às minhas irmãs, Carolina de Carvalho Silva e Isabela Carvalho Silva, que foram minha base nos dias em que pensei em desistir. Ter vocês comigo foi essencial para suportar cada desafio. Vocês são parte de tudo o que conquistei.

À minha esposa, Maria Eduarda Carvalho Araújo, minha parceira incansável, meu alicerce, que esteve ao meu lado nos dias bons e ruins, sempre me incentivando a estudar, a persistir e a acreditar. Suas palavras firmes e seu amor constante me fizeram ver que os sonhos se realizam com luta, dedicação e fé. Sem você, nada disso faria tanto sentido.

Agradeço também aos meus tios, às minhas avós e aos meus avôs que partiram, especialmente ao meu avô Léo, que sempre acreditou que eu chegaria tão longe. Hoje, sua ausência é sentida fortemente, mas sua presença mora em mim como forma de inspiração e imensa saudade. Enfim, agradeço a cada um que deixou um traço no meu percurso e sou grato por cada ensinamento durante toda essa jornada.

“É inimaginável pensar que na imensidão do cosmos só exista alguma forma de vida em nosso habitat, no entanto, o universo é tão misterioso e colossal que obstaculiza, até então, qualquer expectativa do ser humano detectar tal feito”.

Bruno Carvalho Silva

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Pinturas rupestres que mostram o Sol e provavelmente o sistema solar.....	17
Figura 2 – Santuário de Stonehenge.	18
Figura 3 – Tumba de Newgrange.	20
Figura 4 – Imagens de satélite Pirâmides de Gizé.	21
Figura 5 – Imagem meramente ilustrativa do alinhamento do cinturão de Órion com as pirâmides de Gizé.....	22
Figura 6 – Observatório de Caracol.....	23
Figura 7 – Escrita cuneiforme em tábuas de argila.....	27
Figura 8 – Nebulosa do Caranguejo pelo telescópio James Webb.	34
Figura 9 – Manchas solares.....	35
Figura 10 – Calendário Chinês Feng Shui.	35
Figura 11 - Eclipse solar sobre Pequim, na China, em 2019.	36
Figura 12 - Cometa Halley.	38
Figura 13 – Estrela Sírio.	43
Figura 14 – Deuses consagrados para cada hora do relógio.	44
Figura 15 – Clepsidra: instrumento utilizado para contagem do tempo no Egito.....	46
Figura 16 – a) Gnômon b) Obeliscos.	47
Figura 17 – Solstício no Templo de Karnak.	48
Figura 18 – Zodíaco de Dendera.	49
Figura 19 – Tales de Mileto (640–546 a.C.).....	53
Figura 20 – Aristóteles de Estagira (384–322 a.C.).	54
Figura 21 - Aristarco de Samos (310–230 a.C.).	55
Figura 22 - Eratóstenes de Cirere (276-194 a.C.).....	56
Figura 23 – Método de Eratóstenes para o cálculo da circunferência da Terra.	57
Figura 24 - Hiparco de Niceia.	58
Figura 25 - Cláudio Ptolomeu (100–168 d.C.).	60
Figura 26 - Principais astrônomos da idade média.....	62

Figura 27 – Nicolau Copérnico (1473–1543).	63
Figura 28 – Movimento Retrógrado de Marte.	64
Figura 29 – Tycho Brahe (1546–1601).	65
Figura 30 - Johannes Kepler (1571–1630).	66
Figura 31 – Órbita do planeta Terra.	67
Figura 32 – Lei dos períodos de Kepler.	68
Figura 33 - Galileu Galilei (1564–1642).	71
Figura 34 - Giordano Bruno (1548–1600).	72
Figura 35 - Telescópio Espacial Hubble.	77
Figura 36 – Aglomerado de galáxias capturada pelo telescópio Hubble.	77
Figura 37 – Representação gráfica da origem do Sistema Solar.	79
Figura 38 – Telescópio James Webb.	80
Figura 39 – Óculos de Realidade Virtual (VR).	85
Figura 40 – Lentes convergentes presentes nos óculos VR.	86
Figura 41 – Duas imagens vistas do aplicativo Solar System Scope VR.	87
Figura 42 – Sistema solar com a devida ordenação dos planetas.	88
Figura 43 – Planetas Rochosos.	88
Figura 44 – Planetas Gasosos.	89
Figura 45 – Aspectos individuais do planeta Saturno.	90
Figura 46 – Aspectos individuais do Sol.	90
Figura 47 – Constelações a partir do estudo por simulações.	92

LISTA DE ABREVIações E SIGLAS

AR – Realidade Aumentada

GEDAI - Grupo de Estudo e Divulgação de Astronomia

IMMA - Instituto Multidisciplinar do Meio Ambiente e

Arqueoastronomia

MNPEF - Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física

NASA - National Aeronautics and Space Administration

SBF - Sociedade Brasileira de Ensino de Física

UAI - União Astronômica Internacional

UFPA - Universidade Federal do Pará

VR – Realidade Virtual

SUMÁRIO

PREFÁCIO	13
1 A ORIGEM DA ASTRONOMIA	16
1.1 A ASTRONOMIA NA ERA PRÉ-HISTÓRICA	16
2 A ASTRONOMIA NA MESOPOTÂMIA.....	26
3 A ASTRONOMIA CHINESA.....	32
3.1 INTRODUÇÃO À ASTRONOMIA NA CHINA.....	32
3.2 AS PRINCIPAIS CONTRIBUIÇÕES DA ASTRONOMIA NA CHINA.....	33
4 A ASTRONOMIA ENTRE OS EGÍPCIOS	42
4.1 INTRODUÇÃO A ASTRONOMIA NO EGITO	42
4.2 PRINCIPAIS CONTRIBUIÇÕES DA ASTRONOMIA EGÍPCIA.....	42
5 OS ASTRÔNOMOS DA GRÉCIA ANTIGA.....	52
6 A ASTRONOMIA NA IDADE MODERNA	62
7 UMA INTRODUÇÃO A NOVA ASTRONOMIA	76
8 A REALIDADE VIRTUAL COMO FERRAMENTA DIDÁTICA PARA O ESTUDO DO SISTEMA SOLAR	84
REFERÊNCIAS.....	94

PREFÁCIO

A presente obra, foi desenvolvida com a finalidade de proporcionar um aprendizado mais viável, acessível e aprofundado acerca dos principais tópicos relacionados à astronomia. Seu conteúdo foi pensado especialmente para atender às necessidades de professores da educação básica que buscam diariamente diversas estratégias eficazes para abordar essa área que é tão rica e fascinante principalmente quando abordada em sala de aula.

A astronomia, evidentemente, está presente em diversos momentos da trajetória do ser humano, principalmente em sua carreira escolar e acadêmica, despertando diversos questionamentos acerca do universo desde a infância até a vida adulta. A astronomia é uma área que abraça com a curiosidade natural do céu, dos astros e principalmente dos fenômenos celestes, sendo vivenciada de forma mais expressiva durante o processo de escolarização e nas experiências acadêmicas.

Ao longo da vida escolar, o contato com os conteúdos astronômicos pode marcar profundamente a formação do estudante, oferecendo não apenas alguns conhecimentos científicos, mas também promovendo reflexões sobre nosso lugar no Universo. Por isso, este material busca não só transmitir meras informações, mas também incentivar práticas pedagógicas inovadoras por meio de diversas tecnologias que visam proporcionar uma evolução do ensino-aprendizagem, essas práticas tem como objetivo aproximar o aluno do cosmos de maneira encantadora e bastante crítica.

Este livro aborda conhecimentos da área da astronomia desde sua origem a astronomia atual, mostrando seus aspectos, curiosidades e desafios presentes ao longo de seu processo de evolução. Esta obra foi desenvolvida e construída dentro do programa de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física

– MNPEF, que é um programa de mestrado da Sociedade Brasileira de Ensino de Física – SBF. Essa proposta visa a criação deste produto educacional em formato de livro, que busca garantir formas bem completas de materiais que podem ser utilizados para facilitar o trabalho docente em sala de aula. Neste trabalho, por exemplo, destaca os principais conceitos da astronomia ao longo dos milênios, assuntos esses que são bastantes evidentes na Educação Básica como também em cursos de graduação da área de ciências da natureza.

Logo, nesta obra, você estudante não apenas construirá um aprendizado rico e significativo acerca dos assuntos relacionados a astronomia, mas também terá a oportunidade de se familiarizar com os conceitos, fenômenos e mistérios que envolvem essa ciência bastante antiga. A astronomia é mais do que uma área do conhecimento é uma fonte inesgotável de fascinação e inspiração, que atravessa por diversas gerações, culturas e fronteiras. Ao longo da leitura das páginas, você será conduzido por uma jornada que vai além do conteúdo didático, despertando o encantamento por um universo que está intimamente ligado a toda a nossa existência. Esta obra convida você a olhar para o céu com uma curiosidade renovada e perceber a astronomia como parte do seu cotidiano e compreender o seu valor no mundo tanto na formação acadêmica quanto na construção de uma visão mais ampla do universo.

Você estudante deseja saber mais sobre o projeto? Acesse diretamente o site <https://sites.google.com/view/astronomiabruno> ou ainda de forma mais rápida e prática o QR-Code ao lado e conheça mais sobre os autores, sobre a motivação e desenvolvimento da pesquisa.



Bruno Carvalho Silva
Haroldo Reis Alves de Macêdo

Capítulo 1

A Origem da Astronomia

1 A ORIGEM DA ASTRONOMIA

Astronomia é uma ciência que estuda os astros, os corpos celestes e os fenômenos que se originam e se desenvolvem além da atmosfera terrestre. É uma das ciências mais antigas existentes na sociedade humana, tendo se originado há milhares de anos atrás, desde a era pré-histórica.

1.1 A ASTRONOMIA NA ERA PRÉ-HISTÓRICA

Você sabia que há milhares de anos os seres humanos já observavam o céu para entender as estações do ano e prever acontecimentos importantes? O que você imagina que eles teriam descoberto antes da invenção de telescópios?

Atualmente, são existentes várias evidências arqueológicas que comprovam que a astronomia se originou desde a época da pré-história, cerca de 100 mil até 8 mil anos a.C. Essa época, em um passado bastante remoto, os seres humanos viviam em pequenos grupos nômades, onde a importância e a preocupação para a sobrevivência individual e dos pequenos grupos era de suma importância para o desenvolvimento da espécie. Procurar alimentos, fugir de animais perigosos e abrigar das mudanças das estações do ano ao longo do dia e da noite eram situações que faziam parte do dia a dia dos seres humanos que viviam naquela época com isso, a percepção do que era dia e noite por meio da observação do Sol, foram umas das primeiras observações realizadas até o presente momento, em consecutivo, a Lua foi o segundo astro a ser observado, pois ela ilumina a escuridão da noite, principalmente quando se encontra em sua fase cheia, ou seja, subdividindo o dia da noite. As estrelas possivelmente foram observadas logo em seguida e posteriormente os astros errantes, palavra de origem grega para designar os planetas (Milone *et al.*, 2018).

Os povos antigos deixaram diversas evidências arqueológicas, por meio de registros rupestres desenhados sobre superfícies rochosas. Esses registros faziam parte da cultura do povo existente naquela época, pois era uma forma de mostrar para as próximas gerações as práticas e as atividades desenvolvidas pelos habitantes daquela época. Para a astronomia também não foi diferente, atualmente são existentes vários vestígios em pinturas rupestres que destacam as observações dos astros celestes, pinturas que mostram as estrelas formando constelações, o Sol, a Lua, cometas, dentre outros (Jalles; Silveira; Nader, 2013).

Na figura 1, mostra com mais detalhes essas pinturas rupestres deixadas pelos povos antigos para a astronomia:

Figura 1 – Pinturas rupestres que mostram o Sol e provavelmente o sistema solar.



Fonte: Villa (2022).

Para mais imagens e figuras de pinturas rupestres associadas a astronomia na era pré-histórica, escaneie o QR Code ao lado e acesse diretamente o artigo: As Observações Astronômicas na Pré-História em Minas Gerais publicado pelo Instituto Multidisciplinar do Meio Ambiente e Arqueoastronomia – IMMA.



Nesta época, a orientação de dias, meses e anos ainda não existia, e a astronomia foi de suma importância para o

desenvolvimento dos calendários e medir a passagem do tempo, pois era necessário para diversas atividades práticas das primeiras organizações humanas, como saber a época do plantio, prever as estações de cheias dos rios, conhecer as datas das celebrações religiosas e se situar no espaço geográfico como um todo. A posição das estrelas foi um dos principais motivos para localização geográfica da época, com isso as navegações e os deslocamentos terrestres realizados pelos habitantes daquele período, foram desenvolvidos e evoluídos com o passar do tempo (Milone *et al.*, 2018).

Se situar no tempo era um dos principais objetivos para o povo antigo daquela época. Enquanto não se tinha o calendário, foram estudados e desenvolvidos alguns instrumentos para estabelecer as épocas das estações do ano, dentre eles, o santuário de Stonehenge, um monumento localizado em Wiltshire, Wessex, na Inglaterra, figura 2. Stonehenge é um santuário cujas suas edificações são construídas com pedras gigantescas, pedras estas, que possuem massa de dezenas de toneladas, o monumento é conhecido basicamente pela sua imponência, pois é caracterizado como uma das maiores construções da Pré-História europeia (Rodrigues; Funari, 2021).

Figura 2 – Santuário de Stonehenge.



Fonte: Couri (2015).

O santuário de Stonehenge é assimilado por estudiosos como um local de observação astronômica, pois as grandes pedras dos monumentos aparentam terem sido ajustadas de acordo com a posição dos raios solares, pois o Sol se alinha entre as paredes em duas épocas do ano, nos solstícios de verão e de inverno. Ou seja, o santuário de Stonehenge poderia facilmente ser utilizado pelos povos antigos para determinar as estações do ano e, conseqüentemente, determinar as épocas de cheias e a época de plantio e colheita da sua região. Em contrapartida, há indícios de que o santuário, foi utilizado para a realização de grandes rituais religiosos daquele povo, evidenciando assim a junção existente na humanidade entre os conhecimentos astronômicos e os conhecimentos religiosos daquela época (Pinto, 2013).

Stonehenge [...] é um exemplo vivo entre as edificações que mobilizam o interesse de historiadores, arqueólogos e astrônomos que investigam na Pré-história os mistérios ligados a essas construções. Utilizando-se das efemérides do Sol e da Lua calculadas com recursos modernos, Gerald Hawkins forneceu as primeiras evidências concretas de que Stonehenge foi utilizado como um “observatório” (Nature 1963, no artigo Stonehenge Decoded), e no livro de mesmo nome Stonehenge Decoded 1965 (New York: Doubleday; London: Souvenir Press, 1966.) Os cálculos mostram que as pedras fundamentais de Stonehenge se alinham precisamente com o Sol por ocasião de certos eventos astronômicos, como a época dos solstícios (quando o Sol se encontra mais afastado do equador celeste) e dos equinócios (passagem do Sol pelo equador celeste). Hawkins foi além e mostrou que é possível utilizar o monumento como uma espécie de ábaco para prognosticar eclipses por meio do movimento aparente dos corpos celestes. Os numerosos alinhamentos observados não parecem ser acidentais, no entanto, os fatos mesmos da construção desse monumento ainda provocam divergência entre os historiadores (Leister, 2020, p. 14).

Uma outra evidência astronômica em forma de monumento deixada pelos povos antigos, localizada na Irlanda denominada como o monumento de Newgrange, figura 3, é uma tumba construída com diversos tipos de pedras, um dos mais antigos monumentos já construídos, que datam sua construção por volta

do ano 3.200 a.C.. Newgrange, se destaca por sua imensa magnitude, com área de aproximadamente 5 quilômetros quadrados, conhecida também como a tumba de passagem, denominada assim pelas extensas passagens que são cobertas e que conduzem até a pequena entrada para o interior da construção. A tumba, não possui um real significado pelo motivo de sua construção, no entanto, o fato que intriga até os dias de hoje é que no dia de solstícios de inverno, toda sua extensão é iluminada pela luz do Sol, fato esse que determinaria o início do inverno naquela época (Previdelli, 2021).

Figura 3 – Tumba de Newgrange.



Fonte: Junior (2021).

Um outro tipo de construção que vem intrigando os cientistas por diversos séculos, são as Pirâmides de Gizé, figura 4, localizada no Egito é uma construção que destaca um dos maiores mistérios, o alinhamento quase perfeito das três enormes pirâmides, conhecidas atualmente como: Quéops, Quéfren e Miquerinos. O fato intrigante que permeia essa construção, é que os quatro lados da base quadrada das três pirâmides são retos e astronomicamente orientadas com uma pequena margem de erro para cada um dos pontos cardeais, norte, sul, leste e oeste (Duarte, 2022).

Figura 4 – Imagens de satélite Pirâmides de Gizé.



Fonte: APOLO11 (2007).

Existe também uma hipótese popular, ainda não comprovada cientificamente, de que as três pirâmides de Gizé teriam sido construídas com base no alinhamento das estrelas do Cinturão de Órion, dentre elas: Alnitak, Alnilam e Mintaka, como visto na figura 5. Essa ideia foi proposta por Robert Bauval em 1980, no entanto, a comunidade científica e arqueológica não aceita essa hipótese como verdadeira, principalmente pela falta de evidências arqueológicas e pela falta de documentos que sustentam essa afirmação por parte dos antigos egípcios. Outros estudiosos também apontam que a teoria ignora aspectos práticos da construção das pirâmides, como as condições geográficas do terreno e os conhecimentos de engenharia disponíveis na época. Como também, o fato de que não existe registros egípcios da antiguidade que mencionam a construção das pirâmides com a constelação de Órion, o que torna essa correlação entre a constelação mais uma especulação moderna do que uma conclusão baseada em evidências históricas (Betz, 2021).

Figura 5 – Imagem meramente ilustrativa do alinhamento do cinturão de Órion com as pirâmides de Gizé.



Fonte: Fichagas (2012).

Dentre as construções realizadas pelo povo antigo, o observatório de Caracol, figura 6, que foi um observatório construído com bases astronômicas, também foi um dos monumentos que se destacaram no âmbito da astronomia antiga. Sua criação foi desenvolvida pelo povo Maia e é localizado em Chizen Itzá, nas planícies de Iucatã, no México. O observatório de Caracol mais conhecido como El Caracol, recebeu este nome devido a sua estrutura de escada ser construída em formato espiral em seu interior. A torre do observatório possui uma altura de 12 metros e foi desenvolvida sobre uma dupla plataforma retangular de 9 metros de altura. Um dos fatos mais intrigantes que os cientistas descobriram, que sua plataforma inferior aponta para o planeta Vênus em seus maiores afastamentos do norte e do sul, o que permitia também a descobrir os solstícios (quando o Sol tem um afastamento angular máximo da linha do equador) de verão e de inverno e os equinócios (quando os raios solares incidem com a mesma intensidade no Hemisfério Norte e Sul) (ASTROFILO, 2018).

Figura 6 – Observatório de Caracol.



Fonte: Umbria (2015).

Portanto, nota-se que a astronomia na era pré-histórica, nasceu e se originou a partir da observação dos astros celestes pelos povos que habitavam naquela época, e conforme a sociedade daquela era foi se evoluindo e se moldando no universo, por consequência, a observação desses astros também evoluiu, como também a forma com que se via e as diversas finalidades para com que essas observações eram realizadas.

Ao longo dos séculos, vários estudos foram sendo desenvolvidos, e com isso, diversos monumentos foram construídos por aqueles povos, com o objetivo de contar o tempo, prever e determinar alguns fenômenos astronômicos, como por exemplo os eclipses, os equinócios e os solstícios de verão e de inverno.

Assim, pode-se concluir que a astronomia na era pré-histórica representou um importante marco no desenvolvimento do conhecimento humano, pois a simples observação dos astros serviu como base para a organização social, cultural e religiosa das primeiras civilizações existentes nesse período. Essas práticas de observação não apenas permitiram a compreensão dos ciclos naturais e a criação de calendários primitivos, mas também influenciaram a construção de monumentos e estruturas alinhadas com eventos celestes como visto anteriormente, evidenciando assim uma relação profunda entre o homem primitivo e o cosmos.

Dessa forma, a astronomia pré-histórica estabeleceu as bases para o avanço científico que viria a se consolidar nas eras posteriores, como veremos nos próximos capítulos, mostrando que desde os tempos mais remotos o ser humano buscou interpretar e dar significado ao universo ao seu redor.

Capítulo 2

A Astronomia na Mesopotâmia

2 A ASTRONOMIA NA MESOPOTÂMIA

A astronomia, após a era pré-histórica foi se aperfeiçoando ao longo dos séculos. Na Mesopotâmia, região esta localizada entre os rios Tigre e Eufrates, que atualmente corresponde ao berço do Iraque, também não foi diferente com relação ao desenvolvimento da astronomia, neste local existia até então uma das civilizações mais antigas que se tem registro histórico atualmente, nesta região abrigou os assírios, os babilônios, os caldeus e os sumérios, que proporcionaram para a astronomia um estudo mais aprofundado acerca dos estudos dos astros (Martins; Buffon; Neves, 2019).

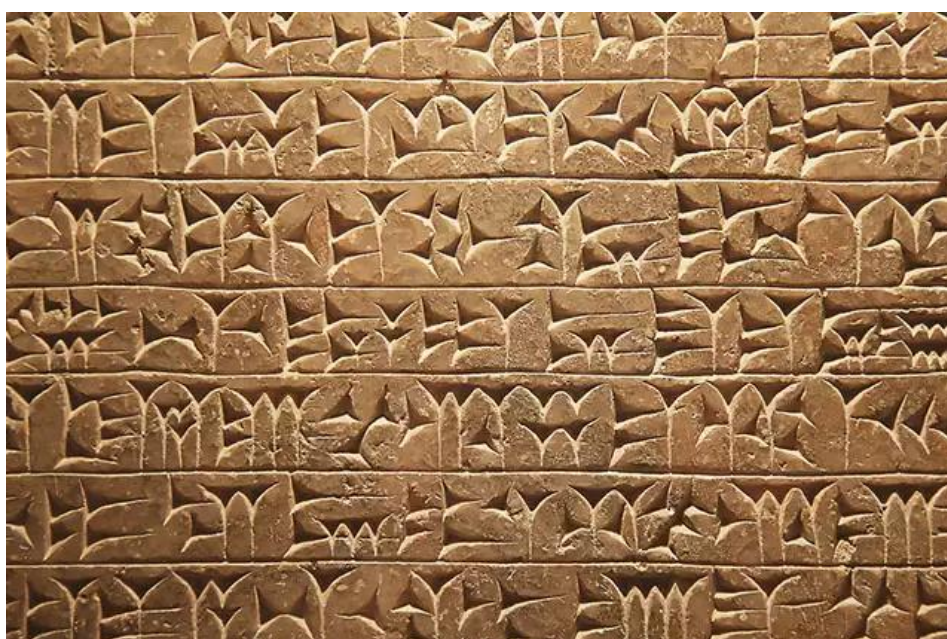
Como você acha que os antigos mesopotâmios conseguiam registrar os movimentos dos astros sem nenhum equipamento moderno? Que instrumentos ou métodos eles poderiam ter usado?

A Mesopotâmia era um local marcado por diversos conflitos, lugar este utilizado bastante por rotas entre o oriente médio, pois era localizado entre o continente asiático, europeu e africano. Várias civilizações existentes naquela época, tentavam invadir o Oriente Médio em prol dos interesses econômicos e políticos daquele local. A astronomia, por sua vez, começou a influenciar as culturas que começaram a habitar a região, e com isso, os mesopotâmicos começaram a estudar com mais abrangência o céu, as estrelas, os fenômenos celestes, o que colaborou para serem um dos principais destaques dentro do campo da astronomia devido a quantidade de registros aliado a qualidade de suas observações realizadas (Doutel, 2020).

Os mesopotâmicos, mais precisamente os sumérios, foram os primeiros a criarem uma linguagem escrita, conhecida atualmente como a escrita cuneiforme, uma das mais antigas do mundo, que consistia no registro do conhecimento astronômico em pequenos blocos de argila, como visto na figura 7, que eram produzidas com o auxílio de objetos em formato de cunha. A argila

era utilizada pelos sumérios para escrever, e quando queriam que seus registros fossem duradouros e permanentes, as tabuletas cuneiformes eram levadas para serem assadas em um forno e posteriormente guardadas em grandes palácios e templos, o que tornaria esses registros mais resistentes à degradação do tempo, fazendo com que futuras gerações tivessem acesso aos registros daquela época (Sirugi, 2012).

Figura 7 – Escrita cuneiforme em tábuas de argila.



Fonte: Silva (2015).

Com a origem da escrita cuneiforme elaborada pelos mesopotâmios, fez com que a astronomia elevasse seu patamar na constituição dessa nova ciência, a maioria das observações e das teorias formuladas pelos métodos qualitativos e também quantitativos que já eram existentes, pois já se usava o método matemático para a elaboração das teorias dos fenômenos celestes nessa época, a escrita cuneiforme proporcionou que essas teorias pudessem ser registradas e guardadas, e com isso, o conhecimento astronômico teve a possibilidade de ser passado de geração para geração.

Na Mesopotâmia, os babilônios foram um dos primeiros povos a trazer diversas contribuições no âmbito da astronomia, dentre elas, foram um dos primeiros a registrar a olho nu a existência dos cinco planetas visíveis: Júpiter, Marte, Mercúrio, Saturno e Vênus, evidentemente sob a influência cultural dos sumerianos, pois os deuses e os animais desse povo eram associados aos astros que eram observados (Milone *et al.*, 2018).

Na mitologia babilônica, a água líquida era a Mãe da natureza e sustentadora da Terra. O céu era representado por uma cúpula azul feita de rocha onde as estrelas estavam incrustadas, sendo a mesma sustentada pelas altas montanhas terrestres. Os babilônios buscavam entender as vontades dos deuses observando os astros no céu, as quais se refletiam de algum modo nos fatos terrestres. Assim, a Astrologia e a Astronomia nascem juntas, como uma única forma de conhecimento. A palavra desastre significa, primordialmente, um fato que contraria os astros. Conceberam as primeiras constelações, que eram apenas representações de figuras de deuses, animais e objetos “desenhadas” pelas estrelas. As constelações do Zodíaco são um exemplo (Milone *et al.*, 2018, p. 1–11).

Ou seja, a observação dos astros na Mesopotâmia trouxe diversas contribuições no âmbito da astronomia, pois por meio das observações puderam realizar a descoberta dos planetas, dos seus movimentos, do movimento das estrelas e com isso todos esses fenômenos foram possíveis de serem registrados. Esses registros

foram importantes para a construção da astrologia como também para a previsão dos eventos astronômicos.

Da mesma forma dos povos da antiguidade, os mesopotâmios mais precisamente os babilônios tiveram a necessidade de organizar a sua vida, o seu dia a dia, principalmente para as atividades agrícolas e festividades religiosas, ou seja, a contagem do tempo era essencial para as ocupações daquela época (Caramelo, 2006).

Com isso, fez-se necessário a construção do calendário que foi realizado por meio da observação dos astros celestes como por exemplo a Lua, a partir dessas observações com a ajuda da mitologia, uma prática antiga baseada em mitos e deuses que eram associados aos corpos celestes e da astrologia pois os mesopotâmios acreditavam que os movimentos dos planetas e estrelas influenciavam o destino dos seres humanos e muitos eventos do calendário, assim o calendário foi construído tendo como o mês formado por 29 ou 30 dias pelo ciclo lunar (Caramelo, 2006).

A Mesopotâmia também trouxe um salto para o estudo dos fenômenos climáticos que aconteciam naquela época, a previsão desses fenômenos eram essenciais para a vida cotidiana daquele povo, como por exemplo para a agricultura e principalmente para a sobrevivência dos habitantes que estavam situados em torno dos rios Tigre e Eufrates. Por meio da astronomia era possível prever as enchentes e as vazantes que em certas épocas do ano aconteciam (Duque, 2021).

Capítulo 3

A Astronomia Chinesa

3 A ASTRONOMIA CHINESA

3.1 INTRODUÇÃO À ASTRONOMIA NA CHINA

A astronomia na China possui uma das histórias mais longas e contínuas existentes, com registros que se destacam por diversos milênios. Ao longo dos séculos, os astrônomos chineses desempenharam um papel crucial no desenvolvimento principalmente da observação dos corpos celestes, o que proporcionaram a evolução do calendário e da previsão de fenômenos astronômicos. Suas contribuições foram marcadas por uma grande relação entre ciência, filosofia, religião e política, o que fez da astronomia na China uma ferramenta de poder e de harmonia entre a sociedade (Machado; Jones; Castro, 2025).

Você sabia que os astrônomos chineses observavam eclipse e cometas há mais de dois mil anos? Que motivos você acha que levavam eles a estudar o céu com tanta atenção?

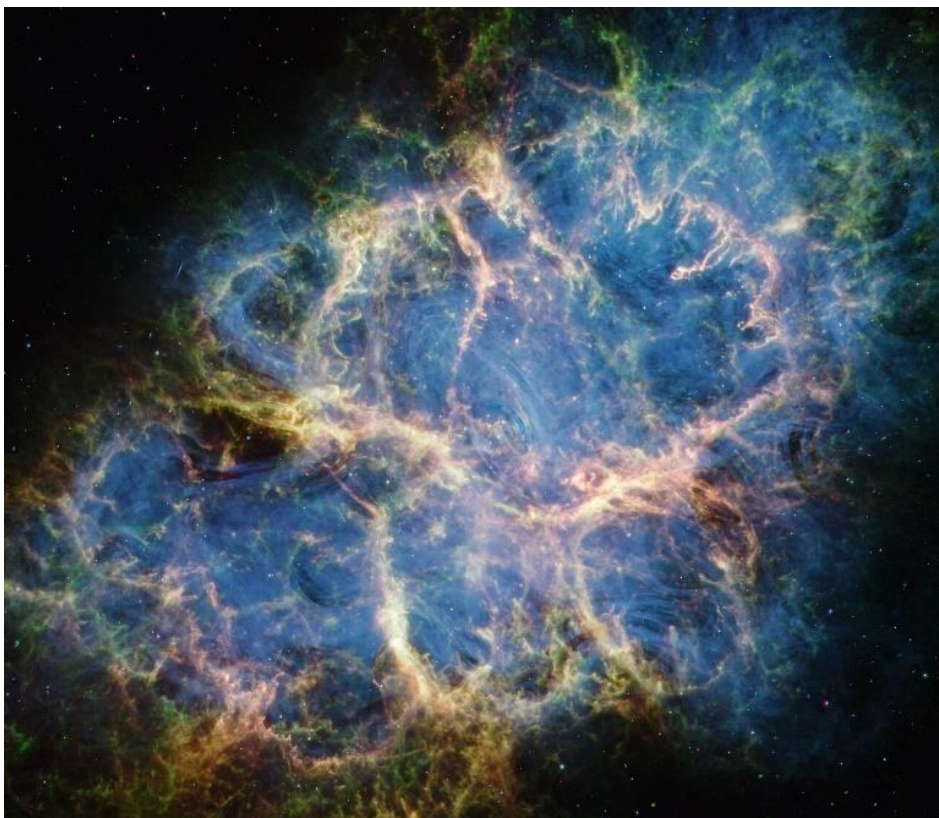
Na China antiga, a astronomia era considerada uma ciência fundamental para manter a ordem do cosmos e da sociedade. Os imperadores, eram responsáveis por garantir a harmonia entre o céu e a terra, por conta disso, manter um calendário preciso e interpretar os sinais celestes era uma função essencial do Estado daquela época. As observações astronômicas eram usadas para prever eclipses, estações do ano e eventos como cometas e supernovas, que frequentemente eram interpretados como uma previsão de mudanças dos imperadores ou sinal divino de insatisfação do império atual. Dessa forma, a astronomia era profundamente ligada ao pensamento filosófico, qualquer erro no calendário ou na previsão dos fenômenos celestes poderia abalar a aceitação do comando atual. Assim, os astrônomos ocupavam cargos altamente importantes na corte do império (Valadares, 2024).

3.2 AS PRINCIPAIS CONTRIBUIÇÕES DA ASTRONOMIA NA CHINA

A China também não ficou de fora do panorama astronômico, essa região também trouxe diversas contribuições acerca da astronomia, dentre elas, uma das maiores contribuições foi a prática organizada da observação como também do registro de eventos celestes que aconteciam naquela época e que muitas das vezes ainda não se tinha uma explicação mais aprofundada acerca desses eventos. Os chineses foram cuidadosos na coleta de dados sobre eclipses, cometas, manchas solares, estrelas novas e conjunções planetárias, esses registros são valiosos até hoje para os cientistas modernos, pois oferecem dados contínuos que remontam ao século estudado. A seguir, veremos cada uma dessas contribuições que marcaram o estudo da astronomia na China de forma individual e detalhada visando os aspectos históricos e como se tornou o desenvolvimento dessas descobertas (Arias, 2024)

Os astrônomos chineses foram os primeiros a documentar uma supernova em 1054 d.C., hoje identificada como a Nebulosa do Caranguejo, figura 8. Essa documentação se realizou com uma descrição minuciosa do brilho e da duração do fenômeno e que é uma das fontes mais importantes para os astrofísicos que estudam a evolução estelar, estudos estes que foram desenvolvidos naquela época e que ainda refletem nos dias atuais. Além disso, há registros chineses confiáveis de cometas como o Halley, observados repetidamente ao longo dos séculos.

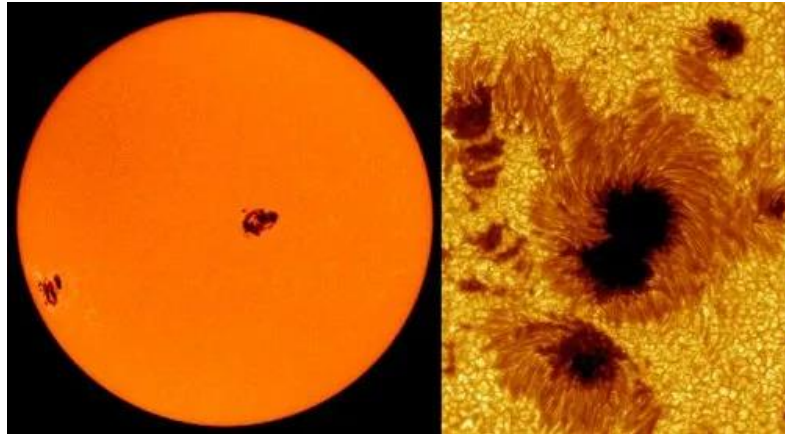
Figura 8 – Nebulosa do Caranguejo pelo telescópio James Webb.



Fonte: NASA (2024).

Outra contribuição constatada pelos chineses acerca da astronomia foi a observação das manchas solares que são presentes no Sol ainda nos dias de hoje, figura 9. Essa observação foi realizada a olho nu durante o amanhecer e o entardecer e que foram observadas e registradas desde o século IV a.C., os astrônomos previam uma correlação entre o aparecimento das manchas solares com desastres naturais, instabilidade política como também a mudanças climáticas e agrícolas, antecipando conceitos que só seriam retomados no Ocidente séculos depois (Valadares, 2024).

Figura 9 – Manchas solares.



Fonte: Thoth (2020).

A construção de calendários foi uma das principais tarefas da astronomia chinesa. O calendário tradicional chinês é lunissolar, ou seja, baseia-se tanto nos ciclos da Lua quanto no movimento do Sol, como evidenciado na figura 10. Para manter essa sincronização entre os dois astros, os astrônomos chineses desenvolveram técnicas sofisticadas baseadas por meios de cálculos e correções periódicas, como por exemplo, a inserção de meses bissextos para alinhar o ano lunar com o ano solar. Ou seja, os chineses deram um salto na construção do calendário, pois essa construção proporcionou uma precisão bastante alta em relação as tecnologias que se tinham até esta época (Rigonatti, 2025).

Figura 10 – Calendário Chinês Feng Shui.



Fonte: Carvalho (2023).

Desde muito cedo, os chineses observavam diversos fenômenos celestes e tentavam decifrar como e o por que aconteciam, após essas observações eram realizados registros a fim de comparar com os demais que pudesse vir a ocorrer futuramente. Dentre esses eventos astronômicos, os chineses evidenciaram os eclipses solares e lunares, como mostrado na figura 11.

Figura 11 - Eclipse solar sobre Pequim, na China, em 2019.



Fonte: Zurita (2024).

Esses eclipses eram estudados com rigor e também finalidade política, associando esses eventos a previsões para o império. O registro mais antigo confiável data de cerca de 2137 a.C., nesta época, Hsi e Ho eram os astrônomos que foram nomeados para servir diretamente o imperador Chun King a fim de estudar e prever os eclipses que aconteciam durante aquele período. Suas funções eram de suma importância para o desenvolvimento de toda a nação, pois através da leitura dos astros

celestes, eram determinados os melhores dias para plantar, colher, como também as datas das celebrações religiosas e as épocas de chuva, cheias e seca dos rios. Esses astrônomos também eram responsáveis por prever a ocorrência de eclipses, e como esses eventos eram considerados precursores de má sorte para o império, precisavam avisar diretamente e com antecedência o imperador quando um eclipse fosse ocorrer (Zurita, 2024).

Neste eclipse mencionado, não se sabe se Hsi e Ho não conseguiram prever o eclipse de 22 de outubro de 2137 a.C. ou se realmente eles simplesmente esqueceram de avisar o imperador. No entanto, quando o imperador, ao avistar o fenômeno e acabar não recebendo o aviso do eclipse, acabou mandando executar os astrônomos por terem falhado em suas funções de prever o fenômeno. Os eclipses eram interpretados como sinais de que o imperador havia perdido o Mandato do Céu, o que colocava sua legitimidade em risco. Assim, a previsão precisa desses eventos era uma função essencial do Estado, exercida por astrônomos oficiais que trabalhavam dentro de uma astrologia política que era destacada por ser bastante rigorosa, pois se resumia como estava a aceitação divina acerca do império (Zurita, 2024).

A China antiga também se destacou pelo desenvolvimento de instrumentos astronômicos avançados, se evidenciam entre eles as torres de observação celeste, que permitiam a visualização detalhada do céu noturno. Foram também pioneiros em construir métodos e instrumentos que anteciparam diversas práticas modernas como por exemplo a invenção do relógio de água para medir o tempo com precisão, criaram a esfera armilar para representar o céu e facilitar a visualização dos movimentos dos astros celestes e construíram observatórios fixos, como o de Dengfeng, para garantir medições constantes e bem confiáveis. Entre os nomes de destaque desta época, se destaca Gan De, que no século IV a.C. compilou um catálogo estelar com centenas de estrelas e realizou observações que puderam indicar as primeiras

descrições das luas de Júpiter, séculos antes de Galileu (Arias, 2024)

Na China antiga, outra característica advinda da astronomia e que trouxe diversas contribuições ao longo desse período, foi o estudo aprofundado sobre os cometas. O Cometa Halley, figura 12, por exemplo, foi observado pela primeira vez em 239 a.C., e passou a ser observado sistematicamente em diversas aparições subsequentes sendo registrados na China por dezenas de vezes até épocas recentes, muito antes de se tornar conhecido no Ocidente. O Cometa Halley é um cometa periódico que retorna próximo da Terra em média a cada 76 anos, sendo o único cometa desse tipo visível a olho nu e com essa regularidade, ele recebeu esse nome em homenagem ao astrônomo britânico Edmond Halley, que em 1705 utilizou os estudos de órbitas dos cometas para prever corretamente seu retorno à Terra, confirmando assim sua natureza periódica (Guitarrara, 2023).

Figura 12 - Cometa Halley.



Fonte: Guitarrara (2023).

A astronomia na China antiga é uma das tradições mais ricas da história da ciência. Seus astrônomos foram pioneiros na

observação sistemática e organizada do céu, foram pioneiros também no desenvolvimento de instrumentos e na criação de calendários que considerando a limitação de tecnologias que não era presentes naquela época, comparadas as de atualmente, a criação desses calendários era realizada de forma bem precisa e que ajudava a regular a vida social como também política dos chineses.

Como visto neste capítulo, a astronomia desenvolvida na China antiga representou um dos pilares do conhecimento científico, observacional e também cultural do país, influenciando diretamente na organização da sociedade e do poder do império daquele período. Os chineses foram capazes de unir observação dos astros com as interpretações filosóficas existentes na época. Eclipses, cometas e ciclos celestes não eram apenas fenômenos naturais que aconteciam de forma periódica, corriqueira, mas também era utilizada na China como forma de mensagens divinas que guiavam decisões políticas e sociais do atual império, crenças essas que buscava refletir de que os eventos do céu estavam interligados com o que acontecia na Terra. A precisão com que esses eventos eram registrados demonstra o quanto os antigos astrônomos chineses tratavam sua ciência, suas observações com tamanha seriedade garantindo estabilidade ao governo daquele período.

Ao olhar para o passado das observações celestes registrado pelos chineses, é possível reconhecer a importância de um saber que mesmo nascido e originado em tempos e povos passados, ainda hoje contribui para a compreensão dos movimentos do universo e da história da própria humanidade, como também contribuiu para astrônomos futuros, como é o caso do Egito que veremos a seguir, a desenvolver suas técnicas e estudos mais robustos, pois o conhecimento da ciência, da astronomia como um todo, não foi e nem será criada apenas por um povo, apenas durante um período, mas foi construída sim em sua maioria

a partir de conhecimentos e registros dos antepassados, que serviram de base para as contribuições herdadas da astronomia futura e das tecnologias desenvolvidas atualmente.

Capítulo 4

A Astronomia

Entre os Egípcios

4 A ASTRONOMIA ENTRE OS EGÍPCIOS

4.1 INTRODUÇÃO A ASTRONOMIA NO EGITO

A astronomia desempenhou um papel fundamental na civilização do Antigo Egito, influenciando não apenas a organização do tempo, mas também a religião, a agricultura como também a arquitetura. Para os egípcios, os astros não eram apenas simples objetos celestes, mas eles eram considerados também manifestações divinas que guiavam a vida cotidiana do povo e garantiam a harmonia entre o céu e a terra, pois igualmente aos povos chineses, os egípcios também acreditavam que os eventos astronômicos tinham alguma relação com as decisões da sociedade na Terra. Como será visto neste capítulo, as contribuições astronômicas dessa civilização antiga ainda despertam admiração por sua precisão, originalidade e impacto cultural por todo esse tempo.

Os egípcios antigos construíram pirâmides alinhadas com precisão aos astros e usavam o céu para organizar suas colheitas. Como os egípcios conseguiam alinhar as pirâmides com os astros sem instrumentos modernos?

Os egípcios estavam entre as primeiras civilizações a estudar o céu, as estrelas e os planetas, integrando suas observações em suas práticas econômicas, sociais, e também religiosas, pois para os egípcios, os astros eram considerados manifestações dos deuses. Essas observações astronômicas eram feitas, principalmente, pelos sacerdotes. Esses sacerdotes, frequentemente baseados em templos, eram habilidosos tanto nas observações quanto na interpretação dos movimentos de estrelas, planetas e outros diversos corpos celestes (Ramos, 2024).

4.2 PRINCIPAIS CONTRIBUIÇÕES DA ASTRONOMIA EGÍPCIA

Uma das mais importantes contribuições da astronomia egípcia foi a criação de um calendário solar que era bastante preciso em relação aos demais construídos por outros povos antigos. Observando o ciclo anual do Sol e as cheias do rio Nilo, os egípcios dividiram o ano em 365 dias, organizados em 12 meses de 30 dias cada, com 5 dias extras chamados de epagômenos que eram adicionados sempre adicionados ao final do ano. Esses cinco dias eram dedicados ao nascimento dos principais deuses daquele período: Osíris, Ísis, Néftis, Hórus e Set (Canhão, 2006).

A marcação do início do ano estava relacionada a um fenômeno astronômico importante, a aparição da estrela Sírio, figura 13. Esse evento se destaca pelo momento em que a estrela Sírio voltava a ser visível no horizonte antes do nascer do Sol após um certo período sem aparecer naquela região, o que coincidia aproximadamente com a cheia do Nilo, um evento crucial para a agricultura egípcia. Embora não tivessem o ano bissexto, o que causava um descompasso gradual entre o calendário civil e as estações reais, os sacerdotes e astrônomos do Egito mantinham um calendário religioso paralelo, o que fazia com que este atraso de um dia todos os quatro anos, era anulado ao fim de 1461 anos o que era ajustado de acordo com as observações astronômicas. Logo, percebe-se que a astronomia ajudava a organizar o calendário agrícola do Egito, o que era essencial para a sobrevivência e para a economia da sociedade como um todo (Canhão, 2006).

Figura 13 – Estrela Sírio.



Fonte: Costa (2008).

No Egito Antigo, a astronomia estava diretamente ligada à agricultura, desempenhando um papel essencial na organização do calendário agrícola e também religioso. Os egípcios observavam com bastante cuidado os ciclos celestes, como a observação do Sol, das estrelas e dos planetas a fim de orientar tanto o plantio quanto a colheita e a construção de templos. Em relação à observação dos astros a estrela Sírio tem uma relação muito especial com a agricultura, pois o seu surgimento antecedia na maioria das vezes as cheias do rio Nilo, evento esse essencial para o cultivo das plantações nas margens evitando assim as perdas e até a escassez nas colheitas. Ou seja, o ciclo das cheias do Nilo determinava quando realizar festivais religiosos, quando semear, quando colher, visando na maioria das vezes minimizar perdas agrícolas e garantir o sustento da população (ETP, 2024).

Na civilização egípcia, a astronomia não era apenas uma ferramenta prática para contagem do tempo, mas também estava relacionada a um saber ligado aos deuses e crenças daquela época, figura 14. Cada hora do dia e da noite era associada a uma divindade específica, reforçando a crença de que o tempo era uma manifestação dos deuses. Os sacerdotes, que possuíam o conhecimento astronômico naquele tempo, eram responsáveis por medir o tempo com precisão cada passagem de horas a fim de garantir que os rituais religiosos ocorressem nos momentos apropriados (Canhão, 2022).

Figura 14 – Deuses consagrados para cada hora do relógio.



Fonte: Cockcroft e Symons (2023).

Os egípcios também estudaram as estrelas por meio de observações com grande atenção. Eles identificaram constelações próprias e desenvolveram um sistema de divisões de estrelas conhecido como decanos. Os decanos eram grupos de estrelas que se subiam no horizonte a intervalos sempre de 10 em 10 dias o que acabavam ajudando a dividir o ano em 36 partes, além de serem usados na medição das horas durante a noite. Esse sistema de decanos foi primeiramente idealizado em relógios estelares encontrados em túmulos, como no túmulo de Seti I. Esses relógios serviam para indicar a passagem do tempo durante a noite por meio da posição das estrelas. Era uma forma engenhosa de medir o tempo durante a noite, especialmente importante em cerimônias religiosas (Canhão, 2006).

No Egito Antigo, a divisão do tempo já era desenvolvida com uma precisão bastante alta, por mais que contagem do tempo era feita de maneira individual entre o dia e a noite, a duração total de um dia já era dividida em 24 horas, sendo 12 horas dedicadas à luz, ou seja, ao dia e 12 horas à escuridão, a noite. Essa divisão por mais que simples, não era tão exata em duração, pois variava de acordo com as estações do ano, os dias de verão eram mais longos, e os de inverno eram mais curtos. Para medir o tempo com precisão, os egípcios utilizavam relógios solares durante o dia e como a noite não tinha Sol ou em períodos sem luz solar eles utilizavam relógios de água chamados de clepsidras, figura 15 (Cockcroft; Symons, 2023).

Figura 15 – Clepsidra: instrumento utilizado para contagem do tempo no Egito.



Fonte: Casio (2023).

É notável a inteligência que o povo egípcio possuía, pois eram dotados de conhecimentos relacionados a projeção da arquitetura como também da área da engenharia. A construção da clepsidra, por exemplo, utilizou de conhecimentos matemáticos para cálculo preciso do diâmetro do pequeno cone responsável pela medição de cada hora, teve também a utilização de conhecimentos relacionados aos fluidos, gravidade e variação da vazão com que a água era derramada conforme ocorria a diminuição da coluna d'água ao longo do tempo. Logo, é perceptível como esse instrumento, que à primeira vista parece ser bem simples, no entanto, teve um estudo bastante abrangente para que viesse a funcionar com uma precisão bastante alta.

Já durante o dia, os egípcios utilizavam o Sol para a contagem do tempo, o instrumento utilizado é conhecido popularmente como os gnômonos, figura 16 a), que era o primeiro relógio construído e que consistia em um obelisco, figura 16 b), que funcionavam como relógios solares gigantes, esses obeliscos eram

iluminados pelo sol e projetava sua sombra, a partir dessa projeção era possível determinar em qual hora do dia estava aproximadamente. Suas sombras ajudavam a dividir o dia em horas e podiam indicar datas importantes ao longo do ano. O uso do Sol como referência mostra como a astronomia estava presente até mesmo na vida cotidiana dos egípcios e que refletiram suas práticas por todo o Egito Antigo (Corrêa, 2012).

Figura 16 – a) Gnômon b) Obeliscos.



Fonte: Owens (2011).

A precisão astronômica também se refletiu nas construções dos monumentos egípcios. Muitos templos e pirâmides foram alinhados com exatidão a diversos eventos astronômicos, como os solstícios e equinócios, esse fato foi bastante evidenciado na constituição e origem da astronomia visto no capítulo 1. As três pirâmides de Gizé, por exemplo, apresentam um alinhamento com as quatro direções cardeais que impressiona ainda hoje pela

exatidão alcançada mesmo com tamanha escassez de tecnologias e instrumentos que ainda era presente na época.

O Templo de Karnak, é um dos melhores exemplos da relação entre arquitetura, engenharia e astronomia que foram construídas no Egito Antigo. Sua construção bastante impressionante foi orientada de modo que em determinadas épocas do ano, mais precisamente durante o amanhecer do solstício de inverno, os raios solares penetram diretamente o santuário principal, figura 17, o iluminando por completo nesse horário. Essas construções da época não apenas tinham funções religiosas, mas também serviam como observatórios e marcadores astronômicos do tempo, como diversas construções realizadas pelos povos antigos (Yare; Torpey, 2013).

Figura 17 – Solstício no Templo de Karnak.



Fonte: Bamba (2013).

Uma outra herança arqueológica deixada para a astronomia no Egito Antigo, é conhecido como Zodíaco de Dendera, figura 18, um famoso relevo astronômico encontrado no teto de um templo da época greco-romana, esse zodíaco representa constelações zodiacais, planetas e símbolos astrológicos, ilustra também a influência, evolução e continuidade da tradição astronômica

egípcia. Por mais que misture elementos babilônicos e gregos, esse zodíaco mostra como o conhecimento celeste permaneceu vivo e foi reinterpretado ao longo dos milênios (Josefowicz, 2011).

Figura 18 – Zodíaco de Dendera.



Fonte: Josefowicz (2011).

A astronomia no Egito Antigo exerceu um papel bastante abrangente e pertinente tanto na organização da sociedade quanto na vida religiosa daquele povo. Como vimos neste capítulo, a astronomia nessa época permitiu aos egípcios criar um calendário solar bastante avançado, que orientava diversas práticas do cotidiano egípcio desde as atividades agrícolas as festividades religiosas. A observação dos astros permitiu a construção de diversos monumentos e templos, que tinha uma certa relação com a astronomia, onde muito destes se alinhavam com alguns eventos

celestes, como por exemplo os solstícios, fazendo com que seja possível notar que esse povo era dotado de um vasto conhecimento tanto da engenharia quanto dos ciclos que envolvem a astronomia.

O Egito deixou um legado acerca da astronomia, legado este que foi sentido por diversas gerações seguintes, especialmente pelos gregos como veremos no próximo capítulo, povo este que herdou e transformou muitas das ideias e observações oriundas do Nilo, o que proporcionaram uma nova forma de ver a observação dos astros. Essa transição da astronomia egípcia para a astronomia grega, marca o início de uma nova etapa na história da astronomia, na qual o conhecimento passa a ser organizado com base em argumentos da filosofia e da matemática, sem abandonar a herança deixada pelos povos do passado.

Capítulo 5

Os Astrônomos da Grécia Antiga

5 OS ASTRÔNOMOS DA GRÉCIA ANTIGA

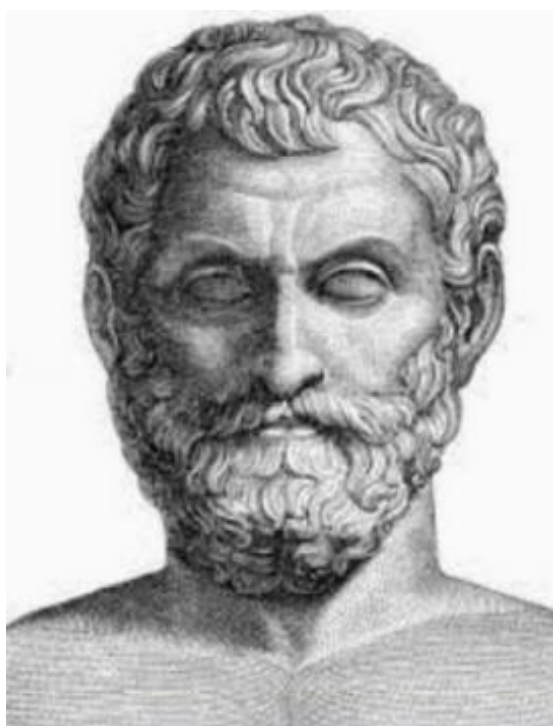
A Grécia Antiga teve um papel essencial para a construção da astronomia. Foi lá que surgiram grandes pensadores e cientistas, como astrônomos e matemáticos, que trouxeram grandes contribuições para a ciência e para sociedade, contribuições estas que ainda são evidenciadas nos estudos modernos sobre o universo. Dentre eles, Tales de Mileto, Anaximandro e Pitágoras, entre outros, esses astrônomos começaram a olhar para o céu com um olhar mais investigativo, mais indagativo, tentando entender os mistérios por trás dos fenômenos celestes. Naquela época, muitos desses fenômenos como eclipses, cometas ou até o próprio movimento dos astros, causavam espanto na população que até então não se conseguia compreender esses fenômenos de forma clara. Foi nesse contexto que os gregos deram os primeiros passos em direção a um conhecimento mais aprofundado e estruturado do cosmos, rompendo ao longo do tempo diversos mitos que se tinha naquela época.

Tales de Mileto, Aristóteles e Aristarco fizeram descobertas incríveis sobre o céu. Se você pudesse viajar no tempo para conversar com um deles, qual pergunta você faria sobre os planetas e estrelas?

Entre os primeiros nomes a se destacar nas observações astronômicas da Grécia Antiga está Tales de Mileto (640–546 a.C.), figura 19, considerado um dos grandes pioneiros tanto na filosofia quanto na astronomia, por mais que também tenha deixado grandes contribuições importantes para a matemática, foi no âmbito da astronomia que Tales deixou sua história. Ele foi um dos primeiros a compreender que os eclipses solares não eram eventos sobrenaturais, mas sim um fenômeno natural causado simplesmente pela passagem da Lua entre a Terra e o Sol. Essa interpretação foi revolucionária para a época, pois até então não se

tinha uma explicação cabível acerca desse fenômeno. A precisão de seus estudos foi tão grande, que ele conseguiu prever um eclipse solar ocorrido em 28 de maio de 585 a.C., feito este que impressionou profundamente a sua geração. Além disso, ele também foi capaz de identificar a data dos solstícios, o que possivelmente lhe permitiu estabelecer a divisão das estações do ano com base em padrões observáveis (Ricardo, 2014).

Figura 19 – Tales de Mileto (640–546 a.C.).

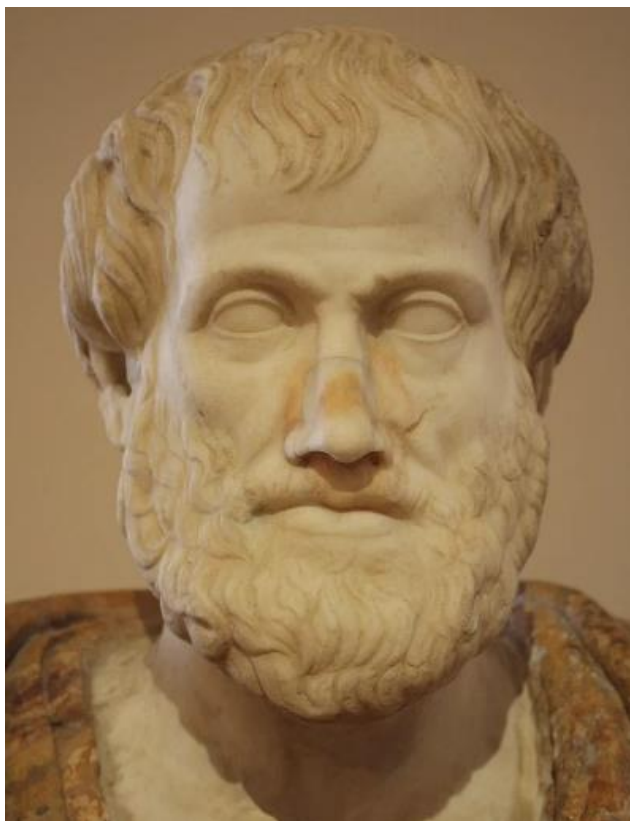


Fonte: Salvatore (2019).

Outro pensador que teve um papel decisivo na história da astronomia foi Aristóteles de Estagira (384–322 a.C.), figura 20. Ele foi um dos primeiros a apresentar uma explicação mais cabível para as fases da Lua, ao afirmar que elas dependem da quantidade de luz solar que incide sobre a face voltada as Lua para a Terra. Essa observação simples ajudou a tirar a astronomia do campo dos mitos e trouxe uma explicação mais próxima do pensamento científico. Aristóteles também foi um dos primeiros defensores do modelo geocêntrico, que é o modelo que coloca a Terra no centro

do universo concepção esta que perdurou por muitos séculos. Outro ponto importante de sua contribuição foi a hipótese de que a Terra teria uma forma esférica, ele chegou a essa conclusão ao observar durante um eclipse lunar, que a sombra projetada pela Terra na Lua era arredondada, depois dessa observação, Aristóteles propôs uma explicação mais elaborada para a ocorrência dos eclipses e para a estrutura do universo como um todo (Ricardo, 2014).

Figura 20 – Aristóteles de Estagira (384–322 a.C.).

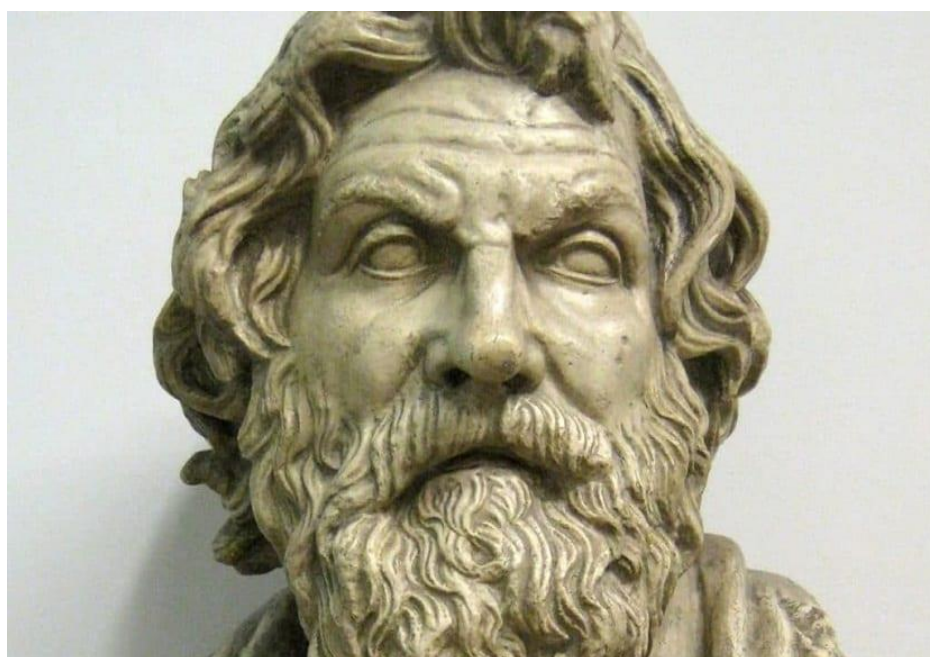


Fonte: Mark (2019).

Já no século seguinte, Aristarco de Samos (310–230 a.C.), figura 21, também deixou sua marca como um dos grandes nomes da astronomia na Grécia. Ele foi capaz de calcular o tamanho aproximado da Lua apenas observando a sombra que a Terra projetava sobre ela durante os eclipses, um feito notável para aquela época, época esta que não se tinham recursos e nem

tecnologia para tal feito, mas conseguiu com bastante aproximação. Aristarco também foi um dos primeiros a propor que o Sol, e não a Terra, seria o centro do sistema solar, lançando as bases do que mais tarde seria conhecido como modelo heliocêntrico. No entanto, sua hipótese não foi tão aceita para os estudiosos da época, que ainda estavam fortemente ligados ao paradigma geocêntrico dominante, mesmo assim, sua proposta abriu caminhos para que séculos depois, astrônomos como Copérnico e Galileu pudessem retomar com mais embasamento e comprovações, como veremos nos capítulos seguintes (Brennan, 2003).

Figura 21 - Aristarco de Samos (310–230 a.C.).



Fonte: Portillo (2025).

Eratóstenes de Cirere foi um dos grandes nomes da ciência na Grécia Antiga e deixou uma contribuição notável para a astronomia e também para a geografia. Atuando como bibliotecário na famosa biblioteca em Alexandria, ele se destacou por ter sido o primeiro a calcular, com grande precisão, a circunferência da Terra

utilizando apenas observações simples e conceitos de trigonometria que já se sabiam naquela época.

Eratóstenes de Cirere (276-194 a.C.), figura 22, em um dia de solstício de verão percebeu que o Sol estava exatamente a pino em Siena, no sul do Egito, ou seja, seus raios incidiam perpendicularmente sem projetar sombra dentro de um poço profundo da cidade. Ao mesmo tempo, em Alexandria, o Sol formava um ângulo de aproximadamente sete graus com a vertical, diferentemente do que ocorria em Siena. Com base nessa diferença, Eratóstenes concluiu que a variação se devia à curvatura da superfície da Terra entre as duas cidades, ou seja, foi também um dos primeiros a comprovar que a Terra não é plana (Brennan, 2003).

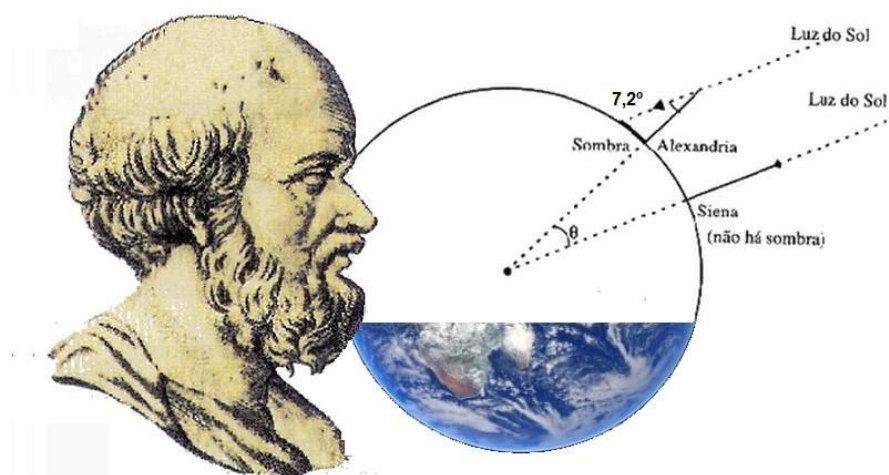
Figura 22 - Eratóstenes de Cirere (276-194 a.C.).



Fonte: Escudero (2024).

Partindo do princípio de que a Terra era esférica e que sua curvatura era uniforme, ele percebeu que, conhecendo a distância entre Siena e Alexandria que naquela época se media em estádios e que se estimava em cerca de 800 quilômetros, seria possível calcular a circunferência total do planeta, figura 23. Aplicando conceitos de geometria e proporção, chegou a um valor de pouco mais de 40 mil quilômetros para a circunferência da Terra, um valor bastante preciso para as medições de atualmente, mostrando assim o quanto a astronomia da Grécia Antiga era avançada e baseada em observações meticulosas e raciocínio lógico mesmo sem tecnologia e recursos avançados pois não se tinha naquela época (Brennan, 2003).

Figura 23 – Método de Eratóstenes para o cálculo da circunferência da Terra.



Fonte: Freitas (2020).

Para aqueles que possuem um interesse a mais em interpretar quais as habilidades e os métodos matemáticos da trigonometria que foram necessários para que Eratóstenes pudesse calcular a circunferência da Terra, escaneie o QR Code ao lado e acesse diretamente o



Projeto Eratóstenes publicado virtualmente pelo GEDAI - Grupo de Estudo e Divulgação de Astronomia do Intercampi do CEFET-MG.

Entre os grandes nomes da astronomia grega, destaca-se Hiparco de Niceia (190–120 a.C.), figura 24, cujas contribuições foram fundamentais para o avanço do conhecimento astronômico daquela época. Considerado por muitos cientistas o astrônomo mais importante da Antiguidade, Hiparco se dedicou à observação do céu e ao registro de dados celestes. Um de seus feitos mais notáveis foi a catalogação de mais de 850 estrelas, organizadas de acordo com suas posições e classificadas conforme o brilho que tinham, ele também foi o primeiro a identificar a direção dos polos celestes e a descobrir o fenômeno da precessão dos equinócios, que é um lento movimento do eixo da Terra que altera a posição das estrelas ao longo de milhares de anos (Ricardo, 2014).

Figura 24 - Hiparco de Niceia.



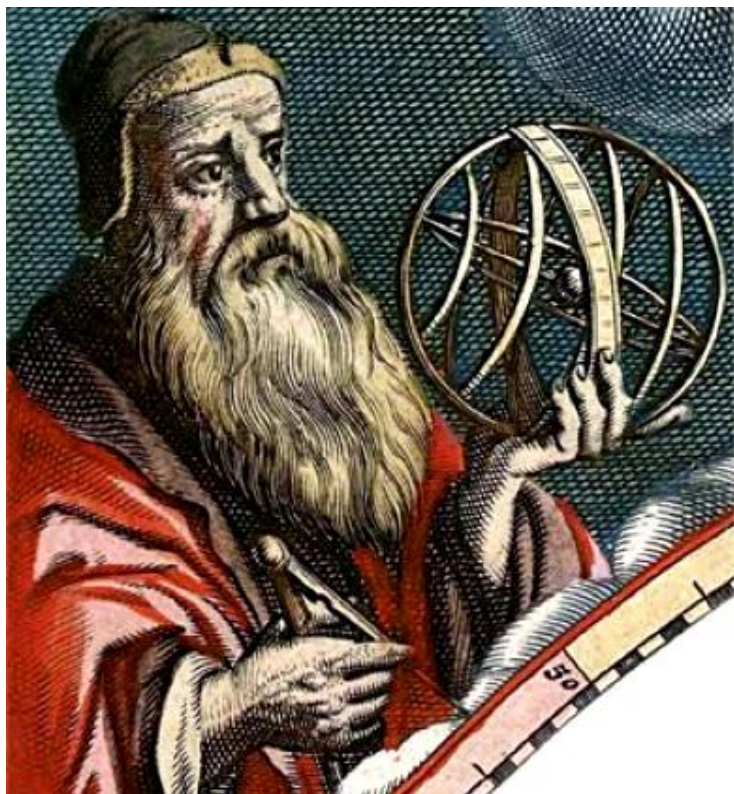
Fonte: Sufantausse, (2017).

Outro avanço impressionante proporcionado por Hiparco foi a comparação do tamanho da Terra com o da Lua, feita por meio da observação da sombra terrestre projetada durante um eclipse lunar. A partir desses dados, ele conseguiu fazer estimativas bastante precisas sobre a proporção entre os dois corpos celestes. Hiparco também calculou a duração do ano com uma margem de erro surpreendentemente pequena para sua época — apenas cerca de seis minutos em relação ao valor real. Esses feitos demonstram não apenas sua habilidade como observador, mas também sua capacidade de aplicar raciocínio matemático com uma precisão que seria retomada e aperfeiçoada séculos mais tarde (Ricardo, 2014).

Por fim, completando a exposição sobre os principais astrônomos da Grécia Antiga abordados que revolucionaram a astronomia por meio de seus estudos, destaca-se os estudos do astrônomo Cláudio Ptolomeu especialmente por suas contribuições no desenvolvimento e consolidação do modelo geocêntrico do universo.

Cláudio Ptolomeu (100–168 d.C.), figura 25, propôs o modelo geocêntrico que era uma visão na qual a Terra ocupava o centro do cosmos e os demais corpos celestes, incluindo o Sol e os planetas, orbitava ao redor da Terra em trajetórias circulares. Esse modelo, embora errado em relação as contribuições que a ciência possui atualmente, apresentava uma estrutura bem consolidada a partir do conhecimento que se tinha naquela época. Essa teoria permitia também prever o comportamento orbital dos planetas, no entanto, foi somente após cerca de 1.700 anos que avanços na observação astronômica proporcionaram dados suficientes para contestar seriamente a concepção ptolomaica do universo (Brennan, 2003).

Figura 25 - Cláudio Ptolomeu (100–168 d.C.).



Fonte: Frazão (2025).

Apesar dessa teoria ptolomaica não ser verídica, o sistema geocêntrico proposto por Ptolomeu foi amplamente aceito por muitos séculos. Isso aconteceu porque, dentro do conhecimento disponível na época, ele conseguia oferecer uma explicação mais completa e funcional para os movimentos dos corpos celestes observados no céu.

Além do mais, vale ressaltar que as contribuições desses pensadores da antiguidade não ficaram restritas apenas à física ou à astronomia. Muitos deles também trouxeram avanços importantes em outras áreas, como a matemática, a filosofia, a geografia, entre várias outras áreas, suas ideias ajudaram a construir as bases do conhecimento e muitas tecnologias que temos atualmente o que marcaram profundamente toda a história da ciência e da astronomia como um todo principalmente na idade moderna como veremos a seguir.

Capítulo 6

A Astronomia na Idade Moderna

6 A ASTRONOMIA NA IDADE MODERNA

Com o passar dos séculos, a influência do modelo geocêntrico de Cláudio Ptolomeu esteve presente também na Idade Moderna. No entanto, mais adiante na transição para os tempos modernos, esse modelo que colocava a Terra no centro do Universo começou a ser questionado. Diversos astrônomos passaram a refutar as ideias geocêntricas, colocando outras novas formas de compreender o cosmos e os movimentos dos astros. Dentre os cientistas e astrônomos que se destacaram nesse processo de mudança se destacam Nicolau Copérnico, Tycho Brahe, Johannes Kepler e Galileu Galilei, figura 26. Onde veremos neste capítulo suas contribuições e seus trabalhos que foram fundamentais para a construção de uma nova visão acerca do universo, baseada nas observações mais precisas e métodos científicos mais avançados para essa observação.

Figura 26 - Principais astrônomos da idade média.



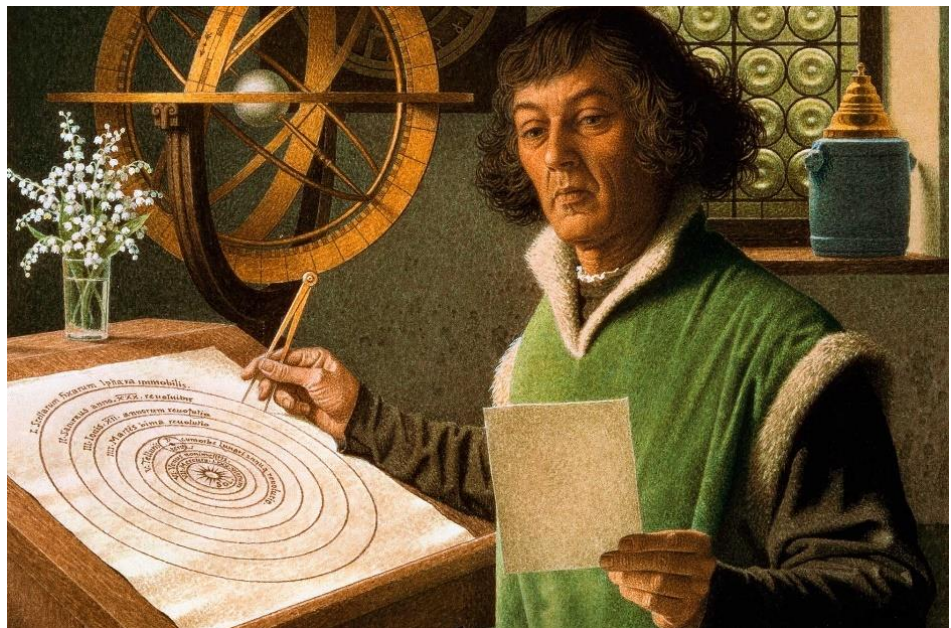
Fonte: Tebaldi (2019).

Se você tivesse um telescópio como o de Galileu, o que gostaria de observar no céu? Como acha que essas observações poderiam mudar o que as pessoas acreditavam sobre o Universo?

Nicolau Copérnico (1473–1543), figura 27, teve um papel crucial na transformação do pensamento científico daquela época ao apresentar observações e argumentos mais consolidados que colocaram em dúvida o modelo geocêntrico proposto por Cláudio

Ptolomeu. Nicolau percebeu que ao considerar o Sol como o centro do universo, e não mais a Terra, os cálculos das posições dos planetas poderiam ser calculados com maior precisão, embora essa hipótese já tivesse sido sugerida anteriormente por Aristarco de Samos, como vimos nos capítulos anteriores, foi Copérnico quem organizou e estruturou essa teoria de forma sólida, baseado em fundamentos matemáticos e científicos que davam suporte ao modelo heliocêntrico. A proposta de Nicolau desafiava diretamente a visão dominante da época, que era a visão ptolomaica, representando uma verdadeira quebra do pensamento tradicional que se tinha naquela época (Brennan, 2003).

Figura 27 – Nicolau Copérnico (1473–1543).



Fonte: Kowalczyk (2023).

Entre as contribuições mais relevantes de Copérnico está a reordenação dos planetas em relação ao Sol. Em sua nova estrutura do sistema solar, os planetas foram posicionados na seguinte ordem: Mercúrio, Vênus, Terra (com a Lua orbitando-a), Marte, Júpiter e Saturno. Esse modelo substituiu a antiga ideia de que a Terra permanecia imóvel no centro do universo e oferecia

uma explicação mais precisa para os movimentos orbitais observados dos corpos celestes (Brennan, 2003).

O modelo proposto por Copérnico também trouxe respostas para questões que, até então, intrigavam os astrônomos como o estranho comportamento de alguns planetas no céu, como por exemplo o chamado movimento retrógrado de Marte, que é o mesmo que acontece com outros planetas como o caso de Júpiter e Saturno. O movimento retrógrado é o fenômeno em que esses planetas aparecem no céu se movimentando, e em um determinado tempo, começa a se mover para trás no céu noturno, como mostra a figura 28. De acordo com a explicação copernicana, isso acontece porque a Terra, ao orbitar o Sol em uma trajetória mais interna e rápida do que a desses planetas, ocasionalmente os ultrapassa. Esse movimento de ultrapassagem cria, para quem observa da Terra, a ilusão de que os planetas estão se movendo no sentido contrário (Brennan, 2003).

Figura 28 – Movimento Retrógrado de Marte.



Fonte: SPACETODAY (2011).

Outro ponto importante abordado por Copérnico foi a explicação para a precessão dos equinócios, que é um fenômeno que envolve a mudança gradual na posição das estrelas em

relação às estações do ano. Ele sugeriu que essa ocorrência se devia a um leve balanço da Terra enquanto ela gira ao redor do próprio eixo, o que representava mais um avanço na compreensão do movimento do nosso planeta dentro do sistema solar (Brennan, 2003).

O astrônomo dinamarquês Tycho Brahe (1546–1601), figura 29, se destacou por suas observações astronômicas altamente precisas, apesar das limitações tecnológicas daquela época. Embora tenha proposto um modelo que não seguia nem completamente o geocentrismo nem o heliocentrismo, Tycho ofereceu uma alternativa interessante: ele sugeriu que a Lua e o Sol orbitavam a Terra, enquanto os demais planetas orbitavam o Sol. Essa proposta, conhecida como modelo geo-heliocêntrico, acabava se contrapondo ao sistema heliocêntrico de Copérnico, que ganhava cada vez mais aceitação (Costa, 2006).

Figura 29 – Tycho Brahe (1546–1601).



Fonte: Costa (2006).

Um marco em suas contribuições foi a explosão de uma supernova por volta do século XV, que é o nome dado aos corpos

celestes surgidos após as explosões de estrelas, que nesse caso a luz dela pôde ser vista da Terra durante aproximadamente 18 meses, fato impressionante daquela época, pois era capaz de visualizar essa luz até mesmo durante o dia. Tycho ficou profundamente impressionado com o fenômeno, até então sem explicação e passou a estudá-lo. Thyco Brahe questionou se essa nova estrela estaria na alta atmosfera da Terra ou mais além, contrariando os ensinamentos aristotélicos da época, que afirmavam que os céus eram perfeitos e imutáveis, esses dogmas filosóficos que eram amplamente aceitos pela Igreja daquela época, foram diretamente desafiados por suas observações (Costa, 2006).

Johannes Kepler (1571–1630), figura 30, discípulo e sucessor intelectual de Tycho Brahe, herdou um rico acervo de anotações e dados observacionais reunidos por seu mestre. Com base nesses registros e influenciado pelas ideias de Copérnico, Kepler se dedicou à busca por leis matemáticas que pudessem explicar de forma mais precisa o movimento dos planetas.

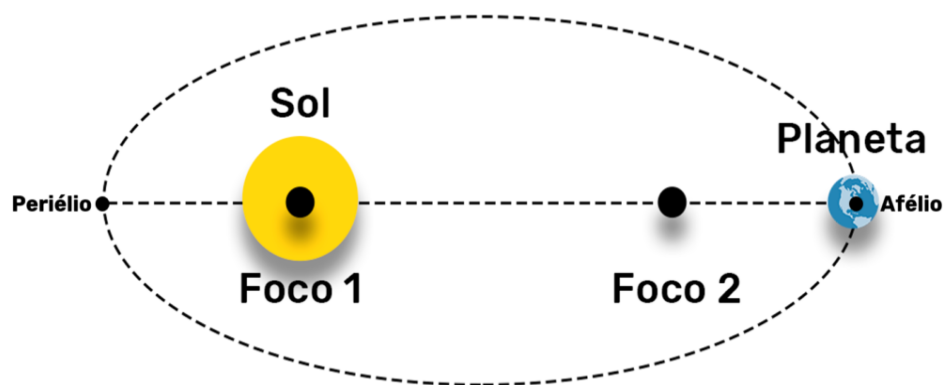
Figura 30 - Johannes Kepler (1571–1630).



Fonte: Henrique (2015).

Após anos de trabalho e cálculos cuidadosos, Kepler uma série de leis que regem os movimentos dos planetas e dos astros celestes. Primeiramente Kepler descobriu que a Terra, e os demais planetas, não se movem em órbitas perfeitamente circulares, como se acreditava até então, mas sim em trajetórias elípticas, essa conclusão originou sua primeira lei do movimento planetário que se chama Lei das Órbitas, que afirma que os planetas orbitam o Sol em elipses, com o Sol ocupando um dos focos dessa elipse, figura 31.

Figura 31 – Órbita do planeta Terra.

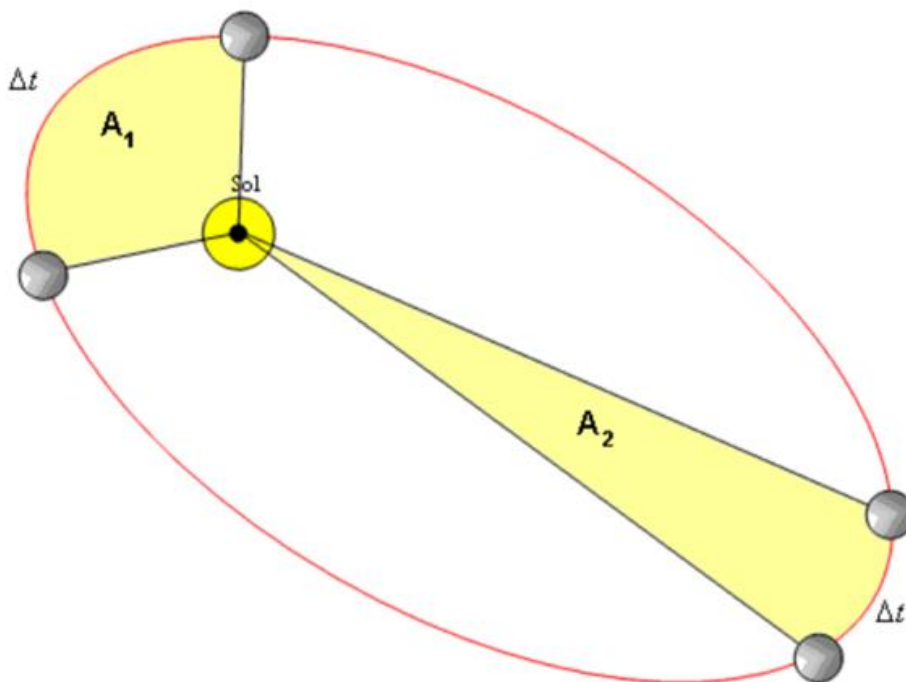


Fonte: Ribeiro (2022).

Para chegar a essa descoberta, Kepler analisou detalhadamente as posições relativas entre a Terra, Marte e o Sol. Para conseguir explicar com exatidão os dados coletados por Tycho Brahe, Kepler constatou que isso só poderia ser possível se o modelo orbital dos planetas fosse baseado em órbitas elípticas. A partir disso, ele estendeu seus cálculos aos demais planetas conhecidos, realizando um trabalho que foi e ainda é atualmente considerado monumental, principalmente diante das limitações matemáticas que se tinham naquela época (Brennan, 2003).

Kepler também percebeu que os planetas não se movem a uma velocidade constante, ou seja, ao longo de sua órbita a velocidade de rotação muda, essa observação o levou à formulação de sua segunda lei chamada Lei das Áreas que diz que a linha imaginária que liga o Sol a um planeta varre áreas iguais em tempos iguais, figura 32. Ou seja, quando o planeta está mais próximo do Sol, ele se move mais rapidamente e em contrapartida quando está mais distante, sua velocidade diminui. Isso garante que, mesmo com essa variação de velocidade, a área percorrida em intervalos iguais de tempo permaneça constante.

Figura 32 – Lei dos períodos de Kepler.



Fonte: SOFISICA (2008).

Por fim, Kepler estabeleceu sua terceira lei, chamada de Lei dos Períodos, que descreve uma relação matemática entre a distância média de um planeta ao Sol e o tempo que ele leva para completar uma volta ao redor do astro. Segundo essa lei, Kepler definiu matematicamente que o cubo da distância média é proporcional ao quadrado do período orbital. De forma simplificada,

essa relação é válida para todos os planetas, independentemente de sua posição no sistema solar (Brennan, 2003).

Essa expressão matemática encontrada por Johannes Kepler pode ser definida matematicamente como:

$$T^2 \propto R^3 \quad (1)$$

Onde T representa o período orbital e R a distância média do planeta ao Sol.

Isaac Newton, posteriormente, demonstrou que essa relação descrita por Kepler podia ser deduzida a partir da Lei da Gravitação Universal. Assim, obteve-se a forma completa da terceira lei:

$$T^2 = \frac{4\pi^2}{GM} \cdot R^3 \quad (2)$$

Onde T é o período orbital, R a distância média do planeta ao Sol, G é a constante gravitacional universal e M é a massa do Sol.

Para aqueles que possuem um interesse a mais em interpretar como ocorreu a demonstração completa da equação que envolve a Terceira Lei de Kepler, conhecida como a Lei dos Períodos, de uma forma mais abstrata, com uma linguagem mais empírica e a dedução equivalente a partir da Lei da Gravitação Universal de Isaac Newton, escaneie o QR Code ao lado e acesse diretamente a dissertação: As Leis de Kepler sob o Ponto de Vista da Teoria da Gravitação Universal de Newton do Prof. Rafael Augusto Duarte Guimarães e do Prof. Dr. Arthur da Costa Almeida da Universidade Federal do Pará – UFPA.

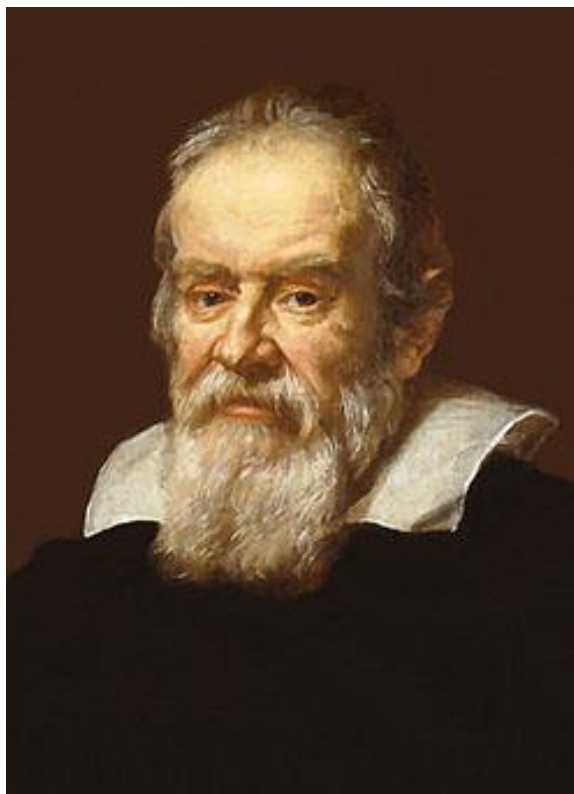


Em momentos posteriores, Galileu Galilei (1564–1642), figura 33, matemático, físico e filósofo italiano, foi contemporâneo

de Johannes Kepler e é amplamente reconhecido como um dos principais precursores da ciência moderna. Seu trabalho revolucionou a compreensão dos movimentos dos corpos celestes como também do estudo envolvendo a Terra. Utilizando um telescópio construído por ele, Galileu Galilei realizou observações que mudaram profundamente a visão do Universo. Entre suas descobertas, se evidencia a observação por meio de seu telescópio a presença de montanhas e crateras na superfície da Lua, ele observou também as quatro maiores luas de Júpiter conhecidas como Io, Europa, Ganimedes e Calisto. Galilei observou também as manchas solares, há relatos que ele ficou cego no fim de sua vida devido as observações que ele fazia em seu telescópio, no entanto, não há evidência científica definitiva de que a cegueira de Galileu foi causada diretamente pela observação do Sol. Através de seu telescópio ele estudou ainda as fases de Vênus, que ofereciam evidências concretas em favor do modelo heliocêntrico proposto por Nicolau Copérnico (Brennan, 2003).

Ao defender publicamente o modelo do heliocentrismo, que colocava o Sol no centro do sistema e não a Terra, Galileu entrou em conflito direto com a Igreja Católica, que ainda sustentava a visão geocêntrica como dogma. Acusado de heresia, foi julgado pela santa Inquisição. A igreja da época defendia fortemente a ideia do geocentrismo, pois para ela Deus criou o homem e o universo, e como o homem habita na Terra, logo a Terra seria o centro do universo, qualquer um que pudesse discordar dessas ideias poderia ser acusado de heresia. Já em idade avançada, Galileu Galilei enfrentou um julgamento sob forte pressão, foi forçado a renegar suas ideias científicas a fim de não ser condenado a morte. Como punição, foi condenado à prisão domiciliar, onde permaneceu isolado até o fim de sua vida. Durante esse período, a publicação de suas obras foi censurada, impedindo a divulgação de seus estudos e contribuições (Brennan, 2003).

Figura 33 - Galileu Galilei (1564–1642).



Fonte: (Ribeiro, 2014).

Giordano Bruno (1548–1600), figura 34, filósofo e cosmólogo italiano, destacou-se no período do Renascimento como uma das figuras mais inovadoras do pensamento cosmológico. Foi influenciado pelas ideias de Nicolau Copérnico, e estudou fortemente o heliocentrismo, propôs uma visão de um universo infinito, um dos primeiros a defender essas ideias, universo este sem centro e imenso. Ele defendia que o Sol era apenas mais uma estrela entre as inúmeras outras espalhadas pelo universo, cada uma podendo possuir seus próprios planetas. Essa concepção rompia com os modelos tradicionais da astronomia de Aristóteles e Ptolomeu, nos quais o universo era finito e ordenado em esferas celestes concêntricas. Para Bruno, o mundo era vasto e infinito e isso era uma manifestação direta de Deus, para ele existia uma associação direta entre a ciência e a espiritualidade (Silva, 2024).

Figura 34 - Giordano Bruno (1548–1600).



Fonte: Peron (2023).

No entanto, as ideias de Giordano Bruno foram vistas com bastante aversão pela Igreja Católica, não apenas por desafiar os dogmas cosmológicos estabelecidos, mas também por suas crenças consideradas heréticas que ele possuía na época. Em 1592, ele foi preso pela Inquisição e submetido a um longo julgamento, nesse julgamento ele se recusou a se reivindicar de suas crenças filosóficas e cosmológicas, mesmo com diversos padres tentando convencê-lo de renegar seu pensamento, mas lutou firme e não renegou suas ideologias. Após oito anos de cárcere e diversos interrogatórios ao longo desse período, Giordano Bruno foi condenado por heresia e executado em 1600, sendo queimado vivo em uma praça, em Roma. Sua morte marcou fortemente a ciência daquela época até os dias atuais, pois a liberdade de expressão e a liberdade intelectual de suas ideias foram negadas com tamanha resistência. O legado de Bruno ultrapassou todo o seu período e é lembrado até os dias atuais pois Giordano na cosmologia moderna é como um astrônomo que teve a coragem de defender ideias inovadoras sobre o universo, mesmo diante da ameaça do clero daquela época(Silva, 2024).

Como visto neste capítulo, a astronomia na idade moderna passou por uma grande transformação comparados a outros períodos da antiguidade. Esse período foi impulsionado pelo espírito motivador da descoberta de diversos fenômenos que aconteciam e ainda não tinha explicação cabível, pela valorização da observação dos astros e pelo avanço de algumas tecnologias, como por exemplo a invenção do telescópio. A obra de Nicolau Copérnico, marcou um divisor de águas, uma quebra de rupturas ao propor o modelo heliocêntrico, no qual o Sol, e não a Terra, ocupa o centro do sistema solar. Essa nova concepção copernicana representou uma verdadeira revolução da ciência e da astronomia como um todo, pois essas concepções desafiavam séculos de tradição aristotélica e ptolomaica, que acreditavam fortemente no geocentrismo e que era sustentada pela Igreja, que era um órgão que tinha bastante influência na época. Além de Copérnico, outros astrônomos como Tycho Brahe, realizou diversas observações bastante precisas sem o uso de telescópio, e Johannes Kepler posteriormente, de posse dessas observações de Tycho formulou as leis do movimento planetário, que contribuiu de forma bastante evidente para consolidar uma nova base para a astronomia.

No entanto, diversos astrônomos e pensadores pagaram um preço bastante alto por romper com os dogmas estabelecidos da época. Como visto, as contribuições e os estudos de uma vida advindo e originado por Galileu Galilei e por Giordano Bruno, abriram um mundo de respostas acerca do pensamento astronômico, acerca de respostas principalmente dos movimentos planetários que possuíam diversas indagações que a partir do sistema geocêntrico não tinha respostas cabíveis sobre essas perguntas, mas a partir das teorias advindas da idade moderna tanto por Galilei quanto por Giordano acerca do heliocentrismo e da constituição do universo, no entanto, essas ideias divergiram diretamente com a doutrina e concepções da igreja na época, o que

levaram a renunciar de todas as suas ideias, acabar sendo preso por isso ou a pagar com sua própria vida.

Esses episódios mostram fortemente o intenso conflito entre ciência e religião que marcou a transição desde o pensamento antigo para a ciência moderna que conhecemos atualmente, revelando o custo humano que foram envolvidos nesse cenário em prol da luta pela liberdade intelectual e pelo conhecimento científico que por muitas vezes levaram-se séculos para serem construídos. A ciência é feita dessa forma, lutas, conquistas, derrotas, refutações até chegarem na estrutura sólida dos conceitos que a ciência acredita de mais atual, várias etapas, vários métodos, várias hipóteses são lançadas e testadas ao longo de todo esse processo, e todas essas etapas foram de suma importância para o desenvolvimento das principais tecnologias que a sociedade possui atualmente. Os cientistas e astrônomos da antiguidade, seus estudos e suas dedicações precisam sempre ser valorizadas e exaltadas, pois seus trabalhos serviram e servem ainda nos dias atuais de base para o estudo da nova ciência e da nova astronomia que são desenvolvidas na atualidade.

Como veremos no capítulo a seguir, a astronomia atual desempenha um papel fundamental na compreensão do universo e no avanço da ciência e da tecnologia. Com o auxílio de telescópios potentes, satélites espaciais, sondas e supercomputadores, os astrônomos modernos conseguem observar fenômenos que ocorrem a bilhões de anos-luz de distância. Essa ciência permite investigar desde os corpos celestes do nosso Sistema Solar até galáxias distantes, buracos negros, e de diversos fenômenos que acontecem no universo, a resposta para esses fenômenos intrigantes e misteriosos trazem pistas sobre os primeiros instantes e como se desenvolveu a origem do universo.

Capítulo 7

Uma Introdução a Nova Astronomia

7 UMA INTRODUÇÃO A NOVA ASTRONOMIA

A astronomia moderna é resultado de séculos de observação, curiosidade humana e revoluções científicas. A partir da idade moderna, com diversos pensadores da astronomia e da ciência: como Copérnico, Galileu, Giordano e Kepler, iniciou uma transformação bastante abrangente na compreensão do cosmos e do universo.

O que mudou na forma de estudar o céu com a chegada de telescópios e novas teorias?

Será visto neste capítulo uma introdução dos tópicos mais pertinentes da vasta e grandiosa astronomia nova e moderna, visando sempre destacar o seu surgimento, sua evolução, as suas concepções passadas, relatando algumas teorias de forma breve e introdutória, mostrando alguns instrumentos tecnológicos que revolucionaram o estudo da atual astronomia, abordando alguns corpos celestes e o sistema solar, a descoberta da expansão do universo e a busca por exoplanetas, visando destacar com maior abrangência as principais características existentes na nova astronomia.

Um dos marcos da astronomia moderna foi a criação de diversos instrumentos que pudessem estudar os astros celestes com maior precisão e qualidade, dentre a criação desses instrumentos, se destacou o lançamento de telescópios, como o Telescópio Espacial Hubble, figura 35, no ano de 1990. O telescópio fica posicionado fora da atmosfera terrestre, o que permite diversas observações mais nítidas e detalhadas do universo, algo bastante satisfatório, pois quando se compara a um telescópio localizado no planeta Terra, os dados acabam sofrendo influências da atmosfera terrestre, o que reflete na qualidade das imagens (Fraga, 2021).

Figura 35 - Telescópio Espacial Hubble.



Fonte: Gnipper (2019).

O telescópio Hubble funciona captando luz visível, ultravioleta e infravermelha com base nessa tecnologia, ele revelou imagens espetaculares de galáxias, nebulosas, buracos negros e supernovas, revolucionando a cosmologia e a astrofísica da atualidade. Com seus dados, os cientistas puderam observar diversas imagens dos astros celestes, como mostrado na figura 36, dentre essas imagens capturadas pelo telescópio se encontram galáxias extremamente antigas, nascimento e morte de estrelas, corpos do sistema solar e confirmar a expansão acelerada do universo, dentre vários outros, o que contribuiu para melhorar a estimativa da idade do universo (Fraga, 2021).

Figura 36 – Aglomerado de galáxias capturada pelo telescópio Hubble.



Fonte: NASA (2025).

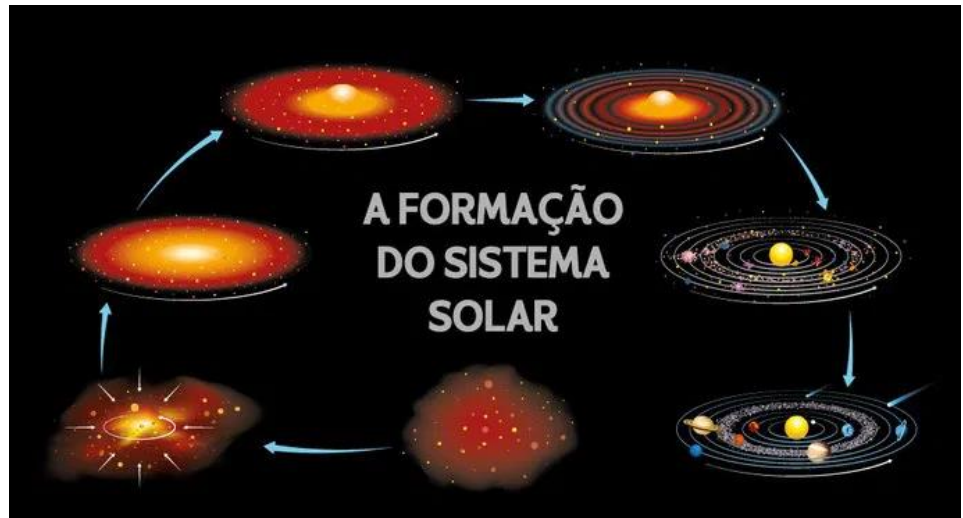
Para mais imagens em altíssimas qualidades, escaneie o QR Code ao lado e acesse diretamente o site oficial da NASA - National Aeronautics and Space Administration, onde se encontra o repositório com todas as imagens de todas as missões que ao longo desse tempo foram capturadas pelo Telescópio Hubble e toda sua história de construção e operação no espaço sideral.



Com base em dados do Hubble e de outros observatórios, os astrônomos identificaram que o universo está em expansão acelerada. Isso levou à ideia de que o universo possui um tipo de energia que propicia para essa expansão, por ser um tipo de energia misteriosa e que até então não se tem uma explicação cabível sobre ela, por esse fato ela foi denominada como energia escura. Essa energia escura compõe cerca de 70% do universo e atua contrariando a gravidade que existe entre os astros massivos do universo, o estudo da expansão cósmica é uma das frentes mais ativas da astronomia contemporânea a fim de trazer uma explicação cabível acerca desse fato (Silva; Macêdo, 2021).

A nova astronomia também estuda a origem do nosso sistema planetário. A hipótese mais aceita é a da nebulosa solar há cerca de 4,5 bilhões de anos a nebulosa era uma enorme nuvem de gás e poeira que entrou em colapso gravitacional, formando um disco em rotação, figura 37. No centro, formou-se o Sol, nos arredores a matéria se agrupou em planetas, luas, asteroides e cometas. Estudar esse processo muitas das vezes complexo, ajuda a entender também como outros sistemas planetários se formaram em torno de outras estrelas distantes (Castilho, 2013).

Figura 37 – Representação gráfica da origem do Sistema Solar.



Fonte: Castilho (2013).

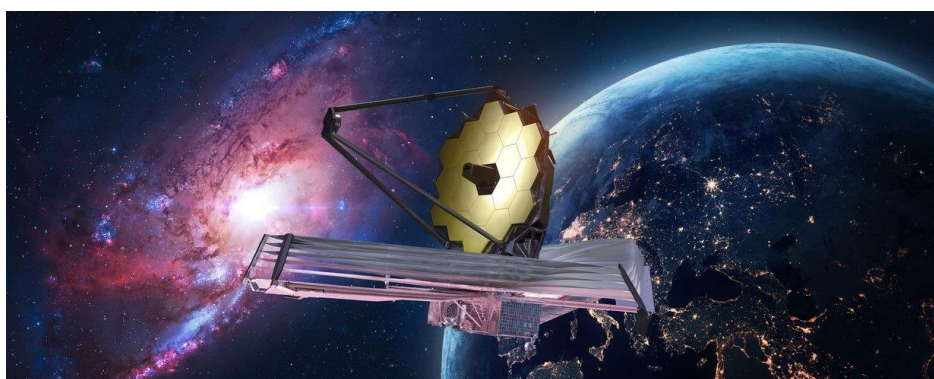
O Sistema Solar é composto por oito planetas principais e outros diversos corpos celestes, como por exemplo, planetas anões, asteroides, cometas e luas. Os asteroides se concentram principalmente no Cinturão de Asteroides, entre Marte e Júpiter. Já os cometas são corpos gelados que se originam das regiões mais externas, como a Nuvem de Oort ou o Cinturão de Kuiper, durante sua órbita quando se aproximam do Sol, o gelo dos cometas sublima e forma uma cauda brilhante. Esses diversos corpos celestes fornecem diversas pistas sobre os primórdios do sistema solar e serão estudados com maior abrangência no próximo capítulo por meio de Realidade Virtual (Castilho, 2013).

Durante todo o estudo da astronomia ao longo dos séculos, várias teorias foram desenvolvidas a fim de tentar explicar diversos fenômenos que até então não se tinha uma devida explicação, muitas dessas teorias formuladas foram explicadas com base na mecânica clássica, já outras foram desenvolvidas a partir das concepções modernas da astronomia. A teoria da relatividade, por exemplo, proposta por Albert Einstein, é um exemplo dessas teorias, pois de forma mais simplificada, essa teoria mudou profundamente o entendimento do estudo da gravidade até então. Ao contrário da visão de Newton, que tratava a gravidade como

uma força invisível entre dois corpos, Einstein, por outro lado, a descreveu como uma curvatura do espaço-tempo que era causada pela massa dos corpos celestes. Ou seja, objetos como estrelas e planetas deformam o espaço-tempo ao seu redor e outros corpos se movem nessa geometria curva, essa ideia foi confirmada por diversas observações e experimentos, como por exemplo o desvio da luz de estrelas durante eclipses solares, observação esta que foi comprovada primeiramente aqui no Brasil, durante a observação de um eclipse na cidade de Sobral no Ceará em 1919, esse fato veio a explicar diversos fenômenos da nova astronomia que até então não se tinha uma explicação razoável acerca do fato (Andrade, 2016).

Graças aos telescópios espaciais como o Kepler e o James Webb, figura 38, foi possível detectar milhares de exoplanetas, ou seja, exoplanetas são planetas que orbitam estrelas fora do Sistema Solar, em sistemas de outras estrelas. Parte desses exoplanetas estão localizados em uma zona considerada zona habitável de suas estrelas, o que significa que podem ter condições adequadas para a existência de água líquida e, quem sabe, vida igualmente a Terra. O estudo de possíveis vidas fora da Terra faz parte também da nova astronomia (Hellerbrock, 2019).

Figura 38 – Telescópio James Webb.



Fonte: Freitas (2024).

Atualmente os cientistas não observam apenas a luz visível no céu, mas diversos observatórios emitem dados em diversas faixas do espectro eletromagnético, dentre eles no infravermelho, ultravioleta, raios-X e ondas de rádio, essas ondas eletromagnéticas hoje em dia são essências para realizar o estudo dos astros. Além disso, com a descoberta das ondas gravitacionais em 2015, abriu-se uma nova janela para o universo, permitindo detectar eventos como por exemplo a fusão de buracos negros, e isso só foi possível devido a criação de instrumentos que podem emitir ou, por outro lado, detectar esses tipos de ondas (Pelisoli, 2017)

A astronomia moderna não apenas ampliou o conhecimento humano, mas também impulsionou a construção e o desenvolvimento de diversas tecnologias. Muitos avanços na área da física como por exemplo em óptica, sensores e computação surgiram a partir das necessidades da pesquisa espacial, e isso estimulou de forma bem abrangente diversas indagações filosóficas bastante profundas, será se estamos sozinhos? De onde foi que viemos? Para onde vamos?

Essas indagações sempre foram a base da construção da ciência e da astronomia ao longo de todos esses séculos. Pôde ser visto até aqui, nesse trajeto de aprendizagem, diversos conceitos relacionados a como a astronomia surgiu e se desenvolveu, diversas características, como, por exemplo, a influência da cultura e das concepções de certos povos proporcionaram e provocaram no pensamento científico, o retrato das dificuldades enfrentadas perante as autoridades da época para poder proporcionar o conhecimento astronômico, todos esses aspectos revolucionaram a forma de se pensar, a forma de se observar e a forma de criar diversos instrumentos capazes de realizar uma investigação de um determinado fenômeno com maior profundidade. A nova astronomia, por sua vez, representa uma nova era na exploração do cosmos, baseada em teorias revolucionárias como a

relatividade, em instrumentos como o Telescópio Hubble e em conceitos como energia escura e exoplanetas, ela transforma nosso entendimento do universo. Pois mais que muitas perguntas ainda permaneçam sem resposta, o caminho da ciência nos conduz a descobertas cada vez mais surpreendentes. Isso é fato na ciência e na astronomia, pois por mais que seja impossível desvendar todos os mistérios do universo, é perfeitamente possível que muitos aspectos ainda sejam revelados, como já ocorreu ao longo de toda a história da astronomia. A astronomia atual é, portanto, não apenas uma ciência do espaço, mas também uma forma de compreendermos um pouco o nosso lugar no cosmos.

Dessa forma, a astronomia ultrapassa os limites da observação celeste e se firma como uma das ciências mais inspiradoras e transformadoras da humanidade até então. Ao unir o legado dos povos antigos com as descobertas modernas, ela continua a nos impulsionar a questionar, a investigar e a buscar sentido no vasto universo que nos rodeia. Cada avanço, por menor que pareça, contribui imensamente para uma compreensão mais ampla de quem somos, de onde viemos e para até onde podemos ir.

Capítulo 8

A Realidade Virtual
como Ferramenta
Didática para o Estudo
do Sistema Solar

8 A REALIDADE VIRTUAL COMO FERRAMENTA DIDÁTICA PARA O ESTUDO DO SISTEMA SOLAR

Ao longo da história da educação no Brasil, o ensino de Astronomia tem enfrentado diversos desafios, dentre eles, se destaca o desafio de explicar conceitos mais complexos utilizando recursos limitados. O Sistema Solar, por exemplo, envolve escalas gigantescas de distâncias, comparadas as escalas vivenciadas no cotidiano, como também do movimento e proporção que são difíceis de representar em modelos físicos simples ou por meio de apenas imagens planas que estão disponíveis nos livros didáticos.

Você já imaginou poder viajar pelo Sistema Solar sem sair da sala de aula? Como você acha que os óculos de Realidade Virtual podem ajudar a explorar planetas, luas e outros astros de forma imersiva e realista?

No entanto, com o avanço da tecnologia atual, novos recursos pedagógicos foram desenvolvidos e um dos mais promissores é o uso da Realidade Virtual (VR) como ferramenta didática para o estudo dos corpos celestes, do sistema solar, ou seja, da astronomia como um todo. A Realidade Virtual tem o potencial de transformar a forma como os estudantes aprendem sobre o espaço sideral, permitindo uma imersão interativa e envolvente em um ambiente tridimensional digitalmente criado por meio da Realidade Virtual, com isso, os conceitos relacionados a astronomia como por exemplo os astros do Sistema Solar, pode ser explorado de maneira muito mais realista, significativa observando consequentemente a maioria das suas características.

A Realidade Virtual consiste na criação de ambientes digitais que simula diversas experiências reais ou até imaginárias, dentre essas experiências, o usuário pode interagir através de dispositivos como óculos VR, como visto na figura 39, sensores de movimento e controles manuais.

Figura 39 – Óculos de Realidade Virtual (VR).



Fonte: Própria autoria (2025).

Diferente da Realidade Aumentada (AR), que apenas insere elementos digitais no mundo físico, por outro lado, a Realidade Virtual transporta completamente o usuário para um novo universo tanto visual quanto sonoro, por meio da utilização de um aplicativo educacional que neste caso envolve a astronomia em conjunto com um óculos VR, o estudante pode por exemplo, viajar pelo espaço, aproximar-se virtualmente dos planetas, observar suas características, suas órbitas, suas luas, além de assistir à movimentação dos corpos celestes em tempo real ou acelerado, tudo isso sem sair do ambiente de aprendizado (Netto; Machado; Oliveira, 2002).

O aplicativo recomendado para auxílio do estudo do sistema solar, é o *Solar System Scope Vr*, um aplicativo bem completo no que diz respeito as simulações, a qualidade de imagem e a facilidade de operação, e que pode ser usado de forma gratuita. Aplicativo este que está disponibilizado e pode ser baixado tanto para dispositivos iOS na App Store quanto para dispositivos Android no Qrcode ao lado e disponível também na Google Play Store.



A construção do óculo VR é projetada por meio de princípios da física e seu funcionamento é baseado por meio da Óptica. Os óculos possuem duas lentes convergentes, uma para cada olho, como visto na figura 40, essas lentes são posicionadas entre os olhos da pessoa que está utilizando e a tela interna do dispositivo, que em nosso caso é utilizado um aparelho celular.

Figura 40 – Lentes convergentes presentes nos óculos VR.

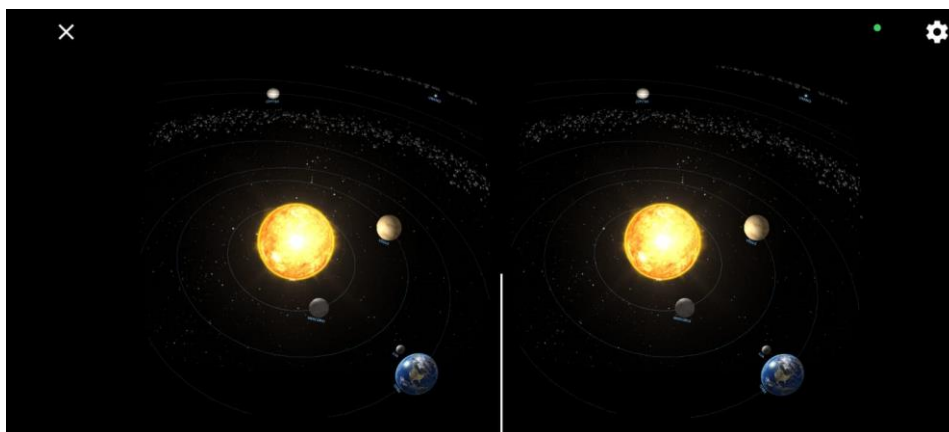


Fonte: Própria autoria (2025).

Geralmente o dispositivo que em nosso caso é o aparelho celular exibe duas imagens ligeiramente diferentes, uma para o olho esquerdo e outra para o direito, essas imagens projetadas são produzidas pelo aplicativo de simulação de Realidade Virtual, como idealizado na figura 41. Esse arranjo simula a visão binocular humana, criando a sensação de profundidade e de um ambiente tridimensional. As lentes atuam ampliando e ajustando o foco das imagens, no entanto, mesmo que essas imagens estejam muito próximas dos olhos, elas são percebidas como estando a uma distância confortável devido o uso das lentes. O efeito conhecido como estereoscópico gerado pelas diferenças entre as duas imagens promove a ilusão que a pessoa esteja imersa, permitindo que o usuário se sinta inserido em um ambiente virtual com

percepção bastante realista de espaço, distância e principalmente profundidade (Ávila; Reis; Bressan, 2019).

Figura 41 – Duas imagens vistas do aplicativo Solar System Scope VR.

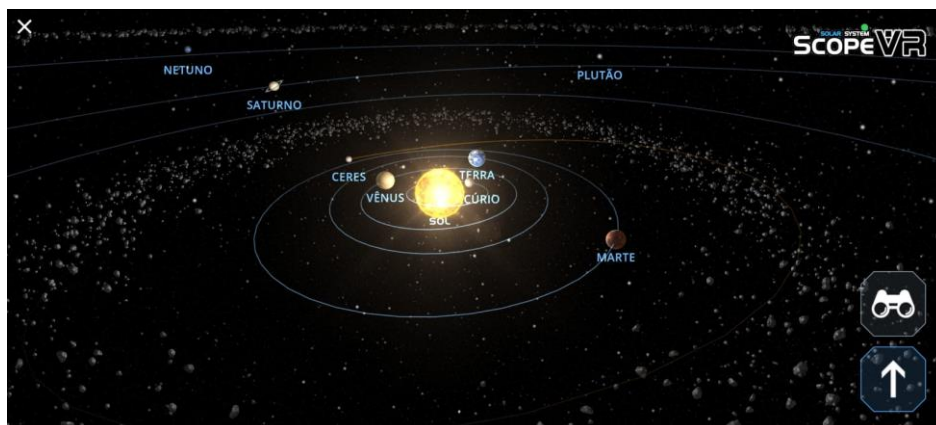


Fonte: Imagem capturada pelo autor no aplicativo Solar System Scope VR (2025).

Uma das primeiras relações acerca do sistema solar que o usuário perceberá ao utilizar o óculos de Realidade Virtual, é constatar duas principais teorias da astronomia estudadas, dentre elas a primeira retratada é a teoria do heliocentrismo, que foi elaborada antigamente por estudos de diversos astrônomos da antiguidade, teoria esta que coloca a Sol no centro do sistema solar e que os demais astros orbitam o Sol a partir da primeira Lei de Kepler, que retrata que todos os astros como a Terra, os asteroides e os outros planetas, descrevem órbitas elípticas em torno do Sol.

Uma outra relação notada pelo usuário dos óculos de Realidade Virtual, é a constatação da ordenação detalhada dos 8 planetas, figura 42, que contemplam o sistema solar, podendo notar suas diferenças entre gasosos e rochosos, sua estrutura e imensidão, como também suas principais características individuais.

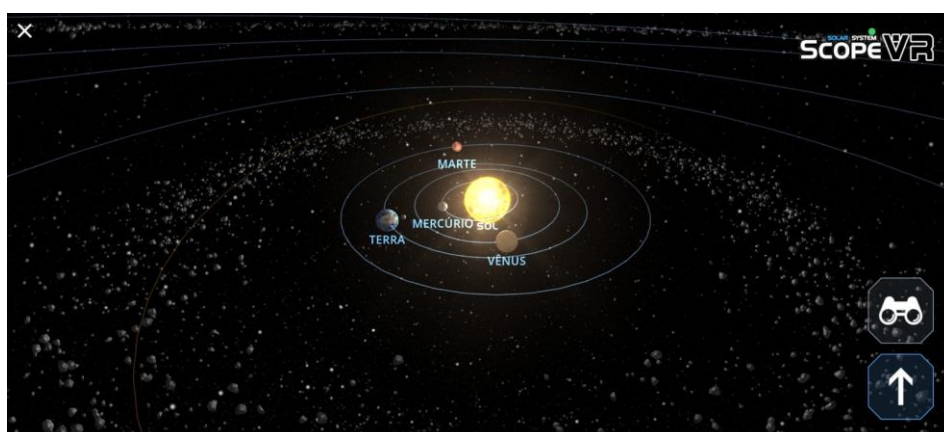
Figura 42 – Sistema solar com a devida ordenação dos planetas.



Fonte: Imagem capturada pelo autor no aplicativo Solar System Scope VR (2025).

Pela simulação de Realidade Virtual, pode-se evidenciar de forma bastante precisa a estrutura dos planetas de forma mais detalhada e esquematizada, onde os planetas rochosos estão localizados entre o Sol e o Cinturão de Asteroides, figura 43, cuja ordenação se caracteriza na sequência por Mercúrio, Vênus, Terra e Marte. Assim como Copérnico já tinha definido em suas antigas observações.

Figura 43 – Planetas Rochosos.

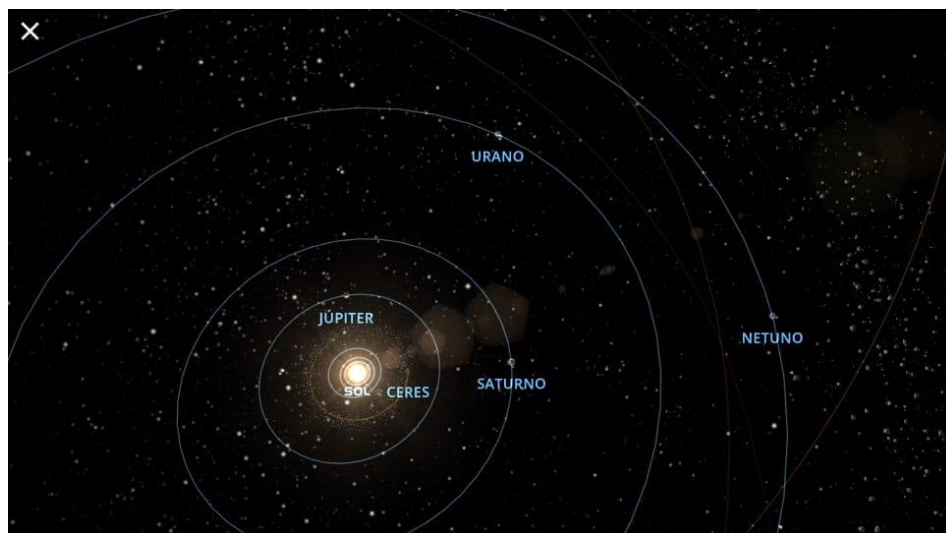


Fonte: Imagem capturada pelo autor no aplicativo Solar System Scope VR (2025).

Já os planetas considerados gigantes gasosos, figura 44, como: Júpiter, Saturno, Urano e Netuno, estão localizados entre o

cinturão de asteroides que é o cinturão mais próximo do Sol e o cinturão de Kuiper que é o cinturão mais afastado do Sol que pode ser visualizado pelo simulador.

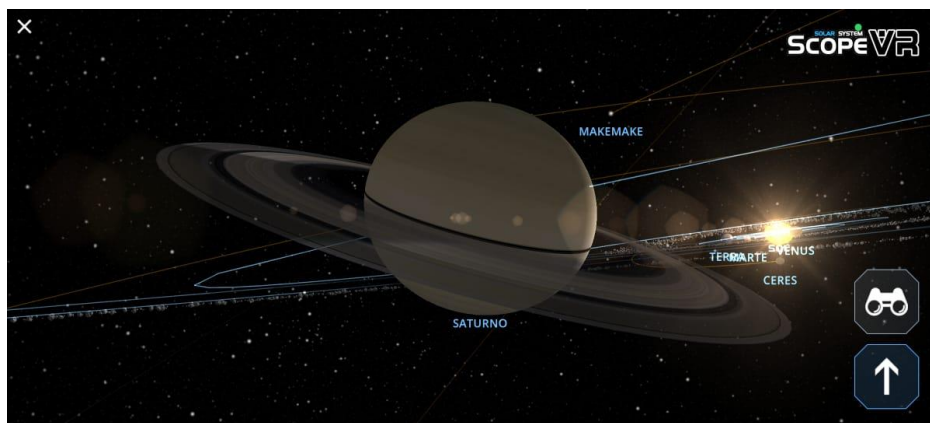
Figura 44 – Planetas Gasosos.



Fonte: Imagem capturada pelo autor no aplicativo Solar System Scope VR (2025).

A simulação com os óculos VR proporciona também uma imersão voltada ao estudo dos aspectos individuais de cada planeta, tudo isso vivenciado de forma realista e imersiva, permitindo observar suas características físicas, posições e comportamentos no espaço. No caso do planeta Saturno, por exemplo, é possível visualizar seus fascinantes anéis que são compostos por gelo e rochas, e que são destacados de forma grandiosa na experiência virtual, figura 45. Através da Realidade Virtual, o usuário pode perceber não apenas a dimensão desse planeta gasoso, mas também compreender sua composição atmosférica, formada principalmente gases como o hidrogênio e o hélio. A visualização tridimensional favorece a compreensão do posicionamento de Saturno no sistema solar, sua rotação acelerada e sua relação com os demais corpos celestes, oferecendo uma experiência educativa e bastante enriquecedora.

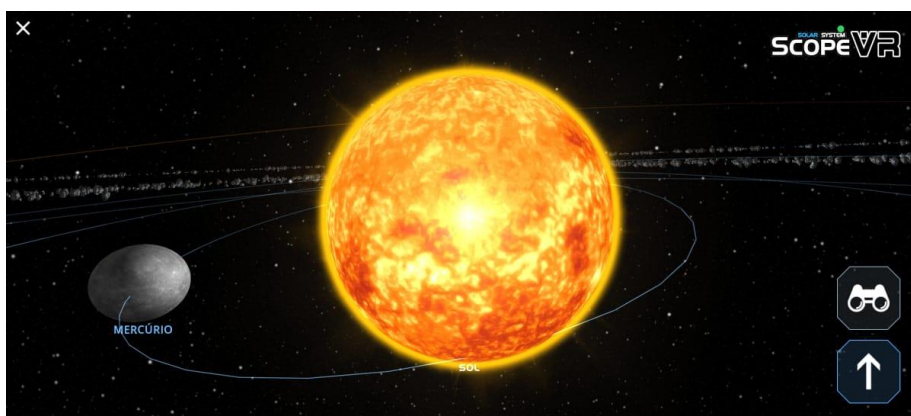
Figura 45 – Aspectos individuais do planeta Saturno.



Fonte: Imagem capturada pelo autor no aplicativo Solar System Scope VR (2025).

A simulação em Realidade Virtual não se limita apenas aos planetas, ela proporciona também uma vivência impactante com os outros corpos celestes presentes no Sistema Solar. Dentre eles, o Sol, que é apresentada em escala visual impressionante, figura 46, emitindo luz e calor que são bastantes visíveis na simulação. Através do aplicativo, o usuário pode se aproximar do Sol e observar detalhes como por exemplo as manchas solares, tendo a possibilidade de compreender assim melhor o papel fundamental dessa estrela na manutenção da vida na Terra e em toda a dinâmica orbital de todos os planetas existentes em nosso sistema solar.

Figura 46 – Aspectos individuais do Sol.



Fonte: Imagem capturada pelo autor no aplicativo Solar System Scope VR (2025).

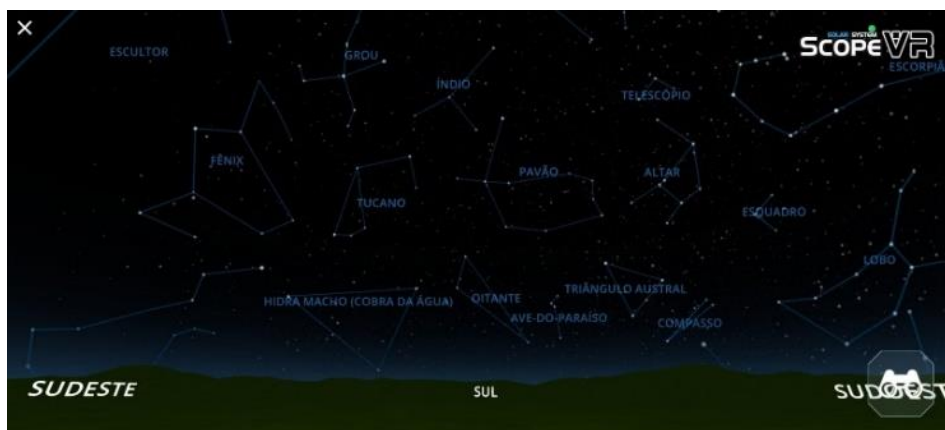
A Realidade Virtual também possibilita uma aproximação visual com a Lua, com os asteroides e os cometas, destacando sua composição rochosa ou gelada, seus movimentos e suas órbitas elípticas. O Cinturão de Asteroides, localizado entre os planetas Marte e Júpiter, é apresentado com centenas de corpos que ajudam a explicar de forma aproximada da formação do Sistema Solar. Os cometas, por sua vez, podem ser visualizados em seu movimento formando caudas de gás e poeira que são visualmente reproduzidas na simulação, oferecendo ao estudante uma experiência visualmente rica e didática sobre esses fenômenos astronômicos o que enriquece ainda mais o conhecimento dos estudantes sobre a diversidade de corpos celestes.

Por fim, a simulação permite ainda explorar também diversos planetas anões, como Plutão, Eris, Ceres, Makemake e Haumea. A inclusão desses corpos celestes na plataforma de Realidade Virtual amplia o conceito tradicional de planetas, que muitos deste eram em tempos passados considerados planetas, o que atualmente não acontece. Essa relação permite que o aluno compreenda melhor os critérios estabelecidos pela UAI - União Astronômica Internacional para definir o que é um planeta. A possibilidade de viajar virtualmente até essas regiões distantes do Sistema Solar, como o Cinturão de Kuiper, proporciona uma nova dimensão ao ensino de Astronomia, o que era antes limitada ao plano teórico em apenas livros didáticos, atualmente essa realidade é diferente, pois pode se utilizar de diversos equipamentos de imersão como os óculos de Realidade Virtual.

Além do estudo bastante aprofundado acerca do sistema solar, a simulação interativa também traz diversas representações em forma de constelações, figura 47, tais que foram estudadas fortemente desde a era da astronomia na Mesopotâmia pelos babilônios como visto no capítulo 2. Tal perspectiva mostra o quanto completo é o aplicativo de simulação virtual, pois evidencia não só

conceitos relacionados a cosmologia nova, mas traz relações com estudos advindos desde a antiguidade por meio das constelações.

Figura 47 – Constelações a partir do estudo por simulações.



Fonte: Imagem capturada pelo autor no aplicativo Solar System Scope VR (2025).

Essa experiência imersiva no mundo virtual, proporciona uma compreensão mais significativa dos conteúdos relacionados a astronomia, superando fortemente as barreiras tradicionais do ensino teórico. A visualização tridimensional dos planetas e de suas órbitas por meio dos óculos VR possibilita que o aluno perceba com mais clareza conceitos como translação, rotação, distância do Sol, inclinação dos eixos, e até mesmo fenômenos como os eclipses. Ao invés do estudante apenas ler que Júpiter é o maior planeta do Sistema Solar, ele pode visualizá-lo em escala comparativa ao lado da Terra, o que reforça a sua aprendizagem individual.

Além disso, o uso da Realidade Virtual no estudo do Sistema Solar também promove maior engajamento e motivação dos estudantes acerca do assunto proposto, especialmente para as novas gerações que já tem o hábito do uso de tecnologias digitais em seu cotidiano. Com isso, a aprendizagem deixa de ser passiva e se torna ativa, exploratória e participativa, o que contribui para o desenvolvimento de habilidades. Em atividades em grupo, por exemplo, os alunos podem compartilhar observações, levantar

hipóteses e resolver desafios astronômicos em conjunto, tudo dentro do ambiente virtual.

A simulação virtual atua como forma de aplicação prática do conhecimento, que pode ser feita por meio de roteiros pedagógicos bem estruturados, como uma visita ao Sistema Solar, onde o professor atua como mediador da experiência. O estudante coloca os óculos VR, inicia o aplicativo e passa por uma jornada interativa começando pelo Sol, passando pelos planetas rochosos, o cinturão de asteroides, os planetas gasosos, os planetas anões e objetos do cinturão de Kuiper. Durante todo o percurso, pode ouvir explicações e até interagir com simulações que demonstram as leis físicas, como a Lei da Gravitação Universal ou as Leis de Kepler como mencionado anteriormente.

Por fim, o uso da Realidade Virtual para o ensino do Sistema Solar não substitui o professor, pelo contrário, o valoriza e amplia suas possibilidades de atuação principalmente em sala de aula.

O docente torna-se um facilitador da exploração científica, o que traz subsídios necessários para estimular os alunos com uma nova postura diante do conhecimento, postura essa mais investigativa, mais curiosa e mais conectada com as possibilidades que a tecnologia oferece.

Em um mundo onde a educação precisa constantemente se reinventar, a Realidade Virtual surge como um poderoso recurso para tornar o estudo do cosmos mais acessível para a educação científica, mais vívido e acima de tudo, mais encantador. O estudo da astronomia é assim, meticuloso, instigante, mas ao mesmo tempo misterioso, são esses aspectos que proporcionaram e ainda proporciona nos dias atuais o fascínio pela astronomia e que traz à tona nossa eterna curiosidade sobre o universo, uma busca infinita por respostas que ao mesmo tempo revela o quanto ainda somos pequenos diante da imensidão cósmica.

REFERÊNCIAS

ANDRADE, Rodrigo de Oliveira. **O eclipse que confirmou a teoria de Einstein**. 2016. Disponível em: <https://revistapesquisa.fapesp.br/en/the-eclipse-that-confirmed-einsteins-theory/>. Acesso em: 30 abr. 2025.

APOLO11. **Imagens de satélite mostra as pirâmides de Gizé, no Egito**. 2007. Disponível em: https://www.apolo11.com/noticias.php?t=Imagens_de_satelite_mostra_as_piramides_de_Gize_no_Egito&id=20070214-104418. Acesso em: 16 fev. 2024.

ARIAS, Enrique Aparício. **A astronomia da China antiga e as suas descobertas**. 2024. Disponível em: <https://astroingeo.pt/constelacoes/a-astronomia-da-china-antiga-e-as-suas-descobertas/>. Acesso em: 25 abr. 2025.

ASTROFILO. **El Caracol**: o intrigante observatório maia. 3 mar. 2018. Disponível em: <https://astrofilo.wordpress.com/2018/03/03/el-caracol-o-intrigante-observatorio-maia/>. Acesso em: 16 fev. 2024.

DOUTEL. **Aula 02 - Astronomia na Mesopotâmia**, 2020. Disponível em: https://www.youtube.com/watch?v=DKPH_50RBX8. Acesso em: 14 fev. 2024.

ÁVILA, Adriana Aparecida de; REIS, Thiago Henrique dos; BRESSAN, Paulo Alexandre. **ViewDef VR**: A utilização da Realidade Virtual para exibição dos defeitos da visão. 2019. TCC - Universidade Federal de Alfenas - UNIFAL-MG, Alfenas, 2019.

BAMBA, Ali. **Egito**: Turistas vêm observar o solstício de inverno. 2013. Disponível em: <https://fr.africanews.com/2024/12/22/egypte-les-touristes-viennent-observer-le-solstice-dhiver/>. Acesso em: 22 abr. 2025.

BETZ, Eric. **Pyramids Aligned with Stars**: Ancient Egyptian Sky Secrets. In: ASTRONOMY MAGAZINE. 26 fev. 2021. Disponível em: <https://www.astronomy.com/science/are-the-egyptian-pyramids-aligned-with-the-stars/>. Acesso em: 26 abr. 2025.

BRENNAN, Richard. **Gigantes da física**: uma história da física moderna através de oito biografias. Rio de Janeiro: Revista Zahar, 2003. v. 1

CANHÃO, Telo Ferreira. **O calendário dos antigos egípcios globalizou-se**. 2022. Disponível em: <https://www.institutoportuguesderelojoaria.pt/post/o-calendário-dos-antigos-egípcios-globalizou-se>. Acesso em: 20 abr. 2025.

CANHÃO, Telo Ferreira. **O calendário egípcio**. Cultura. Revista de História e Teoria das Ideias, [s. l.], v. 23, p. 39–61, 2006.

CARAMELO, Francisco. **Os calendários mesopotâmicos, o culto e as hemerologias**. Cultura, [s. l.], v. 23, p. 77–88, 2006.

CARVALHO, Lu Dias. **China – calendário chinês e feng shui**. In: 3 jan. 2023. Disponível em: <https://virusdaarte.net/china-calendario-chines-e-feng-shui/>. Acesso em: 30 abr. 2025.

CASIO. **Quem inventou o relógio? Conheça a história do acessório**. In: BLOG CASIO. 15 set. 2023. Disponível em: <https://blogcasio.com.br/quem-inventou-o-relogio-conheca-a-historia-do-acessorio/>. Acesso em: 22 abr. 2025.

CASTILHO, Rubens. **Sistema solar: o que é, planetas, origem e características**. 2013. Disponível em: <https://www.todamateria.com.br/sistema-solar/>. Acesso em: 25 jul. 2025.

COCKCROFT, Robert; SYMONS, Sarah. **Como os antigos egípcios determinaram que o dia teria 24 horas**. 2023. Disponível em: <https://www.bbc.com/portuguese/articles/c3g41xzy0lvo>. Acesso em: 25 jul. 2025.

CORRÊA, Iran Carlos Stalliviere. **O relógio através dos tempos**. 2012. Disponível em: http://museudetopografia.ufrgs.br/museudetopografia/images/acer vo/artigos/O_relgio_atravs_dos_tempos.pdf. Acesso em: 22 abr. 2025.

COSTA, José Roberto V. **Sírius, Miss Universo**. In: astronomia no zênite. 11 jan. 2008. Disponível em: <https://zenite.nu/sirius-miss-universo>. Acesso em: 25 abr. 2025.

COSTA, José Roberto V. **Tycho Brahe**. In: astronomia no zênite. 21 jan. 2006. Disponível em: <https://zenite.nu/tycho-brahe>. Acesso em: 27 maio 2025.

COURI, Aline. **O santuário da ciência e da religião**. In: história das artes visuais 1. 6 abr. 2015. Disponível em: <https://hav120151.wordpress.com/2015/04/06/o-santuario-da-ciencia-e-da-religiao/>. Acesso em: 8 fev. 2014.

DUARTE, Marcella. **Como as pirâmides do Egito foram alinhadas? Cientista acredita ter resposta.** 2022. Disponível em:
<https://www.uol.com.br/tilt/noticias/redacao/2022/04/08/cientista-explica-o-segre-do-do-alinhamento-perfeito-das-piramides-do-egito.htm>. Acesso em: 22 abr. 2025.

DUQUE, Roger do Carmo. **Mesopotâmia.** 2021. Disponível em:
https://apppublico.com.br/educacao_ribeiraocorrente/pdf/20210618084537_HISTORIA.pdf. Acesso em: 1 jun. 2025.

ESCUADERO, Padre Francisco Gilberto Arias. **El pionero de la ciencia cuantitativa.** In: EL OPINADERO. 23 nov. 2024. Disponível em: <https://elopinadero.com.co/el-pionero-de-la-ciencia-cuantitativa/>. Acesso em: 20 maio 2025.

ETP. **Ancient Egyptian Astronomy:** Mapping the Heavens Along the Nile. 2024. Disponível em:
<https://www.egypttoursportal.com/en-us/blog/ancient-egyptian-civilization/ancient-egyptian-astronomy/>. Acesso em: 20 abr. 2025.

FERNANDES, Cecília. **História da Astronomia:** origem e curiosidades sobre o campo. 21 out. 2021. Disponível em:
<https://segredosdomundo.r7.com/historia-da-astronomia/>. Acesso em: 20 abr. 2025.

FICHAGAS. **Alinhamento Planetário com as Pirâmides de Gizé.** In: MITO + GRAPHOS. 3 dez. 2012. Disponível em:
<https://mitographos.blogspot.com/2012/12/alinhamento-planetario-com-as-piramides.html>. Acesso em: 25 abr. 2025.

FRAGA, Silvana. **Telescópio Espacial Hubble - o Espião das Estrelas.** In: ACERVO MUSEOLÓGICO DOS LABORATÓRIOS DE ENSINO DE FÍSICA. 9 set. 2021. Disponível em:
<https://www.ufrgs.br/amlef/2021/09/09/edicao-especial-telescopio-especial-hubble-o-espiao-das-estrelas/>. Acesso em: 25 jul. 2025.

FRAZÃO, Dilva. **Ptolomeu:** biografia do astrônomo e geógrafo grego. 2025. Disponível em:
https://www.ebiografia.com/claudio_ptolomeu/. Acesso em: 23 maio 2025.

FREITAS, Pedro. **Como o telescópio James Webb está mudando a maneira como entendemos o Universo - Mega Curioso.** 2024. Disponível em:
<https://www.megacurioso.com.br/ciencia/como-o-telescopio-james-webb-esta-mudando-a-maneira-como-entendemos-o-universo>. Acesso em: 1 maio 2025.

FREITAS, Jorge Francisco Martins de. **Eratóstenes de Cirene**. 2020. Disponível em: <https://www.leme.pt/magazine/grandes-cientistas-da-antiguidade/eratostenes-de-cirene/>. Acesso em: 26 maio 2025.

GNIPPER, Patricia. **Hubble 29 anos | História, curiosidades e descobertas do telescópio espacial - Canaltech**. 2019. Disponível em: <https://canaltech.com.br/espaco/hubble-29-anos-historia-curiosidades-e-descobertas-do-telescopio-espacial-137831/>. Acesso em: 30 abr. 2025.

GUIMARÃES, Rafael Augusto Duarte; ALMEIDA, Arthur da Costa. **As Leis de Kepler sob o Ponto de Vista da Teoria da Gravitação Universal de Newton**. 2018. TCC - Universidade Federal do Pará, Castanhal, 2018.

GUIARRARA, Paloma. **Cometa Halley: aparições, curiosidades - Brasil Escola**. 2023. Disponível em: <https://brasilecola.uol.com.br/geografia/cometa-halley.htm>. Acesso em: 30 abr. 2025.

HELERBROCK, Rafael. **Exoplanetas: conceito e como são detectados**. 2019. Disponível em: <https://brasilecola.uol.com.br/geografia/exoplanetas.htm>. Acesso em: 30 abr. 2025.

HENRIQUE, Paulo. **Johannes Kepler (1571-1630)**. 2015. Disponível em: <https://sites.unicentro.br/wp/petfisica/2015/10/05/johannes-kepler-1571-1630/>. Acesso em: 29 maio 2025.

JALLES, Cíntia; SILVEIRA, Maura Imazio da; NADER, Rundsthen Vasques de. **Olhai pro céu, olhai pro chão**. Rio de Janeiro: Museu de astronomia e ciências afins: [s. n.], 2013.

JOSEFOWICZ, Diane Greco. **O Zodíaco em Dendera e o debate sobre a idade da Terra**. 2011. Disponível em: <https://www.victorianweb.org/victorian/science/denderazodiac.html>. Acesso em: 22 abr. 2025.

JUNIOR, Tarcisio. **Newgrange, um dos lugares mais misteriosos da Irlanda – edublinCast**. 21 jul. 2021. Disponível em: <https://www.edublin.com.br/newgrange-um-dos-lugares-mais-misteriosos-da-irlanda-edublincast-ep-129/>. Acesso em: 1 fev. 2025.

KOWALCZYK, Ernest. **Nicolau Copérnico e a revolução do cosmo**. 2023. Disponível em: https://www.nationalgeographic.pt/historia/nicolau-copernico-e-a-revolucao-do-cosmo_3479. Acesso em: 26 maio 2025.

LEISTER, Nelson Vani. **Introdução à astronomia**. São Paulo: Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas - IAG: [s. n.], 2020.

MACHADO, Christian; JONES, Allysson; CASTRO, Grazielle de. **Astronomia Chinesa**. 2025. Disponível em: <https://pt.scribd.com/document/826785435/ASTRONOMIA-CHINESA>. Acesso em: 25 maio 2025.

MARK, Joshua J. **Aristóteles**. 2019. Disponível em: <https://www.worldhistory.org/trans/pt/1-355/aristoteles/>. Acesso em: 25 maio 2025.

MARTINS, Milene Rodrigues; BUFFON, Alessandra Daniela; NEVES, Marcos Cesar Danhoni. **A astronomia na antiguidade: um olhar sobre as contribuições chinesas, mesopotâmicas, egípcias e gregas**. Revista Valore, [s. l.], v. 4, n. 1, p. 810–823, 2019.

MILONE, André de Castro *et al.* **Introdução À Astronomia E Astrofísica**. 2018.

NASA. **Hubble captura retrato de aglomerado de galáxias - NASA Science**. 11 jul. 2025. Disponível em: <https://science.nasa.gov/missions/hubble/hubble-snaps-galaxy-clusters-portrait/>. Acesso em: 15 jul. 2015.

NASA. **Investigando as origens da Nebulosa do Caranguejo com o Webb**. 2024. Disponível em: https://www.ccvalg.pt/astronomia/noticias/2024/06/21_m1_jwst.htm. Acesso em: 25 abr. 2025.

NETTO, Antonio Valerio; MACHADO, Liliane Dos Santos; OLIVEIRA, Maria Cristina Ferreira De. **Realidade Virtual - Definições, Dispositivos e Aplicações**. 2002. Disponível em: https://web.icmc.usp.br/SCATUSU/RT/Notas_Didaticas/ND_54.pdf. Acesso em: 30 maio 2025.

OWENS, Steve. **Gnomon**. 2011. Disponível em: <https://darkskydiary.wordpress.com/tag/gnomon/>. Acesso em: 22 abr. 2025.

PELISOLI, Ingrid. **Ouvindo o Universo: LIGO observou ondas gravitacionais! In: ASTROPONTOS**. 9 mar. 2017. Disponível em: <https://astropontos.org/2017/03/09/ouvindo-o-universo-ligo-observou-ondas-gravitacionais/>. Acesso em: 1 maio 2025.

PERON, Desiderio. **Tunel do tempo**: Em memória de Giordano Bruno, mártir da liberdade de expressão - Insieme. 2023. Disponível em: <https://www.insieme.com.br/pb/tunel-do-tempo-em-memoria-de-giordano-bruno/>. Acesso em: 20 abr. 2025.

PINTO, Tales. **Santuário de Stonehenge**. 2013. Disponível em: <https://brasilecola.uol.com.br/historiag/o-santuario-stonehenge.htm>. Acesso em: 7 fev. 2024.

PORTILLO, Germán. **Aristarco de Samos**. 2025. Disponível em: <https://en.meteorologiaenred.com/aristarchus-of-samos.html>. Acesso em: 1 jun. 2025.

PREVIDELLI, Fabio. **Mais antiga que as pirâmides e Stonehenge**: Conheça a tumba de Newgrange. 2021. Disponível em: <https://aventurasnahistoria.com.br/noticias/reportagem/mais-antiga-que-piramides-e-stonehenge-conheca-tumba-de-newgrange.phtml>. Acesso em: 16 fev. 2024.

RAMOS, Jefferson. **A Astronomia no Egito Antigo - Sua Pesquisa**. 2024. Disponível em: https://www.suapesquisa.com/historia/astronomia_egito_antigo.htm. Acesso em: 20 abr. 2025.

RIBEIRO, Daniel. Galileo Galilei. **Revista de Ciência Elementar**. v. 2, n. 4, 2014. Disponível em: <https://rce.casadasciencias.org/rceapp/art/2014/068>. Acesso em: 23 abr. 2025.

RIBEIRO, Aline. **Movimentos Orbitais**. 2022. Disponível em: <https://www.ufmg.br/espacodoconhecimento/movimentos-orbitais/>. Acesso em: 1 jun. 2025.

RICARDO, Marcos. **Os Astrônomos da Grécia Antiga**. 2014. Disponível em: <http://astronomiapravoce.blogspot.com/2014/10/os-astronomos-da-grecia-antiga.html>. Acesso em: 1 jun. 2025.

RIGONATTI, Angelo. **Como funciona o calendário chinês?**. 20 maio 2025. Disponível em: <https://www.clubedechines.com.br/blog/calendario-chines/>. Acesso em: 30 maio 2025.

RODRIGUES, Sofia Helena Cardoso; FUNARI, Pedro Paulo Abreu. **Pré-histórico e contemporâneo**: construindo Stonehenge pela historiografia (1880-2020). 2021.

SALVATORE, Lisandra. **Filósofo Tales de Mileto**. 2019. Disponível em: https://aminoapps.com/c/acreditaenem/page/blog/filosofo-tales-de-mileto/Jb3D_WqCdulPEKRQkYd1E2g4KBqvEzZLG3. Acesso em: 1 jun. 2025.

SILVA, D. **Estudo Prático**. 2015. Disponível em:
<https://www.estudopratico.com.br/escrita-cuneiforme/>. Acesso em:
 24 abr. 2014.

SILVA, Walkyria Lima da. **Quem foi Giordano Bruno, o místico “visionário” queimado na fogueira há 418 anos.** 2024. Disponível em: <https://www.feis.unesp.br/#!/departamentos/fisica-e-quimica/grupo-de-pesquisa/gaais/grandes-cientista/giordano-bruno>. Acesso em: 3 abr. 2025.

SILVA, Bruno Carvalho; MACÊDO, Haroldo Reis Alves De.
Matéria E Energia Escuras: Distinguir E Compreender Esses
Mistérios Que Abrangem O Universo, 2021. Recife: VIII
Congresso Internacional Das Licenciaturas:

SIRUGI, Fernando. **Escrita Cuneiforme**. In: INFOESCOLA. 2012. Disponível em: <https://www.infoescola.com/civilizacoes-antigas/escrita-cuneiforme/>. Acesso em: 25 jul. 2025.

SOFISICA. **Leis de Kepler**. 2008. Disponível em: <https://www.sofisica.com.br/conteudos/Mecanica/GravitacaoUniv/leis/leis.php>. Acesso em: 29 abr. 2025.

SPACETODAY. **O Movimento Retrógrado de Marte no Céu da Terra**, 2011. Disponível em: <https://spacetoday.com.br/o-movimento-retrogrado-de-marte-no-ceu-da-terra/>. Acesso em: 1 jun. 2025.

SUFANTAUSSE. **Hiparco**. 2017. Disponível em: <https://matematicahistoria.wordpress.com/tag/hiparco/>. Acesso em: 13 abr. 2025.

TEBALDI, Charles. **História da Física**. 2019. Disponível em: <https://fisicae.wordpress.com/wp-content/uploads/2019/02/histc3b3ria-da-fc3adsica.pdf>. Acesso em: 24 maio 2025.

THOTH. **Mudança nos Polos Magnéticos:** a Ciência se dobra as Profecias. 2020. Disponível em: <https://thoth3126.com.br/mudanca-nos-polos-magneticos-a-ciencia-se-dobra-as-profecias/>. Acesso em: 25 abr. 2025.

UMBRIA, C. **Observatório**. 13 abr. 2015. Disponível em: <https://umbrialemosturismo.com.br/observatorio-de-chichen-itza-30-dias-em-30-segundos/>. Acesso em: 16 fev. 2024.

VALADARES, Jorge. A Antiga Civilização Chinesa. **História da Ciência**, 2024. Disponível em: <https://historiadaciencia.pubpub.org/pub/ac6cb0d5/release/1>. Acesso em: 25 abr. 2025.

VILLA, Gustavo. **As observações astronômicas na pré-história em minas gerais**. 2022. Disponível em: <https://arqueoastronomia.com.br/noticias/as-observacoes-astronomicas-na-pre-historia-em-minas-gerais>. Acesso em: 25 maio 2025.

YARE, Brian; TORPEY, Angela. **Solstício de inverno em Karnak**. 2013. Disponível em: <http://mercia-egyptology.weebly.com/2/post/2013/12/day-6-winter-solstice-at-karnak.html>. Acesso em: 22 abr. 2025.

ZURITA, Marcelo. **O Mais Antigo Eclipse da História e o triste Destino de Hsi e Ho**. 2024. Disponível em: <https://olhardigital.com.br/2024/04/08/colunistas/o-mais-antigo-eclipse-da-historia-e-o-triste-destino-de-hsi-e-ho/>. Acesso em: 30 abr. 2025.



Fonte: Fernandes (2021).

Este livro convida o leitor a uma fascinante jornada pelo universo da astronomia antiga e atual, desvendando os saberes das civilizações como os egípcios, os babilônios, os gregos e as implicações da astronomia moderna. Esta obra conta com uma linguagem acessível sem dispensar o rigor científico, com uma leitura indispensável para os estudantes e amantes da ciência.

Bruno é professor de Física e Ciências, com ampla experiência na Educação Básica e projetos de divulgação científica. Graduado em Física, é autor também de diversos trabalhos sobre a astronomia e divulgação científica.



 @brunophysics