

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIAS PARA A SUSTENTABILIDADE
DEPARTAMENTO DE FÍSICA, QUÍMICA E MATEMÁTICA

RODRIGO FELIPE RAFFA

**INTRODUZINDO O ENSINO DA ASTRONOMIA ATRAVÉS
DA ASTRONOMIA OBSERVACIONAL**

UFSCar - Sorocaba/SP
Março de 2021

RODRIGO FELIPE RAFFA

**INTRODUZINDO O ENSINO DA ASTRONOMIA ATRAVÉS
DA ASTRONOMIA OBSERVACIONAL**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao Departamento de Física,
Química e Matemática da Universidade
Federal de São Carlos, para a obtenção do
título de Licenciado em Física.
Sorocaba, 18 de dezembro de 2020.

Orientação: Prof. Dr. James Alves de
Souza

Raffa, Rodrigo Felipe

Introduzindo o ensino da astronomia através da astronomia observacional / Rodrigo Felipe Raffa -- 2020. 87f.

TCC (Graduação) - Universidade Federal de São Carlos, campus Sorocaba, Sorocaba

Orientador (a): James Alves de Souza

Banca Examinadora: Johnny Vilcarromero Lopez, Rafael Henriques Longaresi

Bibliografia

1. Astronomia observacional. 2. Astrofotografia. 3. Propriedades dos telescópios. I. Raffa, Rodrigo Felipe. II. Título.

Ficha catalográfica desenvolvida pela Secretaria Geral de Informática (SIn)

DADOS FORNECIDOS PELO AUTOR

Bibliotecário responsável: Maria Aparecida de Lourdes Mariano - CRB/8 6979



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS - *Campus* Sorocaba
Coordenação do Curso de Licenciatura em Física


Trabalho de Conclusão de Curso

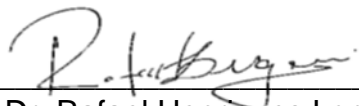
Folha de aprovação

RODRIGO FELIPE RAFFA

**“INTRODUZINDO O ENSINO DA ASTRONOMIA ATRAVÉS DA
ASTRONOMIA OBSERVACIONAL”.**

Orientador 
Prof. Dr. James Alves de Souza

Membro 1 
Prof. Dr. Johnny Vitcarrromero Lòpez

Membro 2 
Prof. Dr. Rafael Henriques Longaresi

Sorocaba, 18 de dezembro de 2020.


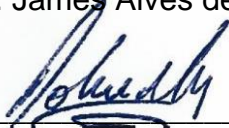
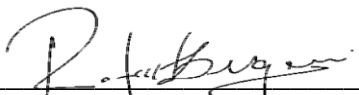


ATA DA DEFESA PÚBLICA

ATA Nº 01/2020

Aos 18 dias do mês de dezembro de 2020, por videoconferência pela plataforma do Google Meet, realizou-se a defesa pública do Trabalho de Conclusão de Curso do estudante **Rodrigo Felipe Raffa** do Curso de Licenciatura em Física – Sorocaba, devidamente matriculado na disciplina de TCC 2, perante a Banca Examinadora, composta pelos **Prof. Dr. James Alves de Souza**, **Prof. Dr. Johnny Vilcarromero Lòpez** e **Prof. Dr. Rafael Henriques Longaresi** segundo o estabelecido nas Normas para apresentação de Trabalho de Conclusão do Curso.

Após a apresentação e arguições, a Banca deliberou, segundo os critérios estabelecidos nas normas do TCC do curso:

 _____ Prof. Dr. James Alves de Souza	Nota: 9,0 (Nove)
 _____ Prof. Dr. Johnny Vilcarromero Lòpez	Nota: 9,0 (Nove)
 _____ Prof. Dr. Rafael Henriques Longaresi	Nota: 9,0 (Nove)

Com isso, o Trabalho foi considerado **APROVADO**, com nota final **9,0 (Nove)**.

Sorocaba, 18 de dezembro de 2020.

DEDICATÓRIA

Para Izabela Almeida, dedico as belas palavras de Sagan (1980), “diante da vastidão do espaço e da imensidade do tempo, é uma alegria para mim, partilhar um planeta e uma época com [...]” você.

AGRADECIMENTO

Agradeço a todos que, mesmo que indiretamente, contribuíram de alguma forma neste trabalho, a qual me dedico desde o início da graduação.

Aos meus pais, Wilson e Sandra e ao meu irmão Ricardo pelo apoio e encorajamento na minha jornada acadêmica.

Aos meus amigos e companheiros do Clube de Astronomia Centauri de Itapetininga que, assim como eu, impulsionam a Astronomia através da sua paixão pelas estrelas.

A minha noiva, Izabela, que me acompanha em todos os meus projetos, dando vida e cor para as nossas conquistas, por participar de forma ativa neste projeto com a gravação e edição do produto desse TCC.

Agradeço também ao corpo docente da UFSCar Campus Sorocaba, pela imensa contribuição em minha carreira acadêmica e profissional. Em especial, agradeço ao meu orientador James, que acreditou em mim e com toda sua experiência e conhecimento direcionou nosso projeto.

*"Em algum lugar, alguma coisa incrível está esperando para ser descoberta."
(Carl Sagan)*

RESUMO

RAFFA, Rodrigo Felipe. Introduzindo o Ensino da Astronomia através da Astronomia Observacional. 2021. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Licenciatura em Física) – Universidade Federal de São Carlos, campus Sorocaba, Sorocaba, 2020.

Corpos celestes podem ser observados por toda parte no céu noturno. A olho nu podemos identificar em torno de 6000 estrelas espalhadas em 88 constelações. Diante deste incontável número de estrelas é a astronomia que nos oferece a oportunidade de explorar os fundamentos das ciências e da matemática melhor do que qualquer outra área do conhecimento. A visualização desempenha um papel muito importante no ensino de ciências e matemática. Neste sentido a Astronomia Observacional pode oferecer um grande leque de opções para a introdução e discussão de vários assuntos. Além da indisputável característica motivacional para o ensino de ciência, a astronomia nos atualiza e nos mergulha em uma atmosfera de incríveis conquistas científicas e evolução tecnológica. Diante deste cenário motivador e borbulhante de conhecimento descrevemos neste trabalho uma alternativa para introduzir o ensino da astronomia através da astronomia observacional, tendo o céu noturno como laboratório e os nossos olhos como o primeiro instrumento de medida para iniciar a longa jornada de desvendar os mistérios do universo. Neste sentido todos, desde alunos do ensino básico ou graduação, que tenham um contato mais íntimo com a vida acadêmica, ao público geral, tem condições e o potencial de explorar a ciência e a matemática no nível que achar mais conveniente, bastando se aprofundar em seus estudos sobre as técnicas de observação, tecnologias e instrumentação e das razões do universo se comportar da forma que vemos. Aqui nós exploramos os primeiros passos para discutir historicamente a evolução de culturas de povos antigos através de teorias e observações a olho nu. Abordamos ainda, de maneira sucinta, os sistemas de coordenadas mais utilizados para auxiliar os observadores a se localizarem em nosso planeta e as estrelas no céu, os catálogos de corpos celestes mais conhecidos, alguns dos fenômenos e objetos observados a olho nu e a evolução dos instrumentos de observação. Adicionalmente, apresentamos resultados de registros de observações a olho nu feitos com uma câmera de lente intercambiável montada em um tripé altazimutal e como tratar as imagens obtidas no software livre *Astrometry* para identificar as estrelas e constelações da região da esfera celeste observada. Esperamos que este trabalho seja visto como um incentivo para introduzir a astronomia em cursos com base científica como Física, Química, Biologia, Matemática e Engenharias, para favorecer os alunos no processo de alfabetização científica, tanto para áreas de pesquisa avançada, como no papel fundamental que a ciência tem na sociedade.

Palavras-chave: Astronomia Observacional. Observações a Olho Nu. Astrofotografia. *Astrometry*. Propriedades dos Telescópios.

ABSTRACT

RAFFA, Rodrigo Felipe. Introducing Astronomy Teaching through Observational Astronomy. 2021. Course Conclusion Paper (Licenciate Degree in Physics) – Universidade Federal de São Carlos, campus Sorocaba, Sorocaba, 2020.

Heavenly bodies can be observed everywhere in the night sky. With the naked eye we can identify around 6000 stars spread across 88 constellations. Faced with this countless number of stars, astronomy offers us the opportunity to explore the foundations of science and mathematics better than any other area of knowledge. Visualization plays a very important role in the teaching of science and mathematics. In this sense, Observational Astronomy can offer a wide range of options for the introduction and discussion of various subjects. In addition to the indisputable motivational characteristic for teaching science, astronomy updates and immerses us in an atmosphere of incredible scientific achievements and technological evolution. In view of this motivating and effervescent scenario of knowledge, we describe in this work an alternative to introduce the teaching of astronomy through observational astronomy, having the night sky as a laboratory and our eyes as the first measuring instrument to start the long journey of unraveling the mysteries of the universe. In this sense, everyone, from elementary school or undergraduate students, who have a more intimate contact with academic life, to the general public, has conditions and the potential to explore science and mathematics at the level they find most convenient, just by going deeper into his studies on observation techniques, technologies and instrumentation and why the universe behaves the way we see it. Here we explore the first steps to historically discuss the evolution of cultures of ancient people through theories and observations of the night sky with the naked eye. We also briefly address the most used coordinate systems to assist observers to locate themselves on our planet and the stars in the sky, the most well-known catalogs of celestial bodies, some of the phenomena and objects observed with the naked eye and the evolution of observational instruments. Furthermore, we present results obtained from naked eyes observations, recorded by an DSLR camera on an altazimuth tripod and how to treat the images in the open source software Astrometry to identify the stars and constellations in the region of the observed celestial sphere. We hope that this work can be useful to introduce astronomy in science-based courses such as Physics, Chemistry, Biology and Engineering, to help students in the process of scientific literacy for areas of advanced research as well as in the fundamental role that science has in society.

Keywords: Observational Astronomy. Naked Eye Observation. Astrophotography. Astrometry. Telescope Properties.

LISTA DE FIGURAS

- Figura 2.1** – Esfera Celeste apresentando as coordenadas celestes. No plano do horizonte um observador pode localizar uma estrela no céu a partir das coordenadas celestes, como o zênite (Z), e das coordenadas geográficas Norte (N), Sul (S), Leste (L) e Oeste (O).8
- Figura 2.2** – Longitude, dada pelo ângulo λ , medida a partir do meridiano de Greenwich, linha vertical, e latitude, dada pelo ângulo ϕ , medida a partir da linha do equador (linha horizontal). A localização de qualquer ponto A sobre a superfície terrestre é dada pelas coordenadas $A(\phi; \lambda)$9
- Figura 2.3** – Coordenadas altazimutais mostrando a altura, dada pelo ângulo h , medida a partir do horizonte até o ponto da estrela na esfera celeste. O azimute (A) é o ângulo com origem no ponto cardinal Norte (N) até a linha da estrela no horizonte. O complemento de h é a distância zenital (z). Note que $h + z = 90^\circ$ 10
- Figura 3.1** – Sistema Equatorial de Coordenadas Celestes. Neste sistema a posição do observador não influencia a posição do astro, tornando um sistema bastante conveniente para o mapeamento celeste. 12
- Figura 3.2** – Projeção do Sistema Equatorial Local de coordenadas de uma estrela E qualquer na esfera celeste, mostrando a sua Declinação (δ), o seu Ângulo Horário (H) e o seu Horário Sideral (S). Outros símbolos e iniciais representam o observador (T), o Polo Norte Celeste (PNC) e o ponto vernal ou ponto gama (γ). 14
- Figura 4.1** – Compilação de uma noite no pico da chuva de meteoros das Geminídeas (constelação de gêmeos) no dia 14 de dezembro de 2018 em Nhandeara/SP. 16
- Figura 4.2** – Conjunção planetária entre Júpiter e Saturno registrada em Itapetininga/SP no dia 15 de dezembro de 2020. 18
- Figura 4.3** – Eclipse Solar Parcial registrado por uma câmera de celular acoplada a um telescópio refrator com um filtro de observação solar. 19
- Figura 4.4** – Principais partes de um cometa, dadas pelo núcleo, a coma ou cabeleira, envolvendo o núcleo e a cauda, que aparece quando o cometa passa próximo do Sol. 20
- Figura 4.5** – Registro da passagem da Estação Espacial Internacional (ISS – *Internacional Space Station*) no dia 09 de março de 2020. Esta foto foi tirada com exposição de 16 segundos. 22

Figura 4.6 – Registro do Centro da Via Láctea realizado no dia 05 de abril de 2020.	23
Figura 4.7 – À esquerda é apresentada a Nebulosa da Águia (M16) e à direita a Galáxia do Cata-Vento (M101), ambos objetos observados no céu profundo.	24
Figura 4.8 – À esquerda é apresentada a Galáxia Espiral (C12) e à direita a Nebulosa C39.....	25
Figura 4.9 – As Plêiades vistas a olho nu. A imagem inserida à direita é uma amplificação das Plêiades vistas com um telescópio.	26
Figura 4.10 – Simulação do nascer do sol em diferentes datas de um mesmo ano, mostrando que este só acontece exatamente no ponto leste 2 vezes por ano, por volta de 20 de março e 23 de setembro, que marcam os equinócios de outono e de primavera, respectivamente, no hemisfério Sul. Os solstícios de inverno e de verão ocorrem em torno de 20 de junho e 21 de dezembro respectivamente.	27
Figura 5.1 – Composição de imagens feitas durante a noite de diferentes regiões do planeta Terra, mostrando que as luzes dos grandes centros urbanos são visíveis do espaço.	30
Figura 5.2 – Escala Bortle, de 1 a 9, utilizada para medir o brilho do céu noturno de uma localização particular. Esta quantifica a interferência causada por poluição luminosa para observação de objetos celestes. Na escala abaixo o número 1 se refere ao céu noturno em excelentes condições de observação astronômica, típico em lugares isolados sem qualquer poluição luminosa. O valor máximo da escala (8 e 9) indica o céu noturno no interior das cidades onde há grande poluição luminosa inviabilizando observações de objetos celestes. Entre os dois extremos existem sítios e fazendas distantes das cidades (2 e 3), regiões suburbanas (4, 5 e 6) e a transição destas para o interior das cidades (7).....	31
Figura 5.3 – Exemplo simples de um obelisco funcionando como um Gnomon projetando sua sombra em regiões demarcadas.	32
Figura 5.4 – Ilustração mostrando a medição da altura de uma estrela em relação ao horizonte com um astrolábio.	33
Figura 5.5 – Ilustração da utilização do sextante para medir o ângulo relativo do Sol com o horizonte, mostrando os dois espelhos A e B, o telescópio C, o braço de ajuste D e o setor circular graduado E.	34
Figura 5.6 – Pintura de Giuseppe Bertini de 1858 ilustrando Galileu mostrando o potencial do telescópio para o Senado veneziano.	35
Figura 5.7 – Exemplo de telescópio galileano com configurações atuais parecidas com as utilizadas pelo próprio Galileu.	36

Figura 5.8 – Esquema mostrando o funcionamento de um telescópio galileano refrator.....	37
Figura 5.9 – Esquema ilustrativo do funcionamento de um telescópio refletor, mostrando a luz coletada sendo refletida no espelho primário côncavo na direção de um espelho secundário plano e se direcionando à ocular para observação.....	38
Figura 5.10 – Telescópio Newtoniano (Refletor) de abertura de 130 mm vendido comercialmente pela fabricante americana <i>Skywatcher</i>	38
Figura 5.11 – O telescópio do Observatório de La Silla no Chile tem um espelho de 2,2 metros de abertura. Os telescópios ópticos terrestres são todos do tipo refletor.	39
Figura 5.12 – O Telescópio Espacial Hubble lançado em órbita em 1990 revolucionou a Astronomia com suas incríveis imagens de alta qualidade processadas na faixa do visível e outros comprimentos de onda.....	39
Figura 5.13 – Tripé para Montagem Altazimutal de um telescópio.....	40
Figura 5.14 – Tripé de uma Montagem Equatorial.	41
Figura 5.15 – Montagem de telescópio Dobsoniana de óptica refletora (newtoniano) da fabricante <i>Skywatcher</i>	41
Figura 6.1 – Câmera DSLR utilizada para a captura das imagens montada em um tripé altazimutal.	44
Figura 6.2 – Constelação de Órion registrada com uma configuração de baixo brilho. Lente de 50 mm (tempo de exposição, abertura do obturador, ISO) = (1 s, f/2, 100).	46
Figura 6.3 – Constelação de Órion registrada com uma configuração de médio brilho.	47
Figura 6.4 – Ampliação digital da foto da figura 6.3, deixando a Nebulosa de Órion no centro da imagem.....	47
Figura 6.5 – Constelação de Órion registrada utilizando uma configuração de alto brilho.	48
Figura 6.6 – Imagem com aproximação digital mostrando uma resolução de boa qualidade.....	49
Figura 6.7 – Imagem com aproximação digital mostrando a qualidade ruim de resolução por conta do alto tempo de exposição.	49
Figura 6.8 – À esquerda são mostradas trilhas concêntricas traçadas pelas estrelas (<i>star trails</i>) devido à rotação da Terra. Esta foto foi tirada por um longo tempo de exposição sobre Grants Pass, Oregon, Estados Unidos em setembro de 2009. À direita mostramos uma foto de longa exposição do	

cometa ISON, na cor verde, tirada em 2013. Note as trilhas estelares formadas ao fundo.	50
Figura 6.9 – Região da Constelação de Órion identificada utilizando-se o software Astrometry.	50
Figura 6.10 – Imagem tratada no Astrometry mostrando os nomes dos astros pertencentes a região fotografada da Constelação de Órion.	51
Figura 6.11 – Mapa destacando a região da Esfera Celeste do registro feito neste trabalho.	51
Figura 6.12 – Área capturada do céu com informações detalhadas de objetos celestes pertencentes a região.	52
Figura A.1 – À esquerda apresentamos um Telescópio Refrator ideal para iniciantes em uma montagem altazimutal e à direita um Telescópio Refletor em uma montagem equatorial, interessante para observadores mais experientes.	63
Figura A.2 – Imagem do planeta Saturno obtida com uma câmera de celular na ocular de um telescópio refrator de 70 mm de abertura.	64
Figura A.3 – Planeta Júpiter, mais brilhante e maior, ao lado das famosas 4 luas galileanas, dadas pelos pontos menores a esquerda. O registro foi feito com uma câmera de celular apoiada na ocular de um telescópio refrator de 70 mm de abertura.	64
Figura A.4 – Lua em fase Gibosa Crescente observada utilizando-se um telescópio e registrada com uma câmera de celular apoiada na ocular.	65
Figura B.1 – Impressão da tela inicial da plataforma virtual gratuita e on-line do Astrometry.net. Nesta página a imagem registrada do céu noturno deve ser transferida do computador do usuário para o sítio.	67
Figura B.2 – Realização da transferência de uma imagem astronômica no <i>Astrometry</i>	68
Figura B.3 – Tela de conclusão do processamento da imagem.	68
Figura B.4 – Imagem original já processada e pronta para ser trabalhada no <i>Astrometry</i>	69
Figura B.5 – Utilização da marcação vermelho-verde (<i>red-green</i>) para identificação das estrelas da imagem, sendo verde as estrelas reconhecidas pelo software e vermelho as que não são reconhecidas.	70
Figura B.6 – Uso da aba <i>Annotated</i> para a construção das constelações conectando-se as estrelas reconhecidas pelo sistema de calibração.	70
Figura B.7 – Mapeamento seguindo as Coordenadas Equatoriais da imagem calibrada no campo de visão registrado.	71

LISTA DE TABELAS

Tabela 6.1 – Configuração que forneceu os melhores resultados com os testes de calibração realizados durante as observações feitas da constelação de Órion.	52
---	----

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO E JUSTIFICATIVA	1
1.2 POR QUE ESTUDAR ASTRONOMIA?	3
2. EVOLUÇÃO DA VISÃO DO COSMOS.....	6
2.1 MAPEAMENTO DO CÉU	6
2.2 ESFERA CELESTE	7
3. COORDENADAS ASTRONÔMICAS	11
3.1 SISTEMA EQUATORIAL UNIVERSAL	11
3.2 SISTEMA EQUATORIAL LOCAL	13
4. FENÔMENOS E OBJETOS OBSERVÁVEIS A OLHO NU.....	15
4.1 CHUVA DE METEOROS.....	15
4.2 CONJUNÇÕES PLANETÁRIAS.....	17
4.3 ECLIPSES	18
4.4 COMETAS	19
4.5 SATÉLITES ARTIFICIAIS.....	21
4.6 CENTRO GALÁCTICO.....	22
4.7 CATÁLOGOS ASTRONÔMICOS: OBSERVAÇÃO DE OBJETOS DO CÉU PROFUNDO	23
4.8 MOVIMENTO ORBITAL DA TERRA: SOLSTÍCIO E EQUINÓCIO.....	26
5. INSTRUMENTOS ASTRONÔMICOS	30
5.1 GNOMON	32
5.2 ASTROLÁBIO	33
5.3 SEXTANTE.....	33
5.4 TELESCÓPIO.....	34
5.4.1 Montagem ou Tripé de um Telescópio.....	40
5.4.2 Propriedades dos Telescópios.....	42
6. REGISTROS DE OBSERVAÇÕES A OLHO NU COM UMA CÂMERA FOTOGRAFICA	44
7. SUGESTÕES PARA INTRODUIZIR A ASTRONOMIA OBSERVACIONAL EM SALA DE AULA.....	53
8. CONSIDERAÇÕES FINAIS	57
REFERÊNCIAS.....	58
APÊNDICE A: DICAS PARA A ESCOLHA DE UM TELESCÓPIO	62
APÊNDICE B: TRATAMENTO DE UMA IMAGEM UTILIZANDO O SOFTWARE ASTROMETRY	67

1. INTRODUÇÃO E JUSTIFICATIVA

A Astronomia é uma ciência cativante, não só por propor desafios que vão além da compreensão humana como Buracos Negros, o tamanho do Universo e as dimensões do espaço-tempo, mas também por estar totalmente aberta para sua exploração. O céu noturno com todos os seus mistérios é suficiente para o ser humano, cheio de dúvidas, começar uma incrível busca pelo conhecimento.

O fascínio provocado pelas estrelas está presente em todas as culturas. Ao longo do tempo, este sentimento acabou por levar a uma contínua observação, catalogação e estudos mais aprofundados destes objetos (MOURÃO, 2000).

Tais estudos conduziram a criação de áreas da ciência, como a astronomia e a astrofísica. A astronomia é a ciência que se ocupa em medir as posições e características de corpos celestes, enquanto na astrofísica os estudiosos procuram explicar e entender a astronomia através da Física. Pode-se dizer que nos dias de hoje não há separação entre essas ciências, pois todo astrônomo utiliza a Física para entender suas descobertas (BOCZKO, 1984).

Ninguém sabe de forma definitiva como é que começaram os estudos astronômicos. Provavelmente a curiosidade dos seres humanos pelos céus é muito antiga e suas origens se confundem com a origem da civilização. Os primeiros povos que deixaram a vida nômade e cultivaram a terra para conseguir seu sustento deviam ter algum conhecimento das estações do ano e outros fenômenos importantes para seus afazeres fundamentais (colheitas e outros). Havia assim uma relação muito próxima entre a vida destes povos e os céus (HORVARTH, 2008 p.13).

Com a Astronomia observacional, antes mesmo da invenção do telescópio, os antigos astrônomos já conseguiam diferenciar estrelas de planetas, constatar a esfericidade da Terra assim como determinar sua circunferência, calcular a distância até o Sol e a Lua e definir as estações do ano.

O que significa observar? Qual é a sua importância? Uma possível resposta encontra-se em um dos documentos governamentais que orientam os professores em seu trabalho escolar na educação básica, os Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN), que contemplam a importância da observação no ensino de Ciências, envolvendo diretamente o ensino da Astronomia. Observar não significa apenas ver, e sim buscar ver melhor, encontrar detalhes no objeto observado, certamente incluindo o céu noturno, como explicado pelos referidos

parâmetros, os quais alertam para o cuidado de observação ser um procedimento guiado pelo professor, previamente planejado (LANGHI, 2016 p.12).

A importância da Observação Astronômica a olho nu na história da Astronomia é verificada nas experiências de Johannes Kepler e Tycho Brahe. Juntos, eles uniram observação e matemática para verificar o movimento orbital dos planetas ao redor do Sol e descrevê-los matematicamente através das conhecidas Leis de Kepler (SAGAN 2006).

O Telescópio só foi inventado por volta de 1608, pelo holandês Hans Lippershey, mas foi Galileu Galilei que o tornou popular em 1609, construindo o próprio após ouvir falar da nova invenção. O Telescópio mudou a forma de se observar o céu, possibilitando ver mais e melhor (OLIVEIRA, 2004).

A importância da astronomia não reside apenas em estudar lugares distantes, mas também no estudo do nosso planeta, do sistema solar e do universo como um todo. O estudo da formação e dinâmica do nosso planeta pode nos ajudar a entender melhor a fragilidade da Terra e a importância de preservar nosso meio ambiente. Quanto mais entendemos os processos naturais na Terra e em outros planetas, melhor podemos proteger e apreciar nossos recursos (NOGUEIRA, 2009).

O fascínio pelo céu noturno é notável no público em geral, abrangendo desde pessoas que estão envolvidas profissionalmente em trabalhos com base científica como Física, Química, Biologia, Matemática e Engenharias, a pessoas que não trabalham e nunca trabalharam nestas áreas. Essa abrangência é esperada porque todos nós podemos nos sentir astrônomos quando olhamos para o céu e fazemos perguntas. Essa prática e o desejo pela descoberta é realizada por pessoas há milhares de anos.

Mourão (2000) afirma que a Astronomia é a mais antiga das ciências, e desde sempre contribuiu de forma intensa com a vida econômica e social dos seres humanos.

Poucas áreas da ciência podem mostrar claramente de maneira tão radical como nossas ideias e entendimento sobre o mundo físico real podem mudar com o tempo. O ensino da astronomia, mesmo que seja realizado de maneira introdutória em escolas de nível básico ou através de cursos on-line para o público geral, pode contribuir para melhorar o entendimento das pessoas com relação a processos e métodos científicos e elucidar o papel da ciência na sociedade (LANGHI, 2016).

Neste trabalho selecionamos tópicos de astronomia que podem ser tratados de maneira mais simplificada e menos operacional em qualquer nível de ensino, visando aliar conceitos teóricos importantes com a prática de observação do céu a olho nu. Para a realização de registros das observações a olho nu das imagens do céu noturno apresentamos como utilizar e calibrar uma câmera fotográfica profissional DSLR (*Digital Single Lens Reflex*) utilizando como exemplo os registros feitos da constelação de Órion. As imagens obtidas foram tratadas no software *Astrometry* para a identificação da região da esfera celeste que se encontra a referida constelação e todas as estrelas pertencentes a mesma. Adicionalmente, descrevemos os primeiros passos para a escolha, montagem e utilização de telescópios que possam atender o público de maneira geral para despertar e realizar o desejo de jovens e adultos, que são apaixonados pelos mistérios que o céu estrelado oferece, a explorar o cosmos.

1.2 POR QUE ESTUDAR ASTRONOMIA?

A astronomia é uma ciência da natureza fundamental e multidisciplinar, sua área de estudo contempla a matemática, física, biologia, geografia, entre muitas outras. Contudo, Salvador Nogueira e João Batista Canalle (2009) afirma que a Astronomia ainda é pouco trabalhada nas escolas brasileiras, o que mostra um desaproveitamento de uma ferramenta potencialmente poderosa para o ensino de ciências.

Mesmo com a implantação da nova Base Nacional Comum Curricular (BNCC), que institui e orienta as etapas de ensino no âmbito da educação básica em 22 de dezembro de 2017, há questões a serem resolvidas no que se refere a astronomia (BRASIL, 2017, p.328).

Na BNCC diversos conteúdos de astronomia estão presentes. Nos anos iniciais do Ensino Fundamental 1 (EF1), os assuntos são introdutórios e pertencentes a realidade do aluno, sendo proposto o ensino de escalas do tempo e do movimento aparente do Sol. Já nos anos finais do EF1, começam a ser trabalhados assuntos básicos de astronomia como as características da Terra, a observação do céu, pontos cardeais, o calendário em diferentes culturas e os fenômenos cíclicos observáveis. Tais situações ainda são introdutórias e facilitadas, podendo ser trabalhadas com os conhecimentos prévios dos alunos.

No Ensino Fundamental 2 (EF2) os conteúdos abordados relacionados a astronomia são mais específicos nos anos iniciais (5º, 6º e 7º ano), como as constelações e mapas celestes, o movimento de rotação da Terra, as fases da Lua, telescópios e instrumentos ópticos, forma e estrutura da Terra.

Nos anos finais do EF2 tais temas ficam mais aprofundados, apresentando o novo sistema solar, a composição e estrutura do sistema solar no universo, a astronomia e as diferentes culturas, a vida humana fora da Terra, ordem de grandezas e evolução estelar.

Já no Ensino Médio (EM) é estruturado um plano de aprofundamento dos assuntos tratados no EF2, com ênfase nas aplicações tecnológicas do saber científico e suas implicações ambientais, éticas e socioeconômicas. Esse aprofundamento no EM exige maior abstração por parte do aluno, com maior ênfase nas habilidades de pesquisa e investigação em um nível mais complexo de dificuldade. Por exemplo, na disciplina de Física são apresentadas questões sobre energia e matéria, a gravitação universal e as leis de Kepler.

Da Silva (2019) afirma que o ensino de física praticado atualmente, no entanto, estabelece um grande distanciamento entre o saber escolar e o saber científico. A abordagem utilizada ainda descreve o universo com características antigas e desgastadas.

Discussões nos temas atuais de astronomia exigem conhecimentos relacionados a física moderna, como física de partículas e cosmologia que não aparecem com tanta ênfase nos currículos.

Eventos como a Olimpíada Brasileira de Astronomia e Astronáutica – OBA, a Mostra Brasileira de Foguetes – MOBFOG e os Encontros Regionais de Ensino de Astronomia – EREA, entre outros, são iniciativas externas, que se impõe à escola. Visam divulgar e promover o ensino da astronomia no âmbito da sociedade para os estudantes do ensino fundamental e médio, mas são atividades desenvolvidas paralelamente e sem conexão com os conteúdos sugeridos pelo sistema educacional regular. As escolas públicas não dão conta dessa demanda externa e, por isso, em muitos casos, o ensino da astronomia é desenvolvido através de cursos preparatórios ofertados aos alunos que desejam participar dessas olimpíadas. As atividades de ensino ocorrem geralmente fora do horário regular das aulas e são ministradas de forma esporádica por professores abnegados e comprometidos com a educação de seus alunos. Pode-se entender que este conflito entre os interesses do sistema oficial de ensino e as demandas da sociedade são frutos de uma crise paradigmática, e nesse aspecto, o ensino da astronomia passa por um período de

adaptação, e transita entre concepções de ensino que se consolidaram ao longo do tempo, no entorno do modelo de universo estacionário proposto pela ciência moderna e as concepções de um universo em expansão (DA SILVA, 2019).

Com a Astronomia Observacional é possível encorajar dúvidas relacionadas aos temas de ponta da ciência dos astros, iniciando por temas clássicos como planetas, estrelas e a Lua e avançando para buracos negros, expansão do universo, matéria e energia escura. Através da inserção da astronomia nas salas de aula é possível contribuir também no desenvolvimento de problematização e temas motivadores para discussões técnicas, históricas, filosóficas com os educandos (GAMA, 2010).

Outro ponto relevante a salientar sobre a importância do estudo da Astronomia são as concepções alternativas, como mostra Langhi (2004):

Analisando as inúmeras pesquisas já realizadas, as concepções alternativas mais comuns que aparecem entre alunos e professores são noções sobre o campo gravitacional, forma da Terra, ciclos dia/noite, estações do ano, e fases da Lua. Por isso, apresenta-se a seguir o conteúdo de alguns dos trabalhos nacionais e internacionais que se aprofundaram no estudo destas principais concepções alternativas, trazendo uma contribuição significativa ao Ensino de Ciências, notadamente a Astronomia (LANGHI, 2004).

Langhi (2016) também descreve que as concepções alternativas relacionadas aos temas citados podem ser exploradas pela Astronomia Observacional.

2. EVOLUÇÃO DA VISÃO DO COSMOS

O universo sempre encantou a humanidade. A curiosidade cativou a mente humana para criar explicações do mundo ao seu redor. É sempre muito difícil descrever a visão do Cosmos dos povos mais primitivos devido à falta de registros, traduções imprecisas e diferenças culturais. O melhor método é através da interpretação dos achados antigos, monumentos e escritos. Cada povo construiu sua própria visão de Universo, com explicações características de sua cultura. A explicação do desconhecido acontecia pelo mito, de maneira que forças além da compreensão humana regeriam todo o Cosmos (MOURÃO, 2000).

Essa relação colaborou para o desenvolvimento da civilização e das relações de poder que foram e são praticadas até hoje. Alguns registros astronômicos antigos datam de 3000 anos antes de Cristo (a.C.) e especulações sobre a natureza do universo fazem do estudo dos astros a ciência mais antiga da humanidade.

Nos primórdios, a astronomia era utilizada como instrumento para medir o tempo (calendário), se localizar no espaço (mapa) e para a prática da agricultura definindo o melhor período para o plantio e a colheita.

Os registros astronômicos encontrados sugerem que os chineses já mensuravam o tempo com precisão adotando um calendário de 365 dias. Além disso, registros de meteoros, meteoritos e cometas também foram encontrados. Caso o leitor não tenha familiaridade com a definição destes objetos celestes e outras terminologias inerentes à Astronomia, veja o glossário apresentado logo após as referências deste trabalho.

Os povos antigos como os Babilônicos, Assírios, Egípcios e os Maias na América possuíam um vasto conhecimento astronômico prático. Isso é evidenciado através de registros e monumentos encontrados (BOCKZO, 1984).

2.1 MAPEAMENTO DO CÉU

Para utilizar o céu como ferramenta foi necessário mensurar o movimento dos corpos celestes. Dessa forma os antigos astrônomos ligaram pontos no céu para que facilitasse o seu mapeamento.

Os pontos brilhantes ligados deram origem às constelações. Estas são provenientes da criatividade humana e da nossa facilidade em reconhecer padrões na natureza. A relação entre as estrelas de uma mesma constelação é aparente, não necessariamente elas apresentam-se juntas no mesmo plano.

Constelações são um conjunto aparente de estrelas que os astrônomos da antiguidade, com muita criatividade, imaginavam objetos, pessoas e coisas do cotidiano para dividir o céu em pequenas regiões. Cada civilização possuía um conjunto de constelações diferente, com suas especificidades culturais. No ano de 1930, Eugène J. Delporte propôs um novo conceito de constelação, determinando que constelação é a divisão geométrica da esfera celeste em 88 regiões ou partes. Essa definição foi adotada pela União Astronômica Internacional e vigora até hoje (OLIVEIRA e SARAIVA, 2004).

As constelações que ficam no caminho aparente do Sol no céu são conhecidas, na cultura ocidental, como Constelações do Zodíaco, abrigando 13 constelações.

É importantíssimo destacar que os padrões observados na natureza foram imprescindíveis para a compreensão dos fenômenos astronômicos. Se a natureza se comportasse de forma totalmente aleatória seria muito difícil prever ou obter qualquer dado experimental.

2.2 ESFERA CELESTE

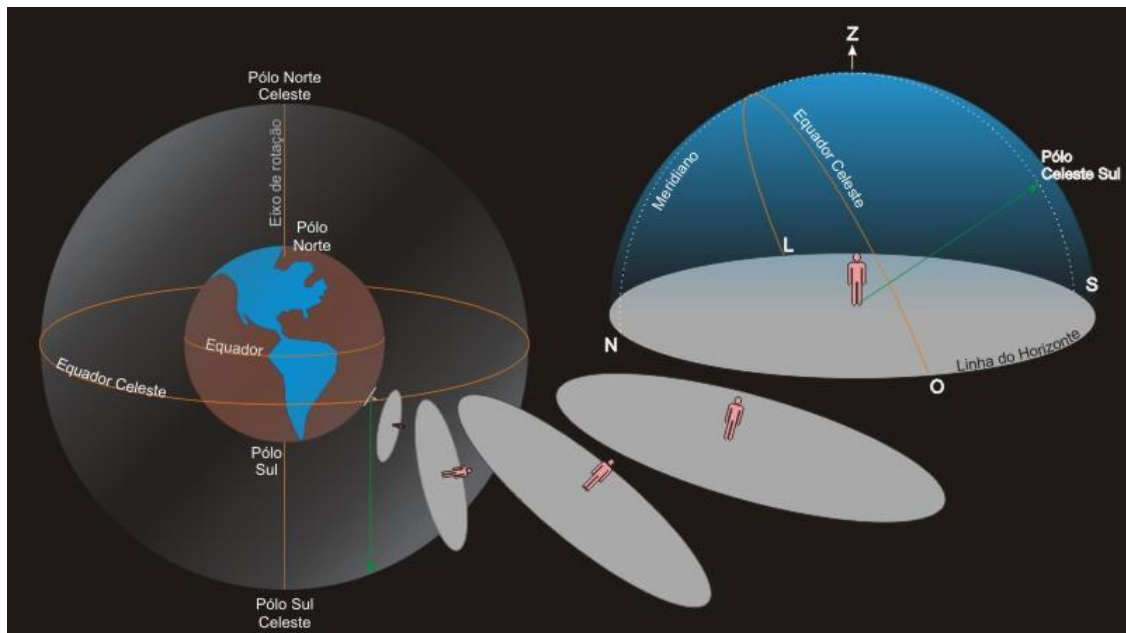
Os gregos introduziram o conceito de esfera celeste acreditando que estávamos envolvidos por uma esfera repleta de estrelas. Isso porque vendo da Terra, as estrelas parecem estar no mesmo plano. Na figura 2.1 são apresentadas as coordenadas celestes descritas pelos polos norte e sul celestes, dados pelo prolongamento do eixo de rotação da Terra, os quais interceptam a esfera celeste nos hemisférios norte e sul, respectivamente.

A extensão do círculo delimitado pela linha do equador da Terra até a esfera celeste define o equador celeste. A posição em que se encontra o observador define um plano tangente à Terra chamado de horizonte. Os pontos perpendiculares ao plano do horizonte e que intercepta a esfera celeste acima e abaixo da cabeça do observador são o zênite e o nadir, respectivamente.

Aliado a esse conceito estão as coordenadas geográficas, que auxiliaram na subdivisão da esfera celeste. Dessa forma, a astronomia pôde se desenvolver

rapidamente na Grécia Antiga, sendo muito útil para facilitar a compreensão do movimento dos astros.

Figura 2.1 – Esfera Celeste apresentando as coordenadas celestes. No plano do horizonte um observador pode localizar uma estrela no céu a partir das coordenadas celestes, como o zênite (Z), e das coordenadas geográficas Norte (N), Sul (S), Leste (L) e Oeste (O).



Fonte: OLIVEIRA FILHO, K. S. e SARAIVA, M. F. O. A Esfera Celeste. “Disponível em:” <http://astro.if.ufrgs.br/esf.htm>. Acesso em: 25 nov. 2018.

Para medir a posição de uma pessoa, objeto ou evento qualquer sobre a superfície da Terra necessitamos de sua latitude e longitude.

- **longitude geográfica (λ):** é o ângulo medido ao longo do equador da Terra, tendo origem em um meridiano de referência (o meridiano de Greenwich), e extremidade no meridiano do lugar. Na Conferência Internacional Meridiana, realizada em Washington em outubro de 1884, a longitude geográfica foi definida como um ângulo que varia de 0 a $+180^\circ$ (Leste de Greenwich) e de 0 a -180° (Oeste), ou seja,

$$-180^\circ \leq \lambda \leq +180^\circ$$

- **latitude geográfica (ϕ):** ângulo medido ao longo do meridiano do lugar, com origem no equador e extremidade no zênite do lugar. Este varia

entre -90° e $+90^\circ$. O sinal negativo indica latitudes do hemisfério sul e o sinal positivo do hemisfério norte.

$$-90^\circ \leq \Phi \leq +90^\circ$$

É comum também expressar a longitude sem o sinal negativo como sendo de 0 a 180° para Leste e de 0 a 180° para Oeste, a partir de um ponto de origem. Isso é verificado para a latitude, podendo ser expressa de 0 a 90° para o Norte e de 0 a 90° para o Sul, a partir de uma origem.

Na figura 2.2 apresentamos os ângulos λ e ϕ medidos respectivamente a partir do primeiro meridiano, dado pelo meridiano de Greenwich, linha vertical, e da linha do equador, linha horizontal.

Figura 2.2 – Longitude, dada pelo ângulo λ , medida a partir do meridiano de Greenwich, linha vertical, e latitude, dada pelo ângulo ϕ , medida a partir da linha do equador (linha horizontal). A localização de qualquer ponto A sobre a superfície terrestre é dada pelas coordenadas A(ϕ ; λ).



Fonte: REIS, F. Escola Náutica. “Disponível em:”

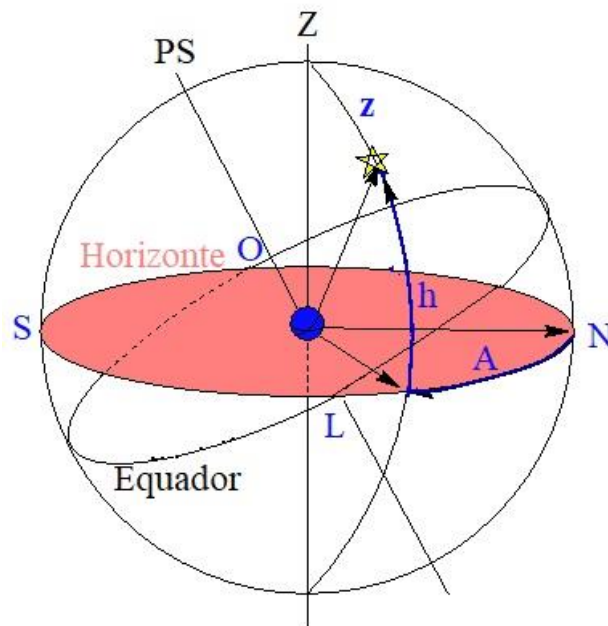
http://www.escolanautica.com.br/coluna/ensinando_parte_02.htm. Acesso em: 18 nov. 2018.

Para determinar a posição de um astro no céu utilizamos os dois sistemas de coordenadas, o sistema geográfico e o sistema celeste horizontal. Adicionalmente, são utilizadas as coordenadas definidas no plano horizontal do observador dadas pelo azimute (A), que é o ângulo medido sobre o horizonte, no sentido horário (NLSO), com origem no Norte geográfico e extremidade no círculo vertical do astro. O azimute varia entre 0 e 360° . A altura (h), que é o ângulo medido sobre o círculo vertical do astro, com origem no horizonte e extremidade no astro, varia entre -90° e $+90^\circ$. Estas

coordenadas são também conhecidas como coordenadas altazimutais e estão ilustradas na figura 2.3.

O complemento da altura se chama distância zenital (z). Assim, a distância zenital é o ângulo medido sobre o círculo vertical do astro, com origem no zênite e extremidade no astro. A distância zenital varia entre 0 e 180°. O sistema horizontal é um sistema local, no sentido de que é fixo na Terra. As coordenadas azimute e altura (ou azimute e distância zenital) dependem do lugar e do instante da observação e não são características do astro.

Figura 2.3 – Coordenadas altazimutais mostrando a altura, dada pelo ângulo h , medida a partir do horizonte até o ponto da estrela na esfera celeste. O azimute (A) é o ângulo com origem no ponto cardinal Norte (N) até a linha da estrela no horizonte. O complemento de h é a distância zenital (z). Note que $h + z = 90^\circ$.



Fonte: OLIVEIRA FILHO, K. S. e SARAIVA, M. F. O. Sistema de Coordenadas. “Disponível em:” <http://astro.if.ufrgs.br/coord.htm>. Acesso em: 25 nov. 2018.

3. COORDENADAS ASTRONÔMICAS

Para mapear o céu atribuímos locais a cada um dos fenômenos celestes que estudamos. As coordenadas astronômicas são essenciais para a observação dos astros. Vimos na seção anterior um dos sistemas de coordenadas mais simples, referido como Coordenadas Altazimutais. Essas coordenadas são usualmente chamadas de horizontais, pois tem como referência o horizonte local e depende da posição do observador.

Vamos introduzir agora o mais importante sistema de coordenadas astronômicas, o Sistema Equatorial de Coordenadas Celestes. Este pode ser utilizado de maneira independente por qualquer observador na Terra, pois o plano de referência não é mais o horizonte local, e sim o plano equatorial celeste, que é uma extensão da linha do equador na esfera celeste.

As Coordenadas do Sistema Equatorial são amplamente utilizadas, principalmente em sua forma Universal, pois é capaz de mapear todo o céu com apenas duas coordenadas, a Declinação e a Ascensão Reta.

Há também uma variante do Sistema Equatorial, dita local, que é utilizada por telescópios terrestres. Nessa condição a Ascensão Reta é substituída pelo Ângulo Horário. Iremos apresentar as duas formas.

3.1 SISTEMA EQUATORIAL UNIVERSAL

A ascensão reta (α ou AR), análoga à longitude terrestre, é a medida angular sobre o plano do equador, com origem no meridiano que passa pelo equinócio vernal, historicamente conhecido como primeiro ponto de Áries, até o meridiano do astro. O ponto de Áries, também conhecido como ponto Gama (γ) ou ponto vernal, é a posição ocupada pelo Sol no equinócio de primavera do hemisfério norte, isto é, quando o Sol cruza o equador vindo do hemisfério sul. Geralmente isso ocorre no dia 22 de março de cada ano.

A ascensão reta varia de $0 \leq \alpha \leq 24\text{h}$ ou, equivalentemente, de $0 \leq \alpha \leq 360^\circ$, aumentando para leste. Esta pode ser relacionada com a medida do azimute, porém, o azimute está relacionado ao plano horizontal do observador.

O deslocamento ou precessão do ponto vernal faz com que o ângulo mude de 1° a cada 72 anos. Isso significa que este não é um ponto fixo. Desde a sua descoberta houve um deslocamento considerável a partir da constelação de origem, mas por convenção o nome foi mantido.

A declinação (δ), análoga à latitude terrestre, é a medida do ângulo a partir do plano do equador ($\delta = 0^\circ$) até a posição do astro na esfera celeste e varia positivamente em direção ao polo norte ($\delta = +90^\circ$) e negativamente em direção ao polo sul ($\delta = -90^\circ$), de modo que $-90^\circ \leq \delta \leq +90^\circ$.

A ascensão reta e a declinação de um astro permanecem praticamente constantes por longos períodos de tempo. Estas coordenadas são apresentadas na ilustração da figura 3.1.

Figura 3.1 – Sistema Equatorial de Coordenadas Celestes. Neste sistema a posição do observador não influencia a posição do astro, tornando um sistema bastante conveniente para o mapeamento celeste.



Fonte: OLIVEIRA FILHO, K. S. e SARAIVA, M. F. O. Sistemas de Coordenadas. “Disponível em:” <http://astro.if.ufrgs.br/coord.htm>. Acesso em: 01 maio 2020.

3.2 SISTEMA EQUATORIAL LOCAL

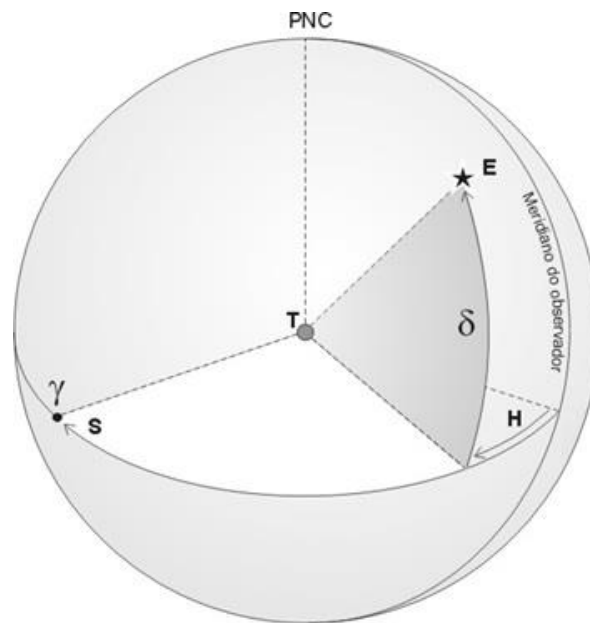
O Sistema Equatorial Local também possui duas coordenadas, a Declinação δ , que é uma coordenada independente do observador, e a Ascensão Reta α é substituída pelo Ângulo Horário H , o qual é dependente do observador. Este é o ângulo medido sobre o equador, com origem no meridiano do observador e extremidade no meridiano do astro e varia entre -12h e +12h. O sinal negativo indica que o astro está a leste do meridiano e o sinal positivo indica que ele está a oeste do meridiano. O ângulo H está relacionado com a longitude geográfica e o horário de observação do corpo celeste. A partir da soma da Ascensão Reta e do Ângulo Horário de qualquer estrela alvo pode-se definir o Horário Sideral (S) da mesma. Este é dado pelo ângulo horário do ponto vernal.

Na figura 3.2 apresentamos o sistema equatorial local de coordenadas de uma estrela E para um observador (T) localizado em um meridiano específico, mostrando sua declinação δ , seu Ângulo Horário (H) e o seu Horário Sideral (S). O plano perpendicular ao polo norte celeste (PNC) em que o observador está posicionado é o plano equatorial local.

Nos telescópios com montagens equatoriais é utilizado o sistema equatorial local, já que em um dos eixos se realiza o movimento em ângulo horário e no outro o movimento em declinação. O sistema de coordenadas local pode ser diretamente relacionado com o sistema universal, uma vez que a declinação é a mesma nos dois sistemas e existe a relação simples, mencionada anteriormente, entre o ângulo horário, a ascensão reta e o tempo sideral ($S = H + \alpha$).

Portanto, para uma montagem específica de um telescópio é importante o observador definir o tipo de coordenadas que ele pretende trabalhar. Discutiremos um pouco sobre isso na seção 5.4.1.

Figura 3.2 – Projeção do Sistema Equatorial Local de coordenadas de uma estrela E qualquer na esfera celeste, mostrando a sua Declinação (δ), o seu Ângulo Horário (H) e o seu Horário Sideral (S). Outros símbolos e iniciais representam o observador (T), o Polo Norte Celeste (PNC) e o ponto vernal ou ponto gama (γ).



Fonte: Figura adaptada de SANTIAGO, B. Ângulo horário. “Disponível em:” <https://www.if.ufrgs.br/oei/santiago/fis2005/textos/equatcrds.html> . Acesso em: 14 maio 2020.

4. FENÔMENOS E OBJETOS OBSERVÁVEIS A OLHO NU

Antigamente, os astrônomos simplesmente observavam o céu a olho nu. Desta forma eles aprenderam muito sobre como o Sol, a Lua e alguns planetas se moviam no céu. A partir dos padrões observados no céu elaboraram calendários e puderam mensurar o tempo. Os fenômenos observáveis com nossos próprios olhos são fundamentais para aguçar a prática da observação.

É interessante, e até aconselhável, iniciar a prática da astronomia com observações feitas a olho nu. À medida que mais conhecimento for adquirido sobre o que observar e como observar, o observador pode adquirir melhores condições de escolher um instrumento de observação e seus acessórios mais adequados.

Em uma noite com o céu limpo, sem nuvens, e sem a poluição luminosa proveniente das cidades, é possível observar uma quantidade de estrelas muito grande e até mesmo alguns padrões formados entre elas e entre fenômenos celestes. Estes padrões permitem a determinação de certos eventos, como chuva de meteoros, passagem de cometas e conjunções planetárias.

4.1 CHUVA DE METEOROS

A chuva de meteoros é um evento em que um grupo de meteoros é observado irradiando de um único ponto no céu (radiante). O meteoro é também conhecido como estrela cadente e é caracterizado por um rastro luminoso de poucos segundos de duração no céu noturno. O rastro luminoso é causado pelo atrito entre as moléculas de ar que constituem a atmosfera terrestre e um pedaço de matéria interplanetária, que pode ser um asteroide, um cometa ou um meteoróide. Antes de encontrar a atmosfera da Terra, o pedaço de detrito que deu origem ao meteoro foi provavelmente um meteoróide, porque esses pequenos fragmentos interplanetários são bem mais comuns que os asteroides ou cometas. Meteoróides menores são geralmente restos rochosos de cometas.

Toda vez que um cometa passa próximo do Sol fragmentos são desprendidos do cometa. Estes fragmentos compõem um grupo unido de poeira e objetos do tamanho de pedras chamado de enxame de meteoróides e se movem aproximadamente na mesma órbita do cometa de origem. À medida que o tempo

passa o enxame se dispersa gradualmente ao longo da órbita e se esta é interceptada pela órbita da Terra, uma chuva de meteoros espetacular pode ocorrer.

A maior parte dos meteoros são menores do que um grão de areia e por isso quase sempre se desintegram e não atingem a superfície do planeta. Qualquer detrito interplanetário que “sobrevive” à passagem pela atmosfera terrestre, podendo ser encontrado no solo, é chamado de meteorito.

As chuvas de meteoros são fenômenos periódicos anuais. As mais conhecidas e intensas são as Geminídeas e as Perseidas no hemisfério sul. Na figura 4.1 é apresentado o registro das Geminídeas em Nhandeara/SP realizado pelo astrônomo amador Renato Poltronieri.

No início de maio é o período de melhor visibilidade da chuva de meteoros que ocorre anualmente chamada de Eta Aquarídeas, sendo também bastante conhecida por se tratar de fragmentos do Cometa Halley. Os países da América do Sul estão entre os melhores para observar tal espetáculo noturno.

Figura 4.1 – Compilação de uma noite no pico da chuva de meteoros das Geminídeas (constelação de gêmeos) no dia 14 de dezembro de 2018 em Nhandeara/SP.



Fonte: Imagem cedida pelo astrônomo amador POLTRONIERI, R. C.

4.2 CONJUNÇÕES PLANETÁRIAS

O Sistema Solar possui oito planetas, dos quais cinco, Mercúrio, Vênus, Marte, Júpiter e Saturno, podem ser observados a olho nu da Terra, onde vivemos, e os dois mais afastados do Sol, Urano e Netuno, podem ser observados apenas com o auxílio de um telescópio.

Os planetas aparecem no céu como pontos brilhantes, semelhantes às estrelas. A diferença visual entre um planeta e uma estrela está na cintilação. Quando dizemos que uma estrela tem uma cintilação muito maior que um planeta, significa que o brilho da estrela é muito maior e este brilho pode sofrer oscilações rápidas de intensidade e de cor, enquanto o planeta aparenta ter um brilho fixo. Ao longo dos meses um planeta pode aumentar ou diminuir o seu brilho, mas isso é devido a alteração da sua posição orbital em relação a Terra.

Mercúrio e Vênus são planetas cujas órbitas são internas à órbita da Terra e se movem muito próximos do Sol. Conseqüentemente, estes podem ser observados pouco antes do nascer do Sol ou pouco depois do mesmo se pôr. Nem sempre os planetas podem ser observados, pois sua visualização depende da posição em que os mesmos se encontram em suas órbitas.

Em astronomia, uma conjunção ocorre quando dois objetos astronômicos, dados por asteroides, luas, planetas e estrelas, aparentam estar próximos no céu quando observados da Terra. Os planetas em nosso sistema solar orbitam o Sol em órbitas elípticas levemente inclinadas umas em relação as outras. Devido aos diferentes períodos de cada planeta decorrente dos diferentes tamanhos de suas órbitas, ocasionalmente os planetas podem parecer estar alinhados, ocupando uma mesma região no céu noturno, apesar dos mesmos estarem afastados um dos outros por milhões de quilômetros. Dessa maneira, eles formam uma conjunção planetária. Na figura 4.2 apresentamos a imagem de uma conjunção planetária formada pelo alinhamento dos planetas Júpiter e Saturno em Itapetininga/SP.

É interessante destacar que quando os planetas estão em oposição ou alinhados com o Sol e a Terra, todo seu brilho é refletido para nós, facilitando a observação e o eventual registro.

Figura 4.2 – Conjunção planetária entre Júpiter e Saturno registrada em Itapetininga/SP no dia 15 de dezembro de 2020.



Fonte: Imagem cedida pelo astrônomo amador CAMARGO, C. do Clube de Astronomia Centauri de Itapetininga.

4.3 ECLIPSES

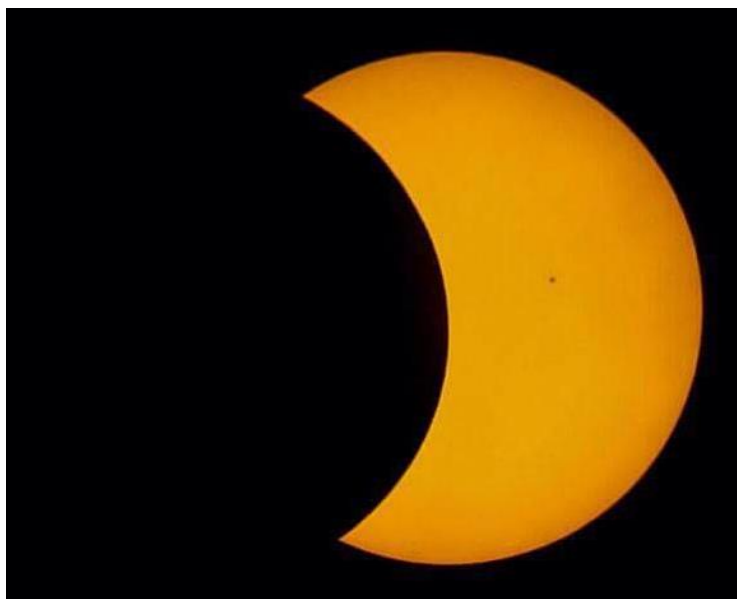
Um Eclipse é um fenômeno de alinhamento das posições do planeta Terra, da Lua e do Sol. Existem dois tipos de eclipses, o Lunar e o Solar.

O **Eclipse Lunar** ocorre quando a Terra bloqueia a incidência de luz solar na face da Lua. O eclipse lunar total não faz com que a lua fique completamente escurecida, ela adquire uma cor vermelho escuro. Isso é resultado da dispersão da luz solar na atmosfera terrestre que faz com que apenas a frequência da luz mais baixa (vermelha) seja refratada na superfície lunar, evitando que a sombra fique completamente negra. Alguns chamam este fenômeno de Lua de Sangue. Usualmente o alinhamento Sol, Terra e Lua é imperfeito, de modo que a sombra da Terra nunca cobre completamente a Lua. Tal ocorrência é conhecida como eclipse lunar parcial. Existe também o Eclipse Lunar Penumbral. Este não é possível notar a olho nu, porque a diferença no brilho da Lua é muito pequena.

Quando a Lua e o Sol estão exatamente na mesma direção, quando vistos da Terra, com a Lua passando diretamente na frente do Sol, o dia se torna noite

brevemente em um **Eclipse Solar**. Este eclipse, quando total, é visível apenas em determinadas regiões da superfície terrestre, sendo um fenômeno local. Em um eclipse solar parcial apenas uma porção da face do Sol é coberta, como mostrado na figura 4.3.

Figura 4.3 – Eclipse Solar Parcial registrado por uma câmera de celular acoplada a um telescópio refrator com um filtro de observação solar.



Fonte: Imagem cedida pelo Clube de Astronomia Centauri de Itapetininga/SP e de autoria do astrônomo amador ELEUTÉRIO, D.

4.4 COMETAS

Os cometas são usualmente observados como pequenas manchas de luz no céu enquanto eles estão muito distantes do Sol. Eles orbitam o Sol em órbitas elípticas bastante alongadas. À medida que um cometa se aproxima do Sol ele adquire maior brilho e desenvolve uma cauda extensa, diminuindo novamente à medida que se afasta do Sol. Os cometas, assim como os planetas, apenas refletem ou reemitem a luz do Sol, não possuindo brilho próprio.

O nome cometa é derivado da palavra grega *kome* que significa “cabelo”. Os cometas foram importantes marcos na história de nossa civilização, sempre se relacionando com a queda de algum império.

As principais partes de um cometa, chamadas de núcleo, coma e cauda, são apresentadas na figura 4.4. Durante a maior parte da sua órbita longe do Sol, apenas

o seu núcleo congelado existe. Quando um cometa se aproxima do Sol sua superfície é aquecida e material começa a ser evaporado. Com isso é formado uma espécie de aureola de pó e gases em torno do núcleo chamada de coma. À medida que um cometa se aproxima ainda mais do Sol esse processo de evaporação se intensifica formando a sua calda. Esta aponta na direção oposta do Sol devido aos ventos solares.

Figura 4.4 – Principais partes de um cometa, dadas pelo núcleo, a coma ou cabeleira, envolvendo o núcleo e a cauda, que aparece quando o cometa passa próximo do Sol.



Fonte: Cometa ISON. Foto tirada no dia 19 de novembro de 2013 com o telescópio Marshall Space Flight Center 20” no Novo México. **Créditos da Imagem:** NASA/MSFC/MEO/Cameron McCarty. “Disponível em:” <https://www.nasa.gov/topics/solarsystem/features/watchtheskies/bright-comet-ison.html>. A descrição das partes do cometa foi feita pelo autor.

Para um observador na Terra, somente a coma e a cauda de um cometa são visíveis a olho nu. Para melhor visualização de um cometa recomenda-se o uso de binóculos ou telescópios, principalmente se a observação for feita em centros urbanos. Regiões periféricas ou rurais permitem melhor visibilidade.

O cometa mais famoso de todos é o cometa Halley. Em 1705, o astrônomo Britânico Edmund Halley percebeu que a aparição deste cometa em 1682 não era um evento único e calculou que sua trajetória em torno do Sol tinha um período de 76 anos. Halley fez a previsão de que o cometa reapareceria em 1758. Apesar de não

ter vivido para comprovar sua previsão, esta foi um sucesso, se tornando um dos grandes triunfos das leis de movimento e da gravidade de Newton. Para homenagear o sucesso de Edmund Halley o cometa recebeu o seu nome. A próxima passagem do cometa Halley está prevista para julho de 2061.

4.5 SATÉLITES ARTIFICIAIS

Usualmente utilizamos a palavra satélite para nos referirmos a uma máquina que é lançada no espaço para orbitar a Terra ou mesmo à pequenas cidades próximas a uma grande metrópole. Em astronomia o uso dessa palavra é mais geral e um satélite pode ser também uma lua ou um planeta que orbita outro planeta ou estrela. A Terra, por exemplo, é um satélite que orbita o Sol e a lua é um satélite que orbita a Terra. A Terra e a lua são exemplos de satélites naturais.

Existem também satélites construídos por nós mesmos, chamados de satélites artificiais. Existem milhares destes satélites orbitando a Terra com diferentes funcionalidades como ajudar meteorologistas a prever o clima, rastrear furacões, melhorar nossas comunicações e localização através do GPS (*Global Positioning System*) e também satélites que tiram fotos de outros planetas, o Sol, buracos negros e galáxias distantes visando ajudar cientistas do mundo todo a entender melhor o sistema solar e o universo.

Os satélites artificiais podem ser observados da Terra como pontinhos brilhantes se movendo no céu noturno, mas é preciso um pouco de paciência e tempo. Seu brilho é semelhante ao de uma estrela. A órbita destes satélites pode variar de altitudes que vão de 400 km a 35.000 km.

Um dos satélites que pode ser visto com grande frequência no céu é a Estação Espacial Internacional ou ISS, do inglês *International Space Station*. Esta orbita nosso planeta a uma altura de aproximadamente 400 km, completando uma volta em torno da Terra a cada 90 minutos. Na figura 4.5 vemos uma foto de longa exposição mostrando o rastro da ISS comparado com as estrelas ao fundo.

Figura 4.5 – Registro da passagem da Estação Espacial Internacional (ISS – *Internacional Space Station*) no dia 09 de março de 2020. Esta foto foi tirada com exposição de 16 segundos.



Fonte: Imagem cedida pelo Clube de Astronomia Centauri de Itapetininga/SP e de autoria do astrônomo amador e autor deste trabalho RAFFA, R. F.

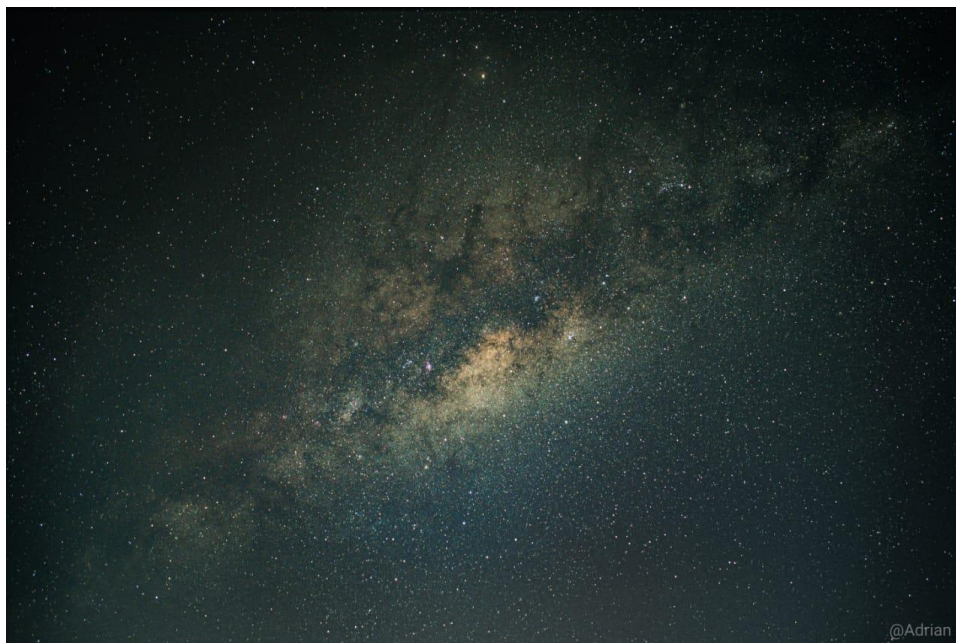
4.6 CENTRO GALÁCTICO

A galáxia em que vivemos é chamada de Via Láctea. Esta é uma galáxia espiral contendo mais de 200 bilhões de estrelas e um possível buraco negro em seu centro. O nome de nossa galáxia está relacionado à mancha clara que vemos no céu devido à combinação do brilho de várias estrelas, parecendo um “caminho de leite”.

O centro da Via Láctea está localizado na direção da constelação do Sagitário, mais bem observada no outono e no inverno no hemisfério sul. Na figura 4.6 apresentamos um registro do centro galáctico com uma câmera semiprofissional, configurada para ambientes escuros, tendo grande abertura, longo tempo de

exposição e sensibilidade alta para capturar os detalhes. Mais detalhes sobre este tipo de configuração será fornecido na seção 6.

Figura 4.6 – Registro do Centro da Via Láctea realizado no dia 05 de abril de 2020.



Fonte: Imagem cedida pelo Clube de Astronomia Centauri de Itapetininga/SP e de autoria do astrônomo amador DA SILVA, A. A.

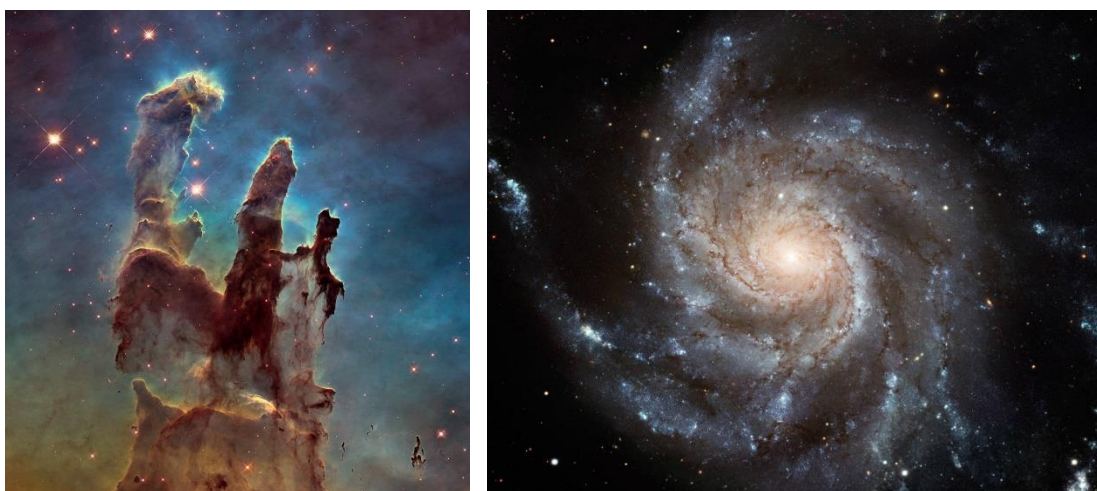
4.7 CATÁLOGOS ASTRONÔMICOS: OBSERVAÇÃO DE OBJETOS DO CÉU PROFUNDO

A observação de objetos celestes difusos no céu profundo (DSO – *Deep Sky Objects*) por astrônomos amadores geralmente é feita utilizando-se alguns catálogos como guias. Estes auxiliam na localização de tais objetos observados nos hemisférios norte e sul, pois encontrá-los pode não ser uma tarefa muito fácil, uma vez que estão localizados a distâncias muito grandes da Terra.

Para observações no hemisfério norte existe o catálogo de nebulosas, galáxias e aglomerados de estrelas de Messier, ou simplesmente Catálogo Messier. Este foi compilado por Charles Messier entre os anos de 1758 e 1781, sendo revisado ao longo dos anos e contém hoje 110 objetos astronômicos. Estes objetos são catalogados com a letra M seguida de um número, correspondente à ordem cronológica de suas descobertas e inclusão no catálogo Messier. A Nebulosa da Águia

apresentada à esquerda na figura 4.7, por exemplo, é também conhecida como M16, ou seja, ela é o décimo sexto objeto no catálogo Messier. À direita da figura 4.7 mostramos a Galáxia do Cata-Vento, conhecida no mesmo catálogo como M101.

Figura 4.7 – À esquerda é apresentada a Nebulosa da Águia (M16) e à direita a Galáxia do Cata-Vento (M101), ambos objetos observados no céu profundo.



Fonte – Esquerda: GARNER, R. Messier 16 (The Eagle Nebula). “Disponível em:” <https://www.nasa.gov/feature/goddard/2017/messier-16-the-eagle-nebula>. **Créditos da Imagem:** NASA, ESA and the Hubble Heritage Team (STScI/AURA). **Direita:** GARNER, R. Messier 101 (The Pinwheel Galaxy). “Disponível em:” <https://www.nasa.gov/feature/goddard/2017/messier-101-the-pinwheel-galaxy>. **Créditos da Imagem:** Hubble Image - NASA, ESA, K. Kuntz (JHU), F. Bresolin (University of Hawaii), J. Trauger (Jet Propulsion Lab), J. Mould (NOAO), Y.-H. Chu (University of Illinois, Urbana) and STScI; CFHT Image: Canada-France-Hawaii Telescope/J.-C. Cuillandre/Coelum; NOAO Image: G. Jacoby, B. Bohannan, M. Hanna/NOAO/AURA/NSF. Acesso em: 03 jun. 2020.

Para a observação de objetos do céu profundo também no hemisfério sul, os astrônomos amadores utilizam como guia outros catálogos, como o Catálogo Caldwell. Este foi feito pelo astrônomo amador e comunicador científico inglês Sir Patrick Caldwell-Moore e publicado em dezembro de 1995 pela revista *Sky & Telescope*. O catálogo Caldwell complementa o catálogo Messier, incluindo 109 objetos visíveis em telescópios de tamanho amador em ambos os hemisférios, norte e sul, que não estão presentes no catálogo Messier. Tais objetos são identificados no catálogo Caldwell pelo próprio nome Caldwell ou a letra C e um número. Na figura 4.8 apresentamos à esquerda a galáxia espiral, conhecida como Caldwell 12 ou C12, e à direita uma nebulosa conhecida como Caldwell 39 ou C39.

Existem outros catálogos de objetos celestes, como o Novo Catálogo Geral (NGC – *New General Catalogue*), publicado por John Dreyer em 1888, e o Catálogo

de Índice (IC – *Index Catalogue*) também publicado por Dreyer como um complemento ao catálogo NGC em 1895. Em anos posteriores esses catálogos foram revisados chegando a mais de 5.000 objetos catalogados. Nestes catálogos a região associada com a Nebulosa da Águia (M16), apresentada na figura 4.7, é identificada como NGC6611 e IC4703.

Figura 4.8 – À esquerda é apresentada a Galáxia Espiral (C12) e à direita a Nebulosa C39.



Fonte – Esquerda: HENDERSON, E. Caldwell 12. “Disponível em:” <https://www.nasa.gov/feature/goddard/caldwell-12>. **Créditos da Imagem:** NASA, ESA and L. Ho (Peking University); Processing: Gladys Kober (NASA/Catholic University of America).
Direita: HENDERSON, E. Caldwell 39. “Disponível em:” <https://www.nasa.gov/feature/goddard/caldwell-39/>. **Créditos da Imagem:** NASA, Andrew Fruchter and the ERO Team [Sylvia Baggett (STScI), Richard Hook (ST-ECF), Zoltan Levay (STScI)]. Acesso em: 03 jun. 2020.

Muitos dos objetos do céu profundo só podem ser vistos com detalhes utilizando-se telescópios. Para observações a olho nu existem objetos espetaculares que podem ser apreciados como As Plêiades (M45), também conhecidas como Sete Irmãs, veja figura 4.9. Este consiste em um aglomerado de estrelas jovem, cerca de centenas de milhares de anos, e está localizado na constelação zodiacal de Touro. Como mostrado na figura 4.9, as M45 possuem um brilho azulado, sendo fácil de serem observadas em ambos os hemisférios.

A Nebulosa de Órion, catalogada como M42 ou NGC1976, também pode ser apreciada a olhos nus. Esta nebulosa faz parte de uma imensa nuvem de gás e poeira chamada Nuvem de Órion, que se estende pelo centro da constelação de Órion. Tal

constelação é facilmente encontrada no céu noturno tendo como referência as estrelas chamadas de “Três Marias”, nome popular dado ao cinturão de Órion. A nebulosa de Órion pode ser mais bem observada nas estações da primavera e verão no hemisfério sul.

Figura 4.9 – As Plêiades vistas a olho nu. A imagem inserida à direita é uma amplificação das Plêiades vistas com um telescópio.



Fonte – Esquerda: Imagem cedida pelo Clube de Astronomia Centauri de Itapetininga/SP e de autoria do astrônomo amador e autor deste trabalho RAFFA, R. F. “Disponível em:” http://nova.astrometry.net/user_images/3413293#original. Acesso em: 10 jun. 2020. **Direita:** FERNANDEZ-SANCHEZ, A. “Disponível em:” <https://apod.nasa.gov/apod/ap071118.html>. Acesso em: 10 jun. 2020.

4.8 MOVIMENTO ORBITAL DA TERRA: SOLSTÍCIO E EQUINÓCIO

O tempo da forma como conhecemos é medido com relação ao Sol. O progresso que o Sol faz durante o dia é chamado de movimento diurno. Este se dá devido ao movimento de rotação da Terra. Mas é interessante notar também que o movimento das estrelas no céu não se repete exatamente de uma noite para outra, ou seja, a esfera celeste como um todo parece estar um pouco deslocada em relação ao horizonte comparada com a noite anterior. Essa diferença pode ser notada a olho nu bastando observar as estrelas visíveis logo após o Sol se pôr ou pouco antes do amanhecer.

Este deslocamento da esfera celeste ocorre como consequência do movimento de revolução da Terra em torno do Sol. As pequenas diferenças observadas no céu noturno se tornam significativas ao longo de semanas e meses. Após seis meses a Terra alcança o lado oposto de sua órbita nos revelando um grupo de estrelas e constelações completamente diferentes no céu noturno. Por causa deste movimento é possível notar que a posição em que o Sol nasce varia ao longo do ano e que o mesmo não nasce sempre no ponto cardeal leste, como muitas pessoas acreditam. Isso ocorre apenas duas vezes no ano, como mostrado na figura 4.10. Esta foi obtida por simulação no software Stellarium ¹.

Figura 4.10 – Simulação do nascer do sol em diferentes datas de um mesmo ano, mostrando que este só acontece exatamente no ponto leste 2 vezes por ano, por volta de 20 de março e 23 de setembro, que marcam os equinócios de outono e de primavera, respectivamente, no hemisfério Sul. Os solstícios de inverno e de verão ocorrem em torno de 20 de junho e 21 de dezembro respectivamente.



Fonte: Elaborada pelo autor. Esta figura foi simulada no software *Stellarium*.

Esse movimento aparente do Sol no céu traça uma trajetória na esfera celeste conhecida como eclíptica. Se considerarmos a Terra e o Sol no mesmo plano teremos

¹ Stellarium é um software gratuito que possibilita a simulação realística do céu em três dimensões da mesma forma que o vemos a olho nu, com binóculos ou um telescópio. Maiores informações podem ser obtidas em <https://stellarium.org/pt/>.

o plano da eclíptica. É muito importante salientar que o eixo de rotação da Terra não aponta na mesma direção do eixo de revolução da Terra em torno do Sol no plano da eclíptica, ou seja, o eixo de rotação possui uma inclinação em relação à eclíptica. Essa inclinação é responsável pelas mudanças sazonais que experimentamos em nosso planeta ou estações do ano, primavera, verão, outono e inverno, marcadas por diferenças de temperatura entre o verão, mais quente, e o inverno, mais frio.

Muitas pessoas acreditam que estas diferenças de temperatura ocorrem devido à distância da Terra com relação ao Sol, ou seja, nos dias mais quentes de verão a Terra estaria mais próxima do Sol e nos dias mais frios de inverno a Terra estaria mais distante. Isso de fato não ocorre, pois a órbita da Terra em torno do Sol é quase uma circunferência perfeita, de modo que a distância entre a Terra e o Sol varia muito pouco no decorrer do ano.

Devido à inclinação do eixo de rotação da Terra em relação à eclíptica, existe uma localização na órbita terrestre em que o Polo Sul do nosso planeta aponta mais na direção do Sol e isso ocorre por volta do dia 21 de dezembro ². Dessa forma, à medida que a Terra rotaciona, regiões mais ao sul do equador estarão mais expostas ao Sol naquele dia do que em outras, fazendo com que este seja o dia mais longo do ano no hemisfério Sul e o mais curto no hemisfério Norte. Esse dia é conhecido como **solstício de verão**.

Seis meses mais tarde, o nosso polo Sul estará apontando mais para longe do Sol e teremos o **solstício de inverno**, que ocorre por volta de 21 de junho, equivalendo ao dia mais curto no hemisfério Sul e mais longo no hemisfério Norte. Os solstícios de verão e de inverno marcam o início destas estações que ocorrem de maneira alternada nos hemisférios Norte e Sul.

As duas localizações na órbita terrestre em que os polos Sul e Norte estão praticamente à mesma distância do Sol são conhecidas como **equinócios**. No outono no hemisfério Sul temos o **equinócio de outono** por volta de 21 de março e na primavera temos o **equinócio de primavera** ocorrendo por volta de 21 de setembro. Nestas datas, dia e noite possuem a mesma duração.

Historicamente essas observações foram fundamentais para nos auxiliar no desenvolvimento da agricultura, facilitando a compreensão do melhor período do ano

² A data exata varia de ano para ano porque o comprimento de um ano não corresponde a um número inteiro de dias. A correção com relação a isso é feita a cada quatro anos com o ano bissexto, que é o ano que tem um dia a mais.

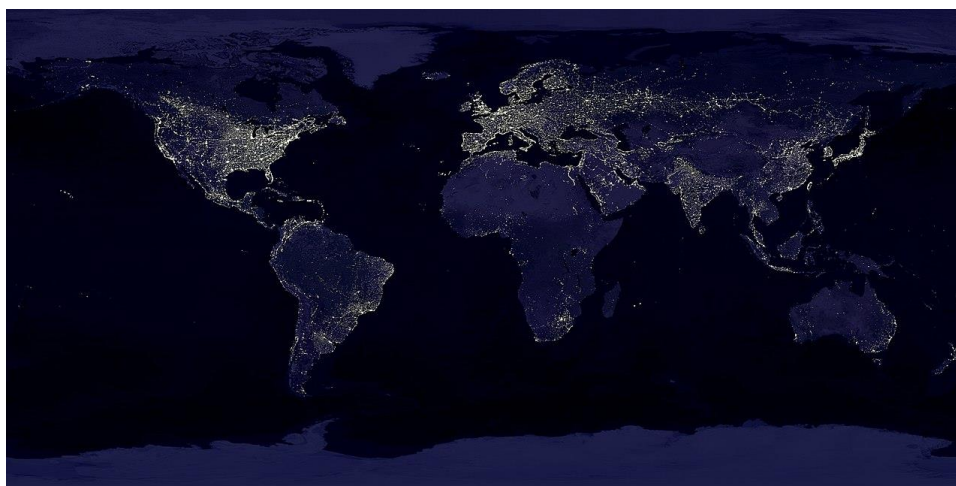
para o plantio e a colheita. A observação astronômica, desde os primórdios da humanidade, foi e ainda é fundamental para a compreensão do nosso lugar no universo.

5. INSTRUMENTOS ASTRONÔMICOS

Em sua essência, a astronomia é uma ciência observacional. A observação astronômica começou com os próprios olhos, onde a admiração pelas estrelas culminou em aprimoramentos de técnicas e instrumentos para melhorar a observação de corpos celestes e fenômenos cósmicos. Mas é importante salientar que a observação a olho nu teve um papel inicial muito importante na catalogação de muitas estrelas em constelações. Isso foi útil para diferenciar planetas de estrelas, por seu comportamento sazonal em relação as estrelas consideradas fixas, e também por determinar conceitos fundamentais como a magnitude, que permitiu que estrelas fossem catalogadas em função do seu brilho aparente.

Atualmente a **Poluição Luminosa (PL)** tem ofuscado as estrelas no céu noturno dos grandes centros urbanos, afetando muito a observação a olho nu. A PL é ocasionada pela iluminação excessiva, as vezes desnecessária, desenvolvida para iluminar setores públicos e privados. A luz se dispersa na atmosfera dificultando as observações do céu noturno e criando problemas para nossa saúde e no ecossistema, decorrentes da mudança de comportamento de vários animais. Na figura 5.1 mostramos uma composição de imagens de diferentes regiões da Terra feita do espaço durante a noite.

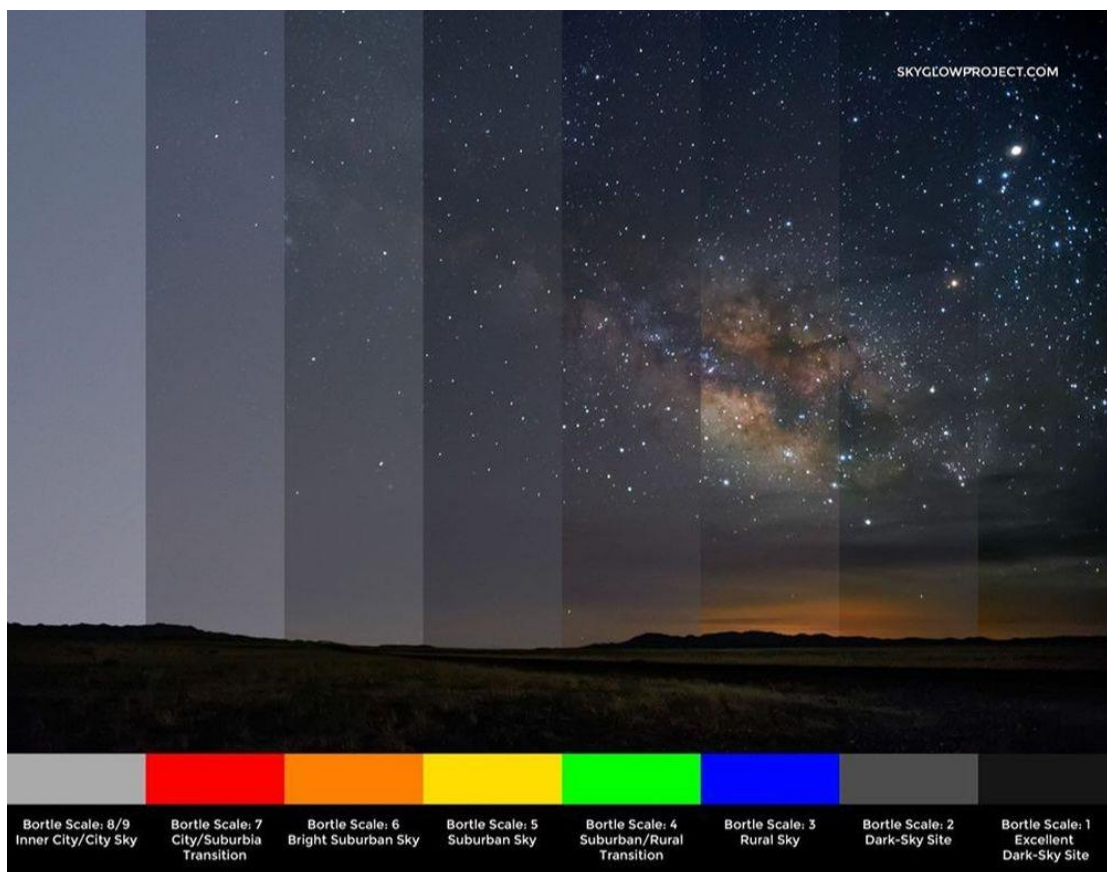
Figura 5.1 – Composição de imagens feitas durante a noite de diferentes regiões do planeta Terra, mostrando que as luzes dos grandes centros urbanos são visíveis do espaço.



Fonte: STEVENS, J. Earth Observatory, NASA. Dados Suomi NPP VIIRS de Miguel Román, Goddard Space Flight Center da NASA.

Para quantificar a interferência causada pela PL nas observações astronômicas, John E. Bortle criou uma escala numérica de nove níveis que leva o seu nome, a **escala Bortle**. Esta escala varia da Classe 1, referente ao céu mais escuro que existe na Terra, à Classe 9, referente ao céu noturno observado do interior das cidades, veja figura 5.2.

Figura 5.2 – Escala Bortle, de 1 a 9, utilizada para medir o brilho do céu noturno de uma localização particular. Esta quantifica a interferência causada por poluição luminosa para observação de objetos celestes. Na escala abaixo o número 1 se refere ao céu noturno em excelentes condições de observação astronômica, típico em lugares isolados sem qualquer poluição luminosa. O valor máximo da escala (8 e 9) indica o céu noturno no interior das cidades onde há grande poluição luminosa inviabilizando observações de objetos celestes. Entre os dois extremos existem sítios e fazendas distantes das cidades (2 e 3), regiões suburbanas (4, 5 e 6) e a transição destas para o interior das cidades (7).



Fonte: JON. Light-Polluted Astronomy. “Disponível em:” <https://jgroub.wordpress.com/2018/09/28/september-28-2018-the-bortle-scale-or-why-gas-is-your-friend/>. Acesso em: 30 maio 2020.

Um dos astrônomos mais conhecidos da antiguidade, pelas suas observações precisas de estrelas e planetas a olho nu, foi Tycho Brahe. Ele provou, por exemplo,

que cometas são objetos que viajam no espaço e não na atmosfera terrestre. Em 1600 ele contratou o astrônomo Johannes Kepler que, após a morte de Brahe, herdou o seu cargo de matemático do Império Romano em Praga e suas observações precisas de planetas, que abrangiam várias décadas. Após anos de estudo com os dados de Brahe, Kepler desenvolveu as leis do movimento planetário, usualmente conhecidas como as três leis de Kepler, mostrando através destas a harmonia do Sistema Solar.

Mesmo não tendo instrumentos de ampliação, alguns instrumentos astronômicos foram essenciais para o desenvolvimento da Astronomia, dentre eles o gnomon, o astrolábio e o sextante.

5.1 GNOMON

O Gnomon deve ter sido o mais antigo instrumento astronômico construído pelo homem. Este é constituído de uma pequena haste fixada perpendicularmente no chão, como ilustrado na figura 5.3. Quando os raios solares incidem sobre a mesma, a sombra projetada permite verificar a variação da posição do Sol.

Através desse instrumento os antigos astrônomos conseguiram, por exemplo, definir o momento exato que divide a parte clara do dia, os pontos cardeais e também, através de longas observações que se mostraram cíclicas, conseguiram definir o conceito de estações do ano.

Figura 5.3 – Exemplo simples de um obelisco funcionando como um Gnomon projetando sua sombra em regiões demarcadas.



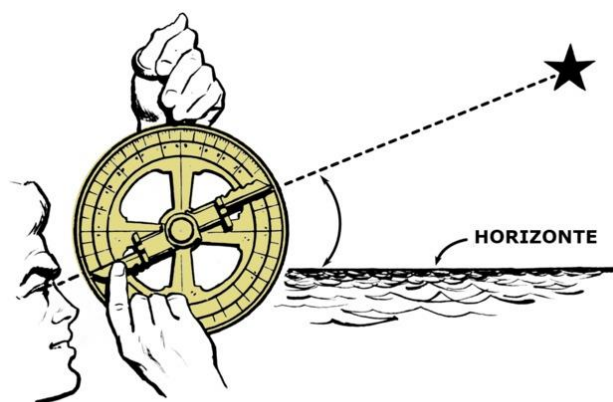
Fonte: SCATENA, E. Instrumentos Astronômicos da Era Pré-Telescópio. “Disponível em:” <https://galileu.blumenau.ufsc.br/instrumentos-astronomicos-da-era-pre-telescopio/>. Acesso em: 30 maio 2020.

5.2 ASTROLÁBIO

O modelo mais simples de Astrolábio era constituído de um disco circular, com graduação em ângulos, e uma régua linear que, vinculada ao disco, podia rotacionar em torno de um eixo passando pelo centro do disco. Com esse instrumento se obtinha a altura (Coordenada Altazimutal) de um astro, quando usado em relação ao horizonte. Era possível também medir o azimute quando se conhecia a direção do norte local. O disco podia ser virado podendo medir o ângulo azimutal da Coordenada Horizontal.

O astrolábio foi muito utilizado também na navegação astronômica antes do advento da bússola. Mesmo com o uso desta, o astrolábio ainda era utilizado como instrumento complementar. Na figura 5.4 é apresentado de forma ilustrativa a aplicação do astrolábio, em que o observador posiciona o pivô em direção a estrela e mantém a base paralela ao horizonte como referência.

Figura 5.4 – Ilustração mostrando a medição da altura de uma estrela em relação ao horizonte com um astrolábio.



Fonte: BEZERRA, J. Astrolábio. “Disponível em:”
<https://www.todamateria.com.br/astrolabio/>. Acesso em: 30 maio 2020.

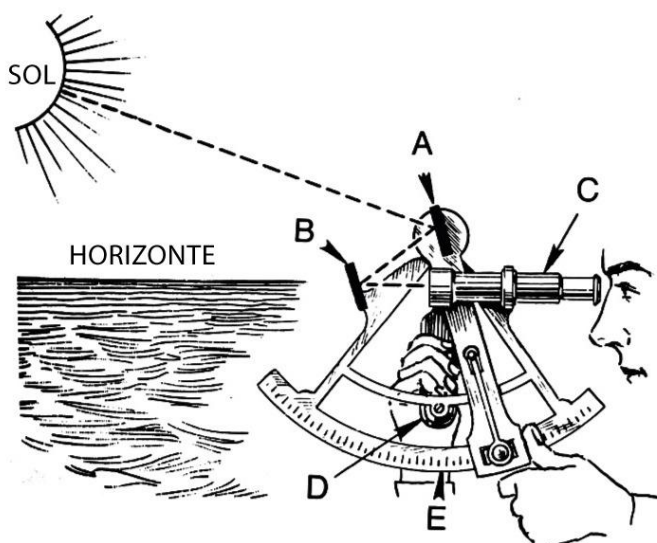
5.3 SEXTANTE

O sextante é considerado o sucessor do astrolábio, ou seja, é um instrumento que foi desenvolvido a partir de aprimoramentos feitos no astrolábio. Este é constituído de um setor circular de 60°, graduado em sua borda e com uma régua linear que rotaciona em torno de um eixo passando pelo vértice central do setor circular. As

observações eram realizadas direcionando-se a régua em direção ao astro e a leitura era feita na graduação do setor, obtendo-se a altura ou a distância zenital do astro.

A grande diferença estava na presença de dois espelhos, como mostrado na ilustração da figura 5.5, pontos A e B, onde o observador conseguia ter maior precisão na obtenção do ângulo entre dois objetos, neste caso o Sol e o Horizonte.

Figura 5.5 – Ilustração da utilização do sextante para medir o ângulo relativo do Sol com o horizonte, mostrando os dois espelhos A e B, o telescópio C, o braço de ajuste D e o setor circular graduado E.



Fonte: SEAS. Boating for Everyone. “Disponível em:” <https://www.seasheboygan.org/event-calendar/celestial-navigaton>. Acesso em: 30 maio 2020.

5.4 TELESCÓPIO

Apesar dos instrumentos de medidas angulares promoverem grandes avanços nas observações de objetos celestes, foi com a invenção da luneta em 1609 que a Astronomia teve um grande desenvolvimento.

Galileu Galilei não inventou o telescópio, mas foi responsável pela construção de um modelo mais aprimorado e por divulgar suas descobertas que conseguiu por meio deste novo equipamento. Na figura 5.6 uma pintura de Giuseppe Bertini de 1858, retrata o dia em que Galileu mostrou as capacidades do novo instrumento óptico a todo o Senado veneziano, o que permitiu que os navios fossem vistos duas horas antes de serem visíveis a olho nu.

Figura 5.6 – Pintura de Giuseppe Bertini de 1858 ilustrando Galileu mostrando o potencial do telescópio para o Senado veneziano.



Fonte: BERTINI. G. “Disponível em:”
http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Bertini_fresco_of_Galileo_Galilei_and_Doge_of_Venice.jpg. Acesso em: 30 maio 2020.

O telescópio foi inventado no início do século XVII com o primeiro pedido de patente sendo registrado nos Países Baixos (Holanda) com o nome de Hans Lippershey no ano de 1608. O suposto inventor era um fabricante de óculos. O pedido de patente não foi aceito por ser considerado um sistema “tecnicamente muito simples”.

Ao ouvir falar sobre a invenção, mesmo sem ter a visto, Galileu Galilei construiu seu próprio telescópio em 1609 e o utilizou para observar o céu. Todas as suas contribuições estão descritas na obra “O Mensageiro das Estrelas” publicado em 1610 em Veneza, sendo o primeiro tratado científico baseado em observações com um telescópio óptico.

O Telescópio “galileano” ganhou fama e é utilizado ainda hoje por astrônomos amadores, instituições de ensino e clubes de astronomia. Na figura 5.7 é apresentado um telescópio galileano mais moderno, com configurações parecidas em relação a óptica, porém com melhorias na base de sustentação.

Figura 5.7 – Exemplo de telescópio galileano com configurações atuais parecidas com as utilizadas pelo próprio Galileu.



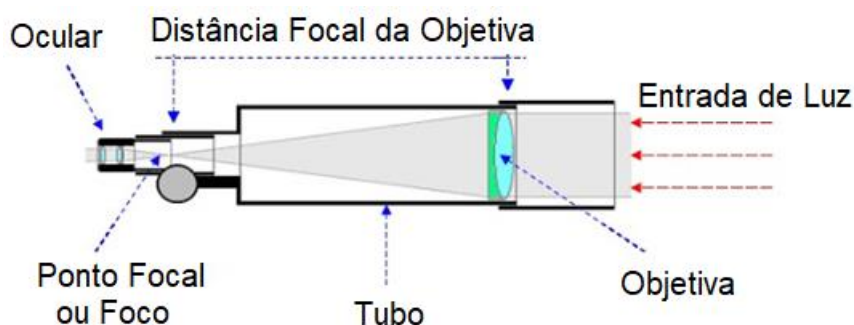
Fonte: Sky-Watcher, Be Amazed. “Disponível em:” <http://skywatcher.com/product/bk-707az2/>. Acesso em: 30 maio 2020.

Os telescópios galileanos são do tipo refrator, pois utilizam uma lente biconvexa na sua extremidade e elementos ópticos simples na sua montagem. Esse tipo de telescópio possui lentes pequenas, são leves, fáceis de operar e ideais para quem está iniciando na astronomia observacional.

Em um telescópio refrator a luz externa entra no telescópio atingindo primeiramente a **Objetiva**, como ilustrado na figura 5.8. Em seguida a luz converge a um **Ponto Focal** onde é ajustada pelo observador dependendo da **Ocular** utilizada para a observação. A **Distância Focal** (DF) da objetiva é importante para limitar a distância do objeto observado, ou seja, quanto maior a DF, mais próximos deverão estar os objetos observados e quanto menor a DF, o foco será observado para objetos mais distantes.

Como os telescópios refratores são limitados pelo tamanho de sua objetiva (lente), estes não são indicados para observação de objetos de céu profundo como galáxias, nebulosas e outros corpos muito distantes. Uma boa aplicação para os telescópios refratores é a observação da nossa vizinhança cósmica, como a Lua e suas crateras, os grandes planetas Júpiter e Saturno e eventualmente Vênus e Marte, que são menores.

Figura 5.8 – Esquema mostrando o funcionamento de um telescópio galileiano refrator.



Fonte: TOLENTINO, V. Observatório Lunar. “Disponível em:” <http://vaztolentino.com/secao/5-Sobre-Telescopios>. Acesso em: 14 outubro 2020.

No ano da morte de Galileu em 1642 nasceu Isaac Newton, que mais tarde iria revolucionar não só a Astronomia, mas toda a Física da época. Em sua obra “Os Princípios Matemáticos da Filosofia Natural”, ele contribuiu de maneira imensurável para o desenvolvimento da Mecânica Clássica, Óptica Geométrica e Astronomia. Este, provavelmente, é o livro de Física mais influente já escrito.

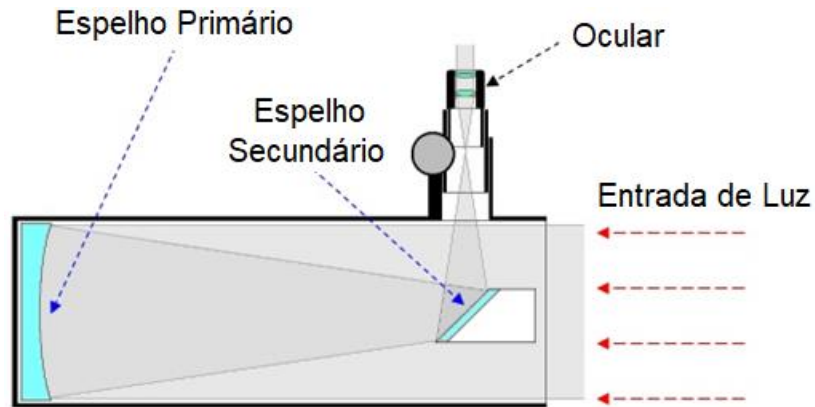
Para o aperfeiçoamento dos instrumentos de observação astronômica Newton propôs e desenvolveu um telescópio que ao invés do uso de lentes biconvexas utilizou um espelho côncavo.

É possível analisar o caminho óptico da luz no interior de um telescópio refletor através de geometria básica. O feixe de luz que entra no telescópio é refletido no espelho primário côncavo em direção a um espelho plano, posicionado a 45° com a horizontal, que envia a luz focada, porém invertida, para uma ocular e finalmente para o observador, como ilustrado na figura 5.9.

Esse tipo de telescópio, como o mostrado na figura 5.10, é comercialmente mais viável com uma abertura de até 5 vezes a abertura de um telescópio refrator, sendo de construção relativamente barata, porém, com uma montagem e uso mais complexos.

Grandes telescópios terrestres como o do Observatório La Silla, figura 5.11, e telescópios espaciais, como o Hubble mostrado na figura 5.12, são telescópios do tipo Newtoniano (Refletores), seguindo os mesmos princípios com alguns aprimoramentos.

Figura 5.9 – Esquema ilustrativo do funcionamento de um telescópio refletor, mostrando a luz coletada sendo refletida no espelho primário côncavo na direção de um espelho secundário plano e se direcionando à ocular para observação.



Fonte: TOLENTINO, V. Observatório Lunar. “Disponível em:” <http://vaztolentino.com/secao/5-Sobre-Telescopios>. Acesso em: 14 outubro 2020.

Figura 5.10 – Telescópio Newtoniano (Refletor) de abertura de 130 mm vendido comercialmente pela fabricante americana *Skywatcher*.



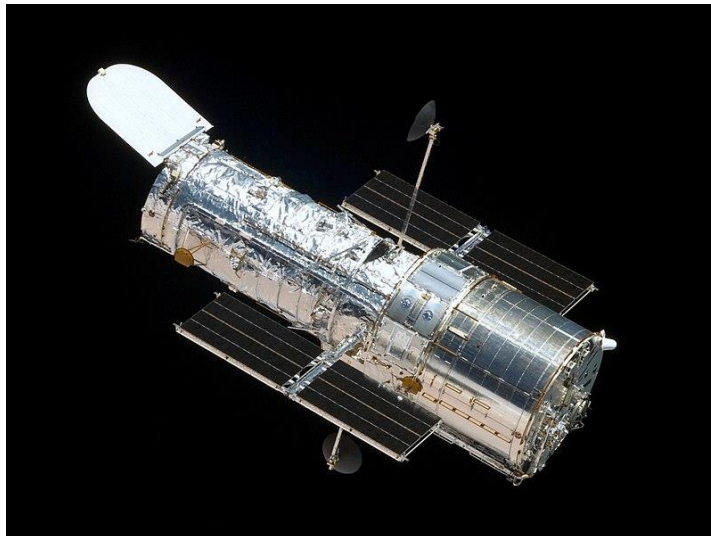
Fonte: Sky-Watcher, Be Amazed. “Disponível em:” <http://skywatcher.com/product/bk-p13065eq2/>. Acesso em: 14 outubro 2020.

Figura 5.11 – O telescópio do Observatório de La Silla no Chile tem um espelho de 2,2 metros de abertura. Os telescópios ópticos terrestres são todos do tipo refletor.



Fonte: STOCHEBRAND, H. European Southern Observatory (ESO). “Disponível em:” <https://www.eso.org/public/brazil/images/img-8585-cc/?lang>. Acesso em 14 outubro 2020.

Figura 5.12 – O Telescópio Espacial Hubble lançado em órbita em 1990 revolucionou a Astronomia com suas incríveis imagens de alta qualidade processadas na faixa do visível e outros comprimentos de onda.



Fonte: RUFFNAX, Crew of STS-125. “Disponível em:” <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:HST-SM4.jpeg>. Acesso em 14 outubro 2020.

5.4.1 Montagem ou Tripé de um Telescópio

Um telescópio constituído de boas lentes ou bons espelhos apenas pode não ser suficiente para que um observador iniciante consiga realizar observações astronômicas e imagens de alta qualidade se a base de sustentação do dispositivo não for adequada.

O tripé ou montagem é uma parte essencial do telescópio e deve ser levada em consideração durante a escolha de um bom produto. Esta deve ser constituída de materiais resistentes e com bons ajustes manuais ou até mesmo motorizados para facilitar a observação dos objetos celestes.

Existem diferentes montagens para o telescópio, dependendo do tipo de observação que se deseja realizar, tais como a **Montagem Altazimutal** e a **Montagem Equatorial**.

A montagem altazimutal, apresentada na figura 5.13, é caracterizada pelas Coordenadas Horizontais Altazimutais, apresentadas na seção 2.2, permitindo uma livre movimentação na altura, máximo de 90° , e no azimute (360°), sendo leve e fácil de manusear e é ideal para telescópios refratores.

Figura 5.13 – Tripé para Montagem Altazimutal de um telescópio.



Fonte: TOLENTINO, V. Observatório Lunar. “Disponível em:” <http://vaztolentino.com/secao/5-Sobre-Telescopios>. Acesso em: 14 outubro 2020.

A montagem equatorial, mostrada na figura 5.14, está associada às coordenadas equatoriais, Ascensão Reta e Declinação, para rastrear o movimento dos astros, veja seção 3. Neste tipo de montagem é necessário configurar o ângulo da latitude local em relação ao Polo Sul Celeste ou Polo Norte Celeste. Estas montagens são geralmente mais caras e pesadas e necessitam de um contrapeso

para equilibrar o tubo no tripé. Apesar disso, quando ajustada corretamente, esta permite um acompanhamento suave dos objetos celestes na forma de arco, que o astro percorre no céu.

Figura 5.14 – Tripé de uma Montagem Equatorial.



Fonte: TOLENTINO, V. Observatório Lunar. “Disponível em:” <http://vaztolentino.com/secao/5-Sobre-Telescopios>. Acesso em: 14 outubro 2020.

Além das montagens Equatorial e Altazimutal, também existe a **Montagem Dobsoniana**, como a mostrada na figura 5.15. Esta é um tipo de montagem simples, de coordenadas também Altazimutais, mas de fácil construção. Esse modelo se popularizou nos anos 60 e até hoje muitos fabricantes industriais e caseiros de telescópios utilizam esta montagem.

Figura 5.15 – Montagem de telescópio Dobsoniana de óptica refletora (newtoniano) da fabricante *Skywatcher*.



Fonte: Sky-Watcher, Be Amazed. “Disponível em:” <http://www.skywatcher.com/product/dob-8-traditional/>. Acesso em: 14 outubro 2020.

5.4.2 Propriedades dos Telescópios

Para operar um telescópio é interessante que o observador se familiarize com algumas definições básicas que são muito importantes para a compreensão das propriedades dos telescópios, tais como:

- **Distância Focal do Telescópio:** Distância requerida por uma lente ou espelho para focalizar a luz.

- **Ocular:** Lentes intercambiáveis que influenciam no aumento, na qualidade e no campo de visão da imagem produzida pelo telescópio.

- **Razão Focal (RF):** Esta razão define a claridade da imagem formada pelo telescópio sendo dada por:

$$RF = \frac{d}{D}, \quad (1)$$

em que d é a distância focal do telescópio e D é o diâmetro do espelho ou da lente objetiva. Quanto menor a razão focal, mais claridade é absorvida pelo equipamento.

O telescópio tem duas propriedades básicas fundamentais para o seu bom funcionamento, a **abertura** e o **aumento real**.

A abertura do telescópio define sua capacidade de captar a luz do astro e é definida pelo tamanho da lente ou do espelho primário do telescópio. Isso significa que quanto maior for a abertura, mais luz será capturada para formar a imagem. É importante também que as imagens formadas tenham uma boa resolução. Esta propriedade está diretamente relacionada com a abertura do telescópio.

O aumento real (AR) está relacionado à capacidade de ampliar a imagem do astro observado e é definido pela razão da distância focal do telescópio d pela distância focal da ocular d_o , ou seja,

$$AR = \frac{d}{d_o}. \quad (2)$$

É importante que um kit de telescópio tenha mais de uma ocular com distâncias focais diferentes, justamente para se adequar ao astro e poder ampliar a imagem. Há também a lente *Barlow*, que é um instrumento utilizado para ampliar a imagem produzida na ocular.

Com Telescópios comerciais, com abertura de 70 a 250 mm, é possível fazer boas observações, como Planetas, Aglomerados, Nebulosas e Galáxias. Lembrando que estas configurações são para observação dos astros apenas. Caso o observador queira registrar suas observações é necessário uma câmera fotográfica. Na próxima seção fornecemos um pouco mais de detalhes sobre isso juntamente com algumas dicas de como capturar boas imagens do céu noturno utilizando-se uma câmera DSLR (*Digital Single Lens Reflex*).

No apêndice A são apresentadas algumas dicas adicionais sobre a montagem de um telescópio para o tipo de observação que o observador deseja realizar.

6. REGISTROS DE OBSERVAÇÕES A OLHO NU COM UMA CÂMERA FOTOGRÁFICA

Imagens do céu noturno podem ser registradas sem o auxílio de um telescópio, através de câmeras fotográficas devidamente calibradas. Esta prática é conhecida como Astrofotografia. Nesta seção apresentamos resultados de registros feitos da constelação de Órion e todas as etapas de calibração, testes e tratamento das imagens.

Para a captura das imagens utilizamos apenas uma câmera DSLR – *Digital Single Lens Reflex*, veja figura 6.1, comumente conhecida como câmera profissional ou câmera de lente intercambiável, montada em um tripé altazimutal, que não possui acompanhamento motorizado.

Figura 6.1 – Câmera DSLR utilizada para a captura das imagens montada em um tripé altazimutal.



Fonte: Elaborada pelo autor.

A câmera foi configurada no modo manual, de forma que pudéssemos controlar três variáveis da câmera: A **velocidade ISO**, dada pela medida que indica a sensibilidade do sensor da câmera à luz ambiente, a **abertura do diafragma**, que define a quantidade de luz que entra no sensor da câmera e o **tempo de exposição**,

o qual está diretamente relacionado com o tempo em que o obturador da câmera leva para abrir e fechar.

Para identificar os astros e o campo visual da esfera celeste nas imagens capturadas pela câmera fizemos o tratamento das imagens no software livre on-line Astrometry.net. O fornecimento de metadados através do Astrometry.net sobre objetos celestes conhecidos capturados em uma imagem é um projeto parcialmente apoiado pela *US National Science Foundation*, pela *US National Aeronautics and Space Administration* (NASA) e pelo *Canadian National Science e Engineering Research Council*.

Através do *Astrometry* as imagens obtidas foram comparadas com o banco de dados do *World Wide Telescope*, um projeto que permite a interação e o compartilhamento de dados científicos entre diversas instituições, estudantes e pesquisadores da Astronomia.

O primeiro passo para se fazer bons registros fotográficos do céu noturno é calibrar a câmera para obtenção da melhor configuração possível para evitar ruídos nas imagens. As configurações automáticas da câmera não são úteis neste caso.

A Constelação de Órion foi escolhida como alvo por ser fácil de ser encontrada no céu, pela presença de estrelas de magnitudes visíveis a olho nu e pela sua extensão na esfera celeste, sendo uma das maiores e mais famosas constelações do ocidente.

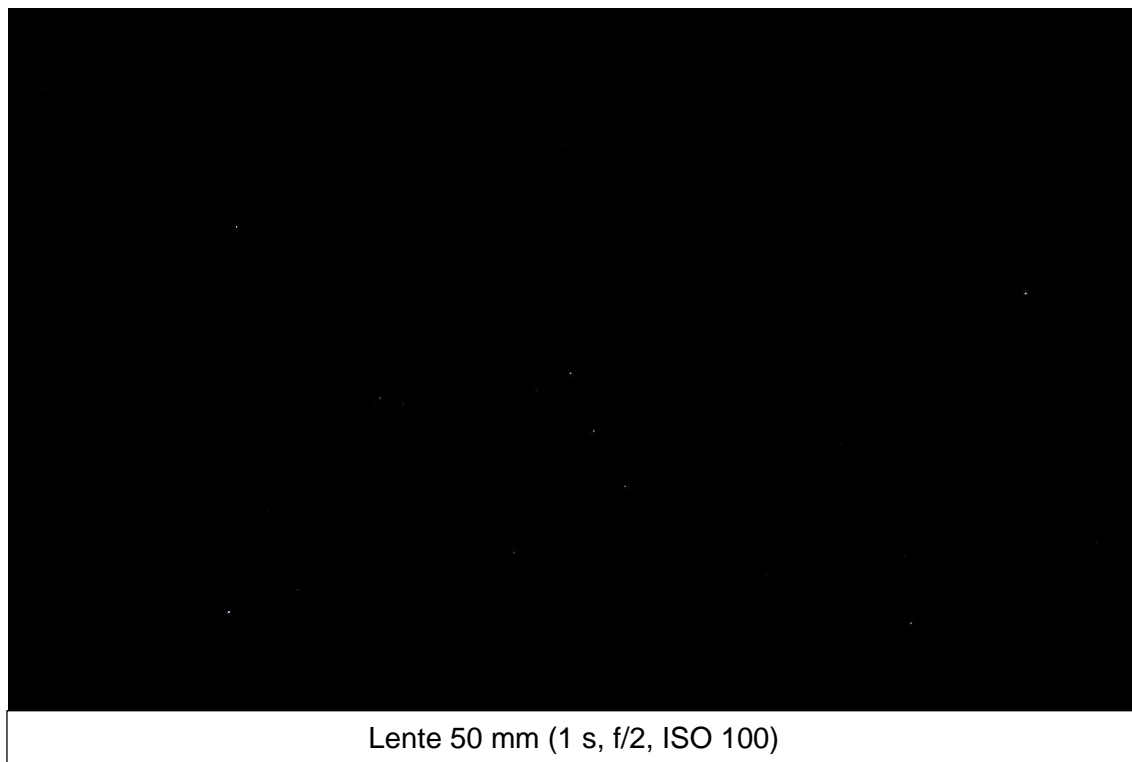
A calibração do instrumento depende do equipamento, da poluição luminosa local e das condições meteorológicas. A calibração da nossa câmera foi realizada nos meses finais do segundo semestre de 2019 na Universidade Federal de São Carlos (UFSCar), no *campus* de Sorocaba, por ser um local de baixa poluição luminosa e possuir grandes áreas abertas para o posicionamento do equipamento. Contudo, com o fechamento da universidade por conta da pandemia do novo Coronavírus, os registros programados para serem feitos na UFSCar tiveram que ser realizados na residência do autor deste trabalho, no centro urbano com alta poluição luminosa.

A seguir apresentamos as diferenças de configuração da câmera com relação ao tempo de exposição (em segundos), a abertura do obturador e a ISO.

Na figura 6.2 é apresentado um registro fotográfico feito com a câmera configurada com baixa sensibilidade a luz (baixo brilho). Nessa situação é possível

observar alguns pontos brilhantes das estrelas que compõe a constelação de Órion, porém muito escurecida, dificultando uma análise posterior da imagem.

Figura 6.2 – Constelação de Órion registrada com uma configuração de baixo brilho. Lente de 50 mm (tempo de exposição, abertura do obturador, ISO) = (1 s, f/2, 100).

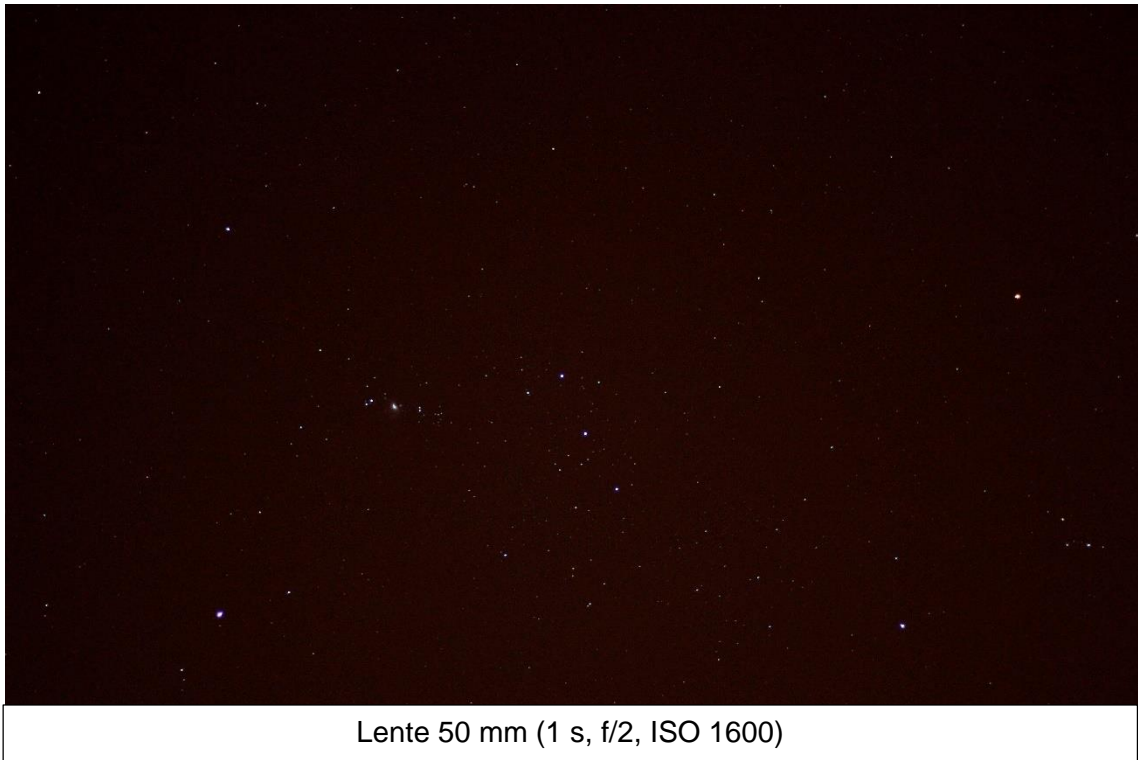


Fonte: Elaborada pelo autor.

Ao aumentar a sensibilidade do sensor da câmera (ISO 1600) é possível notar na figura 6.3 que a Constelação de Órion aparece mais definida e com brilho suficiente para contrastar as estrelas e a Grande Nebulosa de Órion (M42). Com essa configuração é possível identificar bem as estrelas. Isso se torna ainda mais evidente se for feita uma ampliação digital dessa mesma imagem, como apresentado na figura 6.4. Note que é possível identificar a Grande Nebulosa de Órion (M42) no centro da imagem e a forma regular das estrelas nas proximidades da nebulosa, mostrando que o registro foi feito com boa qualidade.

Estes resultados mostram que o número de corpos celestes capturados aumenta consideravelmente com o aumento da ISO. O aumento do tempo de exposição combinado com a diminuição da abertura do obturador faz com que as imagens fiquem ainda mais nítidas, como mostrado na figura 6.5.

Figura 6.3 – Constelação de Órion registrada com uma configuração de médio brilho.



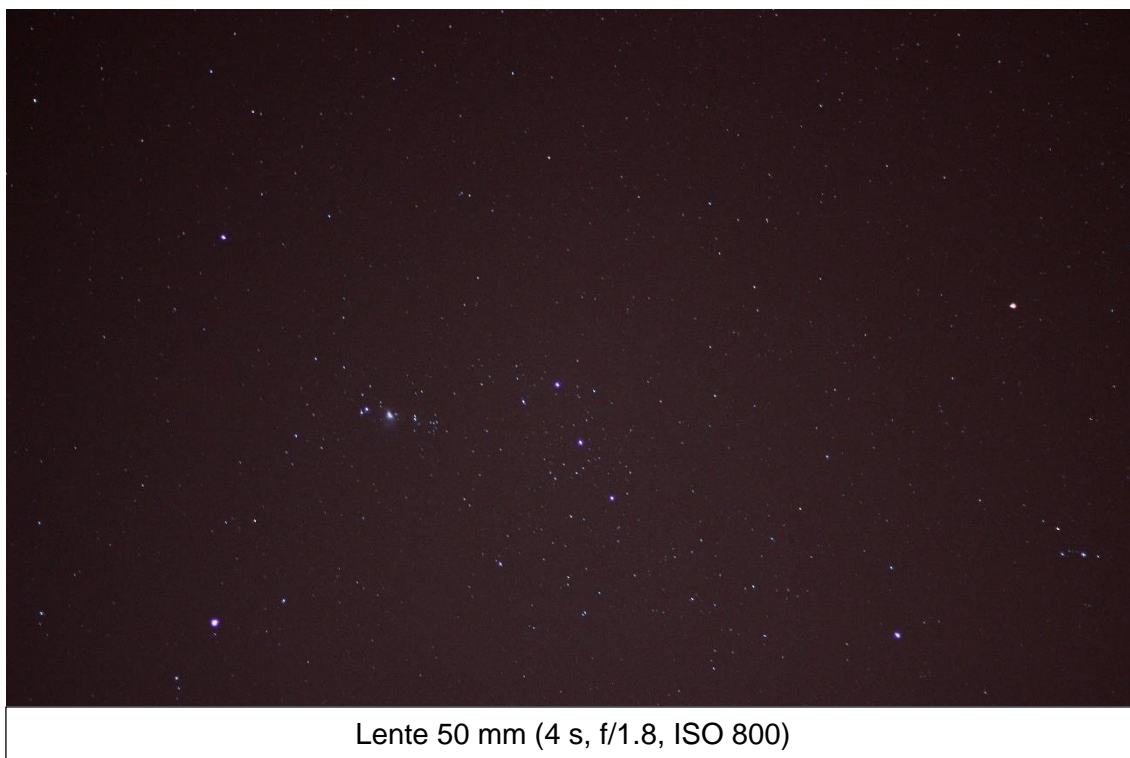
Fonte: Elaborada pelo autor.

Figura 6.4 – Ampliação digital da foto da figura 6.3, deixando a Nebulosa de Órion no centro da imagem.



Fonte: Elaborada pelo autor.

Figura 6.5 – Constelação de Órion registrada utilizando uma configuração de alto brilho.



Fonte: Elaborada pelo autor

Contudo, deve-se tomar cuidado com o aumento do tempo de exposição, pois este pode acarretar em uma perda significativa na definição das estrelas por conta da influência do movimento de rotação da Terra (*star trail*). Isso é demonstrado nas figuras 6.6 e 6.7. Note que na foto de apenas 1 segundo de exposição (figura 6.6) as formas das estrelas têm uma aparência mais circular enquanto que nas fotos de 4 segundos de exposição (figura 6.7), ou superior, elas nitidamente aparecem deformadas, tornando-se inviáveis para uma análise posterior em algum software, como o *Astrometry*.

Essa limitação no tempo de exposição é causada pelo tipo de montagem do tripé da câmera, uma vez que não há nenhum tipo de acompanhamento do movimento de rotação terrestre no equipamento. Neste caso, para conseguir melhor resolução das estrelas alvo é aconselhável o observador explorar, preferencialmente, variações na ISO da câmera.

Apesar de indesejado no nosso caso, o fenômeno *star trail* é usualmente explorado na astrofotografia para obtenção de bonitas imagens como a mostrada à esquerda na figura 6.8. Note o efeito interessante causado pelo movimento aparente das estrelas no céu noturno devido à rotação da Terra, como consequência do longo

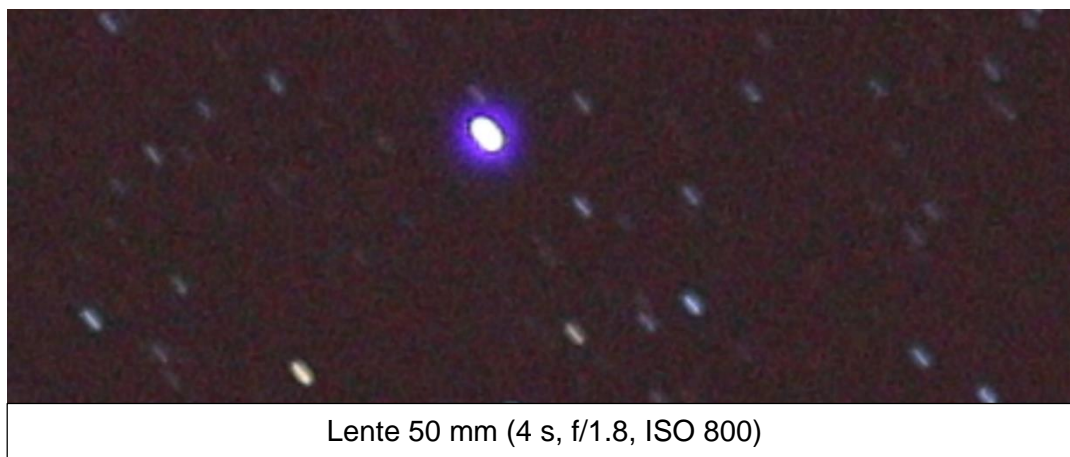
tempo de exposição. À direita da figura 6.8 mostramos o fenômeno, também indesejado, durante o registro de um cometa. Note que as estrelas ao fundo parecem trilhas luminosas.

Figura 6.6 – Imagem com aproximação digital mostrando uma resolução de boa qualidade.



Fonte: Elaborada pelo autor.

Figura 6.7 – Imagem com aproximação digital mostrando a qualidade ruim de resolução por conta do alto tempo de exposição.



Fonte: Elaborada pelo autor.

Utilizando a melhor imagem que obtivemos da constelação de Órion realizamos a detecção e o mapeamento das estrelas registradas com o software *Astrometry*. Na Figura 6.9 a Constelação de Órion é identificada no campo visual registrado. Na Figura 6.10 são apresentados maiores detalhes da mesma imagem tratada no *Astrometry* com os nomes das principais estrelas da constelação e a identificação das demais

estrelas pertencentes a região do céu que foi fotografada pela comparação com o banco de dados do *World Wide Telescope* (LANG, 2012).

Figura 6.8 – À esquerda são mostradas trilhas concêntricas traçadas pelas estrelas (*star trails*) devido à rotação da Terra. Esta foto foi tirada por um longo tempo de exposição sobre Grants Pass, Oregon, Estados Unidos em setembro de 2009. À direita mostramos uma foto de longa exposição do cometa ISON, na cor verde, tirada em 2013. Note as trilhas estelares formadas ao fundo.



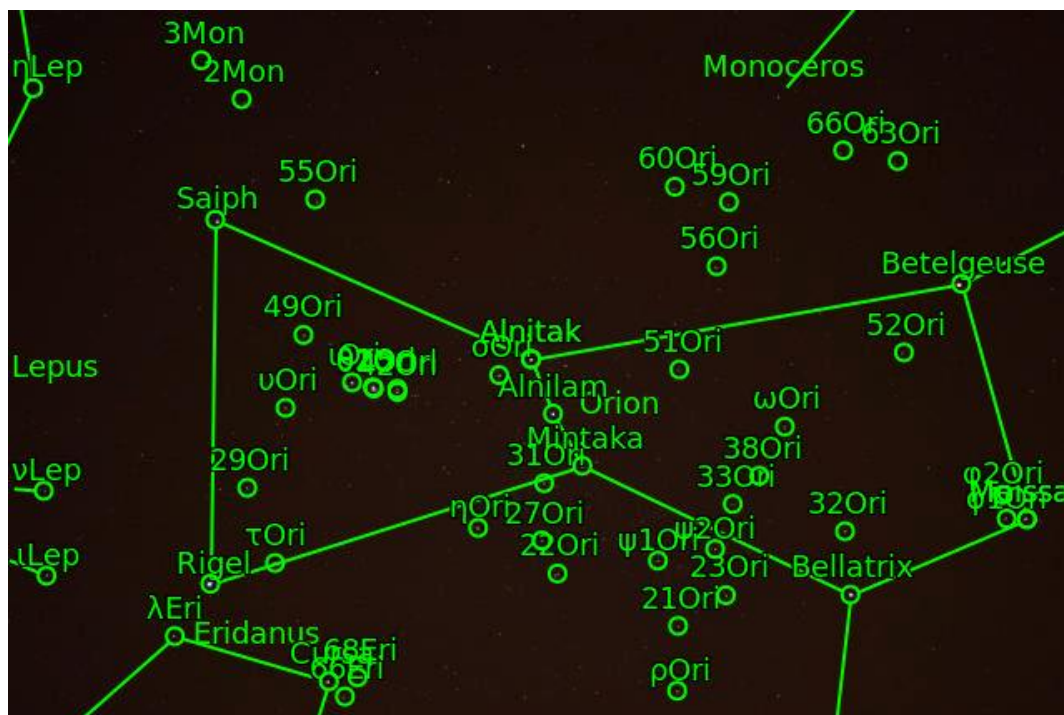
Fonte: À esquerda – BURY, J. *Astronomy Picture of the Day*. “Disponível em:” <https://apod.nasa.gov/apod/ap090909.html>. Acesso em: 14 outubro 2020. À direita – WRIGHT JR., R. S. *Cometa ISON em 2013*. SKY & TELESCOPE – The Essential Guide to Astronomy. “Disponível em:” <https://skyandtelescope.org/astronomy-blogs/imaging-foundations-richard-wright/comet-astrophotography/>. Acesso em: 14 outubro 2020.

Figura 6.9 – Região da Constelação de Órion identificada utilizando-se o software Astrometry.



Fonte: Elaborada pelo autor

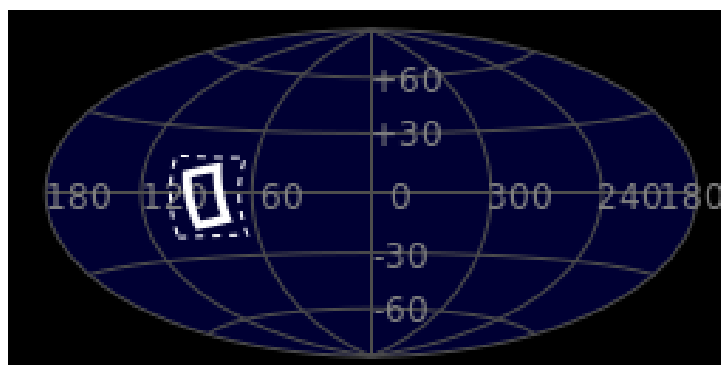
Figura 6.10 – Imagem tratada no *Astrometry* mostrando os nomes dos astros pertencentes a região fotografada da Constelação de Órion.



Fonte: Elaborada pelo autor.

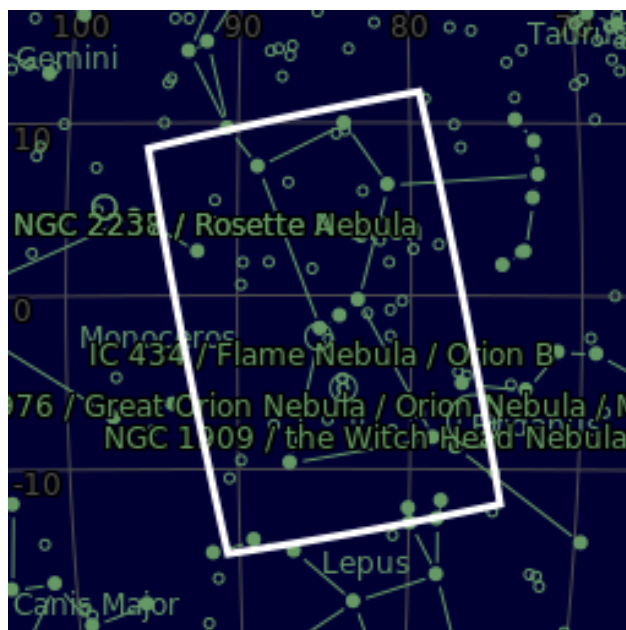
Além da identificação das estrelas na imagem registrada, o software *Astrometry* permite também identificar a região da esfera celeste a qual o campo visual fotografado pertence, como mostrado na figura 6.11. Note que a constelação de Órion fica na linha do equador celeste, sendo possível ser visualizada tanto no hemisfério norte quanto no hemisfério sul. É possível ainda produzir uma imagem virtual da área registrada pela câmera com os devidos astros nomeados conforme mostrado na Figura 6.12.

Figura 6.11 – Mapa destacando a região da Esfera Celeste do registro feito neste trabalho.



Fonte: Elaborada pelo autor.

Figura 6.12 – Área capturada do céu com informações detalhadas de objetos celestes pertencentes a região.



Fonte: Elaborada pelo autor.

Para maiores detalhes sobre como as imagens acima foram tratadas e produzidas no software livre *Astrometry* veja o Apêndice B.

Diante dos resultados obtidos nos testes realizados, tendo como alvo a constelação de Órion, foi possível estabelecer a melhor configuração para a câmera fotográfica, considerando a poluição luminosa e atmosférica local, como mostrado na tabela 6.1.

Tabela 6.1 – Configuração que forneceu os melhores resultados com os testes de calibração realizados durante as observações feitas da constelação de Órion.

Configuração	Valor
ISSO	800
Abertura do Diafragma	f/1.8
Tempo de Exposição	1 s
Lente	50 mm

Fonte: Elaborada pelo autor.

7. SUGESTÕES PARA INTRODUIZIR A ASTRONOMIA OBSERVACIONAL EM SALA DE AULA

A Astronomia é uma ciência interdisciplinar, de maneira que o professor pode levar os conteúdos de astronomia em projetos que possam envolver mais de uma disciplina. Além de atingir o objetivo específico de cada componente curricular, a Astronomia poderia ainda atuar como integradora de conhecimentos para que o aluno reconheça a conexão dos saberes (DIAS, 2008).

No contexto escolar, as Ciências da Natureza são divididas em três disciplinas: Física, Química e Biologia. Em todas, algum conceito da Astronomia é trabalhado, porém, é na disciplina de Física que ela aparece com maior frequência. Alguns conteúdos específicos, como Mecânica Celeste, onde se trabalha com a Força Gravitacional, as Leis de Kepler e lançamento de projéteis, estão diretamente relacionados com a Astronomia, possibilitando a inserção da Astronomia Observacional nas atividades curriculares.

Indiscutivelmente, esse tema é fascinante, então por que não explorá-lo nas aulas de ciências ou de Física? Nota-se que ao discorrer-se sobre esse tema, percebe-se o quanto toda a sala de aula “viaja na imaginação”, as dúvidas surgem, assim como os questionamentos e outras indagações. Obviamente, não se tem resposta a todas as indagações levantadas em sala de aula, entretanto, algumas concepções sobre os astros, distâncias, interações com outros temas interdisciplinares podem ser abordados, enfim, o campo de atuação na perspectiva didático-metodológica é imenso quando se trata de um tema dessa magnitude, entretanto, alguns cuidados devem ser tomados em relação à presença de mitos científicos, erros ou factoides históricos (DOS SANTOS, 2017).

Ao trabalhar com os assuntos específicos de Astronomia na disciplina de Física ou em parceria com professores de outras áreas, é possível inserir a Astronomia Observacional como atividade prática de imersão, explorando novas potencialidades e metodologias mais ativas.

As metodologias ativas têm se mostrado eficientes quando comparadas ao ensino tradicional passivo, engajando mais os alunos nas atividades e aumentando a motivação para o trabalho do professor (STUDART, 2019).

Dentre as práticas da Astronomia Observacional que podem ser utilizadas pelos professores, podemos destacar o uso de simuladores para identificação dos

astros, o registro do céu noturno com câmeras digitais, a construção de instrumentos de baixo custo para medições angulares dos astros, entre outras possibilidades. Para o professor introduzir a astronomia observacional em sala de aula recomendamos a seguinte sequência de atividades.

I. Construção de um goniômetro de baixo custo

Para iniciar as atividades, o professor pode propor a construção de um goniômetro simples e de baixo custo para introduzir medidas angulares, no intuito de familiarizar os alunos com as coordenadas astronômicas, que são dependentes de ângulos e de relações trigonométricas. Nessa atividade, o professor pode realizar alguns pequenos exercícios simples envolvendo trigonometria como a medição de alturas de objetos e dos ângulos formados através da projeção das sombras dos mesmos.

II. Observação guiada pelo professor

Em uma noite estrelada, com céu livre de nuvens e de preferência longe das luzes da cidade, o professor pode promover uma observação a olho nu guiada. O objetivo desta atividade é reconhecer alguns elementos atmosféricos naturais como as nuvens, a cerração, halos solares e lunares, assim como possíveis meteoros. Também é importante nesse momento destacar alguns conceitos importantes para a observação, como o referencial, o horizonte, o zênite, o nadir, os limites da esfera celeste e os pontos cardeais do local de observação.

Os fenômenos astronômicos observáveis a olho nu serão o ponto principal da atividade para os alunos reconhecerem alguns astros e constelações sem o auxílio de simuladores. Para isso eles poderão utilizar os goniômetros construídos anteriormente para a aferição de medidas angulares em coordenadas Altazimutais de algumas estrelas reconhecidas por eles mesmos.

III. Uso de simuladores gratuitos para a identificação dos astros

Após a observação guiada, os alunos podem ser orientados a utilizar simuladores virtuais gratuitos disponíveis para plataformas em celulares e computadores para simular o céu da noite anterior. Com isso, os alunos podem conferir se os fenômenos estão de acordo com seus palpites, além de conferir as medidas com o goniômetro. Algumas perguntas relacionadas a discrepância do céu do simulador com o céu real poderão surgir. Estas também podem ser motivadas pelo professor durante a atividade, desafiando os alunos a refletir sobre o motivo de tal diferença. Nesta atividade é interessante o professor inserir a problemática da Poluição Luminosa.

IV. Registro de regiões do céu com câmeras digitais

Nesta atividade, os alunos irão realizar registros do céu observado a olho nu utilizando uma câmera digital. É interessante dividir os alunos em grupos para explorar diferentes regiões do céu.

Com o auxílio do professor e o manual da própria câmera os alunos terão condições de fotografar o céu noturno e identificar diferentes objetos celestes como estrelas, possíveis planetas, nebulosas, aglomerados, entre outros. É interessante realizar vários registros com alterações mínimas nas configurações da câmera para otimizar as imagens para uma posterior análise no computador.

V. Tratamento das imagens no Astrometry para confirmar a identificação dos Astros

Para finalizar as atividades os alunos irão analisar suas imagens na plataforma *Astrometry*, onde os dados serão comparados e identificados ao final do processo. Com as identificações concretizadas, os alunos podem divulgar seus resultados entre os colegas ou através da elaboração de um relatório final do projeto.

Espera-se que, com estas atividades, os alunos possam compreender melhor fenômenos observáveis a olho nu, diferenciar fenômenos atmosféricos de astronômicos, reconhecer a importância das coordenadas astronômicas e o motivo

pelo qual são dadas em graus, além de serem capazes de realizar registros de imagens do céu noturno com instrumentos acessíveis e analisá-las através de softwares livres.

8. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste trabalho apresentamos como sugestão os primeiros passos que podem ser seguidos para a realização de observações de objetos celestes a olhos nus. Apesar da Astronomia Observacional não depender de equipamentos sofisticados para a sua prática, é muito importante ter noções básicas sobre alguns conceitos e técnicas para que as observações possam ser conduzidas de maneira satisfatória, como o que são coordenadas astronômicas, constelações, fenômenos que podem ser observados a olhos nus, o que observar, equipamentos de observação e como estes podem ser calibrados e utilizados para determinados tipos de observação, entre outros.

Adicionalmente, alguns registros de observações foram apresentados, mostrando que estes podem ser realizados com êxito utilizando-se uma câmera DSLR. Através da otimização da configuração da câmera é possível fazer registros nítidos de estrelas e constelações que podem ser identificados por softwares de comparação, como o *Astrometry*.

Os resultados e conceitos apresentados mostram que a Astronomia Observacional tem um grande potencial para ser utilizada como um tópico importante no ensino de ciências e áreas afins, pois esta permite aliar a experimentação e o conhecimento científico para explorar os fundamentos da física e da matemática, além de fornecer uma base para introduzir a importância da ciência no desenvolvimento tecnológico, cultural e socioeconômico da sociedade, como previsto na BNCC.

REFERÊNCIAS

BOCZKO, R. Conceitos de Astronomia. Edgard Blücher, 1984.

BRASIL. Base Nacional Comum Curricular (BNCC). Educação é a Base. Brasília, MEC/CONSED/UNDIME, 2017.

CARDOSO, W. ABC da astronomia. Apresentação e conteúdo: Walmir Cardoso, Direção: Alexandre Fischgold, Roteiro: Cleston Teixeira e Walmir Cardoso, Produção executiva: David Dominowski et al. São Paulo (SP): TV Cultura; Brasília (DF): TV Escola, 2011, 30 episódios. “Disponível em:” <https://www.youtube.com/watch?v=0JfksHOJX5U&list=PL786495B96AB0CC3C>. Acesso em: 27 agosto 2019.

DA SILVA, P. P. S.. O ensino de astronomia nas escolas públicas brasileiras de Educação Básica. Latin American Journal of Science Education, v. 6, p. 22021, 2019.

DIAS, C. A. CM; SANTA RITA, J. R. Inserção da astronomia como disciplina curricular do ensino médio. Revista Latino-americana de educação em astronomia, n. 6, p. 55-65, 2008.

JUNIOR, J. G. S. L.; ANDRADE, J. E.; DANTAS, J. M. e GOMES, L. M. Uma reflexão sobre o ensino de Astronomia na perspectiva da Base Nacional Comum Curricular. Scientia Plena, v. 13, n. 1, p. 1-9, 2017.

GAMA, L. D.; HENRIQUE, A. B.. Astronomia na sala de aula: por quê? Revista Latino-Americana de Educação em Astronomia, n. 9, p. 7-15, 2010.

HORVATH, J. E. O ABCD da Astronomia e Astrofísica. Editora Livraria da Física, 2008.

LANG, D.; HOGG, D. W.; MIERLE, K.; BLANTON, M. and ROWEIS, S. Astrometry.net: Blind Astrometric Calibration of Arbitrary Astronomical Images. The Astronomical Journal, v. 139, n. 5, p. 1782–1800, May 2010.

LANGHI, R.; NARDI, R. Ensino da astronomia no Brasil: educação formal, informal, não formal e divulgação científica. Revista Brasileira de Ensino de Física, p. 4402-4412, 2009.

LANGHI, R. Idéias de senso comum em Astronomia. *In: 7º ECONTRO NACIONAL DE ASTRONOMIA (ENAST)*, 2004.

LANGHI, R. Aprendendo a ler o céu: pequeno guia prático para a astronomia observacional. 2º ed. São Paulo, SP: Ed. Livraria da Física, 2016.

LANGHI, R. Astronomia Observacional para professores de Ciências: uma introdução ao conhecimento do Céu Noturno. LONGHINI, MD Educação em astronomia: experiências e contribuições para a prática pedagógica. Campinas-SP, Editora Átomo, 2010.

MORAIS, A. M. A. Gravitação e Cosmologia: Uma Introdução. Editora Livraria da Física, São Paulo, 2009.

MOURÃO, R. R. F. Manual do astrônomo: uma introdução à astronomia observacional e à construção de telescópios. Rio de Janeiro: Jorge Zahar Editor, 2004.

MOURÃO, R. R. F. O livro de ouro do universo. Rio de Janeiro: Ediouro, 2002.

OLIVEIRA K. S. F. e SARAIVA, M. F. O. Astronomia e Astrofísica. Editora Livraria da Física, São Paulo, 2004.

PENA, B. M. and GIL QUILEZ, M. J. The importance of images in astronomy education. International Journal of Science Education, v. 23, n. 11, p. 1125-1135, 2001.

PERCY, J. R. Small telescopes in astronomy education. In: The Future of Small Telescopes in the New Millennium. Springer, Dordrecht, 2003. p. 113-123.

SAGAN, C. Cosmos. Universidad de Barcelona, 2006.

STUDART, N. Inovando a ensinagem de física com metodologias ativas. Revista do Professor de Física, v. 3, n. 3, p. 1-24, 2019.

GLOSSÁRIO

Para a prática da observação e iniciação nos estudos sobre astronomia é interessante ter conhecimento sobre o significado de algumas palavras que frequentemente se repetem nos livros, manuais e almanaques astronômicos. A seguir apresentamos um glossário simplificado com as palavras mais comumente utilizadas.

Aglomerado de Estrelas – Grupo de estrelas que estão gravitacionalmente ligadas.

Atmosfera – Camada de gás que envolve um corpo celeste que tenha massa suficiente para mantê-la.

Cometa – Corpo celeste composto de gelo e rocha. Sua trajetória consiste de órbitas muito alongadas com origem para além de Netuno. Ao passar nas proximidades do Sol, o cometa fica caracterizado por uma “cauda” muito grande formada de gás e poeira.

Crepúsculo - Momento de transição entre o dia e a noite com o céu apresentando cor gradiente e o Sol estando localizado a aproximadamente -6° a -12° em relação ao horizonte. Ocorre pouco antes do nascer do Sol e pouco depois do pôr do Sol.

Dia - Período da rotação do planeta em que é possível observar o Sol acima da linha do horizonte.

Estrela – Astro luminoso cujo núcleo é capaz de fazer fusão nuclear.

Exoplaneta – Corpos refletoras de luz que orbitam outras estrelas diferentes do Sol.

Galáxia - Grande sistema formado por bilhões de estrelas, nebulosas e corpos menores, todos unidos pela gravidade.

Lua - Satélite natural da Terra.

Magnitude - Medida do brilho ou energia emitida por uma estrela, podendo ser aparente, observada da Terra, ou absoluta, a partir de uma distância fixa de comparação.

Meteorito – Restos de um meteoro encontrados na superfície terrestre e que não foram destruídos na atmosfera durante sua queda.

Meteoro – Corpo celeste em movimento na atmosfera terrestre deixando um rastro luminoso no céu devido ao seu desgaste por causa do arrasto do ar.

Nebulosa - Nuvens moleculares de hidrogênio, poeira, plasma e outros gases ionizados. São regiões de constante formação estelar.

Noite - Período da rotação do planeta em que não é possível observar a luz solar.

Planeta – É um corpo celeste que precisa orbitar uma estrela, no caso da nossa vizinhança cósmica o Sol. Este também precisa ser grande o suficiente para que a sua gravidade possa forçá-lo a ter uma forma esférica e para eliminar qualquer outro objeto de tamanho semelhante próximo à sua órbita ao redor do Sol (*Resolução de 2006, da União Internacional de Astronomia que retirou Plutão da classe de planetas*).

Sol – Estrela central do Sistema Solar composta majoritariamente dos elementos químicos Hidrogênio e Hélio.

Telescópio - Equipamento provido de uma lente ou espelho capaz de coletar uma quantidade de luz maior que o olho humano, permitindo a observação de objetos luminosos distantes.

APÊNDICE A: DICAS PARA A ESCOLHA DE UM TELESCÓPIO

Nesse apêndice apresentamos algumas dicas e características importantes para a escolha de um bom telescópio, visando atender melhor o tipo de observação que o observador deseja realizar.

1. O observador já manuseou um telescópio antes?

Se a resposta for negativa, o observador pode experimentar uma montagem mais simples como a Altazimutal e a Dobsoniana. Nessas montagens a altura e o azimute são reguláveis, bastando apontar o telescópio para o alvo no céu. Já as montagens equatoriais requerem conhecimento, prática e paciência para calibração antes do uso e manuseio correto para o acompanhamento do movimento estelar. Se o observador já possuir experiência e curiosidade para explorar o equipamento, a montagem equatorial pode ser uma opção mais avançada. A calibração desta deve ser feita com o Polo Celeste (norte ou sul) antes de seu uso, para permitir o acompanhamento do movimento estelar. Os telescópios com montagens Altazimutais e Dobsonianas não necessitam de calibração prévia. Na figura A.1 são apresentados dois exemplos de telescópios nas montagens altazimutal e equatorial.

2. O observador pretende observar planetas e a Lua?

É importante salientar que cada telescópio possui uma característica específica que restringe seu uso a um tipo de alvo no céu. Caso o interesse do observador seja planetas do Sistema Solar e a Lua, por exemplo, a razão focal (RF), dada pela relação entre a distância focal (d) e a abertura (diâmetro da objetiva ou espelho, D), deve ser maior do que 7. Para maiores informações sobre RF veja seção 5.4.2.

Telescópios refratores normalmente se enquadram nesse quesito. Para observar a Lua e os planetas são necessários telescópios cuja abertura seja maior do que 90 mm. Para garantir uma boa resolução, uma abertura de 70 mm já é suficiente, mas é necessário se atentar para a distância focal, de maneira que esta esteja entre 700 e 900 mm. O telescópio refrator à esquerda na figura A.1 possui 70 mm de

abertura e 700 mm de distância focal, de maneira que $RF = 10$, sendo um instrumento adequado para observar planetas, a Lua e outros objetos brilhantes do céu noturno.

Figura A.1 – À esquerda apresentamos um Telescópio Refrator ideal para iniciantes em uma montagem altazimutal e à direita um Telescópio Refletor em uma montagem equatorial, interessante para observadores mais experientes.



Fonte: À esquerda – ASTROSHOP. [Skywatcher Telescópio AC 70/700 Mercury AZ-2](https://www.astroshop.pt/telescopios/skywatcher-telescopio-ac-70-700-mercury-az-2/p,5000). “Disponível em:” <https://www.astroshop.pt/telescopios/skywatcher-telescopio-ac-70-700-mercury-az-2/p,5000>. Acesso em: 14 outubro 2020. À direita – ASTROSHOP. [Skywatcher Telescópio N 150/750 Explorer BD EQ3-2](https://www.astroshop.pt/telescopios/skywatcher-telescopio-n-150-750-explorer-bd-eq3-2/p,15330/). “Disponível em:” <https://www.astroshop.pt/telescopios/skywatcher-telescopio-n-150-750-explorer-bd-eq3-2/p,15330/>. Acesso em: 24 novembro 2020.

No entanto, este não é recomendado para objetos do céu profundo, pois com uma abertura pequena e o comprimento longo do tubo, a imagem não fica clara o suficiente para uma boa observação.

Nas figuras A.2, A.3 e A.4 apresentamos os planetas Saturno e Júpiter, com suas quatro luas galileanas, e a Lua, respectivamente, utilizando-se um telescópio refrator de 70 mm de abertura. Os registros foram feitos com uma câmera de celular apoiada na ocular do telescópio.

Figura A.2 – Imagem do planeta Saturno obtida com uma câmera de celular na ocular de um telescópio refrator de 70 mm de abertura.



Fonte: Elaborada pelo autor.

Figura A.3 – Planeta Júpiter, mais brilhante e maior, ao lado das famosas 4 luas galileanas, dadas pelos pontos menores a esquerda. O registro foi feito com uma câmera de celular apoiada na ocular de um telescópio refrator de 70 mm de abertura.



Fonte: Elaborada pelo autor.

Figura A.4 – Lua em fase Gibosa Crescente observada utilizando-se um telescópio e registrada com uma câmera de celular apoiada na ocular.



Fonte: Elaborada pelo autor.

3. Os alvos desejados são Nebulosas, Galáxias e outros objetos do Céu Profundo?

Para astros muito distantes com pouco brilho é necessário um instrumento cuja abertura seja superior a 200 mm e distância focal menor, para que a relação entre a distância focal e a abertura seja $3 < RF < 6$. Alguns fabricantes de telescópios com espelhos de melhor qualidade oferecem ótimas opções com aberturas a partir de 150 mm.

O telescópio refletor à direita na figura A.1 possui 150 mm de abertura e 750 mm de distância focal, ou seja, $RF = 5$, de maneira que este instrumento pode, a princípio, ser utilizado para a observação de objetos do céu profundo. No entanto, como sua abertura é relativamente pequena, este fica um pouco limitado a objetos menos brilhantes do céu. De qualquer forma, este telescópio é uma ótima opção para iniciantes que buscam praticar e aperfeiçoar este tipo de observação sem muito investimento.

4. Os objetos celestes serão observados e fotografados?

Para a prática da astrofotografia é necessário acoplar um motor de acompanhamento no eixo das coordenadas de ascensão reta da base equatorial, para obter um bom fluxo luminoso no sensor da câmera. Isso garantirá maior tempo de exposição sem que ocorra o fenômeno óptico chamado de “*star trail*”.

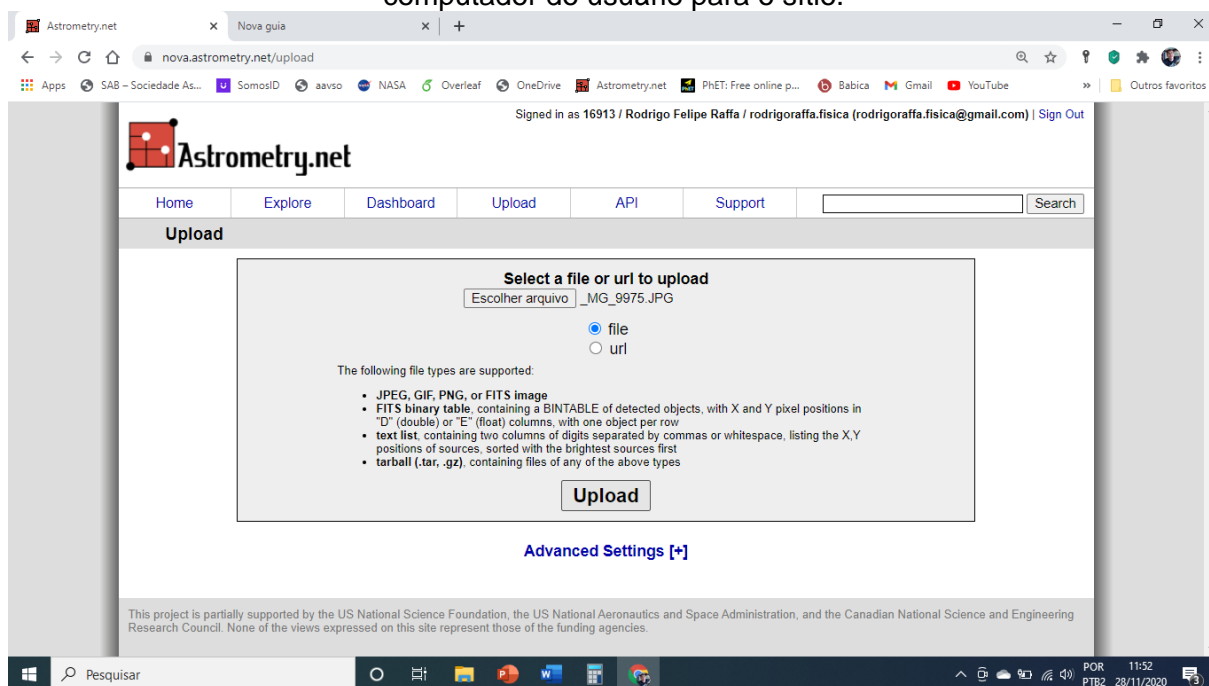
Uma opção mais simples, mas que serve apenas para objetos luminosos, é apoiar a câmera do celular na ocular do telescópio fotografando a imagem produzida na lente do mesmo, como nos exemplos mostrados nas figuras A.2, A.3 e A.4. Este tipo de registro é bastante difundido para planetas, nebulosas brilhantes como Órion e a Lua.

APÊNDICE B: TRATAMENTO DE UMA IMAGEM UTILIZANDO O SOFTWARE ASTROMETRY

Neste apêndice apresentamos algumas dicas para utilizar o software *Astrometry* para processar e identificar a região do céu fotografada, como feito na seção 6.

Para ter acesso aos recursos do *Astrometry* é necessário criar uma conta (gratuita) e realizar o login no sítio *nova.astrometry.net*. Após este procedimento, o navegador será direcionado para a página de **Upload**, onde a imagem a ser tratada deve ser transferida do computador do usuário para o sítio, como mostrado na figura B.1.

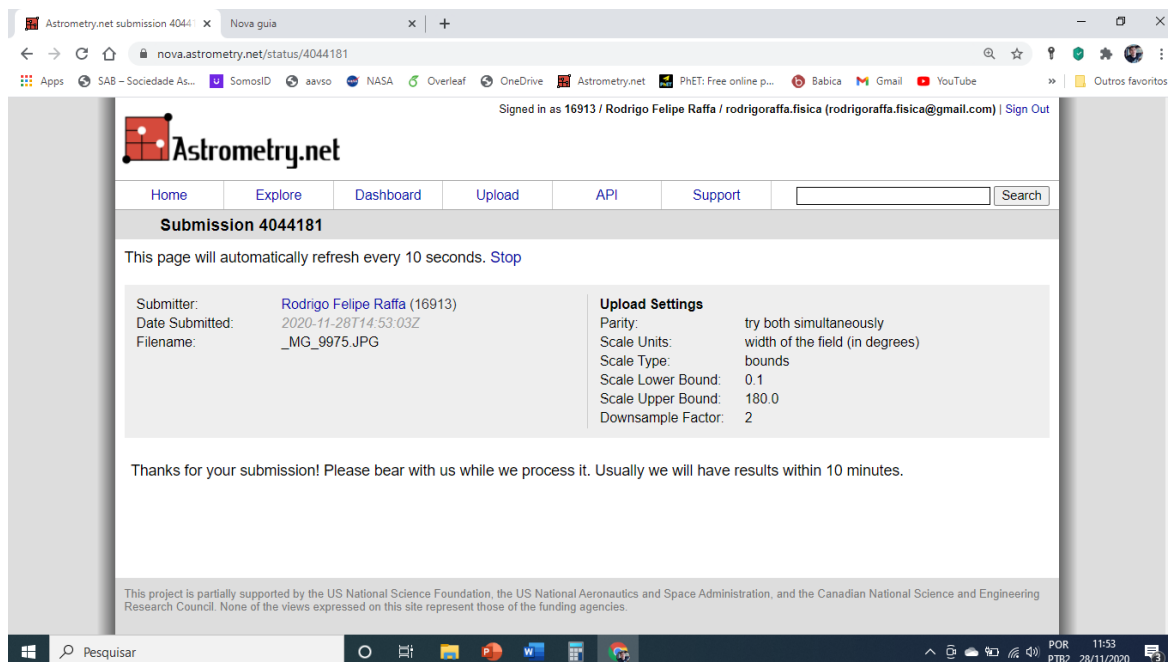
Figura B.1 – Impressão da tela inicial da plataforma virtual gratuita e on-line do Astrometry.net. Nesta página a imagem registrada do céu noturno deve ser transferida do computador do usuário para o sítio.



Fonte: Elaborada pelo autor.

Após a transferência da imagem o navegador é direcionado automaticamente para uma página contendo os resultados parciais do processamento da imagem, a qual é atualizada automaticamente a cada 10 segundos. Adicionalmente, são apresentados os dados da submissão da imagem, como mostrado na figura B.2.

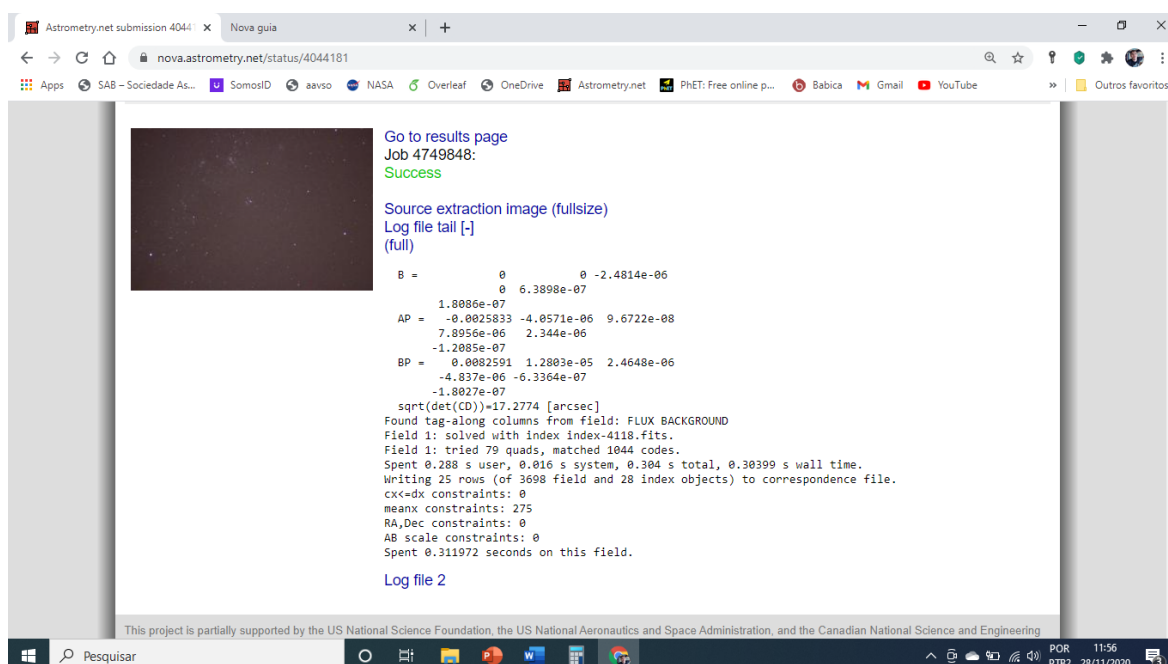
Figura B.2 – Realização da transferência de uma imagem astronômica no Astrometry.



Fonte: Elaborada pelo autor.

Como mostrado na figura acima, o processamento da imagem pode levar até 10 minutos para sua conclusão. É importante que a imagem tenha boa resolução para que o processamento seja concluído com sucesso. Se o procedimento for seguido corretamente, o resultado é apresentado como na figura B.3.

Figura B.3 – Tela de conclusão do processamento da imagem.

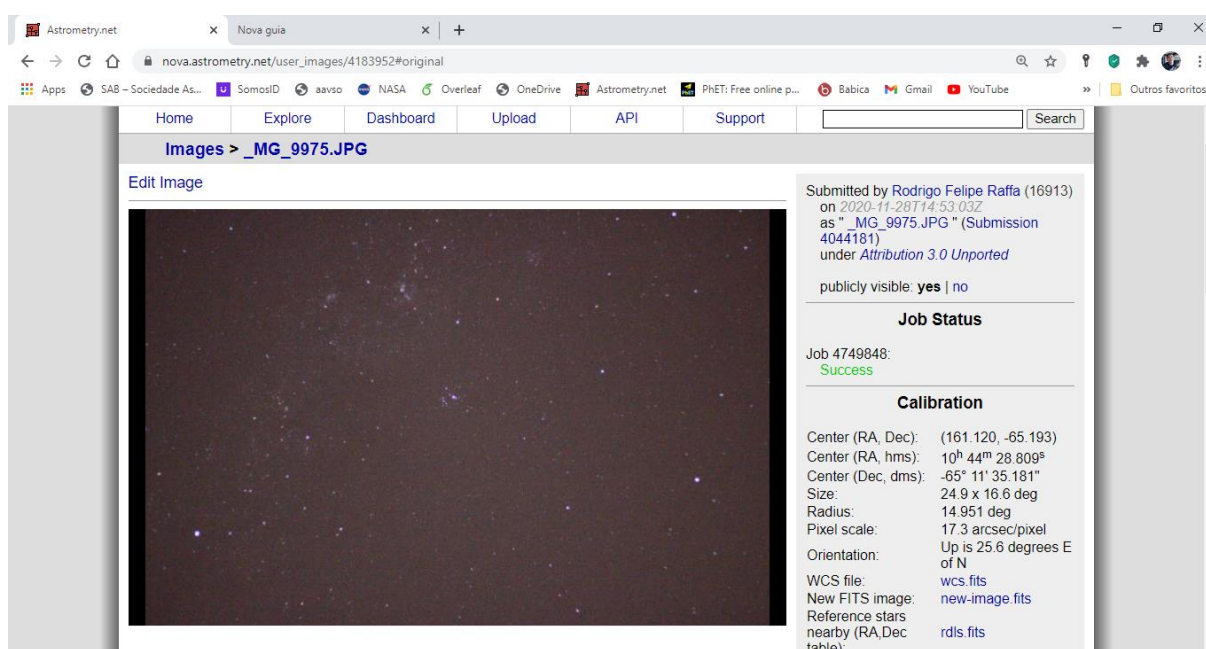


Fonte: Elaborada pelo autor.

Nesta página algumas informações são mostradas relacionando o campo de visão identificado, as coordenadas gerais e um link que direcionará o navegador para a página de resultados ([Go to results page](#)), para que os resultados do processamento sejam analisados.

Seguindo para a página de resultados é apresentada a mensagem de sucesso junto com a imagem original, sem marcações como mostrado na figura B.4. A edição da imagem é feita através das abas superiores no quadro da imagem, em que é possível selecionar o tipo de marcação que o navegador deseja visualizar.

Figura B.4 – Imagem original já processada e pronta para ser trabalhada no *Astrometry*.



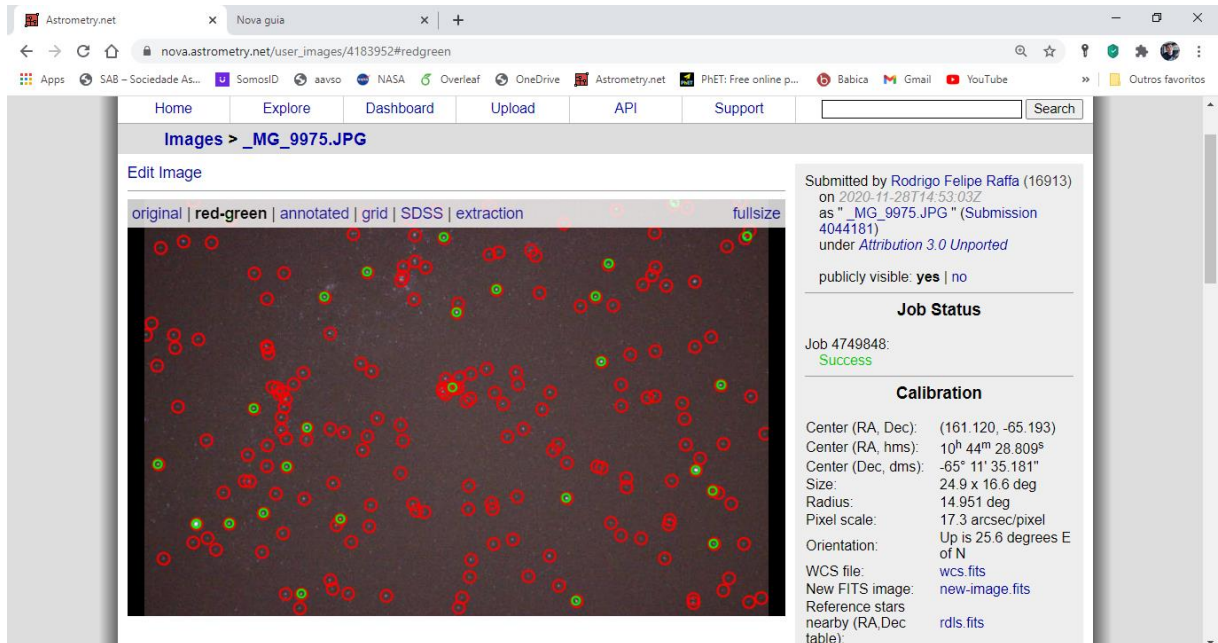
Fonte: Elaborada pelo autor.

Na marcação vermelho-verde (*red-green*), por exemplo, o software trata a imagem marcando em verde as estrelas identificáveis pelo comparador do sistema e em vermelho as estrelas que não são identificadas pelo mesmo, veja figura B.5.

A partir das estrelas conhecidas é possível traçar as constelações presentes na imagem, o que facilita a identificação da região observada. Essa marcação é feita clicando-se na aba *Annotated*, como mostrado na figura B.6. As principais estrelas identificadas na região também são marcadas.

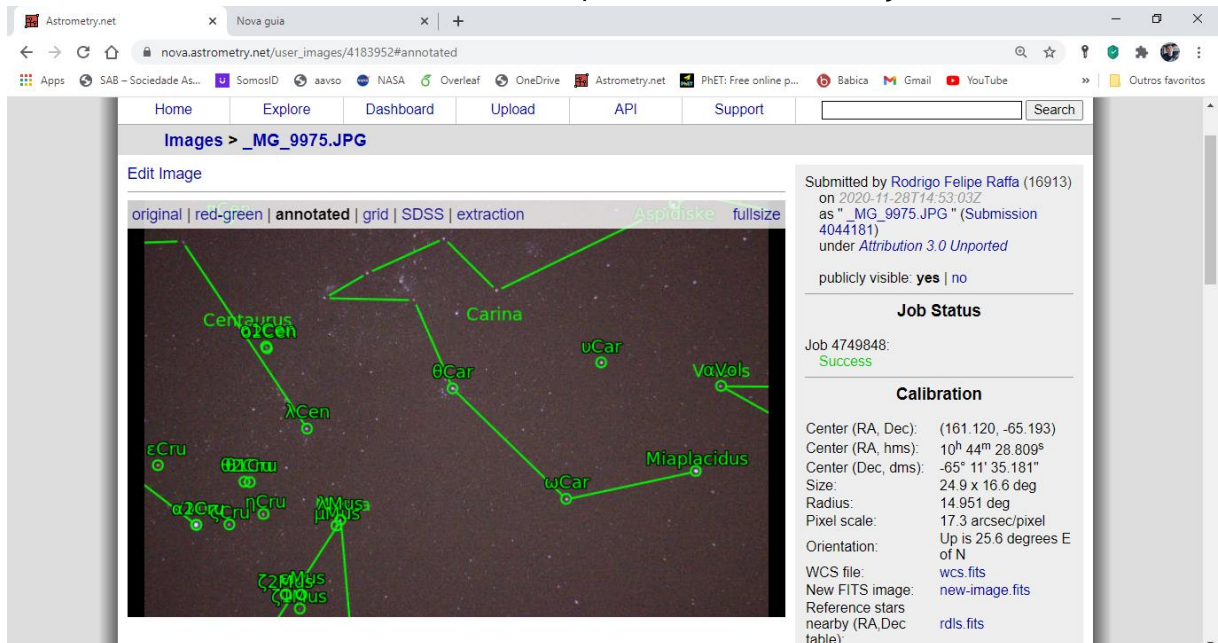
A calibração permite a localização exata, em Coordenadas Equatoriais (declinação e ascensão reta), traçando a posição do campo de visão registrado na esfera celeste. Note os traços da divisão mostrados na imagem da figura B.7.

Figura B.5 – Utilização da marcação vermelho-verde (*red-green*) para identificação das estrelas da imagem, sendo verde as estrelas reconhecidas pelo software e vermelho as que não são reconhecidas.



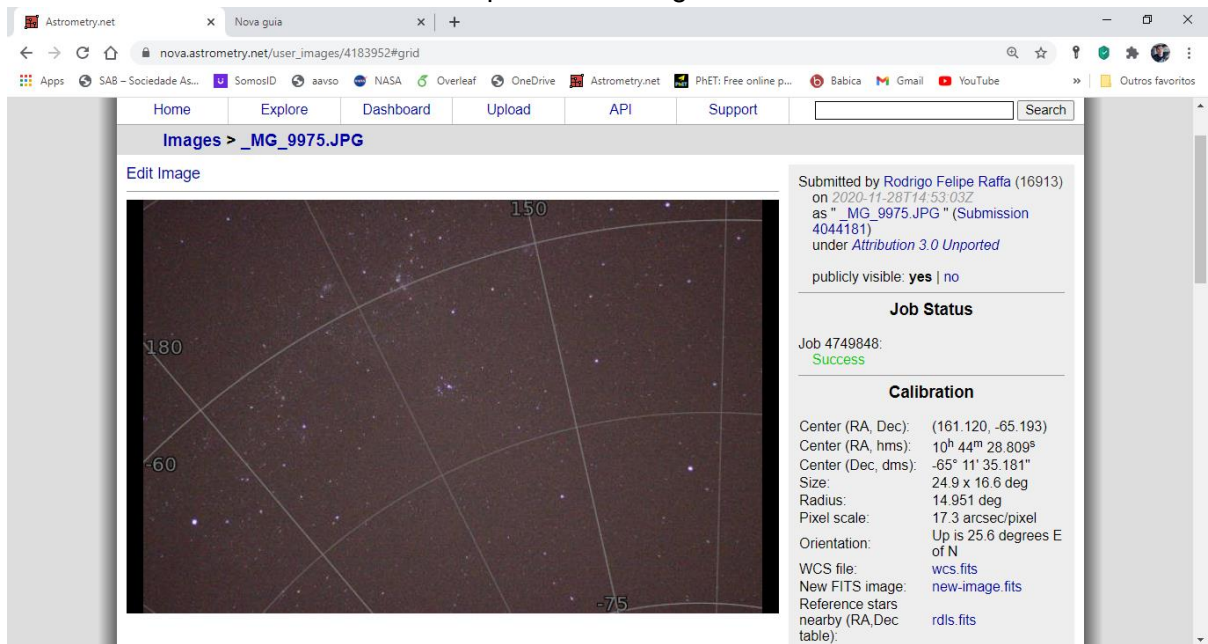
Fonte: Elaborada pelo autor.

Figura B.6 – Uso da aba *Annotated* para a construção das constelações conectando-se as estrelas reconhecidas pelo sistema de calibração.



Fonte: Elaborada pelo autor.

Figura B.7 – Mapeamento seguindo as Coordenadas Equatoriais da imagem calibrada no campo de visão registrado.



Fonte: Elaborada pelo autor.