

UNIVERSIDADE FEDERAL DO MARANHÃO
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E TECNOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE FÍSICA EM REDE NACIONAL
MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA

JORGE EMANUEL DE OLIVEIRA IRINEU

CONSTRUÇÃO DE UMA CARTA CELESTE PARA O ENSINO DE ASTRONOMIA:
uma sequência de ensino investigativa fundamentada na Teoria dos Campos Conceituais de
Gerard Vergnaud

São Luís-MA

2022

JORGE EMANUEL DE OLIVEIRA IRINEU

CONSTRUÇÃO DE UMA CARTA CELESTE PARA O ENSINO DE ASTRONOMIA:
uma sequência de ensino investigativa fundamentada na Teoria dos Campos Conceituais de
Gerard Vergnaud

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação
em Ensino de Física - PROFIS da Universidade Federal
do Maranhão, como requisito para a obtenção do título de
Mestre em Ensino de Física.

Orientador: Prof. Dr. Antônio José Silva Oliveira.

São Luís-MA

2022

Ficha gerada por meio do SIGAA/Biblioteca com dados fornecidos pelo(a) autor(a).
Diretoria Integrada de Bibliotecas/UFMA

Irineu, Jorge Emanuel de Oliveira.

CONSTRUÇÃO DE UMA CARTA CELESTE PARA O ENSINO DE ASTRONOMIA: : uma sequência de ensino investigativa fundamentada na Teoria dos Campos Conceituais de Gerard Vergnaud / Jorge Emanuel de Oliveira Irineu. - 2022.

313 f.

Orientador(a): Antônio José Silva Oliveira.

Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-graduação em Rede - Ensino de Física em Rede Nacional/ccet, Universidade Federal do Maranhão, São Luís-MA, 2022.

1. Astronomia. 2. Campos Conceituais. 3. Educação. 4. Física. 5. Sequência de Ensino Investigativa. I. Oliveira, Antônio José Silva. II. Título.

JORGE EMANUEL DE OLIVEIRA IRINEU

CONSTRUÇÃO DE UMA CARTA CELESTE PARA O ENSINO DE ASTRONOMIA:

uma sequência de ensino investigativa fundamentada na Teoria dos Campos Conceituais de
Gerard Vergnaud

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação
em Ensino de Física - PROFIS da Universidade Federal
do Maranhão, como requisito para a obtenção do título de
Mestre em Ensino de Física.

Aprovada em ____/____/____

BANCA EXAMINADORA

Antônio José Silva Oliveira (Orientador)

Doutor em Física – Universidade Federal do Maranhão (UFMA)

Artur Justiniano Roberto Junior (Examinador Externo)

Doutor em Física – Universidade Federal de Alfenas (UNIFAL)

Edson Firmino Viana de Carvalho (Examinador Interno)

Doutor em Física – Universidade Federal do Maranhão (UFMA)

Entender os mistérios do Universo é como
querer conhecer o Universo misterioso dentro
de cada um de nós! (Jorge Irieneu).

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais Inácio Rodrigues Irineu (*in memoriam*) e Raimunda Nonata Irineu (*in memoriam*), por todos os momentos dedicados à construção do meu caráter pessoal e profissional, e pelos seus eternos gestos de amor e carinho.

Aos meus irmãos Otávio Simplicio, Inara Cristina e Linara Santos, que sempre estiveram ao meu lado, principalmente nos momentos mais difíceis da minha vida.

Ao Prof. Dr. Artur Justiniano Roberto Junior, pela segura, esclarecedora e instigante orientação, não só ao longo deste trabalho, mas já desde que fui, pela primeira vez, o seu aluno.

Ao Prof. Dr. Roberto Boczko, pelos longos debates que tivemos sobre a Astronomia, e por suas críticas que sempre edificaram o meu conhecimento sobre Física e Astronomia.

Ao Prof. Dr. Antônio José Silva Oliveira por ter me permitido a realização deste trabalho ao seu lado e com todos os momentos de instrução na área de Astronomia.

Ao Prof. Dr. Edson Firmino, por ter me ajudado nos momentos mais difíceis durante a realização do mestrado, e ao Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física (PROFIS) da Universidade Federal do Maranhão (UFMA).

Aos meus grandes amigos Samir Silva, Welber de Jesus, Heberval Moreira, Fábio Aurélio e Ildenice Nogueira, que estiveram sempre ao meu lado e me ajudaram na correção deste trabalho.

À minha esposa, Débora Vanessa, por todas as palavras de incentivo, amor e carinho, que foram essenciais para construção deste trabalho de dissertação.

Aos meus filhos Luís Gabriel e David Emanuel, que sempre foram o motivo de toda a minha determinação em realizar este trabalho.

À CAPES, código 001, pelo fomento ao Programa e à bolsa concedida.

RESUMO

Este trabalho tem como finalidade apresentar os resultados da pesquisa intitulada Construção de uma Carta Celeste para o Ensino de Astronomia: uma sequência de ensino investigativa fundamentada na Teoria dos Campos Conceituais de Gerard Vergnaud (1990). A justificativa da construção das cartas celestes surgiu da necessidade de oferecer um conjunto de aulas formais e não formais com o intuito de criar um elo entre os campos conceituais da Astronomia, com as observações através dessas cartas celestes e a Física. O Objetivo dessa dissertação é permitir que o estudante possa estabelecer uma ligação entre os fenômenos celestes e as suas aplicações através do estudo da Física, ao mesmo tempo que possibilite a este estudante observar alguns destes fenômenos, fazendo uso de equipamentos como uma luneta, telescópios ou uma carta celeste, transpondo as barreiras da sala de aula e transformando uma simples transmissão de conteúdo no desenvolvimento de competências e habilidades que realmente darão sentido ao que é aprendido dentro da escola. O trabalho se caracteriza como uma pesquisa qualitativa, e utilizou como instrumento à metodologia da Sequência de Ensino Investigativa (SEI). A pesquisa foi desenvolvida inicialmente com os estudantes da 2ª série do Ensino Médio do Colégio Militar 2 de Julho da rede pública estadual de São Luís-MA e reiniciada posteriormente com estudantes da 1º série do Ensino Médio do Iema Pleno Dr. João Bacelar Portela, também da rede pública estadual na cidade de São Luís-MA. Constatou-se que houve mudanças significativas na relação ensino-aprendizagem, pois, os alunos puderam vivenciar e criar seus próprios esquemas em diferentes ambientes o que lhes foi ensinado em sala de aula. Assim, esta pesquisa apresenta uma nova perspectiva sobre os estudos nessa área, melhorando o resultado da pesquisa semiestruturada ao possibilitar a configuração de novas práticas pedagógicas utilizando as cartas celestes construídas em sala de aula, capazes de aproximar o conhecimento científico dos estudantes e desta forma, almeja servir como mais um elo entre o ensino e a aprendizagem em qualquer ambiente educacional.

Palavras-chave: Campos Conceituais; Sequência de Ensino Investigativa; Astronomia; Física; Educação.

ABSTRACT

This work aims to present the results of the research entitled Construction of a celestial chart for the Teaching of Astronomy: an investigative teaching sequence based on the Theory of Conceptual Fields by Gerard Vergnaud (1990). The justification for the construction of celestial charts arose from the need to offer a set of formal and non-formal classes in order to create a link between the conceptual fields of Astronomy, with observations through these celestial charts and Physics. The objective of this dissertation is to allow the student to establish a link between celestial phenomena and their applications through the study of Physics, while allowing this student to observe some of these phenomena, using equipment such as a telescope, telescopes or a celestial chart, overcoming the barriers of the classroom and transforming a simple transmission of content into the development of skills and abilities that will really give meaning to what is learned within the school. The work is characterized as a qualitative research, and used the methodology of the Investigative Teaching Sequence (SEI) as an instrument. The research was initially developed with students from the 2nd grade of High School at Colégio Militar 2 de Julho of the state public network of São Luís-MA and later restarted with students from the 1st grade of High School at Iema Pleno Dr. João Bacelar Portela, also from the state public network in the city of São Luís-MA. It was found that there were significant changes in the teaching-learning relationship, because the students were able to experience and create their own schemes in different environments, what was taught to them in the classroom. Thus, this research presents a new perspective on studies in this area, improving the result of semi-structured research by enabling the configuration of new pedagogical practices using the sky charts built in the classroom, capable of bringing scientific knowledge closer to students and thus, aims to serve as another link between teaching and learning in any educational environment.

Keywords: Conceptual Fields; Investigative Teaching Sequence; Astronomy; Physical; Education.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Representação do modelo geocêntrico.....	26
Figura 2 – Representação do modelo heliocêntrico proposto por Copérnico.....	27
Figura 3 – Constelação do Homem Velho	35
Figura 4 – Constelação da Ema	36
Figura 5 – Coordenadas do sistema horizontal: altura (h) e azimute (Az).....	64
Figura 6 – A esfera celeste e a trajetória do Sol ao longo do ano pela eclíptica	65
Figura 7 – Sistema de coordenadas equatoriais: ascensão reta (α) e declinação (δ)	66
Figura 8 – Esfera que relaciona Coordenadas Equatoriais e Horárias	70
Figura 9 – Representação de um triângulo esférico com vértices A, B e C	71
Figura 10 – Representação de um Triângulo Esférico com vértices PN, Q e Z.....	72
Figura 11 – Carta para o mês e a hora desejados.....	75
Figura 12 – Carta Celeste construída para o dia 06 de junho de 2016	76
Figura 13 – Área percorrida pelo raio vetor r em torno da elipse	80
Figura 14 – Representação da órbita de um planeta em torno do Sol	81
Figura 15 – Carta Celeste mês Janeiro	86
Figura 16 – Carta Celeste mês Fevereiro.....	87
Figura 17 – Carta Celeste mês Março	87
Figura 18 – Carta Celeste mês Abril	89
Figura 19 – Carta Celeste mês Maio	90
Figura 20 – Carta Celeste mês Junho	91
Figura 21 – Carta Celeste mês Julho	92
Figura 22 – Carta Celeste mês Agosto	93
Figura 23 – Carta Celeste mês Setembro.....	94
Figura 24 – Carta Celeste mês Outubro.....	95
Figura 25 – Carta Celeste mês Novembro.....	96
Figura 26 – Carta Celeste mês Dezembro	97
Figura 27 – Carta Celeste da Constelação do Homem Velho	99
Figura 28 – Visão do céu de São Luís (MA).....	101
Figura 29 – Janela de Localização do Stellarium [F6]	102
Figura 30 – Janela de observação para data e hora [F5].....	103
Figura 31 – Barra de ferramentas horizontal do Stellarium	104
Figura 32 – Sistema de Referência Azimutal: paralelos de altitude e círculos verticais.....	105

Figura 33 – Esfera Celeste e seus principais elementos	106
Figura 34 – Sistema Equatorial: Ascensão Reta e Declinação	107
Figura 35 – 1ª Aula do curso de Astronomia	115
Figura 36 – Simulação de movimentos da Terra e apresentação do Stellarium.....	116
Figura 37 – Aula sobre Leis de Kepler e Gravitação de Newton	118
Figura 38 – Representação da Carta Celeste Planificada	126
Figura 39 – Eclipse Lunar do dia 15 de maio de 2022	132

LISTA DE IMAGENS

Imagem 1 – Escola de Tempo Integral Dr. João Bacelar Portela (IEMA).....	113
Imagem 2 – Aula sobre Eclipse Solar e Lunar	119
Imagem 3 – Aula sobre o uso do Programa <i>Stellarium</i>	120
Imagem 4 – Aula sobre a constituição dos planetas do Sistema Solar.....	121
Imagem 5 – Cálculo da Carta Celeste	123
Imagem 6 – Construção da Carta Celeste.....	124
Imagem 7 – Construção da Carta Celeste.....	124
Imagem 8 – Construção da Carta Celeste.....	125
Imagem 9 – Encontro não formal para observação com uso das Cartas e do <i>Stellarium</i>	126
Imagem 10 – Discussões e aprendizados sobre Astronomia com utilização da Física para explicações de alguns fenômenos celestes	127
Imagem 11 – Discussões e aprendizados sobre Astronomia com utilização da Física para explicações de alguns fenômenos celestes	128

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Respostas à 1ª questão.....	130
Gráfico 2 – Respostas à 2ª questão.....	131
Gráfico 3 – Respostas à 3ª questão.....	132
Gráfico 4 – Respostas à 4ª questão.....	133
Gráfico 5 – Respostas à 5ª questão.....	134
Gráfico 6 – Respostas à 6ª questão.....	135
Gráfico 7 – Respostas à 7ª questão.....	136
Gráfico 8 – Respostas à 8ª questão.....	137
Gráfico 9 – Respostas à 9ª questão.....	138
Gráfico 10 – Respostas à 10ª questão.....	139
Gráfico 11 – Percentual total por questão da avaliação diagnóstica.....	139
Gráfico 12 – Respostas à 1ª questão.....	140
Gráfico 13 – Respostas à 2ª questão.....	141
Gráfico 14 – Respostas à 3ª questão.....	142
Gráfico 15 – Respostas à 4ª questão.....	143
Gráfico 16 – Respostas à 5ª questão.....	144
Gráfico 17 – Respostas à 6ª questão.....	145
Gráfico 18 – Respostas à 7ª questão.....	146
Gráfico 19 – Respostas à 8ª questão.....	147
Gráfico 20 – Respostas à 9ª questão.....	148
Gráfico 21 – Respostas à 10ª questão.....	149
Gráfico 22 – Número Total de Alunos que responderam à pesquisa final.....	150

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AEB	Agência Espacial Brasileira
AH	Ângulo horário
Az	Azimute
BNCC	Base Nacional Comum Curricular
CC	Campo Conceitual
DEC	Declinação
GPS	<i>Global Positioning System</i> /Sistema de Posicionamento Global
H	Altura
IAU	União Astronômica Internacional
IDH	Índice de Desenvolvimento Humano
IEMA	Instituto de Educação, Ciência e Tecnologia do Maranhão
JD	Dias julianos
JD0	Dia juliano zero
MCTI	Ministério de Ciência, Tecnologia e Inovações
OBA	Olimpíadas Brasileiras de Astronomia e Astronáutica
OBF	Olimpíadas Brasileiras de Física
ONC	Olimpíadas Nacionais de Ciências
PCN	Parâmetros Curriculares Nacionais
PNC	Polo Norte Celeste
PSC	Polo Sul Celeste
PUC	Pontifícia Universidade Católica
RA	Ascensão Reta
S	Século juliano
SAB	Sociedade Astronômica Brasileira
SAMA	Sociedade de Astronomia do Maranhão
SarsCov-2	Coronavírus 2
SBF	Sociedade Brasileira de Física
SEI	Sequência de Ensino Investigativa
TCC	Teoria dos Campos Conceituais
TRG	Teoria da Relatividade Geral
TRR	Teoria da Relatividade Restrita
TSL	Tempo Sideral Local

TS	Tempo Solar
UNESP	Universidade Estadual Paulista
ZDP	Zona de Desenvolvimento Proximal

LISTA DE SÍMBOLOS

λ	Longitude geográfica
φ	Latitude geográfica
z	Distância zenital
γ	Ponto Áries ou Ponto Gama
α	Ascensão reta
δ	Declinação
a	Semieixo maior da órbita elíptica
Ω	Ponto Ômega

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	16
2 A HISTÓRIA DA ASTRONOMIA	21
2.1 Contribuição histórica da Astronomia indígena para observações do céu	31
2.1.1 Constelação do Homem Velho	35
2.1.2 Constelação da Ema.....	35
3 O ESTUDO DA ASTRONOMIA NO PROCESSO DE ENSINO-APRENDIZAGEM DA DISCIPLINA DE FÍSICA NO ENSINO MÉDIO	37
4 A TEORIA DOS CAMPOS CONCEITUAIS DE GÉRARD VERGNAUD NO ENSINO DE FÍSICA ATRAVÉS DO ESTUDO DE ASTRONOMIA	45
4.1 O estudo da Astronomia e o caráter interdisciplinar no ensino de Campos Conceituais da Física	53
5 A CONSTRUÇÃO DE UMA CARTA CELESTE PARA O ENSINO DE FÍSICA ATRAVÉS DE CAMPOS CONCEITUAIS DA ASTRONOMIA	58
5.1 Desenvolvimento da Carta Celeste ao estudo da Astronomia em aulas de Física	61
5.2 Sistemas de Coordenadas Astronômicas	62
5.2.1 Sistema de Coordenadas Geográficas.....	63
5.2.2 Coordenadas Astronômicas	63
5.2.2.1 O Sistema Horizontal	63
5.2.2.2 O Sistema Equatorial Celeste	65
5.2.3 O Sistema de Contagem do Tempo	66
5.2.4 Sistemas de coordenadas para construção da Carta Celeste.....	69
5.2.5 Relação entre sistemas de coordenadas equatoriais e horários.....	70
5.2.6 Relação entre sistemas de coordenadas horárias para altazimutais	71
6 A FÍSICA COMO CAMPO CONCEITUAL PARA O ENSINO DE ORIENTAÇÕES ESPACIAIS E LOCALIZAÇÃO DE OBJETOS CELESTES	77
6.1 Leis de Kepler	78
6.1.1 A 1ª Lei de Kepler	79
6.1.2 A 2ª Lei de Kepler	79
6.1.3 A 3ª Lei de Kepler	81
6.2 Lei da Gravitação de Newton	82
7 UM DIÁLOGO NECESSÁRIO SOBRE AS CONSTELAÇÕES CELESTES	85

8 ANÁLISE DE OBSERVAÇÕES COM A CARTA CELESTE E AUXÍLIO DO PROGRAMA <i>STELLARIUM</i> COMO NORTEADORES DA PRÁTICA DOCENTE	100
9 METODOLOGIA E APLICAÇÃO DO PRODUTO EDUCACIONAL	109
9.1 Aplicação do Produto Educacional	112
10 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS	129
10.1 Resultado da Pesquisa Diagnóstica Semiestruturada	129
10.1.1 Pesquisa Semiestruturada diagnóstica	129
10.1.2 Pesquisa Semiestruturada após o Curso de Astronomia	140
10.1.3 Avaliação Formativa (Aspectos Qualitativos)	150
11 CONSIDERAÇÕES FINAIS	153
REFERÊNCIAS	156
APÊNDICES	160
APÊNDICE A – Cálculos Carta Celeste	161
APÊNDICE B – Termo de Autorização da Escola	198
APÊNDICE C – Pesquisa Semiestruturada Diagnóstica	199
APÊNDICE D – Pesquisa Semiestruturada Final	202
APÊNDICE E – Produto Educacional	2024

1 INTRODUÇÃO

O estudo da Astronomia é de extrema importância para o desenvolvimento cognitivo dos estudantes em outras áreas do conhecimento científico, pois conduz o professor a repensar a didática da sua disciplina a partir do momento em que desenvolve no aluno novas perspectivas sobre um determinado fenômeno astronômico, ao utilizar-se de sua disciplina para explicá-lo. A necessidade de se inserir campos conceituais de Astronomia no currículo do Ensino Médio, além de seu caráter motivacional, é permitir que o estudante possa estabelecer uma ligação entre os fenômenos celestes e as suas aplicações através do estudo da Física, ao mesmo tempo que possibilite a este estudante observar alguns destes fenômenos, fazendo uso de equipamentos como uma luneta, telescópios ou uma carta celeste, transpondo as barreiras da sala de aula e transformando uma simples transmissão de conteúdo no desenvolvimento de competências e habilidades que realmente darão sentido ao que é aprendido dentro da escola.

Atualmente, a forma como é ensinada a disciplina de Física para os alunos apresenta alguns desafios didáticos para os professores do Ensino Médio. Isso é consequência de uma cultura baseada em práticas pedagógicas tradicionais, e dos questionamentos elaborados pelos estudantes sobre a ausência de tópicos relacionados à Astronomia que auxiliariam no processo de ensino-aprendizagem, e tornariam o ensino de Física mais investigativo e dinâmico, pois o estudo da Astronomia desperta enorme interesse nos estudantes, a partir do momento em que tornam compreensíveis os fenômenos físicos com o auxílio de linguagem matemática e possibilitam a compreensão do mundo através da interdisciplinaridade para a organização do conhecimento.

O que a Física deve buscar no Ensino Médio é assegurar que a competência investigativa resgate o espírito questionador, o desejo de conhecer o mundo em que se habita. Também deve ser entendida como cultura na medida em que a escola deve assegurar o acesso da população a uma parcela de saberes produzidos (BRASIL, 2000, p. 53).

Devido à infrequência na cobrança dos conhecimentos em Astronomia nos vestibulares, esse conteúdo acaba não sendo disponibilizado aos alunos, a não ser quando há algum questionamento relacionado à curiosidade de um estudante sobre algum fenômeno celeste. Com isso, o professor dificilmente trabalha esses temas em sala de aula, motivado muitas vezes pela falta de formação continuada na área de educação em Astronomia, que permitisse a ele trabalhar de forma mais integrada com a Física, como citado por Kantor (2001, p. 7): “[...] a Astronomia está ausente das aulas do Ensino Médio e pouco presente nos cursos

de licenciatura em física. A formação inadequada dos professores com relação a essa ciência é causa e consequência dessa ausência”.

As escolas apresentam dificuldades em acompanhar o ritmo acelerado do desenvolvimento científico e tecnológico. A prática metodológica utilizada pelos docentes tem dificultado a aproximação deste desenvolvimento presente na sociedade atual, assim como os conteúdos abordados na área do conhecimento de Ciências e Física na Educação Básica.

Em suma, os sistemas educacionais brasileiros têm privilegiado iniciativas que pouco dialogam com o trabalho efetivamente desenvolvido em sala de aula e pouco contribuem para a identificação do que está indo bem e do que pode melhorar e, menos ainda, para a elaboração de ações que ajudem os professores a aprimorar o seu trabalho (BAUER; CASSETTARI; OLIVEIRA, 2017, p. 963).

Com o desejo de estimular os alunos das escolas do Ensino Médio, alguns professores por iniciativa própria inscrevem as escolas onde trabalham em eventos que buscam fomentar o estudo da Astronomia, e aprimorar as aulas de Física em sala de aula, como é o caso das Olimpíadas Nacionais de Ciências (ONC), das Olimpíadas Brasileiras de Astronomia e Astronáutica (OBA) e das Olimpíadas Brasileiras de Física (OBF), que são aplicadas a todos os alunos das redes de ensino e para todos os níveis de aprendizagem. Estes eventos de divulgação científica carregam consigo, geralmente, um senso de colaboração coletiva, e geram, conseqüentemente, um aumento de produtividade escolar entre os alunos envolvidos, ao trabalharem em olimpíadas científicas.

Geralmente, ao ser noticiado em canais de televisão, ou mesmo em outros meios de comunicação, como internet e mídias sociais, a aproximação de um evento celeste – como um Eclipse Lunar ou Solar Total –, a passagem de uma chuva de meteoros que possibilite sua visualização em determinada região, ou mesmo a simples posição de planetas e satélites, estimulam as pessoas a se programarem para fazer observações sobre aquele fenômeno noticiado, onde costumam debater e tentar explicá-los baseados no senso comum. Nas crianças geram inúmeras perguntas através da sua curiosidade inerente, onde elas levam essas curiosidades para a sala de aula.

Existem estudantes que, munidos destas curiosidades, questionam o seu professor de Física sobre o terraplanismo, que muitos estudiosos defendem, e sobre o fato de o Sol ser uma “bola de fogo”, ou mesmo o fato de que a Lua parece não possuir movimento de rotação, uma vez que sempre mostra a mesma face. Conceitos pertinentes à Astronomia devem ser explicados a todos, devido à importância de se compreender o Universo em que se vive.

A construção de uma carta celeste pode ensinar os estudantes, de qualquer nível da Educação Básica, a se situarem geograficamente, e poderem determinar sem dificuldades a localização de planetas, satélites, estrelas ou mesmo constelações utilizando um mecanismo de orientação espacial simples e alternativo ao uso de telescópios, que geralmente possuem valores altos, e as escolas não possuem recursos financeiros para tal aquisição. Para isso, os alunos precisam estudar Astronomia contextualizando com a disciplina de Física e dinamizando as aulas em ambientes diferentes de sala de aula, bem como o professor precisa estar capacitado para corrigir eventuais erros que os livros didáticos possam transmitir em seus textos. O professor precisa estar apto para servir como mediador desse processo de ensino-aprendizagem, e possibilitar que o discente torne um conceito, ou uma proposição, algo realmente significativo através da variedade de situações que ele se defrontará.

Dessa forma, uma simples visualização de objetos astronômicos com o uso da Carta Celeste pode render uma aula completa de explicações usando a Física e alguns de seus campos conceituais, como: gravitação, ondulatória, óptica e o eletromagnetismo, como ferramenta do processo ensino-aprendizagem.

Para este estudo, utiliza-se como metodologia a pesquisa qualitativa, constituindo-se com a pesquisa bibliográfica e a pesquisa de campo, onde foi aplicada uma Sequência de Ensino Investigativa (SEI) baseada na Teoria dos Campos Conceituais (TCC) de Gérard Vergnaud, como proposta metodológica para o ensino de Física fazendo uso de diferentes atividades investigativas, como: laboratório aberto, demonstração investigativa, textos históricos, a Carta Celeste, problemas e questões levantadas com uso de recursos tecnológicos, como o programa de simulação astronômica *Stellarium*.

Os sujeitos desta pesquisa foram os estudantes do 1º e 2º anos do Ensino Médio da Escola Militar 2 de Julho, da rede pública da cidade de São Luís do Maranhão. Inicialmente a pesquisa foi pensada para ser realizada presencialmente com os alunos do 2º ano, entretanto, em virtude do momento de pandemia causado pelo SARS-CoV-2, a aplicação deste trabalho foi reformulada para o modelo de aulas remotas, o que ocasionou na abertura para a participação dos alunos do 1º ano do Ensino Médio. Isso não os impediu de elaborar juntos com o professor os seus modelos de relógio solar e lunetas para a observação do céu, pelo contrário, motivou cada um a buscar – através das situações que lhes apareciam durante a realização de cada uma dessas tarefas – obter um sentido concreto aos campos conceituais estudados dentro da Astronomia.

Infelizmente, por motivos de graves problemas de saúde do professor que estava elaborando essa pesquisa, não foi possível finalizá-la na Escola Militar 2 de Julho, tendo o profissional que iniciar a pesquisa em outra escola, no ano seguinte.

Inicializou-se o ano letivo de 2021 no Instituto de Educação, Ciência e Tecnologia do Maranhão (IEMA), ainda em meio à pandemia e às aulas remotas que prejudicaram o início das aulas de Astronomia, devido a diversos problemas de internet e à falta de equipamentos eletrônicos para os alunos, o que causou, conseqüentemente, um atraso no desenvolvimento de novas atividades, prejudicando a aplicação do produto educacional, haja vista que algumas aulas eram voltadas para observações fora de sala de aula.

Com o avanço do desenvolvimento de vacinas contra o SARS-CoV-2 (novo coronavírus), foram estabelecidos critérios sanitários que permitiram, em meados de 2021, a volta às aulas presenciais e, devido a essa flexibilidade, o professor conseguiu inicializar a sua pesquisa na escola. Sendo assim, os novos sujeitos da pesquisa foram os estudantes do 1º ano do Ensino Médio da escola Dr. João Bacelar Portela, que hoje pertence à rede IEMA.

Como instrumento da pesquisa foram aplicadas entrevistas semiestruturadas com os alunos envolvidos, em dois momentos: no início – para uma avaliação diagnóstica; e no final – durante a avaliação do nível de conceitos apresentados pelos discentes após as situações vivenciadas de acordo com a SEI. Após a avaliação diagnóstica, iniciaram-se as aulas de Astronomia totalizando 10 aulas, onde trabalhou-se a importância da Astronomia em sala de aula e fora dela, através de observações celestes, a fim de tornar esses momentos formativos estimulantes e significativos para o aluno. Vale ressaltar que, como era dia, pois a escola não funciona no turno noturno, ficou impossível visualizar as estrelas na esfera celeste no turno diurno. Porém, o programa *Stellarium* foi utilizado como simulador do céu naquele momento, possibilitando, assim, a continuidade do trabalho científico, haja vista, que o referido programa simula o céu da cidade em qualquer horário utilizando a latitude e longitude da região estudada.

A construção dessa dissertação está estruturada em 11 capítulos. A introdução faz uma breve apresentação deste trabalho e o papel que a Astronomia possui na relação ensino-aprendizagem dentro e fora de sala de aula. O segundo capítulo é composto pelo breve histórico sobre o estudo da Astronomia, desde o momento em que o ser humano olhou para o céu pela primeira vez e tentou entender o Universo e a sua influência sobre a Terra, e pelas contribuições históricas e culturais que os índios Tupinambás do Maranhão deram para a Astronomia a partir de suas observações do céu.

O terceiro capítulo traz o estudo da Astronomia no processo de ensino-aprendizagem da disciplina de Física no Ensino Médio, e como a Astronomia possui

características multidisciplinares, ela causa grande interesse nos estudantes desde o Ensino Fundamental até o Ensino Médio, ao correlacionar áreas de estudo como a Física e outras ciências para a explicação de alguns fenômenos celestes e da própria Terra. O quarto capítulo aborda a Teoria dos Campos Conceituais (TCC) de Gérard Vergnaud, no ensino de Física através do estudo da Astronomia, ou seja, como o estudo da Astronomia pode ser importante para ampliar o Universo de aprendizagem do estudante a partir de metodologias educacionais formais e não formais no ambiente escolar.

O quinto capítulo faz uma abordagem acerca da construção de uma Carta Celeste para o ensino de Física através de campos conceituais da Astronomia, onde desenvolvem-se as Cartas utilizando sistemas de coordenadas astronômicas e suas relações. No sexto capítulo segue com uma abordagem da Astronomia como Campo Conceitual (CC) para o ensino de orientações espaciais e localização de objetos celestes, a fim de primeiro organizar o pensamento do estudante através da intervenção do professor como mediador deste conhecimento adquirido e, logo em seguida, causar uma ruptura entre o senso comum e o conhecimento científico por parte do estudante com relação ao movimento das constelações celestes.

O sétimo capítulo apresenta um diálogo necessário sobre as constelações celestes, onde procura-se mostrar todas as constelações zodiacais e algumas que já são conhecidas pelos estudantes, e que fazem parte deste produto educacional, bem como a constelação do Homem Velho criada pelos índios Tupinambás do Maranhão. O oitavo capítulo traz uma análise das cartas celestes utilizando o programa *Stellarium*, como auxílio norteador da prática docente durante as observações dentro e fora de sala de aula.

No nono capítulo apresenta-se a metodologia utilizada para que se pudesse desenvolver esse trabalho e os momentos pedagógicos em sala de aula, assim como o resultado da SEI. No décimo capítulo realizam-se a apresentação e análise dos resultados tanto da pesquisa semiestruturada quanto do curso de Astronomia ministrado em sala de aula. E no décimo primeiro, as considerações finais de todo o trabalho ao longo desses momentos juntos com os alunos.

2 A HISTÓRIA DA ASTRONOMIA

A história da Astronomia começou a ser desenvolvida a partir das tentativas de entender o Universo e a sua influência sobre a Terra. No entanto, com poucos ou nenhum conhecimento que respondesse algumas indagações que eram levantadas, tornou-se intrigante para os ancestrais explicar o que era visto no céu através de observações e medições que geralmente eram baseadas na mitologia. Com o surgimento das primeiras civilizações sedentárias, vieram os registros escritos e a Matemática, que possibilitaram observações mais detalhadas durante anos. Com isso, por volta de 2500 anos atrás, muitos filósofos gregos contribuíram para o avanço da Astronomia como ciência, ao explicar o cosmo sem utilizar a mitologia nem o sobrenatural (ROONEY, 2018, p. 7).

A separação da Astronomia como ciência e as explicações baseadas no sobrenatural, ainda durariam séculos para se desligarem, e aos poucos deixariam de ser dominadas por religiosos e sacerdotes, passando a ser de interesse de cientistas. A partir do momento que começaram a possuir esse conhecimento, as observações realizadas eram usadas para determinar a data e o horário das orações e festas religiosas, prever condições para realizar eventos dentro da política e buscar a melhor época de realização dos seus planos. A Astrologia e a Astronomia permaneceram inseparáveis durante milênios. Alguns astrônomos do século XVI e XVII ainda recorriam a explicações astrológicas, embora não houvesse aceitação de todos quanto à validade destas explicações como ciência (ROONEY, 2018, p. 7).

A Astronomia é considerada a mais antiga entre as ciências, e existem evidências de observações e usos de sítios antigos e a ideia de que foram construídos alinhados a marcos astronômicos (ou marcos celestes), para a realização de observações que os mostrassem o momento ideal para o plantio ou transferir os rebanhos, ou revelassem datas propícias para rituais de passagem pessoais ou quando realizar orações ou sacrifícios. De qualquer forma, o uso que era feito dos sítios antigos são apenas suposições, já que não existe comprovação científica da utilidade desses monumentos. Algumas culturas antigas, como os maias, os chineses, os egípcios e babilônios, por não possuírem calendários à época, criaram o seu próprio, e realizaram essas construções desses monumentos baseados na observação do movimento do Sol e de outros astros (ROONEY, 2018, p. 20).

O texto astronômico mais antigo após o começo dos registros escritos, é o “Tablete 63”, de Enûma Arm Enlil, que reúne uma coletânea de presságios relacionados a investigações astronômicas a partir do 2º milênio a.C., quando os babilônios ocuparam a Mesopotâmia. Já o texto astronômico mais famoso e importante é conhecido como MUL.APIN, que reúne milhares

de anos de observações dos movimentos das estrelas e dos planetas, e enumera constelações na qual se incluem Escorpião e Leão. Esses textos foram preservados em tabletes produzidos em 686 a.C. Pelos tabletes, percebe-se que os astrônomos babilônios possuíam sua própria teoria do movimento planetário, embora não haja informações suficientes sobre elas com maior rigor de detalhes. É importante ressaltar que as observações realizadas pelos babilônios na Astronomia possuíam objetivos astrológicos. Porém, os trabalhos realizados possuíam grande exatidão em suas observações, tanto que foram utilizados pelo Greco-Egípcio Ptolomeu, 800 anos depois, a considerar este o período em que a Astronomia começou a aproveitar os dados levantados (ROONEY, 2018, p. 21).

Os indianos tomaram como base o conhecimento astronômico adquirido pelos babilônios e utilizavam a Astronomia para elaborar calendários no 3º milênio a.C., já que não possuíam sua própria escrita. O texto astronômico indiano mais antigo já conhecido é o Vedanga Jyotisha, redigido por volta do século I ou II a.C. Ele ensina a acompanhar os movimentos do Sol e da Lua, com a finalidade de organizar rituais (ROONEY, 2018, p. 23).

A Astronomia Chinesa se desenvolveu de forma bem independente das demais civilizações, devido à sua política isolacionista. Ela é a única que apresenta mais de 5000 anos de observações e desenvolvimentos continuados como o registro mais antigo de um Eclipse Solar conhecido, no ano de 2137 a.C. Os métodos de localização utilizados pelos chineses para produzir suas cartas celestes eram similares aos modernos, utilizando coordenadas desenvolvidas somente 1500 anos mais tarde no Ocidente. Não é conhecido nenhum tipo de influência externa quando obras astronômicas indianas chegaram à China (ROONEY, 2018, p. 23).

Os astrônomos chineses já estudavam as estrelas em 2100 a.C., e observaram 283 constelações. Estas revelavam cenas da vida social e real, e não heróis e monstros mitológicos. Os astrônomos categorizaram também “estrelas hóspedes”, conhecidas atualmente como novas, supernovas e cometas. Já no século III a.C., tinham noção de que a Terra se movia e de que este movimento era responsável pelas estações. Viram a relação entre a Terra e os céus como sendo semelhante às duas partes do ovo, com a gema (Terra) a flutuar num mar, enquanto a clara (os céus) girava em torno do Polo Norte. No século I a.C. utilizavam a esfera armilar com linhas que mostravam várias trajetórias celestes, e construíram uma série de observatórios planetários (ULLMANN, 2007, p. 206).

Os Imperadores chineses acreditavam ser importante buscar, através de observações celestes, os sinais que indicariam problemas que surgiriam na Terra. Estes problemas eram reunidos e analisados, de forma que as observações chinesas tinham principalmente uso astrológico. Para eles, a desordem no céu indicaria uma provável desordem

na Terra; em teoria, a vigilância dos eventos celestes daria um aviso ao Imperador de que alguma coisa não estava bem em seu mandato do céu. Com isso, a Família Imperial mantinha uma equipe de astrônomos sob a coordenação de um astrônomo real, que era responsável por interpretar algo incomum e informar ao Imperador. Ser um Astrônomo Imperial, naquela época, era algo extremamente perigoso, já que um prognóstico equivocado poderia custar a vida. Como se tratava de ferramenta de prognóstico para ações do Imperador, o trabalho de observações era feito com muito cuidado, tanto que serviu como registros meticulosos para astrônomos durante mais de dois mil anos e registros parciais de quatro mil anos (ROONEY, 2018, p. 28).

Foi por intermédio dos egípcios que os astrólogos e astrônomos babilônios chegaram ao Ocidente. Consta que eles foram os primeiros a seguir e assinalar o caminho sempre igual que o Sol percorre no seu movimento anual. Eles também perceberam que a Lua segue um trajeto sobre a mesma faixa do céu. O homem já tinha notado que as constelações mantêm as posições e configurações de estrelas. No entanto, perceberam que algumas “estrelas” mantinham um comportamento diferente das demais. Enquanto as outras pareciam fixas na abóbada celeste, elas se moviam de forma estranha. Logo, essas estrelas passaram a ser interpretadas como manifestações divinas. Mas foi somente anos mais tarde, com os gregos, que elas receberam a denominação de “Estrelas Errantes” ou “Planetas” (COUPER; HENBEST, 2009, p. 47).

A Astronomia dos babilônios espalhava-se pelas colônias gregas, vinda do Oriente, e ao mesmo tempo, Tales de Mileto, que foi considerado o primeiro cientista do mundo, tinha a possibilidade de viajar para o Egito e adquirir o seu conhecimento sobre Geometria, que os egípcios usavam para sustentar os seus argumentos em relação às enchentes anuais do Nilo, que cobriam a terra com a lama fresca fertilizadora (COUPER; HENBEST, 2009, p. 49).

A Astronomia egípcia era bastante rudimentar e sua economia era essencialmente agrícola e regida pelas enchentes do Nilo. O início do ano para os egípcios começava com o nascimento helíaco de Sirius (que eles chamavam de *Sopdet*). Os egípcios acrescentaram mais um dia a cada quatro anos, para que o calendário celeste entrasse em conformidade com o calendário civil, que voltava ao mesmo nascer helíaco de Sirius uma vez a cada 1.460 anos. Isto ocorreu na Reforma Juliana promovida pelo ditador romano Caio Júlio César (100 – 44 a.C.) em 46 a.C. A contagem do tempo, baseada em observações para essas civilizações, era essencial para marcar alguma atividade agrícola ou mesmo cultural (ROONEY, 2018, p. 31).

Os maias não possuíam ferramentas, nem instrumentos astronômicos sofisticados, mas suas observações dos movimentos dos corpos celestes foram importantes, e conseguiram fazer previsões com excelente precisão através de referenciais celestes. Suas edificações foram

construídas a partir do alinhamento com meios astronômicos, e isso geralmente caracterizava algo religioso ou supersticioso (ROONEY, 2018, p. 32).

As civilizações antigas não distinguiam as suas observações celestes de algo sobrenatural que poderia acontecer na Terra, e influenciaram na elaboração do calendário de suas atividades, de forma que essas observações vinham sempre precedidas de explicações astrológicas. Essas civilizações antigas, como os maias, os chineses, os egípcios e os babilônios, por não possuírem calendários na época, criaram o seu próprio, baseado na observação do movimento do Sol e de outros astros.

Muitos filósofos gregos contribuíram para o avanço da Astronomia no intuito de explicar o formato da Terra, o movimento do Sol e de outros planetas que são visíveis no céu.

Na visão do sucessor de Platão em Atenas, Aristóteles, toda matéria era formada pelos quatro elementos fundamentais, herdados da cosmogonia de Empédocles: terra, água, ar e fogo. O Universo, segundo ele, era dividido em dois mundos: o mundo sublunar, formado pelas coisas da Terra e da Lua, e o mundo supralunar, composto pela parte perfeita e imutável. O mundo sublunar ou terrestre era o reino das coisas mundanas, imperfeitas e corruptíveis, compostas pelos quatro elementos. O mundo supralunar era o lugar das coisas perfeitas, constantes e incorruptíveis, conceitos estes associados aos astros celestiais que se moviam além da esfera lunar. Como as coisas perfeitas são radicalmente distintas das imperfeitas, compostas pelos quatro elementos, estas coisas (astros celestes) deveriam ser constituídas por outra essência, um quinto elemento, o éter, também denominado de “quintessência” (COUPER; HENBEST, 2009, p. 66).

Em suas observações, Aristarco percebeu que a Lua crescia no céu até ficar iluminada pelo Sol, exatamente pela metade. E utilizando Geometria Simples, efetuou o cálculo de quantas vezes o Sol está distante da Terra em comparação com a Lua, e chegou à conclusão de que se o Sol está 19 vezes mais distante, devendo ser 19 vezes maior do que a Lua, colocando o tamanho de ambos em coincidência no céu e significando que o Sol devia ser quase 10 vezes maior do que a Terra. Essas medidas são consideradas equivocadas para os dias atuais, ao qual se sabe que o Sol é 100 vezes maior do que o Planeta Terra. Porém, mesmo sendo 10 vezes maior, parecia inverter a importância do Sol e da Terra. Se o Sol fosse tão grande, por que estava circulando em volta da Terra? Aristarco surgiu com a ideia de que a Terra é quem circulava ao redor do Sol, muito embora ninguém tenha aceitado essa ideia por quase dois mil anos (COUPER; HENBEST, 2009, p. 67).

Aristarco nasceu em Samos, o berço de Pitágoras, por volta de 310 a.C., o ano em que Heraclides faleceu. As obras de Aristarco sugerem que ele era um homem com grande

coragem intelectual, e que não hesitava em contradizer o tema proposto durante as reuniões diárias. Através de suas obras, Aristarco descobriu que o Sol era muito maior do que a Terra, e isso serviu para influenciar a sua ideia de que o Sol era o centro do Universo (GLEISER, 1997, p. 78).

Algumas provas de que Arquimedes propôs um modelo heliocêntrico do cosmo é encontrado em sua monografia intitulada “O contador de areia”, na qual ele demonstrou que pode, através da utilização de dados de Aristarco, calcular quantos grãos de areia seriam necessários para encher o volume do Universo:

Aristarco de Samos escreveu um livro com certas hipóteses que levam à conclusão de que o Universo é muito maior do que se pensava até então. Ele supôs que o Sol e as estrelas fixas permanecem imóveis, com o Sol no centro e a Terra girando ao seu redor em um movimento circular (GLEISER, 1997, p. 79).

As tentativas de explicar o sistema solar colocavam no centro do Universo o Sol e os demais planetas girando ao redor da Terra, como visto na Figura 1. Esse sistema ficou conhecido como “sistema geocêntrico”, e recebeu fortes adeptos, como Claudio Ptolomeu e a própria Igreja Católica. Ao escrever a sua obra mais famosa, intitulada a “*Mathematike Syntaxis*” (“Tratado de matemática”), mais conhecido atualmente pelo seu título em árabe “O Almagesto”, Ptolomeu ainda mostraria uma forte influência dos pensamentos aristotélicos, o que o ajudariam a perdurar as suas ideias. Com a decadência da Academia de Alexandria, os cristãos, na Síria, e depois os árabes, em Bagdá, desenvolveram o trabalho de Ptolomeu.

Figura 1 – Representação do modelo geocêntrico



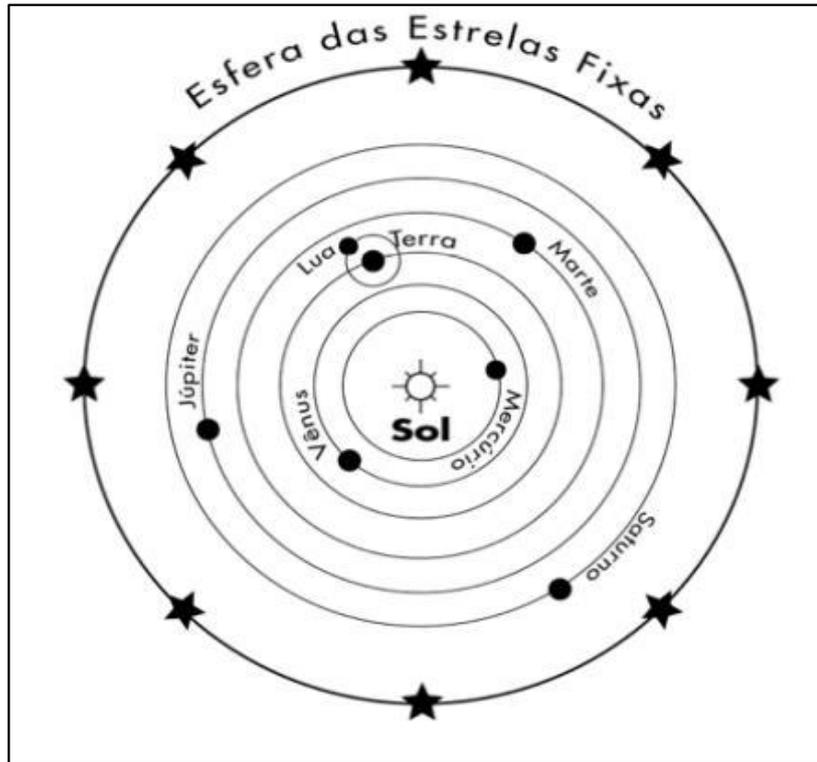
Fonte: Rodrigues (2015, p. 5).

Porém, no ano de 1543, o astrônomo polonês Nicolau Copérnico retomou as ideias de Aristarco de Samos¹ (320 a.C. – 250 a.C.), e publicou sua obra “*De Revolutionibus Coelestium*”, colocando o Sol no centro do Universo, como visto na Figura 2.

Na Grécia Antiga, Aristarco de Samos já havia proposto esta ideia heliocêntrica antes de Nicolau Copérnico, porém, devido à forte influência religiosa, era inconcebível que Deus não tivesse colocado a Terra no centro do Universo. Além disso, a ideia do heliocentrismo contrariava as de Aristóteles e seus seguidores, pois exigia que a Terra realizasse dois movimentos: um de rotação e o outro de translação em torno do Sol. Para Aristóteles e seus discípulos, a ideia da rotação era falsa, pois, se fosse verdadeira, alguém que jogasse uma pedra para cima não observaria o seu retorno para o ponto de partida, e a ideia da translação ao redor do Sol também não seria verdadeira, pois, caso contrário, as estrelas fixas deveriam aparecer em diferentes posições no céu, de acordo com o lado da sua trajetória que o planeta estivesse.

¹ Aristarco de Samos apresentou uma teoria onde colocava o Sol no centro do sistema, antecipando o modelo heliocêntrico proposto por Copérnico (1473 – 1543), 15 séculos depois.

Figura 2 – Representação do modelo heliocêntrico proposto por Copérnico



Fonte: Rodrigues (2015, p. 8).

De acordo com Anne (2018, apud COPÉRNICO, 2018, p. 53):

Vemos como certeza que a Terra, fechada entre os polos, é limitada por uma superfície esférica. Por que então ainda hesitamos em lhe conceder o movimento adequado por natureza à sua forma em vez de atribuir movimento ao universo inteiro, cujo limite é desconhecido e incognoscível? Esta situação se assemelha muito ao que diz Eneias, de Virgílio: “Avante a partir do porto zarparamos, e a terra e as cidades somem lá atrás”.

Ainda jovem com apenas 16 anos, o astrônomo dinamarquês Tycho Brahe mapeou e catalogou as posições dos astros com precisão, a fim de afastar os argumentos “meramente” filosóficos dos seus antigos mestres. Para Tycho, era fundamental evitar:

[...] tanto o absurdo matemático de Ptolomeu quanto o absurdo físico de Copérnico. Em seu sistema, a Terra permanece imóvel no centro do Universo: ela nem sequer gira. A Lua gira ao redor da Terra. Mais afastado, o Sol também gira ao redor da Terra. E o ingrediente especial é que todos os outros planetas giram em torno do Sol, enquanto ele viaja ao redor do mundo (COUPER; HENBEST, 2009, p. 104).

Em 1599, o brilhante astrônomo e matemático alemão Johannes Kepler (1571 – 1630) tornou-se assistente de Tycho, e teve consigo enorme quantidade de dados astronômicos de grande precisão. Kepler foi o responsável pelo fim da separação entre a Física e a Astronomia. Até então, os modelos cosmológicos possuíam um caráter meramente descritivo,

sem que houvesse um questionamento sobre as causas físicas dos eventos. Ele elucidou completamente a natureza do movimento planetário ao estabelecer uma relação matemática entre o período e o raio orbital dos planetas. Essas relações mais tarde se tornariam as “três leis de Kepler” conhecidas como Lei das Órbitas, Lei das Áreas e Lei dos Períodos.

[...] Kepler deu, por fim, o passo revolucionário de rejeitar inteiramente os círculos, experimentando uma curva oval, e, finalmente, a elipse. Para apreciar quão revolucionário era na realidade esse passo, lembremo-nos de que tanto Aristóteles como Platão insistiram em que as órbitas planetárias tinham que ser combinadas a partir de círculos, e que este princípio era lugar comum, tanto no Almagesto de Ptolomeu quanto no De Revolutionibus de Copérnico (ALVES, 2018, p. 138).

No século XVII, o físico, astrônomo e filósofo Galileu Galilei (1564 – 1642) soube que estavam vendendo um instrumento óptico com duas lentes e um tubo que permitiria observações mais de perto. Assim, ele começou a construir o seu próprio instrumento, a luneta, que descreveu na citação:

Em primeiro lugar, preparei um tubo de chumbo em cujos extremos adaptei duas lentes de vidros, ambas planas em uma face enquanto a outra face era convexa em uma lente e côncava na restante. Assim, com o olho na côncava, vi os objetos tão grandes e próximos que pareciam três vezes mais próximos e nove vezes maiores que quando observados apenas com a visão natural. Mais tarde, fiz outro melhor, que representava os objetos mais de 60 vezes maiores. Por fim, não medindo nem gastos nem fadiga, consegui fabricar um instrumento tão excelente que as coisas vistas com ele pareciam quase mil vezes maiores e mais de 30 vezes mais próximos que quando observados com a faculdade natural (GALILEI, 2009, p. 33).

De posse desse instrumento, Galileu Galilei, em 1609, observou crateras, montanhas lunares, manchas solares, fases de Vênus, estrelas fixas ainda muito pequenas devido à distância, e quatro satélites em Júpiter. Ao longo de muitas noites, Galileu acompanhou esses objetos e chegou à conclusão de que havia quatro corpos siderais erráticos realizando revoluções ao redor de Júpiter (GALILEI, 2009).

Para ratificar as ideias de Galileu, estes corpos precisavam ser luas, orbitando ao redor de Júpiter, assim como a Lua orbita o planeta Terra. Outros astrônomos ficaram impressionados com o fenômeno, a exemplo do astrônomo alemão Simon Marius, que posteriormente alegou ter observado aqueles corpos alguns dias antes de Galileu.

Porém, Galileu percebeu a importância científica das observações que havia realizado. Muitos críticos da teoria de Copérnico afirmaram que a Terra não poderia estar se movendo pelo espaço, o que deixaria a Lua abandonada para trás. Com certeza, Júpiter tinha o poder de influenciar as quatro luas a se moverem ao seu redor; a Terra poderia possuir o mesmo poder de manter a Lua, assim como o mundo orbita o Sol.

Galileu se apressou em escrever suas descobertas que foram publicadas em março de 1610, em seu livro *Sidereus nuncius* (Mensageiro das Estrelas), antes que alguém reivindicasse estas descobertas como de sua própria autoria, como descrito abaixo por Couper e Henbest (2009, p. 143).

Aqui estão, pois, quatro estrelas[...], as quais, com movimentos díspares entre si, realizam seus cursos e órbitas em torno da estrela Júpiter, a mais nobre de todas, como unânime acordo, grandes revoluções em torno do centro do mundo, isto é, em torno do Sol (GALILEI, 2009, p. 28-29).

[...] após cuidadosas e repetidas inspeções, deduzimos a opinião, que temos por firme, de que a superfície da Lua e dos demais corpos celestes não é, de fato, lisa, uniforme e de esfericidade exatíssima como tem ensinado uma numerosa corte de filósofos, mas que, ao contrário, é desigual, rugosa e cheia de cavidades e proeminências, não diferente da própria face da Terra, que apresenta, aqui e ali, as cristas das montanhas e os abismos dos vales (GALILEI, 2009, p. 36).

Neste ano de 1610, Galileu publicou o *Siderius Nuncius* (O Mensageiro das Estrelas) em latim, no ano de 1632, publicou o livro *II Saggiatore* (O Ensaíador), escrito em italiano. Publicou ainda, *Diálogo sopra i massimi sistemi del mondo* (Diálogos sobre os dois principais sistemas do mundo), e com sua última obra escrita no ano, de 1638, *Discorsi e dimstrazioni matematiche intorno a due nuove scienze* (Discurso e demonstração matemática de duas novas ciências) e conseguiu divulgar as suas ideias alcançando um número muito grande de pessoas, por ter optado tanto pelo diálogo como pelo italiano popular.

Portanto, o século XVII foi um período em que os conhecimentos astronômicos puderam ultrapassar as fronteiras da sala de aula e ser apresentados às pessoas de forma atraente e de fácil entendimento. Por consequência dessa liberdade, a educação em Astronomia também se pareceu com uma atividade lúdica, o que influenciou os processos de ensino e aprendizagem nas salas de aula.

Entretanto, antes de fins do século XVII, os livros não tinham permissão para argumentar conhecimentos dogmaticamente aceitos como oficiais. A Astronomia tinha que ser ensinada em um contexto integralmente religioso, ou seja, deveria ser ensinada sob uma ótica cristã. Consequentemente, todas as obras de Astronomia tinham que convergir o seu foco para uma dupla mensagem: religiosa e científica.

Anos depois, com o legado deixado por Kepler e Galileu, ficou preparado o caminho para que o matemático e físico inglês Isaac Newton desenvolvesse a sua teoria da gravitação universal. Newton utilizou-se das leis de Kepler para explicar a quais fatores os planetas e corpos celestes efetuam órbitas. Na verdade, tanto Kepler quanto Newton completam o trabalho um do outro. As ideias, leis e cálculos realizados por eles revolucionaram a

Astronomia, ao possibilitar explicações relacionadas ao cosmos e à vida na Terra. Algumas dessas ideias fluíram para compor a maior obra de Newton, intitulada *Philosophiae Naturalis Principia Mathematica* (Princípios Matemáticos de Filosofia Natural), resumidamente chamado de *Princípios* (COUPER; HENBEST, 2009, p. 174).

“*Os Princípios*”, como eram conhecidas as obras de Newton, estabeleceram os fundamentos do funcionamento do Universo. Após enunciar as leis da força e do movimento, Newton usou a sua lei da gravidade para calcular os movimentos dos corpos celestes. Atualmente essas leis são bem estabelecidas, mas Newton tem o mérito de ter sido a primeira pessoa a declarar que tudo no Universo exerce gravidade em todo o resto. Para Anne (2018 apud NEWTON, 2018, p. 176): “toda matéria atrai toda outra matéria com uma força proporcional ao produto de suas massas e inversamente proporcional ao quadrado da distância entre elas.”

O estudo da Astronomia moderna passou a fazer sentido após as descobertas de Albert Einstein, que propôs, em 1905, uma Física unificada, e sem referencial privilegiado algum, inviabilizando ideias como a da mecânica clássica de Newton, que propunha uma relação absoluta entre espaço e tempo, e que levaram Einstein, mais tarde, a desenvolver a sua famosa “Teoria da Relatividade Restrita (TRR)”, tornando o espaço e o tempo campos conceituais completamente dependentes um do outro. Porém, em 1915, a Física sofreria uma nova reformulação quando o próprio Einstein explicaria uma das quatro forças fundamentais existentes no Universo, a gravidade, através do desenvolvimento da sua “Teoria da Relatividade Geral (TRG)”.

O avanço científico de algumas dessas teorias começou a nortear o estudo da Astronomia através de explicações físicas e matemáticas, não permitindo um desenvolvimento de uma teoria vazia de significados, mas repleta de explicações contextualizadas que resultaram num avanço tecnológico extremamente grande para os dias atuais. O homem utilizou até o início do século XX, as cartas celestes como instrumento para localização em navegações, na construção de calendários e no planejamento da atividade econômica. O conhecimento das posições e o movimento dos corpos celestes era muito importante, pois determinavam a medição da passagem do tempo e, conseqüentemente, o período das colheitas no campo. Porém, novas tecnologias que realizavam essas medições do tempo e de localizações foram surgindo, fazendo com que essas cartas celestes deixassem de utilidade para este fim, pois passaram a servir como ferramentas de estudo e pesquisa em Astronomia.

No Brasil, no início do século XX, a Astronomia ainda engatinhava devido à pesquisa científica ainda não estar bem consolidada. Mas, devido à realização de trabalhos

científica por parte de alguns cientistas, intelectuais e profissionais liberais, a pesquisa começou a se desenvolver, e alguns pesquisadores começaram a criar mais esperança, por acreditarem que o uso do rádio como ferramenta auxiliadora, a partir de 20 de abril de 1927, propagaria conhecimentos com temas educacionais, culturais e científicos de forma mais barata, e que iria atingir várias regiões do Brasil. E foi devido a esse engessamento da ciência no Brasil que surgiu a ideia de criar, por parte de Alécio Gomes e Álvaro Dias, o primeiro curso superior de Astronomia, que só veio a funcionar realmente a partir do ano de 1957, com aulas teóricas e práticas de observação celeste.

No Maranhão não há um curso superior voltado para esse campo da ciência, porém, tem-se dentro do curso de Física disciplinas correlacionadas, e que auxiliam o professor em pesquisas sobre Astronomia e observação celeste. Além disso, pesquisadores e amantes da ciência formaram um grupo denominado “Sociedade de Astronomia do Maranhão (SAMA)”, que junto com alunos do curso de Física, contribuem para divulgar a ciência e a pesquisa observacional através de projetos, como o “Luminar”, elaborado em parceria com o Governo do Estado do Maranhão, para realizar oficinas sobre ciência e sua importância para o desenvolvimento científico do estado, bem como realizar observações celestes com o uso de telescópios e do planetário por todas as regiões do interior do Maranhão, com a participação e o apoio do “Ilha da Ciência” na coordenação do professor Dr. Antônio José Silva Oliveira. Esses projetos têm ajudado a divulgar a ciência em regiões onde pouco se conhece sobre Astronomia e a sua importância no ensino de Física e no desenvolvimento cognitivo dos alunos da Educação Básica.

2.1 Contribuição histórica da Astronomia indígena para observações do céu

De acordo com o Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN) do Ensino Médio, a compreensão do Universo pelo ser humano acontece de forma progressiva e gradual, a partir do conhecimento de modelos explicativos sobre a origem e constituição do Universo, segundo diferentes culturas, buscando semelhanças e diferenças em suas formulações. Esse conhecimento de buscar no céu respostas para a vida na Terra já era realizado pelos povos antigos, que sempre experimentaram de uma irresistível atração pelos céus e pelos astros.

Os habitantes primitivos possuíam um olhar sobre o céu bem diferente do que se observa atualmente. Esse interesse por buscar respostas no céu para as necessidades da Terra podem mudar de acordo com cada povo. Os povos sempre se sentiram atraídos pelo céu e sua miríade de estrelas, e, com o objetivo de facilitar o seu reconhecimento, começaram a agrupá-

las, originando as várias constelações. Porém, a sistemática de formação varia de acordo com as necessidades recorrentes de cada povo (GALDINO, 2011, p. 11).

Os povos primitivos criaram as suas constelações de acordo com as suas concepções particulares, agrupando as estrelas de uma maneira própria. Pela observação do céu, os indígenas do Brasil, relacionavam eventos celestes como a posição do Sol e de constelações com eventos meteorológicos, que ocorriam aqui na Terra durante o ano, como períodos de chuva ou secas intensas, o que determinava, conseqüentemente, o melhor momento do plantio e da colheita. Associavam a agricultura local e o movimento das marés às suas observações das fases da Lua, além de desenharem no céu as suas próprias constelações, que serviam como espécies de mapas e calendários para as suas atividades cotidianas, socioeconômicas e cerimoniais, atualizando os inúmeros relatos e registros deixados pelos seus antepassados.

Em sua publicação “Diálogo sobre os dois máximos sistemas do mundo; ptolomaico e copernicano”, Galileu Galilei afirmava que a principal causa do fenômeno das marés seriam os dois movimentos circulares da Terra: o de rotação em torno do seu eixo, e o de translação em torno do Sol, desconsiderando a influência da Lua (AFONSO, 2009, p. 1).

No século XVII, o monge capuchinho francês Claudio D’Abbeville passou quatro meses entre os Tupinambás do Maranhão. Nessa época escreveu um livro intitulado “História da Missão dos Padres Capuchinhos na Ilha do Maranhão e Terras Circunvizinhas”. Ele publicou sua obra em Paris, no ano de 1614, e através desse livro, considerado uma das mais importantes fontes etnográficas do tronco tupi, foi possível perceber como os Tupinambás haviam desenvolvido um conhecimento profundo sobre o céu, e o utilizavam em seu cotidiano (AFONSO, 2012, p. 1).

A fama dos Tupinambás não era das melhores para os jesuítas, pois, além de oferecerem extrema resistência aos portugueses, eram considerados de hábitos canibalescos, mas possuíam uma habilidade inigualável quanto às observações do céu. Segundo D’Abbeville (2008), poucos entre eles não possuíam habilidades com observações dos astros e estrelas do seu hemisfério, e que denominavam cada um de acordo com nomes próprios atribuídos pelos seus antepassados (GALDINO, 2011, p. 46).

A visão indígena do Universo deve ser considerada no contexto dos seus valores culturais e conhecimentos ambientais. Eles denominavam o céu de *Eivac*, nomeavam o Sol de *Coaraci* e a Lua era *Jaceí*. As estrelas chamavam *Jacitatá*, entre as quais eram bem conhecidas *Simbioare*, *Urubu* e *Seichuiura*, por serem anunciadoras da vinda das chuvas. As Plêiades² eram

² Esse aglomerado estelar marcava, para os índios Tupinambás, o começo do ano e as épocas de chuva e seca, servindo como calendário anual.

chamadas de *Seichu*, pois apareciam, em meados de janeiro, e eram anunciadoras de chuvas. Algumas estrelas, como *Suanran* e *Tinguaçu*, são mensageiras das chuvas, aparecendo sempre 15 dias antes no horizonte. O final do período chuvoso era anunciado pelo aparecimento de *Uenhomoan* (Caranguejo) (D'ABBEVILLE, 2008).

A determinada estrela os índios chamam de *Januare* (Cão). Essa estrela tem tonalidades avermelhadas, e acompanha a Lua bem de perto. Os Tupinambás diziam, ao ver a Lua sumir no horizonte, que a estrela perseguia a Lua para devorá-la como um cão. Com o final do inverno, momento em que a Lua estava escondida devido ao período chuvoso, este corpo celeste retornava e se apresentava na forma avermelhada em sua primeira aparição. Os índios afirmavam que o motivo desse tom avermelhado era seu próprio sangue devido à estrela *Januare* que a perseguia para devorá-la. Todos os homens batiam no chão com os seus bastões voltados para a Lua, enquanto as mulheres e crianças choravam e rolavam no chão amedrontadas. Eles acreditavam que iam morrer. Então, os homens batiam no chão em sinal de alegria, por acreditarem que iriam rever os seus ancestrais, e as mulheres e crianças tinham medo da morte, e por isso entravam em desespero (AFONSO, 2012, p. 1).

Os índios conhecem também a “Estrela da Manhã”, e a denominam de *Jacitatauaçu* (grande estrela). Enquanto a estrela vespertina era conhecida como *Pirapanem*, e segundo os relatos indígenas, ela ia sempre à frente, servindo de guia para a Lua. Como a maioria dos indígenas, os Tupinambás acreditavam que eram duas estrelas. Ela se levantava sempre antes do nascer do Sol, e desaparecia com as chuvas. Havia também, por parte dos índios, o conhecimento do Cruzeiro do Sul, ao qual chamavam de *Criçá* (Cruz), e que correspondia a uma constelação de quatro estrelas de brilho intenso (GALDINO, 2011, p. 46).

Segundo relatos de religiosos franceses, os Tupinambás tinham pleno conhecimento do movimento celeste, de forma a indicar no céu os pontos referentes ao nascente e ao poente de cada estrela ou constelação. Eles conheciam as épocas do crescente e do minguante, do plenilúnio e do novilúnio; atribuíam responsabilidade à Lua pelo movimento das marés e denominavam de *Jacipuiton* (morte da Lua) ao Eclipse Lunar.

Somente em 1687, 73 anos após a publicação de D'Abbeville, Isaac Newton demonstrou que a maré sofria influência da força de atração gravitacional do Sol e, também, da Lua sobre a Terra. Isso demonstra que enquanto Galileu negligenciava a influência destes objetos celestes, os índios que habitavam terras brasileiras já sabiam que a Lua era a principal causadora deste ciclo periódico das marés. Porém, Newton foi o primeiro a mostrar corretamente como as forças que geram as marés funcionavam (LIMA; MOREIRA, 2005).

D'Abbeville afirmava que *Seichu* era vista em janeiro, porém, essa época estava em desacordo com o nascer helíaco das plêiades que ocorrem do final de abril ao início de junho, quando vistas da Terra. Como as chuvas se iniciavam em dezembro, a probabilidade maior era que D'Abbeville estivesse se referindo ao nascer cósmico. As Plêiades surgem no céu, ao anoitecer, próximo ao dia 10 de novembro. Esse evento é conhecido como nascer Anti-Helíaco das Plêiades. Esse é o momento de início do período chuvoso em São Luís do Maranhão. Já próximo ao dia 27 de maio, ao anoitecer, se inicia o evento conhecido como “Ocaso Helíaco das Plêiades”, ou seja, o momento em que se diminuem as chuvas em São Luís do Maranhão. O nascer Helíaco das Plêiades em junho corresponde ao período da época das secas no Norte do Brasil (LIMA; MOREIRA, 2005, p. 13).

Os Tupinambás contam os meses em 12, assim como no Calendário Gregoriano segundo D'Abbeville. Porém, pode ser uma conclusão meramente etnocêntrica, pois há estudos sobre calendários de grupos tupi-guaranis atuais onde os meses não são divididos em 12, como são atualmente (LIMA; MOREIRA, 2005, p. 13).

Em sua passagem por terras do Brasil, Claude D'Abbeville registrou cerca de 30 estrelas e constelações conhecidas pelos índios. “As observações do céu que realizamos com índios de todas as regiões do Brasil permitiram localizar a maioria das constelações Tupinambás, apenas relatadas por D'Abbeville e de diversas outras etnias indígenas brasileiras” (AFONSO, 2013, p. 1).

Os índios brasileiros atribuíam enorme importância às constelações localizadas na Via Láctea, que podiam ser formadas por estrelas individuais e nebulosas, principalmente as escuras. Eles denominavam a Via Láctea de “Caminho da Anta”, por grande parte dos índios brasileiros, devido a umas constelações representando uma anta que nela localizam (AFONSO, 2013, p. 1).

Os índios criaram quatro constelações principais sazonais, que lhes foram úteis para pudessem se localizar no tempo e espaço: a constelação da Anta (primavera), do Homem Velho (verão), do Cervo (outono) e da Ema (inverno). A constelação do Homem Velho compõe parte das constelações de Órion e Touro. A constelação da Ema é constituída de partes das constelações do Cruzeiro do Sul, Centauro e Escorpião.

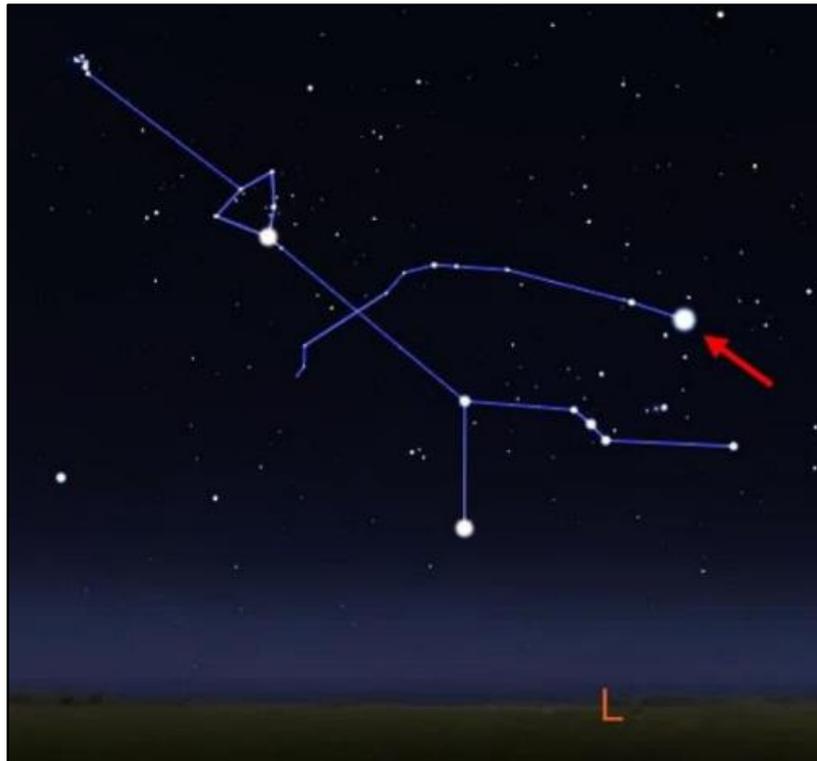
2.1.1 Constelação do Homem Velho

Em relação à Constelação do Homem Velho, Figura 3 abaixo, D’Abbeville declarou: “Tuivaé, Homem Velho, é como denominam outra constelação composta de várias estrelas, semelhante a um homem velho segurando um bastão” (AFONSO, 2013, p. 5).

A Constelação do Homem Velho segurando uma bengala, pois teve sua perna direita amputada (a estrela Betelgeuse é avermelhada, representando o sangue) (LANGHI, 2016). A Figura 3 mostra uma imagem esquemática dessa constelação indígena.

Em meados de dezembro, a Constelação do Homem Velho (*Tuya*, em guarani), surge totalmente ao anoitecer, no horizonte leste, indicando o início do verão para os índios do Sul do Brasil, e o começo da estação chuvosa para os índios do Norte do Brasil (AFONSO, 2013, p. 5).

Figura 3 – Constelação do Homem Velho



Fonte: Afonso (2013, p. 3).

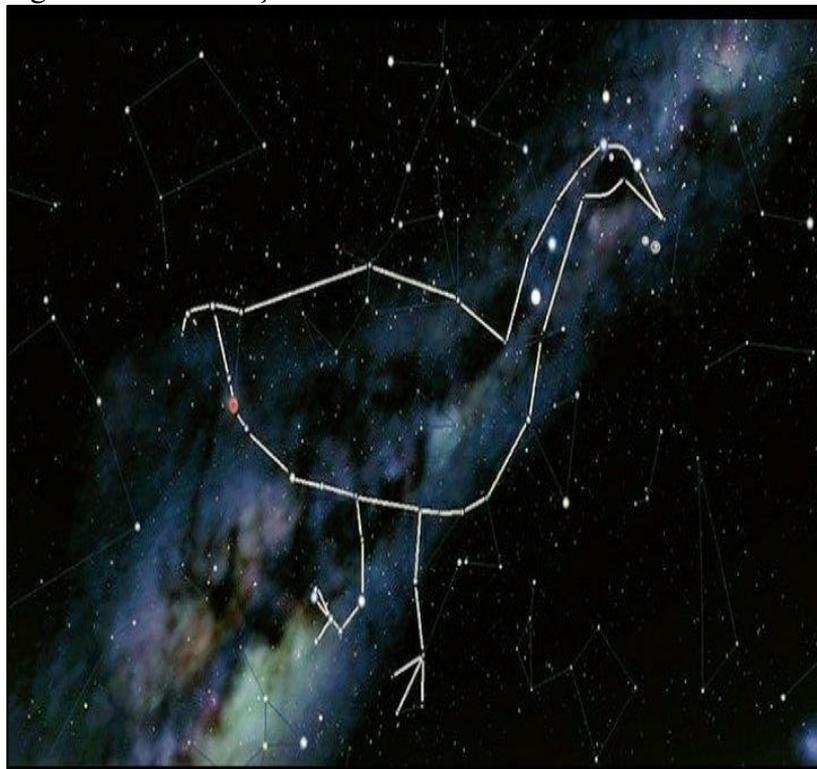
2.1.2 Constelação da Ema

Para a Constelação da Ema, D’Abbeville declarou:

Os Tupinambá conhecem uma constelação denominada *Iandutim*, ou Avestruz Branca, formada de estrelas muito grandes e brilhantes, algumas das quais representam um bico. Dizem os maranhenses que ela procura devorar duas outras estrelas que lhes estão juntas e às quais denominam *uirá-upiá* (AFONSO, 2013, p. 2, grifo do autor).

A Constelação da Ema, como visto na Figura 4, foi chamada de “Avestruz Branco” por D’Abbeville, mas, a avestruz não é uma ave nativa do Brasil. Já a Ema possui uma semelhança maior com a avestruz, muito embora seja menor e de família diferente (AFONSO, 2013, p. 2).

Figura 4 – Constelação da Ema



Fonte: Afonso (2013, p. 4).

Em meados de junho, quando a Ema surge ao anoitecer, no lado Leste, indica o início do inverno para os índios da região Sul do Brasil, e o começo da estação seca para os índios da região Norte do Brasil (AFONSO, 2013, p. 2). A Constelação da Ema se situa na região do céu limitada pelas constelações ocidentais do Cruzeiro do Sul e de Escorpião. Em sua constituição, há estrelas das constelações da Mosca, Centauros, Triângulo Austral, Altar, Telescópio, Lobo e Compasso (AFONSO, 2013, p. 2).

3 O ESTUDO DA ASTRONOMIA NO PROCESSO DE ENSINO-APRENDIZAGEM DA DISCIPLINA DE FÍSICA NO ENSINO MÉDIO

Na seção 2 vimos que a Astronomia é uma ciência que fascina o ser humano desde as civilizações mais antigas. Como possui características multidisciplinares, ela causa grande interesse nos estudantes desde o Ensino Fundamental até o Ensino Médio, ao correlacionar áreas de estudo como a Física e outras ciências para a explicação de alguns fenômenos celestes e na própria Terra, muitas vezes através de simples observações visuais, aumentando o leque de horizontes para o questionamento dos estudantes, e fugindo do formalismo da sala de aula, além disso, o estudo da Astronomia faz parte da matriz curricular que os PCN propõem nos Ensinos Fundamental e Médio.

O estudo da Astronomia é um tema que desperta o interesse das pessoas em todas as faixas etárias, visto que, sempre o homem volta os seus olhos a contemplar o céu em uma noite estrelada, em um dia de Eclipse Lunar, ao perceber o brilho de um meteoro ao se fragmentar quando sofre o atrito da entrada na Terra, ou mesmo em uma noite de alinhamento de planetas. A verdade é que todas as vezes que um fenômeno astronômico é veiculado nos meios de comunicação, as pessoas se preparam para que possam realizar as suas observações, seja sem a utilização de equipamentos ou mesmo fazendo uso de telescópios, binóculos ou outros meios tecnológicos que permitam fazer observações do céu. Este fascínio em contemplar o movimento dos corpos geram dúvidas e despertam a curiosidade sobre esses fenômenos, e as pessoas utilizam vários tipos de explicações baseadas no senso comum para tentar entender como ocorrem estes fenômenos celestes.

Dessa forma, percebe-se que a humanidade sempre demonstrou curiosidade pelas observações celestes, que geraram questionamentos e dúvidas nas pessoas ao longo das gerações. As crianças, ao cursarem o Ensino Fundamental, buscam em seus professores explicações que justifiquem aqueles fenômenos observados na companhia de seus pais e amigos, e chegam à escola com explicações baseadas no senso comum. Porém, muitas vezes a escola não aproveita esse perfil questionador do aluno em suas aulas, ao negligenciar uma formação mais ampla e continuada na área de educação em Astronomia para os seus professores de ciências, no Ensino Fundamental, e outras disciplinas, como Física, Química, Geografia e Matemática, no Ensino Médio, dado o caráter interdisciplinar que possui a Astronomia. Essa situação gera, conseqüentemente, um déficit de aprendizagem no estudante, quando ele não é estimulado através de oficinas de observação celeste, orientação espacial, localização dos planetas e constelações, noções de espaço e tempo no Universo, que são conteúdos vistos na

disciplina de Física, muito embora sem vinculação nenhuma com a realidade do aluno, mas que contribuiriam para melhorar a relação ensino-aprendizagem entre o estudante e o professor em sala de aula.

Para Caniato³ (1974), as principais razões que justificam a introdução à Astronomia como um meio de ensino-aprendizagem são a diversidade dos problemas que ela propõe e os meios utilizados a fim de desenvolver habilidades gerais dentro do saber científico. A exemplo, tem-se a capacidade de oferecer ao aluno uma visão geral do desenvolvimento humano em relação ao Universo, assim como a oportunidade concedida ao educando de observar o surgimento de um modelo que explique o funcionamento do Universo ou, em caso contrário, a substituição por outro. Uma outra razão seria a possibilidade de introduzir uma metodologia diversificada que não exija nada mais do que a atenção do estudante fora de sala de aula, a fim de fazê-lo perceber sua pequenez diante do Universo observável, ao mesmo tempo que introduz ao aluno um espírito motivador diante do estudo das ciências.

O ensino de ciências, pautado somente em aulas expositivas com o uso do quadro, em que o professor figura como único protagonista ao desenvolver determinadas teorias repletas de fórmulas e cálculos matemáticos, constitui-se para a maioria dos estudantes um método desmotivador, de forma que, ao chegar ao Ensino Médio, o estudante desenvolve uma determinada resistência ao aprendizado dessas ciências, que para eles não passam de disciplinas repletas de cálculos mecânicos, sem vinculação nenhuma com a realidade em que vivem. Com isso, fica evidente o ensino de Astronomia integrado com a disciplina de ciências dado ao seu caráter motivador, tanto para alunos como para professores, pois há nela, intrinsecamente, uma universalidade e um caráter inerentemente interdisciplinares, de fundamental importância para uma formação do indivíduo e cidadão diretamente dependente da ciência e das tecnologias modernas. Segundo Langhi⁴ (2013), a Astronomia é especialmente apropriada para motivar os alunos e aprofundar conhecimentos em diversas áreas, pois o ensino da Astronomia é altamente interdisciplinar.

O ensino de Astronomia nessa fase escolar, no Brasil, foi deixado em segundo plano por vários anos, e volta a se destacar posteriormente, como afirma Longhini (2014, n. p.):

³ Rodolpho Caniato é graduado em Matemática pela Pontifícia Universidade Católica (PUC) de Rio de Janeiro e Doutor em Ciências pela Universidade Estadual Paulista (UNESP) de Rio Claro. Pós-graduado pela Universidade Nacional de Chile e pela *Reed College Oregon*, EUA.

⁴ Rodolfo Langhi é doutor pelo Programa de Pós-Graduação em Educação para Ciência, da UNESP/Bauru, e membro do Grupo de Pesquisas em Ensino de Ciências da mesma instituição, da Sociedade Brasileira de Física (SBF) e da Sociedade Astronômica Brasileira (SAB).

Contudo, seu ensino em tal fase da escolaridade, em nosso país, foi relegado a segundo plano por vários anos, mas voltou a ganhar destaque, sobretudo, a partir do final da década de 1990, com a publicação, pelo Ministério da Educação (MEC), dos Parâmetros Curriculares Nacionais e de suas Orientações Educacionais Complementares (PCNs e PCN+), cujos volumes dedicados a Ciências, no Ensino Fundamental (Brasil, 1998), e a Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias no Ensino Médio (Brasil, 2002) incluem, respectivamente, como eixo temático para o ensino de Ciências no Ensino Fundamental, o tema “Terra e Universo” e, como tema estruturador para o ensino de Física no Ensino Médio, o tópico “Universo, Terra e Vida”.

No documento curricular do território maranhense para Educação Infantil e Ensino Fundamental, tem-se na unidade temática “Terra e Universo” uma abordagem relativa à Astronomia, onde:

Na unidade temática Terra e Universo, busca-se a compreensão de características da Terra, do Sol, da Lua e de outros corpos celestes – suas dimensões, composição, localizações, movimentos e forças que atuam entre eles. Ampliam-se experiências de observação do céu, do planeta Terra, particularmente das zonas habitadas pelo ser humano e demais seres vivos, bem como de observação dos principais fenômenos celestes. Além disso, ao salientar que a construção dos conhecimentos sobre a Terra e o céu se deu de diferentes formas em distintas culturas ao longo da história da humanidade, explora-se a riqueza envolvida nesses conhecimentos, o que permite, entre outras coisas, maior valorização de outras formas de conceber o mundo, como os conhecimentos próprios dos povos indígenas originários (BRASIL, 2017, p. 328).

As habilidades que compõem essas temáticas vão aumentando com o passar do tempo. Elas reúnem conhecimentos conceituais, linguagens e alguns dos principais processos, práticas e procedimentos de investigação inseridos na construção de conhecimentos na ciência.

O professor deve utilizar com seus alunos uma metodologia de ensino de Astronomia que constrói o conhecimento do Universo a partir do indivíduo, mostrando que ele faz parte desse Universo, podendo, a partir daí, desenvolver vários temas, como: movimentos, tempo, distância, gravitação, óptica e ondas etc. Uma prática alinhada a essa postura filosófica é a de que os professores não são meros transmissores de conhecimento, mas sim buscam ser guias responsáveis por sua aprendizagem. Porém, esse mesmo professor pode delegar ao estudante que ele deve fazer Astronomia, a fim de melhorar o seu trabalho ao utilizar uma proposta de aprendizagem investigativa que o ensine a criar, através de suas pesquisas, alguns esquemas-chave que facilitarão o aprendizado de alguns campos conceituais da Astronomia após estudá-los e relacioná-los com outras ciências. O professor torna essa ciência mais atrativa e repleta de situações que poderão ser observadas no dia a dia do estudante, o qual exigirá dele o domínio de vários conceitos de natureza distintas.

A Astronomia é uma ciência fundamental no currículo escolar do aluno ao chegar no Ensino Médio, pois, é capaz de interligar ciências humanas e exatas, tornando-se uma

ferramenta interessante no ensino de Física. Ao professor é permitido romper os limites da sala de aula ao conduzir seus alunos a uma aula a céu aberto onde eles podem ter a oportunidade de aprender de forma prática sobre diversos conteúdos da Astronomia e como a Física pode facilitar a compreensão de determinados fenômenos celestes, onde também permitirá ao professor que a utilize para aprimorar e desafiar o estudante a buscar mais informações que possam reforçar o aprendizado da Física e tornar o aluno um protagonista no processo de ensino-aprendizagem (LANGHI; NARDI, 2013).

O rompimento pelo professor com este tradicionalismo pedagógico só é possível quando há cursos de formação continuada que o habilite a quebrar os paradigmas educacionais que muitas vezes são voltados exclusivamente para o vestibular, e muito pouco para a formação de vida do estudante, possibilitando que ele possa transmitir os conhecimentos adquiridos para o público de sua própria comunidade, dando sentido e significado às suas pesquisas dentro do ambiente escolar. Através dessa perspectiva, o estudante passa a construir dentro de si uma noção de que pertence a algo maior, e isso o faz perceber que está inserido em um contexto com dimensões cósmicas, onde o Planeta em que vive é parte integrante desse contexto. Essa inquietação por parte do estudante em sempre buscar mais conhecimento sobre o Universo é que deve ser aproveitado pelo professor de Física, a fim de prepará-lo para um contexto mais abrangente no Ensino Médio.

O professor de Física da rede pública de ensino estadual não disponibiliza de tempo suficiente para ministrar uma vasta quantidade de assuntos que estão interligados utilizando apenas dois horários semanais, apesar de saber que muitos desses assuntos poderiam ser explicados através do ensino de Física, caso demandasse de um tempo mais satisfatório para a realização de atividades de pesquisas em suas aulas.

O próprio ensino de Astronomia deixa de ser abordado no Ensino Médio por falta de equipamentos laboratoriais, e uma infraestrutura adequada para que o professor possa conduzir alguns conteúdos que possam ser explicados utilizando experiências físicas e que, possivelmente, podem trazer para o aluno um novo olhar sobre determinados fenômenos celestes, como é o caso de um Relógio de Sol, que fará com que os alunos possam ter uma noção melhor de tempo e orientação espacial, e um planetário móvel para que os mesmos possam relacionar os ensinamentos de fenômenos astronômicos com explicações físicas e matemáticas.

O planetário móvel possui um enorme potencial pedagógico, e é amplamente reconhecido na área de educação em Astronomia, embora a maioria dos alunos nem saiba o que é um planetário, inclusive os professores. Para Langhi e Nardi (2013, p. 129), o objetivo

principal de um planetário deve ser o de educar – nas diferentes áreas do conhecimento –, a partir dos princípios astronômicos.

Apesar de saber que os planetários não funcionam apenas como momentos de lazer, mas possuem potencial como parceiros na formação continuada em ensino de Astronomia, não há registros de realização de formação continuada que promovesse cursos, distribuição de materiais didáticos e um atendimento específico à rede educacional do Maranhão, voltada para professores de Física com 20 horas de aula semanais entre os anos de 2011 e 2020, o que geram, conseqüentemente, resultados efetivamente negativos nas suas atuações em sala de aula, em geral, sem mudanças perceptíveis em suas práticas pedagógicas (LANGHI; NARDI, 2013, p. 129).

A falta de cursos de formação continuada em Astronomia para professores de Física no Ensino Médio acarreta um processo de ensino muitas vezes baseados em aulas tradicionais que induzem uma falsa ou aparente segurança na relação ensino-aprendizagem, porém, não o capacita e nem o habilita em sua prática pedagógica com relação a esse processo de ensino e aprendizagem dos fundamentos em Astronomia. Com isso, qualquer programa de formação continuada que tenha como objetivo auxiliar o professor em sua prática docente com relação aos temas de Astronomia fundamental, deve pelo menos reconhecer os princípios mínimos que a pesquisa na área de educação em Astronomia orienta, como afirmam Langhi e Nardi (2013, p. 187), em seu livro “Educação em Astronomia”:

a) a astronomia faz parte das sugestões para os conteúdos da estrutura curricular dos programas nacionais do ensino fundamental e médio; porém: b) a formação inicial da maioria dos professores de ciências ou de física é deficiente em conteúdos e metodologias de ensino em astronomia; c) há carência de material bibliográfico disponível aos professores sobre esse tema; d) há uma persistência dos erros conceituais em astronomia nos livros didáticos utilizados pelos professores; por isso: e) disseminam-se e reforçam-se entre alunos, professores, comunidade, e a mídia sensacionalista, as concepções alternativas em astronomia.

Como a Astronomia deixou de ser disciplina específica no currículo escolar do País, através de um decreto editado em 1942, os cursos de formação inicial foram sendo limitados, e isso se refletiu em todos os estados, causando uma espécie de despreparo e insegurança ao se trabalhar com o tema de um modo geral, e refletindo também no Maranhão. Os professores não possuíam referências que os ensinassem a correlacionar a Astronomia e o ensino de ciências, gerando um déficit que os alunos carregam para as séries do Ensino Médio, o que causa, em ambos, uma ausência de sugestões de contextualização dos temas trabalhados e diminuindo, portanto, as pesquisas adicionais a respeito de tópicos astronômicos. Nas universidades brasileiras, o primeiro curso de Astronomia foi criado em 1958, na antiga Universidade do

Brasil, e desde então passou a ser ministrada apenas como disciplina optativa em cursos superiores de Matemática, Engenharia e Física. Logo, o estudante de graduação não é preparado adequadamente em cursos de licenciaturas com as descobertas mais atualizadas da Astronomia, e assim ensinam os seus alunos do Ensino Fundamental e Médio com o pouco conhecimento adquirido no Ensino Superior.

A ausência de formação inicial e continuada em Astronomia gera uma situação de completo despreparo por parte do professor, ao tentar trabalhar com alguns temas que exijam conhecimentos de Astronomia, a fim de explicar alguns fenômenos físicos como gravidade, velocidade, tempo e distâncias. O professor, muitas vezes, recorre a determinadas fontes bibliográficas com concepções alternativas sobre alguns assuntos da Astronomia, ou mesmo baseadas no senso comum que podem ser carreados erroneamente por muitos anos na sua vida profissional.

Apesar da falta de formações iniciais e continuadas para professores da rede pública e privada, alguns grupos de entusiastas formados ou autodidatas em Astronomia reúnem-se periodicamente a fim de contribuir para o avanço da Astronomia no Maranhão com cursos, observações e mesas redondas com debates valiosos sobre diversos aspectos da Astronomia, bem como auxiliam também no aprimoramento do ensino em Astronomia. Estes grupos de aficionados pela Astronomia servem muitas vezes de elo entre a população e a divulgação do conhecimento científico, quando em eventos celestes de grande repercussão. Estes grupos amadores são responsáveis em alguns momentos por descobertas astronômicas, como novos asteróides, que são reportadas para a comunidade científica, auxiliando no fomento e divulgação da Astronomia no Brasil e no mundo. Estas novas descobertas – em sua grande maioria – causam brilhos nos olhos dos estudantes que começam a debater e criar grupos amadores no ambiente escolar com o auxílio de professores de Ciências e Física.

Para que os professores possam ensinar melhor os seus alunos sobre fenômenos astronômicos vistos na educação formal, alguns estudiosos, como Costa e Gomez (1989), lembram que alguns conteúdos podem ser vistos no Ensino Fundamental, como: estrelas e suas localizações, incluindo uso de mapas celestes e planisférios para um estudo mais sistemático de constelações e reconhecimento de planetas; sistema Sol-Terra-Lua e seus movimentos, estações do ano e fases da Lua, apenas como fator motivacional para as crianças de escolas públicas e privadas.

Ao estudar esses conteúdos com os seus alunos, o professor consegue atrair a atenção deles de forma a prepará-los para participarem das ONC, OBF e BA, melhorando, assim, os índices de aprendizado na disciplinas de Ciências, Matemática, Geografia e Física, já

que, segundo os próprios documentos oficiais, os PCN reconhecem a interdisciplinaridade da Astronomia, pois alguns assuntos são trabalhados em disciplinas como Biologia, Física e Química em contextos individuais, e contextualizados ao se estudar o Universo.

Os PCN do Ensino Médio reforçam a interdisciplinaridade inerente ao estudo da Astronomia, devido à construção que o aluno faz no processo de ensino-aprendizagem, ao estudar outras disciplinas relacionadas. Assim, o estudante necessita – no processo construtivo – de um mínimo de conhecimento que sirva de base para aprender Astronomia no Ensino Fundamental, e solidificar os seus conhecimentos, a fim de, no Ensino Médio, poder entender que o estudo da Astronomia, bem como as demais ciências, deve ser tratado como um processo de produção de conhecimento que contemple temas transversais, que visem despertar nos estudantes o desejo de melhorar a construção do conhecimento em outras disciplinas e, principalmente, na Física.

O professor deve trabalhar na sua escola sobre o importante papel das atividades experimentais como uma estratégia de ensino que possibilite estimular no estudante o interesse pelas ciências da natureza, a fim de minimizar as dificuldades que estes alunos enfrentam no processo de ensino-aprendizagem destas disciplinas. Algumas atividades devem ser estimuladas pelo professor, como o uso de tecnologias (por exemplo, o uso de *softwares* gratuitos em Astronomia, como o programa *Stellarium*). E como forma de contextualizar as suas atividades com alguns assuntos da disciplina de Física, o professor pode estimular o aluno a construir Relógios de Sol, telescópios e lunetas simples, fazendo uso de materiais de fácil acesso em sua comunidade. Enfim, o professor pode destacar que esse tipo de atividade exerce um forte papel de inclusão social a partir do momento que o portador de necessidades especiais é incluído no universo das pesquisas, e em seu próprio.

Vale ressaltar a importância que o professor deve conceder a um tipo de educação que envolva práticas fora do ambiente de sala de aula, onde o estudante pode experimentar diferentes formas de aprendizagem dentro dos conteúdos estudados, e onde o professor pode incluir as observações através do uso de telescópios ou lunetas feitos pelos próprios alunos, e não somente as observações a olho nu. Algumas pesquisas realizadas concluíram que este tipo de atividade concede tanto a alunos como professores um incentivo e uma motivação do conhecimento científico ao realizarem observações através do uso de telescópios, ou mesmo ao utilizarem o programa *Stellarium* em suas observações, como aponta a Base Nacional Comum Curricular (BNCC) (BRASIL, 2018). Porém, o que se percebe na maioria das escolas do estado do Maranhão é que ela não possui, e quando sim, o professor não sabe utilizar ambos os dispositivos (telescópio ou programa *Stellarium*) para observações astronômicas.

Algumas contribuições do ensino de Astronomia são realmente eficazes, pois propiciam um diálogo construtivo em sala de aula, além de desenvolverem habilidades nos alunos e darem a eles uma significativa melhora no aprendizado da disciplina de Física, ao associarem de forma simples e direta o estudo da Astronomia com o ensino de Física, além da boa receptividade dos alunos por essa ciência multidisciplinar que é justificada nas significativas melhoras nos índices de alunos participantes das Olimpíadas de Astronomia, adquirindo – a partir da troca de conhecimento com outros alunos e professores –, um aprendizado para toda a vida. Além dessas contribuições e habilidades compartilhadas, algumas universidades brasileiras estão mirando no potencial destes alunos medalhistas olímpicos e oferecendo a eles bolsas de estudos para que possam aplicar o conhecimento adquirido durante a realização das olimpíadas.

A criação das 12 cartas celestes representando o céu de São Luís serve como mais um instrumento de divulgação científica para os amantes da astronomia e também auxilia o entendimento por parte dos alunos de alguns campos conceituais como esfera celeste, coordenadas equatoriais, coordenadas horárias e coordenadas altazimutais que não são vistos em livros de Física do ensino médio, mas que são abordados em olimpíadas do conhecimento científico.

Assim, o estudo da Astronomia conduz, como já visto anteriormente, a resultados extremamente positivos no aprendizado de outras ciências, e, principalmente, da disciplina de Física, dado o seu caráter interdisciplinar e a sua característica de estimular no estudante uma visão de Universo mais abrangente, a partir do momento em que ele associa, com as demais, disciplinas, e quando é dado ao aluno a oportunidade de realizar observações com instrumentos como o telescópio, que aproxima dele uma realidade teoricamente distante, devido tanto às poluições luminosas quanto à ausência de visitas a observatórios, universidades ou mesmo a grupos de pesquisas amadores.

De fato, a participação destes grupos é decisiva para a divulgação e educação não formal em Astronomia, visando à população e professores. Como visto em experiências anteriores, a persistência em trazer para o ambiente escolar o estudo da Astronomia trouxe reflexos muito positivos para os alunos, em todos os níveis da Educação Básica, no estudo de diferentes ciências e, principalmente, em Física.

4 A TEORIA DOS CAMPOS CONCEITUAIS DE GÉRARD VERGNAUD NO ENSINO DE FÍSICA ATRAVÉS DO ESTUDO DE ASTRONOMIA

O referencial teórico utilizado para o desenvolvimento desta pesquisa e análise dos dados é a TCC, de Gérard Vergnaud. Essa teoria iniciou o seu desenvolvimento nos anos 1980, com a finalidade de melhorar a didática da matemática, explicando como ocorre o processo de conceitualização progressiva das estruturas aditivas, relações algébricas, estruturas multiplicativas e relações de número espaço.

Gérard Vergnaud, nascido em 1933, é um matemático, filósofo e psicólogo francês que teve a sua tese de doutorado orientada por Jean Piaget, no final da década de 1960. Desta forma, é possível perceber a herança recebida dos trabalhos realizados por Piaget na obra de Vergnaud, sobretudo no que diz respeito ao conceito de “esquema” e “invariante operatório”. O autor busca redirecionar o foco piagetiano do sujeito epistêmico para o do sujeito-em-situação.

A teoria de Vergnaud aponta, acerca do papel das estruturas cognitivas, que existem pontos conceituais concorrentes entre as teorias de Piaget e Vygotsky, visto que, na piagetiana, o conhecimento só poderá ser assimilado caso as estruturas mentais já estejam formadas, e na vigotskiana, as estruturas vão sendo construídas de acordo com o grau de assimilação do indivíduo. O fato de Gérard Vergnaud ter sido aluno de Piaget, acaba fazendo com que ele herdasse uma parte dos conceitos empregados em sua teoria. Ele reconhece a importância das teorias de Jean Piaget, destacando as ideias de adaptação, desequilíbrio e reequilíbrio para a investigação em didática das Ciências e da Matemática. Porém, acredita que a ideia fundamental na teoria de Piaget foi o conceito de esquema, e que acabou sendo utilizado também na teoria de Vergnaud (MOREIRA, 2002, p. 7).

Por outro lado, Vergnaud reconhece a contribuição de Vygotsky ao considerar que Piaget não trabalhou em sala de aula ensinando Matemática e Ciências, e a Epistemologia Genética se torna incompleta para tratar dos problemas de aprendizagem escolar, conforme argumenta (MOREIRA, 2002, p. 22)⁵:

O papel do professor como mediador, provedor de situações problemáticas frutíferas, estimuladoras da interação sujeito-situação que leva à implantação e à diversificação de seus esquemas de ação, ou seja, ao desenvolvimento cognitivo, deixa ainda mais evidente que a teoria de Vergnaud tem também forte influência vigotskiana.

⁵ Marco Antônio Moreira é professor da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, e um dos primeiros a relatar a importância da TCC para a área de Ciência, e mais especificamente de Física, desfazendo a ideia de que a sua pesquisa fosse restrita à Matemática.

A TCC de Gérard Vergnaud é uma teoria cognitivista que busca fornecer um cenário coerente, e alguns princípios de base para o estudo do desenvolvimento e da aprendizagem das competências (informações e habilidades) complexas, principalmente aquelas relacionadas com as ciências e as técnicas, e que tem como principal objetivo permitir a aquisição de novos conhecimentos e rupturas entre conceitos preexistentes nas crianças e adolescentes.

Apesar de sua origem ligada à Matemática, a TCC tem sido utilizada em outras áreas das ciências exatas. A maioria dos estudantes do Ensino Básico apresenta diferentes graus de dificuldade no aprendizado da Matemática e da Física, devido à complexidade no entendimento de ambas as disciplinas, e na aplicação prática de seus conceitos. Vergnaud assevera que:

[...] em Física, por exemplo, há vários campos conceituais – como o da Mecânica, o da Eletricidade e o da Termologia – que não podem ser ensinados, de imediato, nem como sistemas de conceitos nem como conceitos isolados. Além disso Cedran e Kiouranis (2019) reforçam que a TCC se faz valer em um contexto em que várias proposições e conceitos são previstos, de forma que, esta teoria possa ser compreendida e significada nos contextos da educação (MOREIRA, 2002, p. 8).

Para Vergnaud, a interrelação existente entre a Matemática e a Física serve como ferramenta de ensino que apresenta uma riqueza de conceitos, e que serve também como auxiliar para o estudo da Astronomia, pois o conhecimento está organizado em campos conceituais, cujo domínio por parte do estudante vai acontecendo ao longo de um longo período, por meio da experiência, maturidade e aprendizagem, através de diversas situações vividas por ele. Vergnaud define como CC: “Um conjunto informal e heterogêneo de problemas, situações, conceitos, relações, estruturas, conteúdos e operações de pensamento, conectados uns aos outros e, provavelmente, entrelaçados durante o processo de aquisição” (VERGNAUD, 2017, p. 86).

A TCC tem a sua estrutura fundamentada em alguns conceitos-chave, como o próprio conceito de campos conceituais, esquemas, situação, invariante operatório (teorema-em-ação ou conceito-em-ação), além do próprio conceito de conceito. Ela supõe que o âmago do desenvolvimento cognitivo é a conceitualização, e que ela é a base fundamental da cognição. Logo, deve ser concentrada nela toda a atenção aos aspectos conceituais dos esquemas e à análise conceitual das situações, para as quais é desenvolvido o esquema de cada estudante dentro ou fora da escola (MOREIRA, 2002, p. 9).

Portanto, como já foi dito anteriormente, o domínio de um CC não acontece em alguns meses ou anos. Ao contrário, novos problemas e propriedades devem ser estudados ao

longo de vários anos, para que os alunos possam se apropriar efetivamente deles. As dificuldades inerentes a esses problemas não devem ser contornadas, porém, os alunos devem tentar superá-los à medida em que são encontrados e enfrentados, gradualmente (MOREIRA, 2002).

Resumindo, a TCC de Gérard Vergnaud representa uma teoria cognitivista neopiagetiana que visa fornecer um cenário coerente, e alguns princípios básicos para o estudo do desenvolvimento e da aprendizagem das competências complexas, sobretudo aquelas relacionadas às ciências e às técnicas, considerando os próprios conteúdos do conhecimento e a análise conceitual de seu domínio.

Apesar de Vergnaud ser um pesquisador em didática da matemática e interessado principalmente nas estruturas aditivas e estruturas multiplicativas, sua teoria dos campos conceituais não é específica da matemática. Em Astronomia, tem-se vários campos conceituais que não podem ser vistos como conceitos isolados, mas interrelacionados com outros campos do conhecimento científico, como é o caso das leis de movimento de Kepler, gravitação de Newton, a natureza da luz e outros.

Nos estudos apresentados por Vergnaud, a ideia de conceito é apresentada como um sistema complexo, formado por outros conceitos, pois ela pode ter significados diferentes, de acordo com o contexto em que está inserida. Esses conceitos vão sendo desenvolvidos à medida que o sujeito começa a representá-los em diversas situações, que ele faça a conexão entre as partes e o todo. A necessidade de diversificação de situações estabelece um papel importante na conceitualização, visto que fornece uma base para que os estudantes possam fazer experimentos em seus modelos, a fim de torná-los explicativos em diferentes contextos, melhorando-os ou reformulando-os quando necessário, como indicado por Vosniadou (1994) (CARVALHO, 2007).

As ideias levantadas por Vergnaud sobre o conceito de CC levaram-no a argumentar que:

1) um conceito não se forma dentro de um só tipo de situações; 2) uma situação não se analisa com um só conceito; 3) a construção e apropriação de todas as propriedades de um conceito ou todos os aspectos de uma situação é um processo de muito fôlego que se estende ao longo dos anos, às vezes uma dezena de anos, com analogias e mal-entendidos entre situações, entre concepções, entre procedimentos, entre significantes (VERGNAUD, 2017, p. 68).

O estudo da Astronomia como eixo didático e motivador, realizado de forma interdisciplinar para o aprendizado dos conteúdos de Física em sala de aula, converge com a ideia concebida por Vergnaud de se falar em campos conceituais ao invés de estudar a utilização

de conceitos isolados. A sua definição para um CC engloba a complexidade do sujeito em face das situações vividas. Então, para que haja um aprendizado realmente significativa, o aluno não pode observar a Física sobre a ótica de uma disciplina sem significados práticos e desvinculada do seu cotidiano, mas esquematizar situações em conexão com o professor através de aulas formais ou não formais da disciplina de Física, integrada com alguns campos conceituais que são estudados no contexto da Astronomia, como: gravitação, óptica, ondulatória e eletromagnetismo, a fim de dar sentido às situações vivenciadas pelo aluno.

Para estudar o desenvolvimento e utilização de um conceito durante o processo de aprendizagem ou de sua utilização, é necessário considerar o conceito como um triplete de partes de um conjunto formado por: Situações (S), Invariantes Operatórios (I) e as Representações Simbólicas (R). Esse conjunto formado como alicerce de um conceito é baseado por um conjunto das situações (S) que tornam o conceito significativo, ligados por um conjunto de invariantes operacionais (I), que estabelecem o conceito e estruturam as formas de organização do pensamento associadas a um conjunto de representações simbólicas (R), que podem ser utilizadas com a finalidade de representar as situações e as formas de como trabalhar esse conceito.

O primeiro conjunto que representa as situações é o referente ao conceito; o segundo representado pelos invariantes operatórios é o significante do conceito, enquanto o terceiro denominado “representações simbólicas” é o significante. Um conceito trata-se, portanto, “[...] do ato de enfrentar as situações, provocar os invariantes e representar as situações e conceitos nela envolvidos, configurando assim, a ideia de mobilidade para um fundamento” (CEDRAN; KIOURANIS, 2019, p. 67).

A maioria dos alunos que estuda Física no Ensino Médio não consegue estabelecer vínculos entre o que é ensinado por alguns professores em sala de aula, devido à dificuldade que eles têm de motivar e tornar aquele conhecimento abordado significativo para os alunos, e também por estes não conseguirem construir esquemas eficazes que possam explicar uma determinada classe de situações geradas por alguns conceitos implícitos no estudo de Ciências no Ensino Fundamental, e que continuarão gerando dificuldades de compreensão na disciplina de Física no Ensino Médio.

Com isso, o professor, ao intermediar o estudo da Astronomia como CC para desenvolver alguns conceitos de Física, gera no aluno a possibilidade de construir seus próprios conceitos e teoremas explícitos, e cientificamente aceitos, a partir de um conhecimento implícito. Entretanto, os conceitos e teoremas explícitos são uma parte da conceitualização; sem a parte implícita formada pelos invariantes operatórios, a parte explícita não teria significado.

São como sugerem Vergnaud, apenas a “ponta visível do *iceberg*” da conceitualização, destacando que:

Não há necessariamente, uma hierarquia de competências. Compreendemos, assim, que em diversas situações que dão sentido a um determinado conceito de ordem mais simples ou concreto podendo ser aplicado de modo mais eficaz na solução de determinado problema do que um conceito mais complexo e abstrato, dependendo do tipo de situação encontrada. Isto requer da parte do indivíduo, não somente a posse conjunta de competências, mas na capacidade de utilizá-las adequadamente. Sendo que elas dependem do ensino-aprendizagem [...] entre estes dois processos que é a ação e compreensão das soluções são didáticas (LIMA; SANTOS apud RIBEIRO, 2020, p. 29).

No campo da aprendizagem científica, a integração entre diversos campos conceituais das ciências, utilizando diversas formas de linguagem, desenvolve no estudante uma capacidade de contextualização entre as ciências. Ao estudar temas sobre o Universo, o professor pode fazer uso de uma conexão entre inúmeros conceitos de áreas diversas do conhecimento, para torná-lo significativo aos estudantes através de situações geradas dentro e fora de sala de aula. Essa oportunidade criada para os alunos, gerando o contato dos estudantes com as situações, amplia o seu desenvolvimento cognitivo, passando-o do domínio de situações simples ao de situações mais complexas, pois uma situação não pode ser analisada através de um só conceito, o que implica uma visão mais generalizada do conhecimento. Esse tipo de visão pode contribuir mais significativamente com o aprendizado deles. Nesse processo, eles passam por:

[...] situações, palavras, algoritmos e esquemas, símbolos, diagramas e gráficos... e aprenderá, às vezes por descoberta, às vezes por repetição, às vezes representando e simbolizando, às vezes diferenciando, às vezes por redução de diferentes coisas para outras. Isso porque o panorama da aquisição do conhecimento é muito complexo [...]. (VERGNAUD apud SANTANA *et al.*, 2015, p. 1166).

As situações são partes integrantes dos conceitos, uma vez que funcionam como palco onde a ação é realizada. Então, são as situações as responsáveis pelo sentido que se atribui aos conceitos. Para Vergnaud, a tarefa do professor é provocar situações que possam fazer com que os alunos organizem os esquemas produzidos, e comecem a dominar esse conjunto de situações vividas e esquematizadas, dando efetivamente sentido aos conceitos e procedimentos que aprendem. Mas, por outro lado, são os invariantes operatórios que fazem a intermediação entre a teoria e a prática, pois são os conceitos contidos nos esquemas, conceito-em-ação e teorema-em-ação, que permitem a percepção e obtenção de informação do aluno. Desta forma, essas duas expressões – conceito-em-ação (proposições tidas como verdadeiras sobre o real), e

teorema-em-ação (objetos, predicados, categorias de pensamento, pertinentes e relevantes à situação) – são os invariantes operatórios que compõem os esquemas (VERGNAUD, 1996).

Os alunos aprendem na TCC que as situações são como tarefas que eles têm de cumprir em um determinado momento. O sentido que as situações adquirem nesta teoria é completamente diferente de situações didáticas ou de aprendizagem. Seu significado implica dizer que o aluno tem que ser desafiado em sua busca pela aquisição do conhecimento, logo, é importante atribuir tarefas em sala que aprimorem o processo de aquisição das respostas. Essas tarefas mostram duas ideias fundamentais, que conforme Vergnaud (1996), equiparam-se ao sentido comumente atribuído pelos psicólogos: os processos cognitivos e as respostas do sujeito são função das situações vividas por ele (VERGNAUD, 1982).

Para Moreira (2002), um conceito torna-se significativo se existe um número elevado de situações em que pode ser compreendido. Dar sentido a um conceito significa que ele passa a ser uma relação do sujeito com as situações e os significantes. Especialmente, quando um sujeito reconhece o sentido de uma determinada tarefa (situação) ou representação (significante), há indícios de que ele elaborou esquemas, ou seja, organizou o seu comportamento frente à situação.

Um esquema é um modelo universal e eficiente em qualquer classe de situações, e pode gerar sequências diferentes de ação, coleta e controle de informações, dependendo das características individuais de cada situação. Essas formas invariantes de organização do comportamento podem ser expressas pelos estudantes e reconhecidas pelo professor por meio dos invariantes operatórios (conceitos-em-ação e teoremas-em-ação), que constituem a parte conceitual dos esquemas, ou seja, conhecimentos adequados para selecionar a informação e processá-la.

A principal função dos invariantes operacionais é coletar e selecionar informações relevantes, e inferir consequências úteis para a ação, controle e posterior captura de informações. É então uma função de conceitualização e inferência (CEDRAN; KIOURANIS, 2019, p. 73).

Na TCC, o desenvolvimento cognitivo depende diretamente da situação e da conceitualização específicas. A situação é uma tarefa, teórica ou empírica, que deve ser executada pelo sujeito. Segundo Vergnaud:

[...] o saber se forma a partir de problemas para resolver, quer dizer, de situações para dominar. [...] Por “problema” é preciso entender, no sentido amplo que lhe atribui o psicólogo, toda situação na qual é preciso descobrir relações, desenvolver atividades de exploração, de hipótese e de verificação, para produzir uma solução.

Em seu trabalho, Gérard Vergnaud, diferentemente de Piaget, buscou relacionar o sujeito com as tarefas e as suas possíveis soluções, em vez de construir uma teoria geral para o desenvolvimento. Para ele, a cognição está diretamente ligada às situações envolvidas, e tem como cerne a construção de conceitos, ou seja, a conceitualização. A conceitualização é um processo que demanda tempo, e requer um conjunto de diversas situações (CARVALHO, 2007).

Para conceitualizar e solucionar uma classe de situações, o sujeito as organiza em representações para que sirvam de ligação entre os esquemas, isto é, as ações e a sua organização, gerados por elas e sua conduta. A noção de esquema é, segundo Vergnaud, a contribuição mais importante de Piaget, e é definida como “[...] a organização invariante do comportamento para uma determinada classe de situações” (MOREIRA, 2002, p. 12). O conceito de esquema foi introduzido por Piaget, a fim de suprir as formas de organização, e apresentam, portanto, uma posição fundamental dentro da TCC, pois agem na complementação da ideia de situação, sendo essencial para a compreensão da relação entre situações e desenvolvimento intelectual (MOREIRA, 2002, p. 12).

Os conhecimentos contidos nos esquemas (conceitos-em-ação e teoremas-em-ação) podem se manifestar de acordo com a situação, de forma implícita ou explícita. O teorema em ação é uma proposição considerada como verdadeira, sobre o real; enquanto o conceito-em-ação é uma categoria de pensamento considerada pertinente, ou seja, pode ser adequada ou não para uma dada classe de situações. O conceito-em-ação é uma categoria de pensamento considerada verdadeira ou não, logo, possui *status* de objeto e outros de predicados. Porém, um conceito-em-ação, definido como objeto ou predicado, não permite inferência, como aponta Vergnaud, pois não deixa margem para questionamento. Dessa forma, as relações são possíveis através dos teoremas-em-ação.

Cedran e Kiouranis (2019) afirmam que se pode ter os conceitos-em-ação, tais como, pressão, volume e temperatura, que são julgados pertinentes ou não, no entanto, “[...] ponderar sobre o aumento da pressão, quando se diminui o volume de um recipiente, com temperatura constante, depende de um teorema, ou ainda, considerando uma situação, um teorema-em-ação” (CEDRAN; KIOURANIS, 2019, p. 74). De maneira análoga, esses conceitos permanecem, em sua maioria, implícitos nas ações do sujeito, podendo se tornar explícitos através da mediação de um professor que tem como função a de torná-los conceitos científicos.

Segundo Vergnaud, a relação entre teorema-em-ação e conceito-em-ação é dialética e indissociável:

A relação entre teoremas e conceitos é obviamente dialética, na medida em que não há teoremas sem conceitos e nem conceito sem teoremas. Metaforicamente, podemos dizer que os conceitos-em-ação são os tijolos com os quais os teoremas-em-ação são feitos e que o único motivo para a existência dos conceitos-em-ação é precisamente permitir a formação de teoremas-em-ação (proposições verdadeiras), das quais são possíveis a organização da atividade e as inferências. Reciprocamente, os teoremas são constitutivos de conceitos, pois, sem proposições verdadeiras, os conceitos ficariam vazios de conteúdo (VERGNAUD, 2007, p. 8).

A construção do conhecimento pelo estudante não é baseada em processos fáceis e identificáveis de aquisição. Ao contrário, é lento, e apresenta continuidades e rupturas em alguns casos. O conhecimento prévio é determinante para o progresso de aquisição de alguns campos conceituais, mas pode ser impeditivo também. Logo, para se apoiar em alguns conhecimentos prévios, o aluno precisa identificá-lo previamente, para que haja uma ruptura ou não, por parte desse aluno, durante o processo de interação com eles.

Propõe-se neste trabalho a caracterização da Astronomia como CC, e desenvolveu-se uma sequência didática com o objetivo de analisar como o uso da Carta Celeste⁶ e de programas computacionais, como o *Software Stellarium*⁷, podem contribuir para avanços nos esquemas de estudantes em situação, utilizando como referência o planejamento didático elaborado, cujas atividades estão correlacionadas com outros CC, como a disciplina de Geografia, Matemática, Química e em especial a Física. O professor deve levar em conta as ideias científicas que vão sendo formadas ao longo de um largo período de desenvolvimento cognitivo pelo aluno, através dessas situações ao qual ele vivencia e evidencia em seus conhecimentos até então implícitos, e que estejam dentro da Zona de Desenvolvimento Proximal (ZDP) do aluno.

O ensino da Astronomia deve fazer essa transformação do conhecimento implícito em explícito, de forma progressiva, e sem subestimar ou desvalorizar aquele conhecimento já formalizado pelo aluno. Não se pode esperar que os alunos dominem um CC como a Astronomia, e muito menos aprendam outro CC como a Física a partir dos estudos de um ou dois capítulos da Astronomia em poucos meses, mas que ele passe a elaborar seus próprios esquemas através de cada situação vivenciada dentro e fora de sala de aula, e com a mediação do professor para que possam promover situações de aprendizagem frutíferas, estimuladoras dessa interação sujeito-situação, e que proporcione e acrescente a diversificação aos seus esquemas de ação, ou seja, ao seu desenvolvimento cognitivo. Portanto, os fundamentos dessa

⁶ Uma Carta Celeste é um mapa do céu, que pode retratar toda a extensão das 88 constelações existentes ou uma parte do céu, mostrando como ele é visto de uma determinada região.

⁷ O *Software Stellarium* é um planetário de código aberto gratuito para o seu computador. Ele mostra um céu realista em três dimensões, da forma como você o vê a olho nu, com um binóculo ou com um telescópio.

teoria para um ensino de Física através do estudo da Astronomia voltado ao Ensino Médio são cruciais para a proposição e evolução de novos conhecimentos relevantes aos alunos, e a uma didática mais completa, interdisciplinarizada e voltada para a realidade deles.

Assim, os professores podem lançar mão também de modelos mentais que nada mais são do que modelos representativos e feitos de teoremas-em-ação para auxiliar os seus alunos no processo de assimilação de novas situações. À medida em que o aluno for se apropriando de mais conhecimentos científicos, os seus modelos mentais irão obrigatoriamente se aproximando de modelos científicos. Porém, lembrando que haverá um descarte à medida que esses modelos mentais forem alcançando a sua funcionalidade desejada, o que não ocorrerá no caso dos esquemas que, como já foi explicado anteriormente, representam a organização invariante frente a uma determinada classe de situações.

Neste sentido, foram vislumbradas as potencialidades da TCC em Astronomia para o ensino e aprendizagem em Física, especialmente nas aplicações de situações significativas, e na compreensão do processo do desenvolvimento conceitual, mediante a análise dos invariantes operatórios. Embora a TCC em Astronomia revele uma vasta literatura, em especial para conceitos matemáticos e físicos, a sua abordagem ainda é pouco utilizada em sala de aula para a compreensão do desenvolvimento dos processos cognitivos sobre outras áreas das ciências.

4.1 O estudo da Astronomia e o caráter interdisciplinar no ensino de Campos Conceituais da Física

Nos diversos métodos de ensino que são adotados nas escolas, alguns professores de Física transmitem de forma verbal e escrita aos alunos os CC de cada série curricular, seguindo um modelo ainda tradicionalista e engessado que não possibilita ao aluno ser protagonista do seu próprio aprendizado. Ao se tornar um protagonista, o aluno rompe com velhas práticas pedagógicas a partir do momento que o professor também deixa no passado esse modelo mecanicista de transmissão de conhecimento científico.

Langhi justifica em seu livro “Educação em Astronomia”, sobre a importância de inserir no currículo da Educação Básica o ensino de Astronomia como CC de potencial motivador, tanto para alunos como para professores, devido ao seu caráter interdisciplinar capaz de gerar uma formação minimamente aceitável nos participantes deste cenário educacional. O estudo da Astronomia é capaz de aprofundar conhecimentos em diversas áreas do conhecimento, em especial diversificando as aulas de Física em ambientes diferentes da sala de aula (LANGHI, 2013, p. 108).

O ensino de Astronomia de forma interdisciplinarizada com as outras ciências possuem características motivadoras, pois permite ao educando um grande prazer estético ligado à ciência, além de proporcionar também o prazer de compreender um pouco do Universo, com explicações através de campos conceituais ligados a disciplinas, que antes, na concepção do aluno, não possuíam nenhum vínculo entre si. Mas que, assim como as demais ciências, ela deve ser compreendida como um processo de produção de conhecimento e uma atividade humana, histórica, associada a aspectos de ordem social, econômica, política e cultural, e não como a escola a apresenta, a saber, um conjunto de conhecimentos atemporal e neutro, sem vínculos políticos e culturais (LANGHI, 2013, p. 141).

Com o objetivo de fornecer um aprendizado prático de conteúdos ligados à Astronomia, os PCN enfatizam a necessidade de atividades práticas, e visitas preparadas a observatórios, planetários, associações de astrônomos amadores, museus de Astronomia e Astronáutica. Esta forma de vivenciar a Astronomia fornece um diferencial durante o seu aprendizado. O ensino desta ciência pode ser baseado no grande potencial existente nos estabelecimentos localizados em todo o território nacional, tornando-a diferente dos conteúdos ministrados em disciplinas escolares, o que remete a possibilidade de estreitamento das relações entre as comunidades: astronômica profissional, astronômica amadora e escolar (LANGHI, 2013). Porém, embora haja recomendação dos PCN para que Astronomia seja ministrada ainda no Ensino Fundamental, não se tem registro de nenhuma escola pública no Maranhão que exerça essa integralização com as demais disciplinas do Ensino Básico e, em especial, com a Física.

A Astronomia enquanto ciência comuta das possibilidades de interação entre ciências, além do caráter interdisciplinar, os conteúdos de Astronomia ainda podem proporcionar aos alunos uma visão menos fragmentada e com função integradora de conhecimentos (DIAS; MARIA RITA, 2008). Além do que, permite ao aluno uma experiência real e observacional de conceitos explanados somente através de pincéis e quadros dentro de sala de aula, o que dificulta questionamentos desafiadores e trocas de conhecimentos sobre CC de Astronomia, que são explicados através da utilização de fórmulas e conceitos da Física, Química, Geografia, Biologia, Matemática entre outras.

Como amostra dessa interdisciplinaridade, tem-se a evolução tecnológica que o estudo da Astronomia proporciona em diversas áreas do conhecimento científico. Por exemplo, o desenvolvimento de antenas, espelhos e novos telescópios como o James Webb que substituiu o telescópio Hubble, vem possibilitando o monitoramento do espaço e da própria Terra,

facilitando as pesquisas nas áreas das ciências espaciais, telecomunicações e geociências, além de auxiliar em algumas áreas da medicina, como a oftalmologia (DIAS; MARIA RITA, 2008).

O eixo temático “Terra e Universo”, que abrange os assuntos ligados à Astronomia, está vinculado à área de Ciências da Natureza e suas Tecnologias, onde os objetivos são relativos ao grau de maturidade do aluno. No Ensino Fundamental os alunos do terceiro ciclo já possuem o domínio sobre a linguagem escrita e falada, bem como a capacidade de criarem hipóteses acerca dos fenômenos naturais que observam. Já no Ensino Médio, o aluno consegue assimilar o conhecimento através do abstrato, avançando no processo de aquisição de novos conhecimentos científicos, o que possibilita ao aluno desenvolver atividades como explicar o funcionamento do mundo, resolver problemas, planejar, avaliar as interações homem-natureza e desenvolver modelos explicativos para sistemas tecnológicos (DIAS; MARIA RITA, 2008).

Os conteúdos propostos nos PCN, referentes aos terceiros e quartos ciclos, que correspondem ao Ensino Fundamental maior, abordam temas de Astronomia ao qual necessitam de competências dentro do processo ensino-aprendizagem, são elas:

- a) Histórico da Astronomia dos povos antigos, como a China, Babilônia e Egito;
- b) Históricos mais recentes dos gregos até a Astronomia newtoniana, com ênfase na oposição dos modelos heliocêntrico e geocêntrico;
- c) Sistema Sol-Terra: movimentos dos astros, Eclipses, fases da Lua, estações do ano, fenômeno das marés, entre outros;
- d) Sistema Solar: estudo dos astros que o compõem, avaliação do tamanho e distância dos planetas em relação ao Sol;
- e) Teoria das sombras: estudo do movimento aparente do Sol, construção de um relógio solar;
- f) Noção de Galáxias: posicionamento do Sol na Via Láctea;
- g) Introdução à Cosmologia: Teoria do *Big Bang*, a origem, expansão e tamanho do Universo observável.

Nos PCN+ do Ensino Médio, é necessário o aprendizado em Ciências da Natureza na área de Física, o tema estruturador “Universo, Terra e Vida”, que é composto das seguintes unidades temáticas:

1. Terra e sistema solar:
 - a. Conhecer as relações entre movimentos da Terra, da Lua e do Sol para a descrição de fenômenos astronômicos (duração do dia e da noite, estações do ano, fases da Lua, Eclipses etc.);

b. Compreender as interações gravitacionais, identificando forças e relações de conservação, para explicar aspectos do movimento do sistema planetário, cometas, naves e satélites.

2. O Universo e a sua origem:

a. Conhecer as teorias e modelos propostos para a origem, evolução e constituição do Universo, além das formas atuais para sua investigação e os limites de seus resultados no sentido de ampliar a sua visão de mundo;

b. Reconhecer ordens de grandeza de medidas astronômicas para situar a vida (e vida humana), temporal e espacialmente no Universo e discutir as hipóteses de vida fora da Terra.

3. Compreensão humana do Universo

a. Conhecer aspectos dos modelos explicativos da origem e constituição do Universo, segundo diferentes culturas, buscando semelhanças e diferenças em suas formulações;

b. Compreender aspectos da evolução dos modelos da ciência para explicar a constituição do Universo (matéria, radiação e interações) através dos tempos, identificando especificidades do modelo atual;

c. Identificar diferentes formas pelas quais os modelos explicativos do Universo influenciaram a cultura e a vida humana ao longo da história da humanidade e *vice-versa*.

Segundo a reforma do novo Ensino Médio, que está sendo aplicado a partir deste ano em todas as escolas, o aluno deve ser o protagonista no processo de construção do conhecimento, tendo o seu professor como mediador no processo de promover a conceitualização, ou seja, o aluno deve possuir um domínio dos conceitos envolvidos de forma mais ampla e próxima dos conceitos cientificamente aceitos. O modelo escolar vigente é baseado na BNCC, que possui como competência específica das ciências da natureza e suas tecnologias: analisar e utilizar interpretações sobre a dinâmica da Vida, da Terra e do Cosmos para elaborar argumentos, realizar previsões sobre o funcionamento e a evolução dos seres vivos e do Universo, e fundamentar e defender decisões éticas e responsáveis.

Nessa competência específica, podem ser mobilizados conhecimentos conceituais relacionados: à origem da Vida; à evolução biológica; ao registro fóssil; à exobiologia; à biodiversidade; à origem e à extinção de espécies; às políticas ambientais; às biomoléculas; à organização celular; aos órgãos e sistemas; aos organismos; às populações; aos ecossistemas; às teias alimentares; à respiração celular; à fotossíntese; à neurociência; à reprodução e à hereditariedade; à genética mendeliana; aos processos epidemiológicos; ao espectro

eletromagnético; aos modelos atômicos, subatômicos e cosmológicos; à Astronomia; à evolução estelar; à gravitação; à mecânica newtoniana; à previsão do tempo; à história e à filosofia da ciência, entre outros.

Esta competência possui como uma de suas habilidades a de elaborar explicações, previsões e cálculos a respeito dos movimentos de objetos na Terra, no Sistema Solar e no Universo com base na análise das interações gravitacionais, com ou sem o uso de dispositivos e aplicativos digitais. Além de analisar a evolução estelar, associando-a aos modelos de origem e distribuição dos elementos químicos no Universo, compreendendo as suas relações com as condições necessárias ao surgimento de sistemas solares e planetários, suas estruturas e composições e as possibilidades de existência de vida, utilizando representações e simulações, com ou sem o uso de dispositivos e aplicativos digitais (como *softwares* de simulação e de realidade virtual, entre outros) (BRASIL, 2018).

Este trabalho torna-se potencialmente significativo fazendo uso de conceitos de Física através dos CC imersos no estudo da Astronomia. Ou seja, o professor estimula os alunos a criarem os seus próprios conceitos a partir de novas metodologias aplicadas no contexto das aulas realizadas em ambientes abertos, para que possam realizar observações astronômicas utilizando as Cartas Celestes, e associando com CC da Física como, por exemplo: a gravidade, distâncias, forças e velocidades. Estas Cartas são consideradas mapas celestes que servem para identificar e localizar objetos astronômicos nesse imenso laboratório chamado “céu”, além de serem consideradas um importante recurso didático para tornar as aulas de Física mais significativas.

5 A CONSTRUÇÃO DE UMA CARTA CELESTE PARA O ENSINO DE FÍSICA ATRAVÉS DE CAMPOS CONCEITUAIS DA ASTRONOMIA

Observar o céu deve ter sido uma das primeiras atividades de lazer que os mais antigos antepassados devem ter tido. Certamente foi grande a sua curiosidade em descobrir o que eram aqueles astros luminosos que resplandeciam no céu, seja durante o dia, seja ao longo do anoitecer. Essas observações sempre representaram uma atividade de enorme interesse do ser humano que modernizou suas observações quando criou o primeiro telescópio, significando um enorme passo para a descoberta e conhecimento de alguns fenômenos celestes. Muito embora ainda haja muito a se descobrir atualmente, quando alguns destes fenômenos são veiculados nos meios de comunicação que irá ocorrer no céu em determinado dia ou noite, eles costumam reunir muitas pessoas leigas ou não ao redor de um telescópio, ou mesmo através de simples observação dos astros que compõem este vasto laboratório celeste na tentativa de compreender um pouco sobre os mistérios do Universo.

Percorrer os céus noturnos em busca de astros celestes como estrelas, planetas e constelações, é uma tarefa que pode ser desenvolvida por qualquer pessoa munida ou não de um telescópio. Mesmo se a pessoa não possuir um telescópio, que geralmente possui um valor muito elevado no mercado, ainda assim, ela consegue – com alguns conhecimentos básicos em Astronomia e a utilização de Cartas Celestes – realizar excelentes observações do céu noturno e com um material de custo muito baixo, e potencial educacional elevadíssimo.

Nas escolas do Maranhão o ensino de CC da Física, Química, Matemática, Geografia, entre outras, podem e devem ser compreendidas à luz do estudo de fenômenos astronômicos e com utilização de Cartas Celestes e observatórios móveis, a fim de facilitar a compreensão do fenômeno como é o caso do *software Stellarium*. Este último nada mais é do que um *software* de visualização eletrônica do céu que facilita as observações mesmo quando durante o dia, ou com o céu nublado.

O céu visto da Terra é uma superfície esférica. Os seres humanos olham para ela desde o centro dessa esfera fictícia⁸. O céu é uma imagem que o sistema visual, olhos e cérebro, cria na mente. Essa imagem é criada pela incapacidade de o sistema visual humano distinguir diferenças de distâncias quando as distâncias envolvidas são muito grandes. As estrelas, e os astros em geral, estão nessa categoria. Como o cérebro não consegue avaliar as suas distâncias, mas ele vê essas estrelas, a solução foi criar um raio-padrão no qual o cérebro “coloca” todos

⁸ Fictícia, pois essa esfera não existe realmente.

os astros cujas distâncias não consegue avaliar. Esse raio-padrão é o raio do céu de cada ser humano.

O olho humano percebe os astros com diferentes brilhos aparentes. Essa diferença se deve a dois fatores: distância e brilho intrínseco do astro. Devido a esses fatores, consegue-se observar apenas uma fração diminuta do real número de estrelas. Na média, as pessoas conseguem ver a olho nu cerca de 6 mil estrelas. Em condições extraordinárias, esse número pode chegar a cerca de 9 mil.

Historicamente, as estrelas foram artificialmente “associadas” a figuras que representavam objetos ou ideias. Nasceu, assim, a noção de constelação. Diferentes constelações foram surgindo ao longo da história humana.

Um dos problemas dessa maneira de “ligar” estrelas por linhas imaginárias é que, com o advento de instrumentos astronômicos, novas estrelas começaram a ser conhecidas entre as diferentes constelações. A qual constelação associar essas novas descobertas?

Finalmente, em 1929, a União Astronômica Internacional (UAI) resolveu o problema substituindo o antigo processo de “ligar” as estrelas em constelações pelo procedimento de dividir o céu em “lotes”, ou seja, em regiões contíguas, de limites bem definidos. Cada um dos 89 lotes assim definidos recebeu o nome de uma das 88 constelações. Uma das constelações, “Serpente”, foi dividida em duas partes: cabeça e cauda.

Para poder identificar cada estrela, e definir a sua posição no céu, o ideal é poder representá-las numa esfera material. Esse processo ideal é caro. Para baratear o custo, renunciava-se à condição ideal e adota-se representar o céu numa superfície plana. Obtém-se, assim, o céu planificado. Nessas planificações são distribuídas as estrelas conforme as suas disposições relativas umas às outras.

Diferentes métodos de planificação foram criados. Infelizmente, não há planificação capaz de representar fielmente o céu esférico numa superfície plana. Assim, procura-se representar não o céu todo, mas parte dele. Qual parte? Uma maneira mais eficiente e prática é representar o céu conforme visto de um dado local, em determinada data e hora. Essa representação é feita, então, pelas conhecidas cartas celestes. Logo, este é o modelo adotado neste trabalho, pois possibilitou, de acordo com o dia e hora, calcular a posição relativa de cada constelação, e visualizar ao longo dos meses o seu real movimento na esfera celeste.

O terceiro modelo é a carta celeste Giratória, que fornece a representação do céu estrelado a qualquer dia e hora, e contém praticamente todas as constelações que serão visíveis, seguindo a máscara de visualização escolhida de acordo com a latitude da região observada. O planisfério rotativo é bastante eficiente, mas um pouco mais dispendioso para fabricar.

Como já foi dito anteriormente, adotou-se como produto educacional para a efetivação deste trabalho as Cartas Celestes representativas do céu ao longo de cada mês, e construiu-se essas 12 Cartas, que nada mais são do que mapas do céu, representando as estrelas visíveis de um dado local, no caso, São Luís (MA), em uma determinada data e hora escolhidas previamente. Essas Cartas são fundamentais para que haja o entendimento pelos alunos de alguns CC da Física, como a ideia de movimento, mudanças de coordenadas, tempo e a correção de alguns erros conceituais que vêm sendo ensinados em livros do Ensino Médio sobre estrelas e constelações. Assim, toda e qualquer iniciativa que vise ensinar algo sobre o céu deve ser vista como uma importante ferramenta de enriquecimento cultural.

Um dos mais básicos ensinamentos que se pode socializar sobre o céu noturno é o de reconhecer determinadas estrelas e algumas constelações, observar o movimento do céu ao longo de uma noite, perceber a mudança do céu no decorrer dos meses, e descobrir que em determinado mês e numa certa hora o céu repete a aparência que tinha em outro mês e em outra hora.

Como referência de orientação noturna, os PCN fornecem alguns exemplos de constelações que estão demonstradas neste trabalho, como Cruzeiro do Sul, Órion e Escorpião, afirmando que os alunos podem fazer observações a fim de entender o tipo de movimento que essas constelações fazem ao longo da abóbada celeste, ou mesmo em relação ao horizonte num intervalo de três ou quatro horas durante a noite. Vale ressaltar que a visibilidade de algumas dessas constelações mais próximas do horizonte, como é o caso do Cruzeiro do Sul, varia de acordo com a latitude e horários de visualização (LONGHINI, 2010, p. 17).

Para o desenvolvimento de conceitos, procedimentos e atitudes que estão diretamente ligados à observação celeste, os PCN relacionam os seguintes:

Identificação, mediante observação direta, de algumas constelações, estrelas e planetas recorrentes no céu do hemisfério Sul durante o ano, compreendendo que os corpos celestes vistos no céu estão a diferentes distâncias da Terra; valorização do conhecimento historicamente acumulado, considerando o papel de novas tecnologias e o embate de ideias nos principais eventos da história da Astronomia até os dias de hoje (BRASIL, 1998, p. 95).

Portanto, este capítulo fornece um norte a ser seguido sobre como o professor poderá ensinar a identificação de constelações no céu, pois o tema consta nas sugestões oferecidas pelos PCN, e os alunos poderão de forma interdisciplinar encontrar respostas nos conteúdos de disciplinas como Física e Matemática, para determinados fenômenos da Astronomia.

5.1 Desenvolvimento da Carta Celeste ao estudo da Astronomia em aulas de Física

Como parte prática desta dissertação, propôs-se criar as 12 Cartas Celestes que representem o céu de São Luís do Maranhão ao longo do ano, e descrever as regras de seu uso, para que leigos ou profissionais da educação possam reconhecer as estrelas mais brilhantes e suas respectivas constelações.

Conhecendo os quatro ensinamentos que foram enumerados anteriormente, estes 12 mapas do céu são suficientes para que, com certa precisão, se possa usá-los em qualquer data e hora ao longo do ano, ao olhar para o céu visível, desde São Luís até os seus arredores mais próximos. Na verdade, as Cartas servem para qualquer observador da Terra que esteja em latitude geográfica próxima àquela da cidade do observador.

Vale ressaltar que como os cálculos para a posição de uma estrela são exatamente os mesmos para a posição de qualquer outra estrela, com algumas alterações em sua declinação e ascensão reta, escolheu-se elaborar os cálculos para uma estrela componente da constelação do Cruzeiro do Sul, conhecida como “Beta Crux”.

A constatação da veracidade dos cálculos, e posições das constelações e de suas respectivas estrelas na abóbada celeste foram feitas por simples comparação, através do azimute e da altura do astro, com *softwares* já existentes, como o *Stellarium*. Esse *software*, que também pode servir como observatório móvel para fins educacionais de divulgação da Astronomia, pode ser utilizado em computadores e *smartphones*, produzindo em tempo real um mapa do céu para qualquer hora e local do globo terrestre.

É importante deixar claro que há diferenças existentes entre os computadores e *smartphones*. Nos computadores existe a necessidade de informar a latitude e longitude da região observada, e qual a data e hora da observação. Somente através dessas informações é que o computador ou *notebook* fornecerá o mapa celeste solicitado. Já o *smartphone* fornece aplicativos que permitem ao professor ou estudante visualizar o mapa celeste de qualquer região, apenas posicionando o celular para a localidade direcionada. Isto só é possível devido aos componentes prévios existentes no celular, como *Global Positioning System*, ou Sistema de Posicionamento Global (GPS), e os sensores de movimento, além do Giroscópio e Acelerômetro para localização no tempo e espaço (JUSTINIANO; BOTELHO, 2016, p. e4311-2).

Atualmente, o avanço tecnológico permite, através de *softwares* como *Excel*, calcular mais rapidamente a altura e o azimute das estrelas inserindo suas respectivas coordenadas equatoriais de ascensão reta e declinação em tabelas previamente formuladas com

suas coordenadas de posição. Isso facilita a construção de uma carta celeste que antes imaginava-se possuir cálculos extensos e demorados quando feitos sem o auxílio computacional.

Durante a realização deste trabalho auxiliados pelas aulas ministradas em sala de aula sobre a necessidade de se inserir CC de Astronomia, percebe-se que esse é um recurso didático muito eficiente em aulas de Física, Geografia e Matemática, por se entender que o tema apresenta capacidade motivadora, e é potencialmente capaz de permitir a interdisciplinaridade com diferentes áreas do conhecimento científico.

A escolha sobre quais constelações inserir no mapa celeste se deu através dos conhecimentos já mencionados pelos alunos, ou seja, as 12 constelações que compõem o zodíaco e algumas constelações mais conhecidas na região maranhense, como: a constelação de Órion (Caçador), a constelação da Hydra, Cão Maior, Lebre, Forno, Perseu, Vela, Oitante, Cruzeiro do Sul, Boieiro, entre outras.

Para que seja possível construir a carta celeste, deve-se, de início, inserir informações necessárias como dados do astro, momento da observação e o local da observação para que possam produzir duas informações necessárias para comparação com o *Stellarium*, que são o azimute e a altura. É através do cálculo destas coordenadas, para cada uma das estrelas de cada constelação, que o mapa ganhará forma de acordo com o céu de cada mês. O primeiro passo é calcular o Tempo Sideral Local (TSL), em seguida o ângulo horário (AH) de cada uma das estrelas. A partir destas informações, e conhecendo as coordenadas equatoriais das estrelas e as coordenadas geográficas do observador, haverá condições de calcular as coordenadas horizontais das estrelas e construir a carta celeste (JUSTINIANO; BOTELHO, 2016).

Porém, a fim de fornecer todas as informações necessárias sobre uma carta celeste, é necessário previamente um conhecimento sobre sistemas de coordenadas astronômicas e geolocalização, antes de tratar efetivamente de sua construção.

5.2 Sistemas de Coordenadas Astronômicas

Para a compreensão dos Sistemas de Coordenadas Astronômicas, é importante previamente compreender os Sistemas de Coordenadas Geográficas, usadas para medir a posição sobre a superfície da Terra. Além desse sistema de coordenadas, que utiliza duas coordenadas, latitude e longitude, para geolocalizar um objeto sobre a superfície terrestre, há a necessidade de dois sistemas de coordenadas celestes para construir a carta celeste: o sistema de coordenadas horizontal e o sistema de coordenadas equatorial.

5.2.1 Sistema de Coordenadas Geográficas

Longitude geográfica (λ) é o arco no plano do equador, com origem no meridiano de Greenwich e extremidade no meridiano do lugar. Ele varia de 0° a 180° para Leste ou Oeste de Greenwich. Considera-se o sinal dessas longitudes positivo caso esteja a Leste desse meridiano, e negativo quando o valor da longitude estiver a Oeste. Outra maneira de representar a longitude de um lugar é através da diferença entre a hora do lugar relativo a Greenwich e, nesse caso, as longitudes a Oeste de Greenwich variam de 0h a $-12h$, e as longitudes a Leste de Greenwich variam de 0h a $+12h$. Logo, tem-se que:

$$-180^\circ \leq \lambda \leq +180^\circ \quad (1)$$

ou

$$-12h \leq \lambda \leq +12h \quad (2)$$

Latitude geográfica (φ) é o arco⁹ do meridiano do lugar, com origem no equador e extremidade no lugar. Ele varia entre -90° e $+90^\circ$.

$$-90^\circ \leq \varphi \leq +90^\circ \quad (3)$$

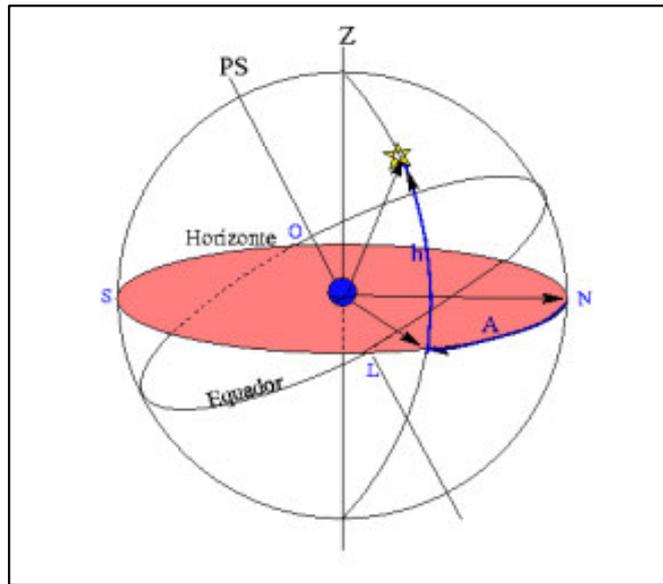
5.2.2 Coordenadas Astronômicas

5.2.2.1 O Sistema Horizontal

Como aponta Oliveira (2017, p. 14), o plano principal do sistema de coordenadas horizontais é definido como sendo o plano que contém o horizonte do observador. Os dois ângulos que definem a posição de um astro qualquer são a altura (h) e o azimute (Az), como mostra a Figura 5, abaixo:

⁹ A medida de um arco é equivalente ao ângulo que ele compreende desde o centro da esfera.

Figura 5 – Coordenadas do sistema horizontal: altura (h) e azimute (Az)



Fonte: Filho e Saraiva (2017, p. 14).

O Az é definido como um ângulo medido sobre o horizonte, no sentido horário, que possui sua origem no Norte, e que cresce na direção do Leste, até encontrar-se em sua extremidade com o meridiano do astro. Por definição, sua ele varia de $0^\circ \leq Az \leq 360^\circ$. Já a altura é um ângulo, medido sobre a vertical do astro, que possui origem no horizonte e fim no astro. A variação de sua altura está compreendida entre -90° e $+90^\circ$, e a parte angular acima do astro, e que começa no zênite, é conhecida como distância zenital (z). A distância zenital está compreendida entre 0° e 180° , ou seja, $h + z = 90^\circ$. Assim:

$$-90^\circ \leq h \leq +90^\circ \quad (4)$$

e

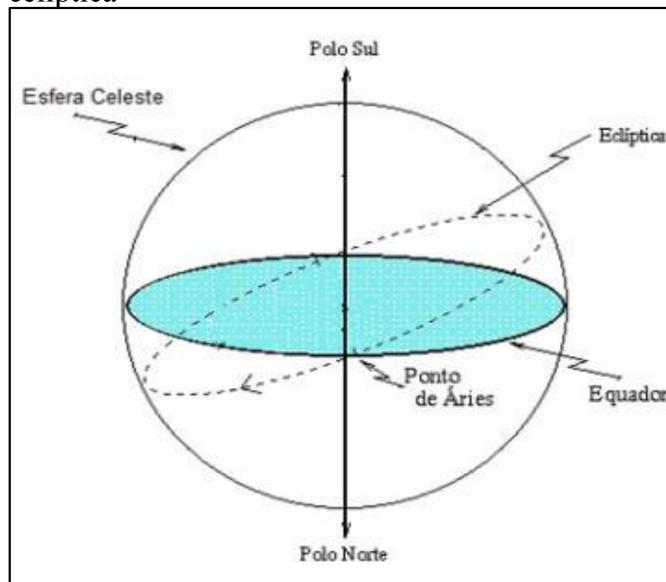
$$0^\circ \leq z \leq +180^\circ \quad (5)$$

A representação simbólica do azimute e da altura está correspondida pelas linhas azuladas na Figura 5 desse sistema de coordenadas. Os valores das coordenadas deste sistema dependem das coordenadas geográficas do observador, e encontraram valores diferentes para diversas localidades, onde o observador estiver situado (JUSTINIANO; BOTELHO, 2016).

Uma forma adequada para descrever a localização dos astros é supor que eles estão ordenados na superfície de uma esfera com a Terra localizada no centro. Denomina-se de “esfera celeste” essa esfera imaginária, e a intersecção do plano do equador terrestre com a esfera celeste é denominado de “equador celeste”. As projeções dos polos terrestres na esfera

celeste é que definem os polos celestes Norte e Sul, correspondentes aos hemisférios da Terra com os nomes equivalentes. Há uma diferença entre o equador celeste e a eclíptica, porque o eixo da Terra é inclinado em relação ao plano da eclíptica. Essa inclinação é de aproximadamente $66,5^\circ$, e é responsável por fornecer as estações do ano, com a parte clara dos dias de comprimento diferentes. O ponto de interseção da eclíptica com o equador celeste, no qual o Sol vai do Sul para o Norte, como visto na Figura 6 abaixo, é denominado de “ponto Áries” ou “Ponto Gama” (γ).

Figura 6 – A esfera celeste e a trajetória do Sol ao longo do ano pela eclíptica

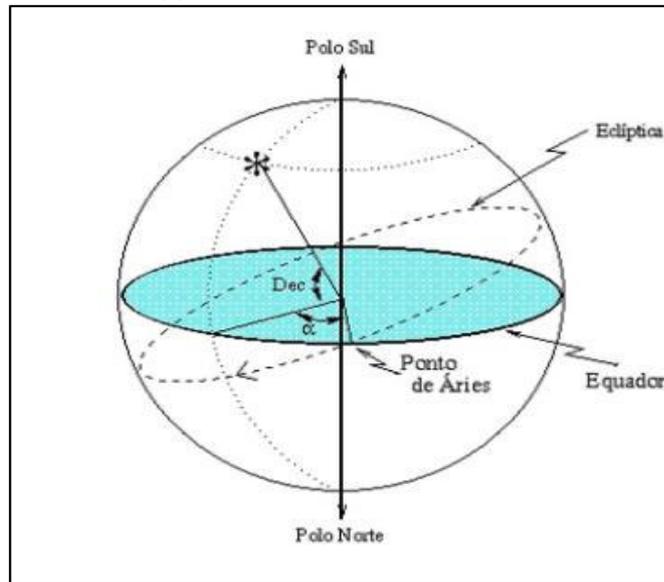


Fonte: Justiniano e Botelho (2016, p. e4311-3).

5.2.2.2 O Sistema Equatorial Celeste

Esse sistema possui como plano fundamental o equador celeste. Suas coordenadas são ascensão reta (α) e declinação (δ). A ascensão reta é ângulo formado entre o meridiano do ponto gama e o meridiano do astro, medido sobre o equador celeste. Os seus valores são encontrados em horas, minutos e segundos. Essa medida, de acordo com a Figura 7, abaixo, varia entre zero e 24h (ou entre 0° e 360°), crescendo no sentido Leste (JUSTINIANO; BOTELHO, 2016).

Figura 7 – Sistema de coordenadas equatoriais: ascensão reta (α) e declinação (δ)



Fonte: Justiniano e Botelho (2016, p. e4311-4).

O Ponto Áries ou Ponto Gama (γ), também conhecido como “Ponto Vernal”, é um ponto do Equador, ocupado pelo Sol no momento de sua transição do hemisfério sul celeste para o hemisfério norte celeste, definindo o equinócio de primavera do hemisfério norte (aproximadamente em 20 de março), isto é, em uma das duas intersecções do equador celeste com a eclíptica (OLIVEIRA, 2017, n. p.). A segunda coordenada, a declinação (δ), é o arco medido entre o astro e o equador celeste, medido sobre o meridiano do astro. A variação em sua declinação está entre -90° e 90° . A declinação tem valor positivo quando medida na direção do Polo Norte celeste ($\delta \geq 0$), e negativa, em contrário.

Assim, pode-se perceber que no sistema horizontal as coordenadas de uma estrela sofrem variação contínua devido à rotação da Terra, e possuem valores diferentes para observadores situados em diferentes localidades, enquanto no sistema equatorial as coordenadas das estrelas não possuem dependência com a posição do observador na superfície da Terra, e apresentam uma variação muito lenta no decorrer do tempo, sofrendo apenas pequenas correções no decorrer dos anos.

5.2.3 O Sistema de Contagem do Tempo

Para que se possa realizar uma observação com uso deste modelo de carta celeste, tem-se que inicialmente converter as coordenadas do momento da observação (data e hora) de

dias gregorianos para data juliana (JD), e em seguida entrar com os valores da longitude do local a ser observado e encontrar o Tempo Sideral Local (TSL).

O JD foi um sistema criado onde os dias são contados de maneira consecutiva, sem que fosse utilizado o conceito de meses ou anos. Essa maneira foi criada para facilitar a contagem entre dois eventos astronômicos. Na contagem dos JD, o dia zero inicia ao meio-dia de segunda-feira de 1º de janeiro de 4713 a.C., às 12:00 horas em Greenwich. Assim, para que seja possível essa transformação no sistema de contagem das datas, tem-se que converter a data solicitada para cada mês em JD.

Existe um procedimento prévio que explica como fazer essa passagem de data gregoriana para JD, a fim de logo em seguida continuar os cálculos necessários para a confecção da carta celeste.

O primeiro passo é verificar se o mês (M) é janeiro ou fevereiro, ou seja, 1 ou 2. Em caso positivo, M será escrito da forma: $M = M + 12$, e a variável Ano será dada como $Ano = Ano - 1$. Por outro lado, em caso negativo, então $M = M$ e $Ano = Ano$.

O segundo passo é determinar as variáveis $A_1 = INT(Ano/100)$ e $B = 2 - A_1 + INT(A_1/4)$. Se a data for anterior a 15 de outubro de 1582, deve-se estabelecer que $A_1 = 0$ e $B = 0$. A_1 e B são variáveis, sendo que B será necessária para determinação do JD.

O terceiro e último passo é determinar o JD, na Equação 6 abaixo:

$$JD = B + INT(365,25 * Ano - T) + INT[30,6001 * (M + 1)] + Dia + Hora/24 + 1720994,5 \quad (6)$$

Onde $T = 0$, se $Ano > .0$, ou seja, para datas depois de Cristo, e $T = 0,75$ para $Ano < 0$, antes de Cristo.

A medida do tempo está diretamente relacionada com o movimento de rotação da Terra que, conseqüentemente, causa a rotação aparente da esfera celeste. Tem-se como escala a noção de dia, que representa uma rotação da Terra em torno do seu próprio eixo. Porém, para que fosse possível essa medição, estabeleceu-se um objeto celeste como referência. A partir do objeto estabelecido como referência tem-se dois tipos de tempo: o tempo solar, que utiliza o Sol como ponto de referência, e o tempo sideral, que utiliza o ponto áries como referência.

Para cada meridiano terrestre existe uma hora sideral local, que está relacionada com a hora sideral em Greenwich através da seguinte relação:

$$\textit{tempo sideral local} = \textit{tempo sideral de Greenwich} + \textit{longitude} \quad (7)$$

Onde a longitude é positiva caso seja medida a Leste de Greenwich, e negativa à Oeste. O valor da longitude deve ser convertido em unidade de tempo, para que possa ser somado ao tempo sideral em Greenwich (ou seja, se o valor estiver em graus, é necessário dividi-lo por 15). Logo, para um observador em Greenwich, cujo ponto gama está cruzando seu meridiano, o TSG será zero horas ou 24 horas siderais, e para um observador na cidade de São Luís do Maranhão, que está a $-44,3066666667^\circ$ de Greenwich, o TSL será $24 \text{ h} + (-44,3066666667^\circ/15)$.

Após efetuar os cálculos do JD para a data escolhida, que no caso calculou-se para dia 08 de cada mês do ano de 2021, e a JD0 para a seguinte data 00/01/ano, que denominar-se-á de data juliana zero (JD0), haverá condições de calcular o TSG para uma determinada data escolhida. Em seguida, calcula-se o número dias transcorridos desde o início do ano até a data escolhida para a construção da carta celeste (JUSTINIANO; BOTELHO, 2016), segundo a equação abaixo:

$$ndias = JD - JD0 \quad (8)$$

Logo em seguida, é necessário encontrar o século juliano (S), que segundo a definição, é o intervalo de tempo de 36.525 dias, segundo a equação abaixo:

$$S = \frac{JD - 2415020}{36525} \quad (9)$$

A seguir, é necessário realizar os cálculos para o Tempo Solar (TS), como descrito a seguir:

$$TS = \frac{6,6938 * 3600 + 8640184,812866 * S + 0,093104 * S^2 - (6,2 * 10^{-6} * S^3)}{3600} \quad (10)$$

E, por fim:

$$GST = 0,0657098 * dias - [24 - TSS + 24 * (Ano - 1900)] + 1,00273790935 * Hora \quad (11)$$

Assim, para:

$$GST < 0 GST = GST + 24 \quad (12)$$

e

$$GST > 24 GST = GST - 24 \quad (13)$$

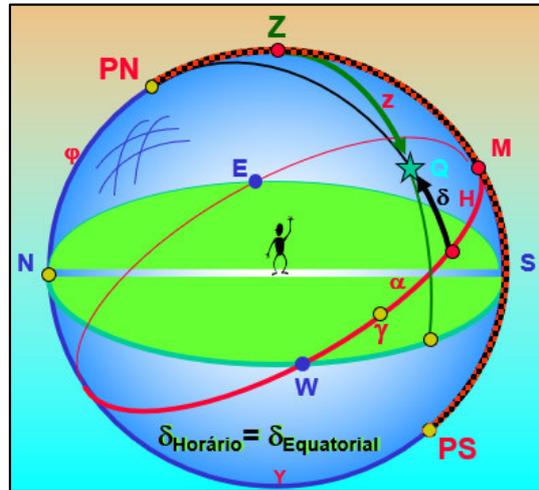
Na elaboração deste trabalho, a ideia é produzir Cartas Celestes para que através do estudo teórico e prático da Astronomia o professor possa tornar as suas aulas verdadeiramente significativas, a fim de prender a atenção do aluno durante o processo de ensino-aprendizagem, fazendo com que ele mude completamente os seus conceitos sobre as ciências exatas. E durante esse processo, existe a necessidade de se trabalhar com mudanças de coordenadas, CC que não são vistos em livros didáticos de Física, para que o aluno possa entender o processo de produção e utilização destas Cartas Celestes.

5.2.4 Sistemas de coordenadas para construção da Carta Celeste

A concepção central que o estudante deve possuir é que ele partirá de um sistema equatorial, ou seja, ele utilizará a ascensão reta (α) e a declinação (δ) para calcular coordenadas horárias como o ângulo horário, através da subtração do TSL e da declinação, que definirá logo em seguida o valor da altura do astro, no caso, estrelas, e quem estará acima ou não do horizonte a partir desse resultado, e com o valor de sua ascensão reta, encontrar as coordenadas horizontais daquela estrela através de relações de altura (h) e azimute (Az).

5.2.5 Relação entre sistemas de coordenadas equatoriais e horárias

Figura 8 – Esfera que relaciona Coordenadas Equatoriais e Horárias



Fonte: Roberto Bozco.

O ângulo horário de um astro é uma medida de tempo. Ele é o ângulo medido sobre o Equador, que varia desde o meridiano local, até o círculo horário que passa pelo astro estudado, no sentido horário quando observado da extremidade Norte do eixo de rotação da esfera celeste, medido em horas. Pode-se exemplificar supondo um momento em que uma estrela cruza o meridiano do observador, como visto na Figura 8 acima. Nesse momento tem-se $AH = 0$ horas. Ao nascer, a Leste o ângulo horário do astro marcará $AH = 18$ horas. E quando o astro se põe à Oeste, o ângulo horário marcará $AH = 6$ horas. Logo, o ângulo horário varia conforme o local e o momento da observação do astro, e esse momento é quantificado na forma de tempo sideral.

Portanto, existe uma relação entre o ângulo horário, o TSL e a ascensão reta do astro estudado, dada por:

$$TS \equiv AH_{\gamma} \quad (14)$$

$$TS = \alpha + AH \quad (15)$$

$$AH = TS - \alpha \quad (16)$$

Porém, se:

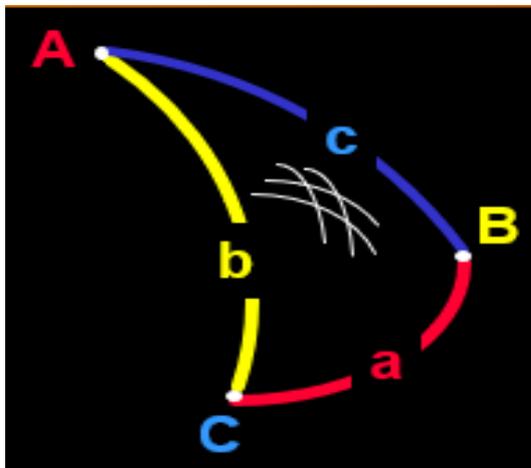
$$AH < 0 \rightarrow AH = AH + 24 \quad (17)$$

Assim, a partir do cálculo do TSL para o momento em que se deseja construir a carta celeste, é possível encontrar o AH das estrelas e, conseqüentemente, determinar através do cálculo da altura quais estão acima ou abaixo do horizonte naquele TSL. De posse dessas informações, e conhecendo as coordenadas equatoriais de cada astro e as coordenadas geográficas do local de observação, pode-se calcular as coordenadas horizontais através de uma mudança de coordenadas para que se construam as Cartas Celestes.

5.2.6 Relação entre sistemas de coordenadas horárias para altazimutais

De acordo com a Figura 9, pode-se retirar o triângulo abaixo para extrair dele as relações necessárias. Então:

Figura 9 – Representação de um triângulo esférico com vértices A, B e C



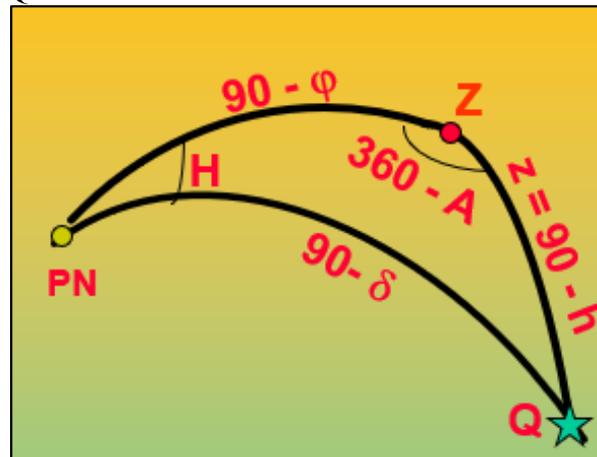
Fonte: Roberto Bozco.

Utilizando-se das fórmulas de trigonometria esférica, tem-se a relação abaixo:

$$\cos(a) = \cos(c) \cdot \cos(b) + \text{sen}(c) \cdot \text{sen}(b) \cdot \cos(A) \quad (18)$$

Logo, analisando a fórmula acima, e tomando-a como referência, pode-se analisar o triângulo retirado da Figura 10. Desta forma:

Figura 10 – Representação de um Triângulo Esférico com vértices PN, Q e Z



Fonte: Roberto Bozco.

Analisando a fórmula (18), e tomando-a como referência, tem-se que:

$$\cos(90 - h) = \cos(90 - \varphi) \cdot \cos(90 - \delta) + \text{sen}(90 - \varphi) \cdot \text{sen}(90 - \delta) \cdot \cos(AH) \quad (19)$$

Assim, tem-se que pela diferença de senos e cossenos, pode-se obter a seguinte equação:

$$\text{sen}h = \text{sen}\varphi \cdot \text{sen}\delta + \text{cos}\varphi \cdot \text{cos}\delta \cdot \cos(AH) \quad (20)$$

Ou reescrevendo a equação (20), tem-se que:

$$h = \text{sen}^{-1}[\text{sen}(\delta) \cdot \text{sen}(\varphi) + \text{cos}(\delta) \cdot \text{cos}(\varphi) \cdot \cos(AH)] \quad (21)$$

E assim, encontra-se a equação que representa em coordenadas horizontais a altura de cada uma das estrelas. Porém, ainda tem que encontrar a coordenada do azimute. Baseando-se novamente no triângulo esférico da Figura 10, tem-se:

$$\cos(a) = \cos(b) \cdot \cos(c) + \text{sen}(b) \cdot \text{sen}(c) \cdot \cos(\bar{A}) \quad (22)$$

Observando o triângulo esférico de uma outra perspectiva, pode-se calcular que:

$$\cos(90 - \delta) = \cos(90 - \varphi) \cdot \cos(90 - h) + \text{sen}(90 - \varphi) \cdot \text{sen}(90 - h) \cdot \cos(360 - A) \quad (23)$$

$$\text{sen}(\delta) = \text{sen}(\varphi) \cdot \text{sen}(h) + \cos(\varphi) \cdot \cos(h) \cdot \cos(Az) \quad (24)$$

Isolando $\cos(Az)$, tem-se que:

$$\cos(Az) = \left[\frac{\text{sen}(\delta) - \text{sen}(\varphi) \cdot \text{sen}(h)}{\cos(\varphi) \cdot \cos(h)} \right] \quad (25)$$

ou

$$Az = \cos^{-1} \left[\frac{\text{sen}(\delta) - \text{sen}(\varphi) \cdot \text{sen}(h)}{\cos(\varphi) \cdot \cos(h)} \right] \quad (26)$$

Porém, se:

$$AH > 0 \rightarrow Az = 360^\circ - Az \quad (27)$$

Obtiveram-se as coordenadas equatoriais dessas estrelas. Vale lembrar que estas coordenadas são dadas para uma determinada data, como consta no Apêndice A. Como as estrelas possuem movimentos próprios, e o sistema de coordenadas não é fixo (muda devido à precessão dos equinócios), estas coordenadas deveriam ser corrigidas por causa desses dois efeitos. Mas, como estes movimentos são muito pequenos, na escala em que os esquemas serão retratados, os efeitos dos movimentos próprios e da precessão se perderiam na “plotagem” dos astros no papel. Assim, não vale a pena investir tanto trabalho sem ter um resultado que se possa dizer realmente eficiente.

Os efeitos da aberração anual, também pequenos, não foram considerados, já que uma carta celeste feita para um dado mês poderá ser usada num outro mês. E, como a aberração anual depende da data do ano, sua aplicação ficaria comprometida pela multiplicidade de datas em que a carta celeste poderá ser usada.

Como a representação das Cartas Celestes vai levar em conta a posição dos astros com relação ao horizonte visível, transformaram-se as coordenadas equatoriais em coordenadas horárias, usando o TSL nas datas e horários escolhidos para representar o céu.

Supôs-se a Terra como sendo esférica. A imprecisão do posicionamento da estrela no papel permite sobejamente esta aproximação. Usando a latitude geográfica como boa aproximação da latitude astronômica, passaram-se as coordenadas horárias para coordenadas

altazimutais, também chamadas de “coordenadas locais”. Essa mudança de coordenada foi feita através do uso de triângulos esféricos e trigonometria sobre a esfera.

Devido à refração atmosférica, que desvia a posição observada da estrela em função da altura angular dela, deveriam ser realizadas as devidas correções para cada estrela. Mas, como essa correção é muito pequena, não passando de meio grau perto do horizonte, essa correção deixou de ser feita, pois está na barra de erro da “plotagem”. Além disso, o cálculo desse desvio depende também da temperatura, da pressão e da umidade local, parâmetros que não podem ser previstos para as condições meteorológicas locais nas datas desejadas.

Os cálculos foram feitos através de tabelas em *Excel*, para cada uma das estrelas escolhidas, e visíveis naquele dia e hora. Utilizando o aplicativo *Origin*, criou-se um gráfico polar, centrado no zênite local, com raio igual à distância zenital do astro representado, e o deslocamento angular como sendo o azimute do astro. Esses cinco passos foram realizados para cada um dos 12 meses do ano. Com isso, cada carta celeste representa o céu em São Luís (MA) às 19:00 do dia 08 de cada mês.

Como o período de rotação da Terra em torno do seu eixo (com relação às estrelas) é cerca de 03min 56s mais curto que o dia solar médio, depois de cerca de um mês esta pequena diferença se torna cerca de duas horas. Isso significa que, às 21h daquele dia do “mês x”, o céu terá o aspecto do céu às 19 horas do mês $x+1$. Essa transferência de aparência permite que, apenas com as 12 Cartas Celestes construídas, se possa representar o céu local em qualquer hora de qualquer mês do ano. A Figura 11 foi adicionada para que o consulente das Cartas possa escolher, em função da data e da hora desejada, a que melhor representar o céu.

Figura 11 – Carta para o mês e a hora desejados

Escolhendo a carta para o mês e a hora desejados

	19 ^h	21 ^h	23 ^h	01 ^h	03 ^h	05 ^h	07 ^h
Jan	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul
Fev	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago
Mar	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set
Abr	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out
Mai	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov
Jun	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
Jul	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Jan
Ago	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Jan	Fev
Set	Set	Out	Nov	Dez	Jan	Fev	Mar
Out	Out	Nov	Dez	Jan	Fev	Mar	Abr
Nov	Nov	Dez	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai
Dez	Dez	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun

Se quiser observar o céu às 03 horas em 08 de Maio, usar a carta do mês de Setembro

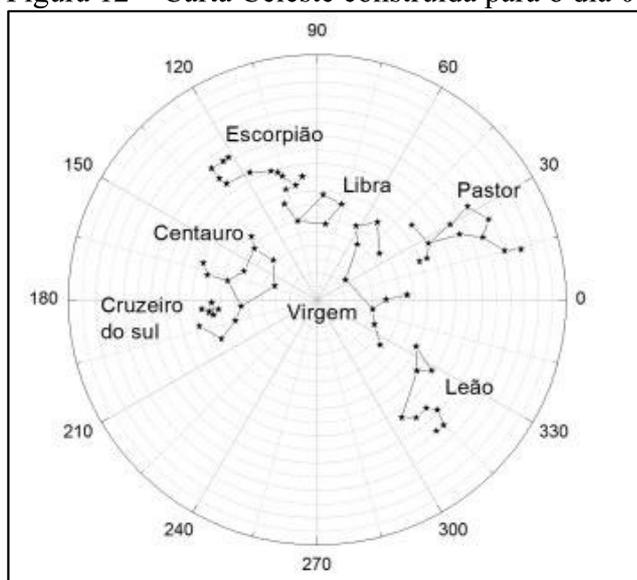
Fonte: Arquivo pessoal do Prof. Dr. Roberto Bozco.

A utilização das Cartas Celestes está baseada na data e locais determinados, porém, isso não inviabiliza o estudante de utilizar outras Cartas em horários diferentes, ou mesmo de outros meses, ou seja, se ele quiser observar o céu às 03 horas da manhã no dia 08 de maio, o estudante pode utilizar a Carta do mês de setembro onde observará o mesmo céu. Caso ele queira observar o céu às 23 horas em 08 de maio, ele pode utilizar a Carta do mês de julho que será equivalente ao céu de maio às 19 horas. Com isso, pode-se dinamizar o estudo do céu com os alunos mostrando aos mesmos que, embora em horários diferentes ou mesmo em meses diferentes, as Cartas Celestes são válidas, e extremamente importantes para o entendimento de alguns conceitos relacionados à Astronomia, que podem ser explicados através da Física.

No processo de construção das Cartas Celestes podem-se selecionar as constelações zodiacais e algumas outras que, apesar de não fazerem parte da faixa que compreende o zodíaco, são muito conhecidas e discutidas no cotidiano. Outras como Cão Maior foram acrescentadas por possuírem a estrela Sírius, também conhecida como a mais brilhante do céu.

Assim, finalizando o cálculo das coordenadas horizontais Az e h , tem-se a capacidade, com auxílio de um *software* como recurso tecnológico, no caso o *Origin*, de construir uma carta celeste, como visto na Figura 12, para qualquer região estudada, pois esse método não leva em consideração as correções periódicas das coordenadas de cada estrela.

Figura 12 – Carta Celeste construída para o dia 06 de junho de 2016



Fonte: Justiniano e Botelho (2016, p. e4311-6).

6 A FÍSICA COMO CAMPO CONCEITUAL PARA O ENSINO DE ORIENTAÇÕES ESPACIAIS E LOCALIZAÇÃO DE OBJETOS CELESTES

As Cartas Celestes, numeradas de 1 a 12, de acordo com os meses do ano, contêm as informações necessárias para que o professor possa introduzir em suas aulas de Física conteúdos de Astronomia, tais como: o movimento dos astros, a contagem do tempo e os sistemas de coordenadas celestes, que dificilmente são vistos em aulas de Física, e menos ainda como conteúdos programáticos de livros como o Física para o Ensino Médio I.

Para que uma pessoa, leiga ou não, possa entender a arte das observações celestes, tem que antes aprender a se orientar espacialmente em sua região, sabendo exatamente para onde se situa o Norte, Sul, Leste e Oeste. Atualmente, aplicativos de celular já trazem essa tecnologia ao alcance dos estudantes, visto que, com apenas um clique, eles conseguem obter a Rosa dos Ventos na palma da mão. A partir do momento em que os estudantes aprendem a se orientar, eles direcionam a carta celeste segundo o eixo de orientação, ou seja, a Carta tem que estar com o lado Norte orientada para o Norte e o Sul da carta celeste voltado para o Sul da sua região, e assim sucessivamente, lembrando que o meio da carta celeste representa o zênite sobre a posição de observação da esfera celeste.

O estudante, ao experimentar construir ou observar uma carta celeste em grupos na escola com o seu professor, ele obrigatoriamente deve informar o dia, a hora e o lugar de observação. Após isso, tomar a carta correspondente daquele mês e buscar por constelações mais conhecidas para tomar como referência em suas pesquisas posteriores. Uma forma bastante interessante é buscar as estrelas mais brilhantes e as constelações mais fáceis entre o zênite e o horizonte, conferindo-as no mapa. Logo em seguida, usando-as como referência e ponto de partida, tentar reconhecer as demais constelações e encontrar os outros objetos celestes. Fazer analogias entre o tamanho de uma constelação real, no céu, que o aluno já está familiarizado, com o seu tamanho desenhado no mapa (LANGHI, 2016).

Portanto, após esse primeiro momento de aprendizado sobre os pontos cardeais, utilizar uma constelação que sirva de referência para a localização das demais constelações podem ser muito útil. Por isso, pode-se afirmar que cada estação do ano possui uma constelação de referência que está presente no céu durante um longo período noturno e, a partir dela, podem-se localizar as demais constelações. Assim, cada estação terá a sua constelação própria de referência: céu de verão, Órion; céu de outono, Leão; céu de inverno, Escorpião; céu de primavera, Pégasus (LANGHI, 2016).

Para saber em que estação do ano se encontra neste momento, basta pegar uma carta celeste e identificar a constelação no céu estrelado. Após isso, o professor pode mandar o aluno localizar outras constelações a partir da constelação identificada anteriormente, considerada principal. Outra constelação que se pode utilizar como referência, durante a maior parte do ano e em quase todo o país, é o Cruzeiro do Sul (Crux), devido às suas características que viabilizam a busca por outras constelações (LONGHINI, 2010).

Percebe-se como a Astronomia é útil para o aprendizado de orientações espaciais e localização de objetos celestes, e como isso pode ser feito mesmo com uma mudança no eixo de coordenadas do observador. Partiu-se de coordenadas equatoriais de determinadas estrelas escolhidas até encontrar as coordenadas horizontais delas, tendo como elo a passagem pelas suas coordenadas horárias. Entende-se que essa mudança em sistemas de coordenadas é importante para a determinação da carta celeste.

Durante a análise sobre cada uma dessas constelações, perceberam-se que alguns CC da Física não tiveram importância nenhuma na elaboração das cartas celestes. No entanto, eles têm extrema relevância na análise das cartas celestes mês a mês, e suas mudanças no movimento relativo que é notório durante a análise de cada uma delas. Está-se falando exatamente das Leis de Kepler e Gravitação de Newton, que são responsáveis por essa mudança no céu que se visualiza de acordo com o mês vigente. Portanto, é importante o estudo destes CC da Física que podem ser compreendidos ao se analisar do ponto de vista da Astronomia.

6.1 Leis de Kepler

Johannes Kepler nasceu em 1571, na cidade alemã de Weil, e começou a cursar a universidade de Tübing em 1589. Em 1594, Kepler se tornou professor de matemática em Graz, Áustria. Em 1600, foi convidado por Tycho Brahe para trabalhar em Praga. Após a morte de Tycho Brahe, o jovem Kepler foi nomeado “Matemático Imperial”, onde trabalhou até 1612. Neste ano, Kepler se mudou para Linz, onde ficou até 1626. Ele morreu em 1630, na cidade de Regensburg (GONÇALVES, 2015).

Kepler desenvolveu suas leis para o movimento planetário baseando-se em dados empíricos do planeta Marte, obtidos por Tycho Brahe, e pelo próprio Kepler, e foram formuladas antes da Lei da Gravitação de Newton. Inicialmente, o problema de Kepler foi o mesmo de Ptolomeu: calcular excentricidades, direção do periélio e do afélio. Mas, ele tinha melhores dados, e pode procurar uma melhor precisão dos cálculos (DIAS; SANTOS; SOUZA, 2004). Com o auxílio da 3ª Lei de Kepler e da Lei da Ação e Reação, Newton conseguiu

descrever essa força como uma expressão que depende diretamente do produto das massas dos dois corpos envolvidos, e do inverso do quadrado da distância existente entre eles. Assim, Kepler descobriu as três leis do movimento planetário, que são definidas utilizando-se o seu nome, como descrito a seguir.

6.1.1 A 1ª Lei de Kepler

“A trajetória da órbita de cada planeta é uma elipse, com o Sol localizado em um dos seus focos”. Se os corpos estão ligados gravitacionalmente, como no caso dos planetas com o Sol, então as órbitas são circulares ou elípticas, dadas por:

$$r = \frac{a(1 - e^2)}{1 + e \cos \theta} \quad (28)$$

Onde:

$$e \equiv \sqrt{1 - (a/b)^2} \quad (29)$$

é a excentricidade da elipse. E quanto mais próximo de zero, mais parecido com uma circunferência será a trajetória, e quanto mais próximo de um, mais próximo de uma parábola é a trajetória. Entre zero e um (0 e 1) tem-se órbitas elípticas.

No caso de haver diferença muito grande de massa entre os corpos, o centro de massa praticamente coincide com o corpo mais massivo, ou seja, no caso de um sistema de dois corpos como o Sol e a Terra, o centro de massa se encontra aproximadamente a 450 km do centro do Sol, que possui um raio de cerca de 700.000 km.

6.1.2 A 2ª Lei de Kepler

O segmento imaginário ou raio vetor, que liga um planeta ao Sol, descreve áreas proporcionais aos intervalos de tempo decorridos durante a sua translação.

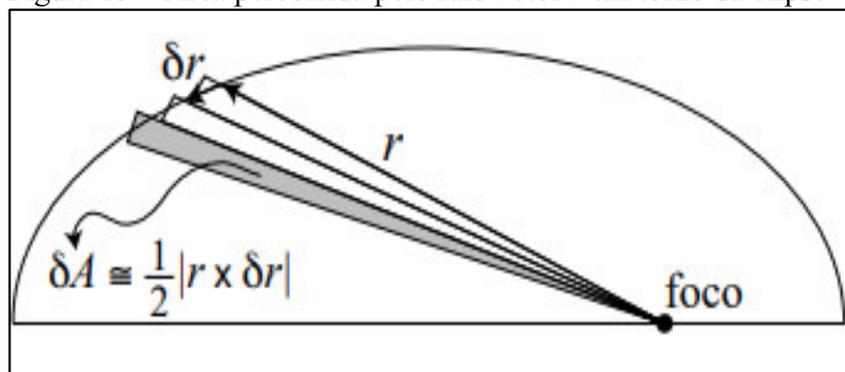
A 2ª Lei de Kepler é uma consequência da conservação do momento angular. Tomando-se como exemplo um sistema de dois corpos, onde a massa de um é extremamente diferente da massa do outro corpo, tem-se:

$$\mathbf{L} = \vec{r} \times \vec{p} = m\vec{r} \times \vec{v} \quad (30)$$

Em que L^{10} é o momento angular (quantidade de movimento angular), p é a quantidade de movimento linear e r e v são o raio vetor e a velocidade do corpo de massa menor m .

A área varrida pelo raio vetor, que liga o corpo mais pesado ao corpo mais leve, é dada pela Figura 13 abaixo:

Figura 13 – Área percorrida pelo raio vetor r em torno da elipse



Fonte: Pinto Neto (2003).

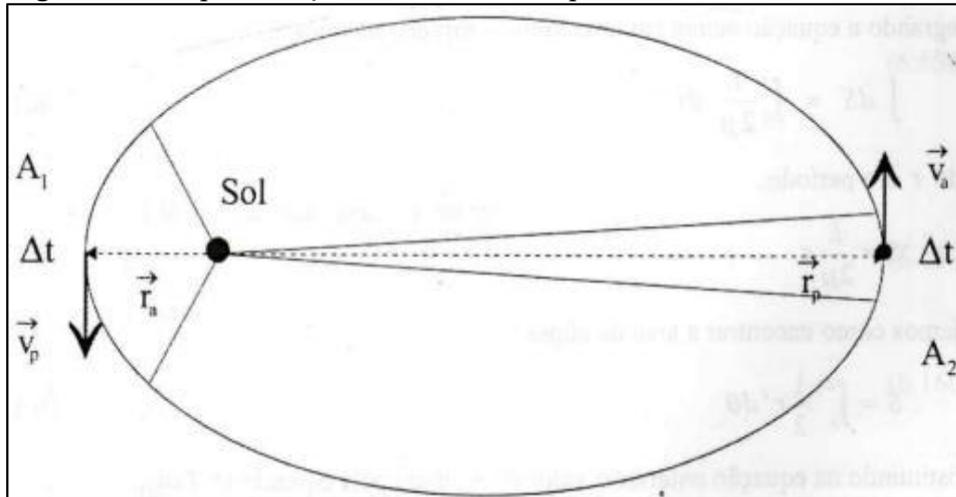
$$\text{Área varrida} \equiv \delta A = \frac{1}{2} |\vec{r} \times \delta \vec{r}| = \frac{1}{2} |\vec{r} \times \vec{v} \delta t| = \frac{1}{2} \frac{|L|}{m} \delta t \quad (31)$$

Como há conservação do momento angular, supondo o sistema Sol-Terra isolado, pode-se afirmar que $|L|/m = \text{constante}$, e, portanto, $\delta A \propto \delta t$. Para um mesmo intervalo de tempo δt , a área percorrida δA é equivalente (PINTO NETO, 2018).

Quando os planetas orbitam em torno do Sol, eles não o fazem com a mesma velocidade em todos os pontos. Próximos ao Sol, os planetas têm uma velocidade maior do que quando estão mais afastados. Isso pode ser visto analisando a 2ª Lei através da Figura 14 abaixo:

¹⁰ No caso do presente trabalho, todas as letras em negrito representam um CC vetorial.

Figura 14 – Representação da órbita de um planeta em torno do Sol



Fonte: Pinto Neto (2003, p. 25).

De acordo com a 2ª Lei, para um mesmo Δt , a área A_1 será equivalente à área A_2 . Isso só é verdade se a velocidade do planeta próximo ao Sol aumentar, e quando ele se afastar a velocidade diminuirá. Assim, utilizando a conservação do momento angular para o ponto mais próximo e mais afastado do Sistema Solar, pode-se chegar à conclusão que:

$$\vec{L}_p = \vec{L}_a \quad (32)$$

$$\vec{r}_p \times \vec{P}_p = \vec{r}_a \times \vec{P}_a \quad (33)$$

$$r_p P_p = r_a P_a \quad (34)$$

$$\frac{r_p}{V_a} = \frac{r_a}{V_p} \quad (35)$$

Assim, se r_p é menor que r_a , V_p deve ser maior que V_a , o que demonstra esta hipótese (PINTO NETO, 2003).

6.1.3 A 3ª Lei de Kepler

Segundo essa Lei, o quadrado do período orbital dos planetas é diretamente proporcional ao cubo de sua distância média ao Sol. Ela estabelece que planetas com órbitas maiores se movem mais lentamente em torno do Sol e, portanto, isso implica que a força entre

o Sol e o planeta diminui com a distância ao Sol (OLIVEIRA FILHO; SARAIVA, 2017). Essa lei está relacionada com a conservação de energia. Em se tratando de órbitas circulares, pode-se chegar à seguinte expressão, apenas igualando a força centrípeta com a gravitacional, logo:

$$\frac{mv^2}{r} = \frac{gMm}{r^2} \rightarrow v^2 = \frac{GM}{r} \quad (36)$$

Onde M é a massa do corpo mais maciço, onde percebe-se que, neste caso, não há dependência da massa do corpo menos maciço, m . Lembrando que o período orbital é $P = 2\pi r/v$, então chega-se à seguinte relação:

$$\frac{(2\pi)^2 r^2}{P^2} = \frac{G(M+m)}{4\pi^2} \quad (37)$$

No sistema solar, em relação às órbitas dos planetas, M é sempre o mesmo (a massa do Sol). Logo, para qualquer planeta, $r^3 \propto P^2$, em que r é o raio da órbita (assumindo circular); de forma genérica, tem-se $r^3 \propto P^2$, onde α é o semieixo maior da órbita elíptica. A Lei de Kepler permanece válida para outros sistemas estelares ou planetários (PINTO NETO, 2018).

Generalizando, a relação acima possui uma pequena dependência com a massa do corpo mais leve:

$$\frac{a^3}{P^2} = \frac{G(M+m)}{4\pi^2} \quad (38)$$

Portanto, utilizando a 3ª Lei de Kepler é possível encontrar o tamanho do semieixo maior das órbitas planetárias através do seu período de translação. Logo, pode-se encontrar a massa do sistema para outros casos através do semieixo maior e do período (PINTO NETO, 2018).

6.2 Lei da Gravitação de Newton

Newton tinha conhecimento a respeito do leve achatamento da trajetória dos planetas, estando mais próximas de uma circunferência do que propriamente de uma elipse. Por esse motivo, a 3ª Lei de Kepler ou Lei das Órbitas permite supor que a velocidade orbital do

astro tenha módulo constante que descreva um movimento de translação circular e uniforme (YAMAMOTO; FUKU, 2013, p. 268). Com isso, Newton levantou a hipótese da existência de uma força de atração universal entre os corpos em qualquer parte do Universo.

A força centrípeta que o Sol exerce sobre um planeta de massa m , que se move com velocidade v a uma distância r do Sol, é dada por:

$$F = m \frac{v^2}{r} \quad (39)$$

Pode-se, nesse instante, assumir uma órbita circular, que posteriormente será generalizada para qualquer tipo de órbita, e onde o período do planeta é dado por:

$$P = \frac{2\pi r}{v} \quad (40)$$

Fazendo uso da 3ª Lei de Kepler tem-se:

$$P^2 = Kr^3 \quad (41)$$

Em que a constante K está diretamente ligada a P e r . Logo:

$$v^2 = \frac{4\pi^2 r^2}{Kr^3} = \frac{4\pi^2}{Kr} \rightarrow v^2 \propto \frac{1}{r} \quad (42)$$

Assim, Newton chegou à conclusão de que dois corpos se atraem mutuamente sempre com forças de intensidade F diretamente proporcionais ao produto de suas massas M e m , e inversamente proporcionais ao quadrado da distância d que separa seus centros de gravidade (YAMAMOTO; FUKU, 2013, p. 269). Então:

$$F = - \frac{GMm}{r^2} \quad (43)$$

Onde G é a constante de proporcionalidade. Ambos, o Sol e o planeta, experimentam a mesma força, porém o Sol permanece aproximadamente no centro do sistema

solar devido à sua massa ser cerca de mil vezes maior que a massa de todos os planetas somados. Vale lembrar que o sinal negativo significa uma força sempre de atração entre os corpos.

Devido às Leis de Kepler e à Gravitação de Newton, o Sol não permanece o mesmo intervalo de tempo em seu movimento aparente por todas as constelações determinadas, e isso influencia no movimento aparente das constelações pela esfera celeste.

Estas duas Leis (Leis de Kepler e Gravitação de Newton) fundamentais para o entendimento do movimento dos planetas, não são relevantes para a construção de uma carta celeste, porém, são extremamente importantes para o entendimento do movimento aparente das estrelas mês a mês, e porque algumas “janelas” de observação de determinadas constelações demoram mais do que outras que se movimentam ao longo da esfera celeste. Vale ressaltar, que devido à diferença no tamanho de cada constelação, percebe-se uma passagem aparente pelo céu mais demorada ou não.

Assim, julga-se ao longo do curso em sala de aula que seria importante explicar estas Leis da cinemática para o grupo de alunos que acompanhou o curso de Astronomia, a fim de que eles pudessem entender o funcionamento do Universo de uma forma mais generalizada, levando em conta não só o que era importante para a construção da carta celeste, mas também os CC, que os auxiliariam a entender o movimento destas constelações e o porquê do movimento cíclico de todas elas ao longo do ano.

7 UM DIÁLOGO NECESSÁRIO SOBRE AS CONSTELAÇÕES CELESTES

A aparência do céu noturno varia de acordo com cada mês e época do ano, pois, como a Terra possui o seu movimento em torno do Sol, ela mostra cenários diferentes de estrelas que juntas formam imagens projetadas na esfera celeste. Como este mesmo movimento também provoca, em parte, as estações do ano, assim cada estação possuirá seu próprio cenário celeste (LONGHINI, 2010). Desta forma, as estrelas apresentam sempre diferenças de horários em seu nascimento a cada dia; ou seja, se elas surgem às 19h em um dia, no outro surgirão às 18h56min, e devido a isso há uma diferença de “cenário estelar” ao longo das estações, justamente motivado por esse movimento de translação da Terra. Em consequência deste efeito, o céu se apresentará de formas diferentes ao longo do passar dos dias e das estações do ano.

Logo, para determinar a posição de um astro ou constelação no céu, precisa-se definir um sistema de coordenadas. Vale lembrar que a distância dos astros aqui é irrelevante, e deve-se utilizar as coordenadas angulares para posicioná-lo na esfera celeste em relação ao sistema de coordenadas adotado, que por sua vez é adotado a partir de um ponto central.

Para facilitar a visualização durante cada estação do ano, adotou-se uma constelação como principal, para servir de referência na localização das demais. As constelações principais, de acordo com cada estação do ano, são: Órion (céu de verão); Leão (céu de outono); Escorpião (céu de inverno); Pégasus (céu de primavera) (LONGHINI, 2010, p. 29).

Foram escolhidas para composição das Cartas Celestes as doze constelações zodiacais que são: Peixes, Áries, Touro, Gêmeos, Câncer, Leão, Virgem, Libra, Escorpião, Sagitário, Capricórnio e Aquário. Além destas, foram escolhidas para compor este trabalho as constelações de Órion, Forno, Perseu, Lebre, Cão Maior, Vela, Centauro, Serpentário, Boieiro, Oitante, Hydra, Cruzeiro do Sul e finalizando em uma carta celeste separada: a constelação dos índios Tupinambás do Maranhão, conhecida como “Constelação do Homem Velho”.

Assim, apresentam-se nas Figuras abaixo as cartas celestes para a região de São Luís do Maranhão:

Figura 15 – Carta Celeste mês Janeiro

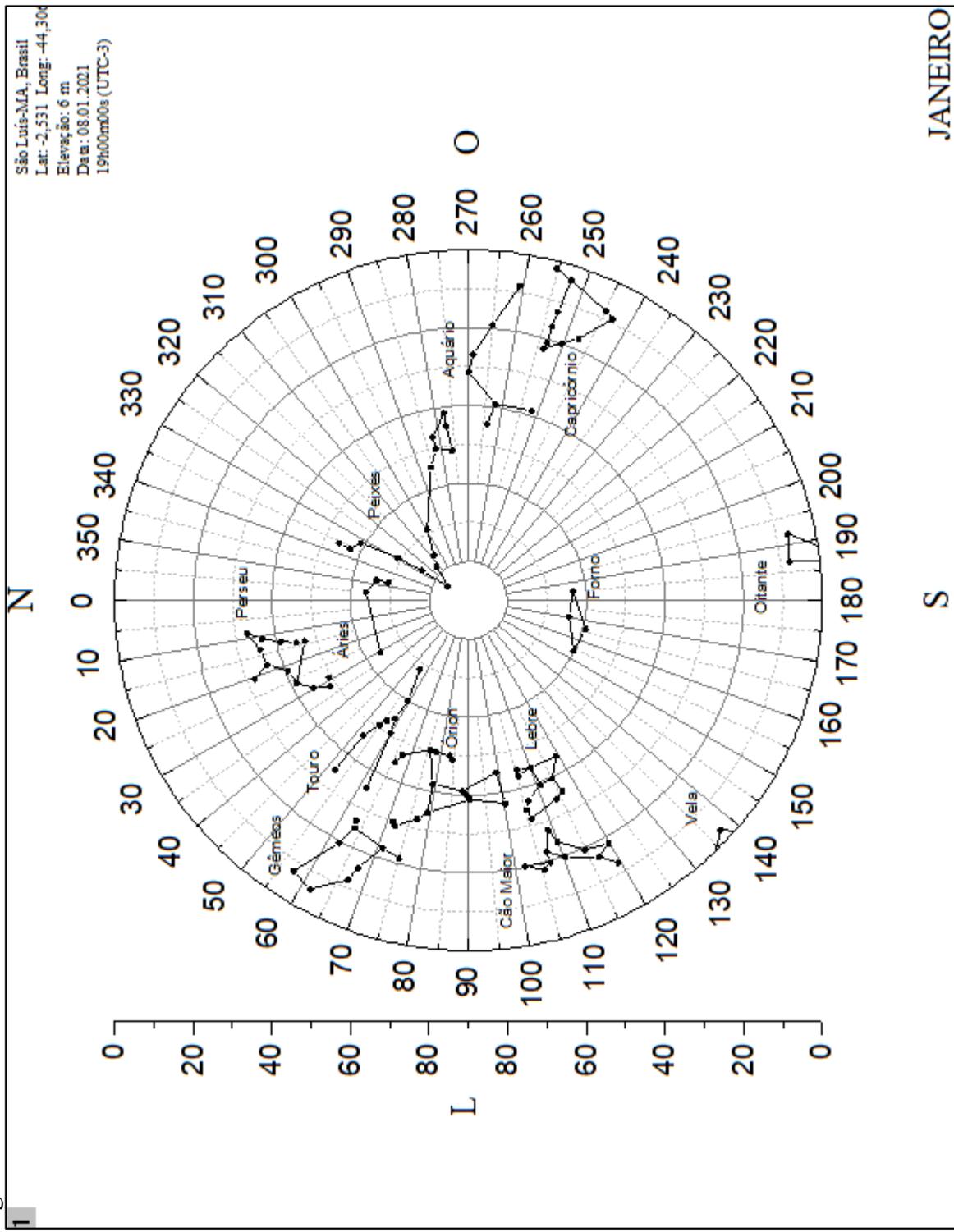
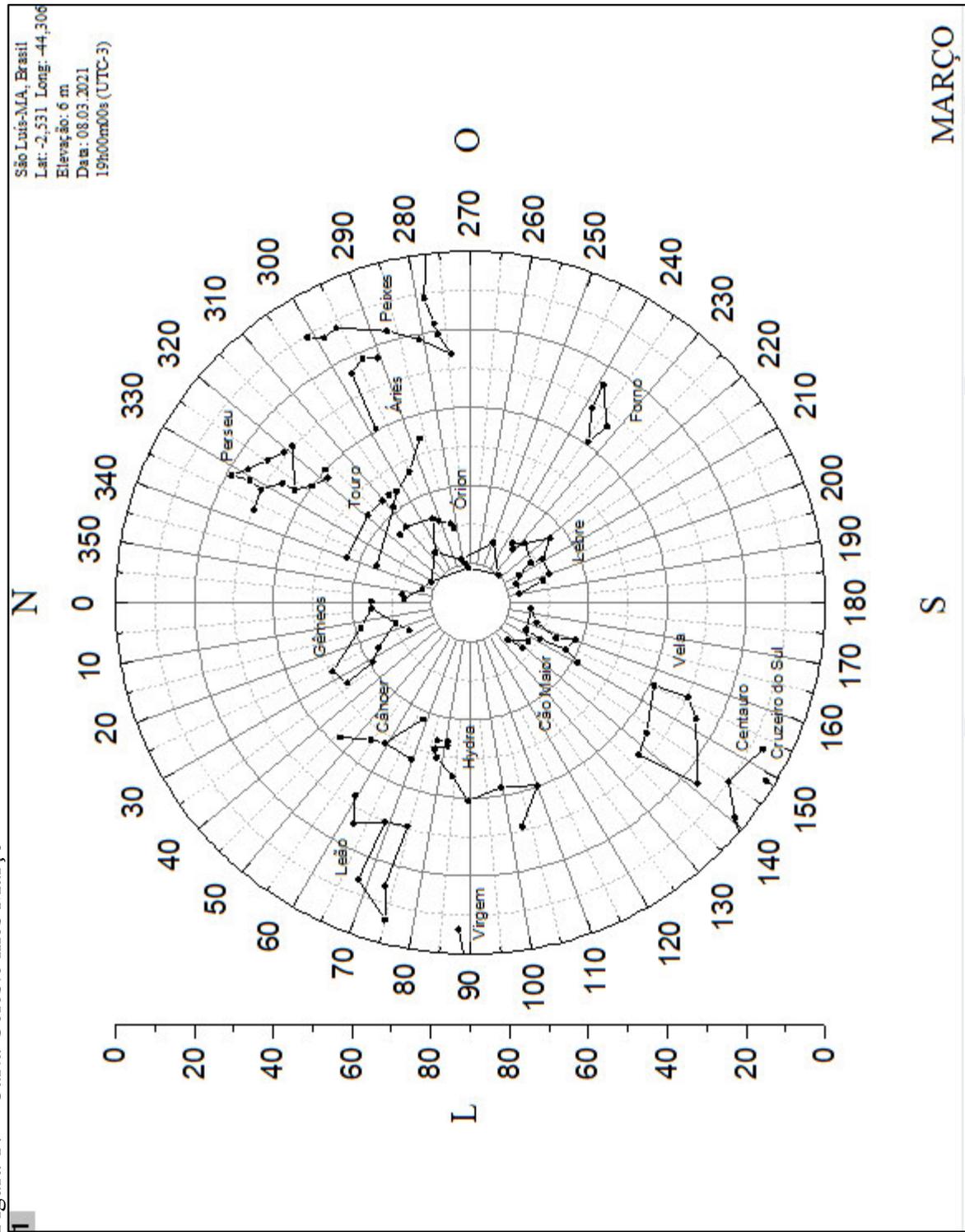


Figura 17 – Carta Celeste mês Março



1 Figura 18 – Carta Celeste mês Abril

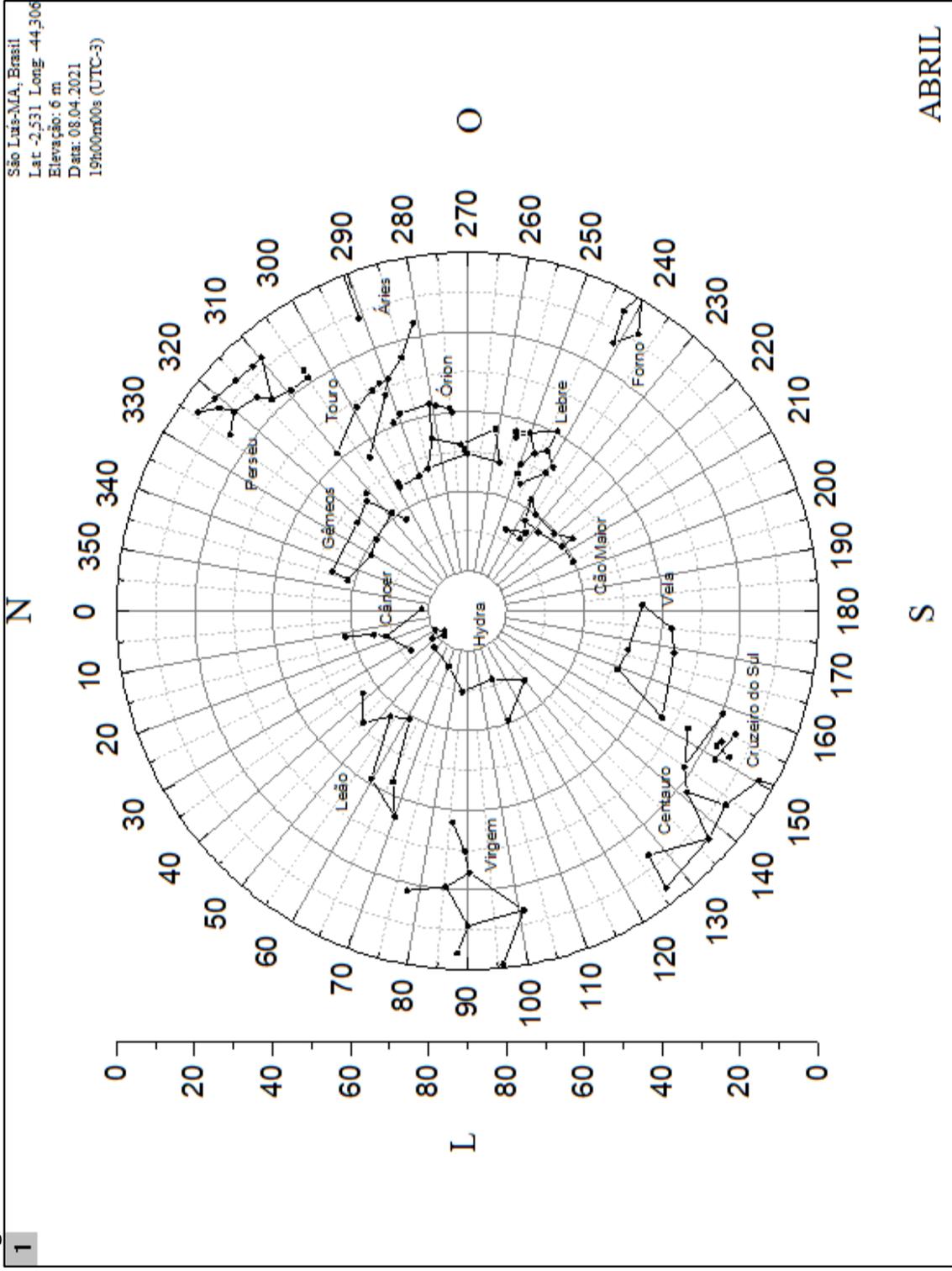
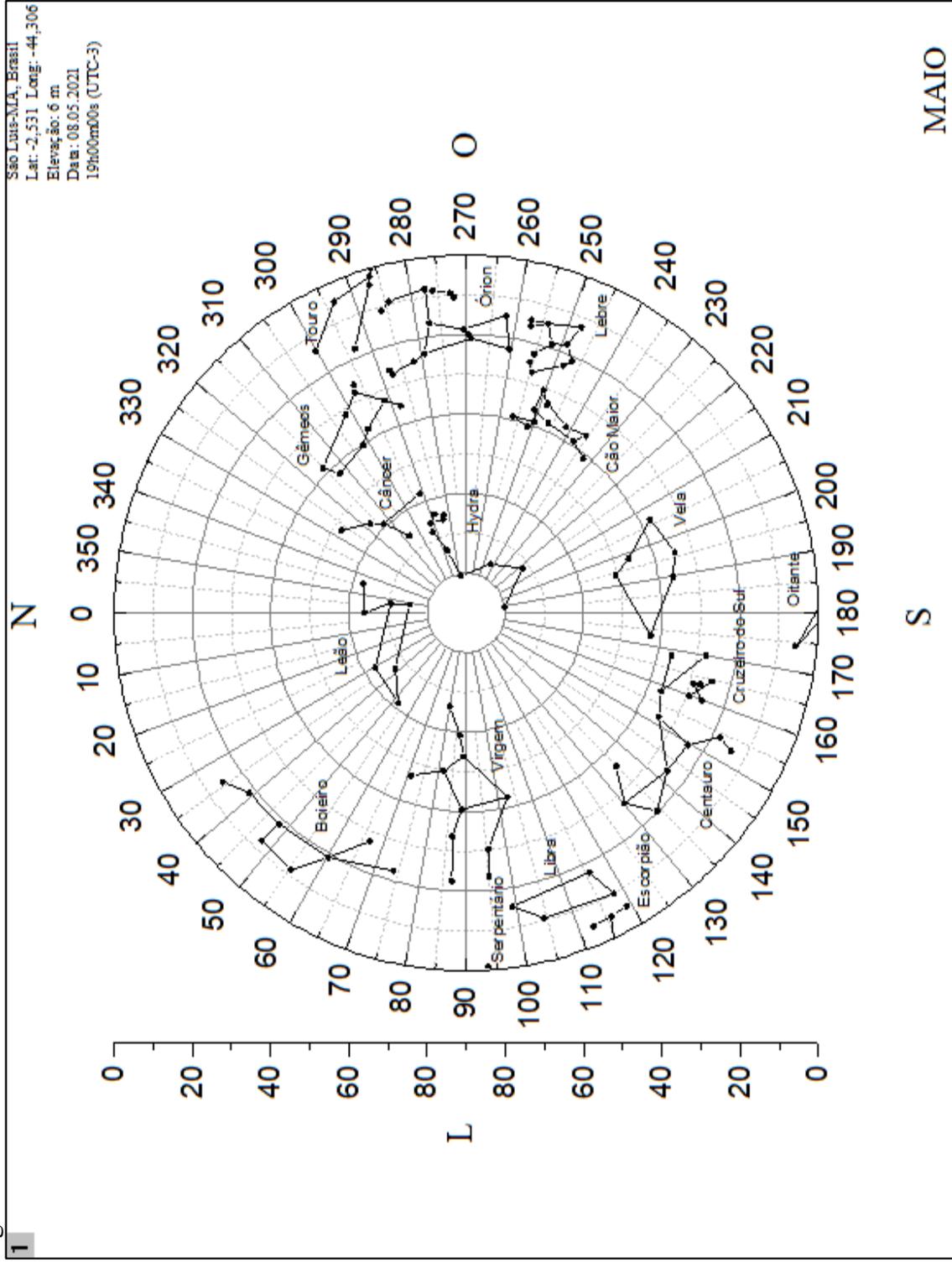


Figura 19 – Carta Celeste mês Maio



1 Figura 20 – Carta Celeste mês Junho

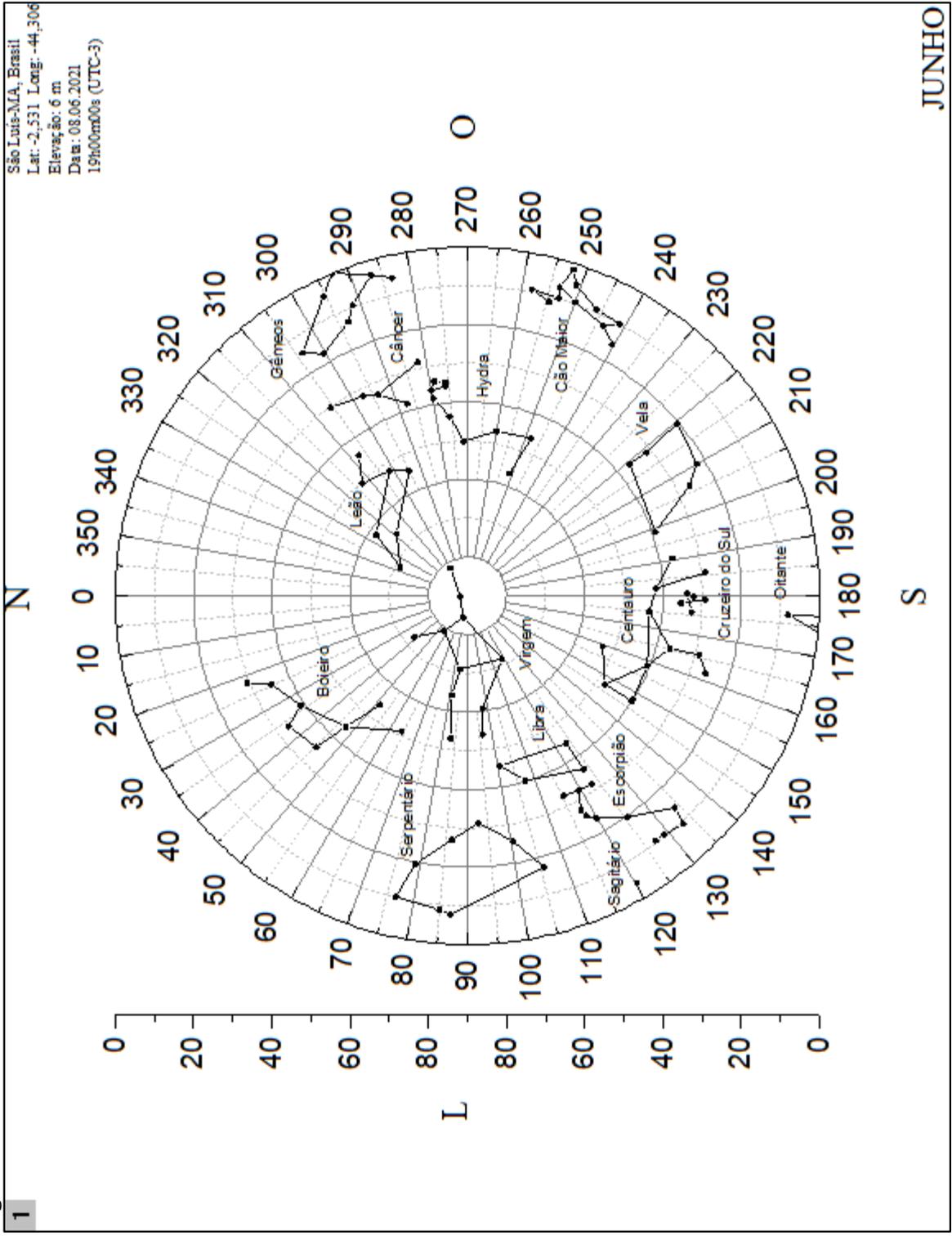
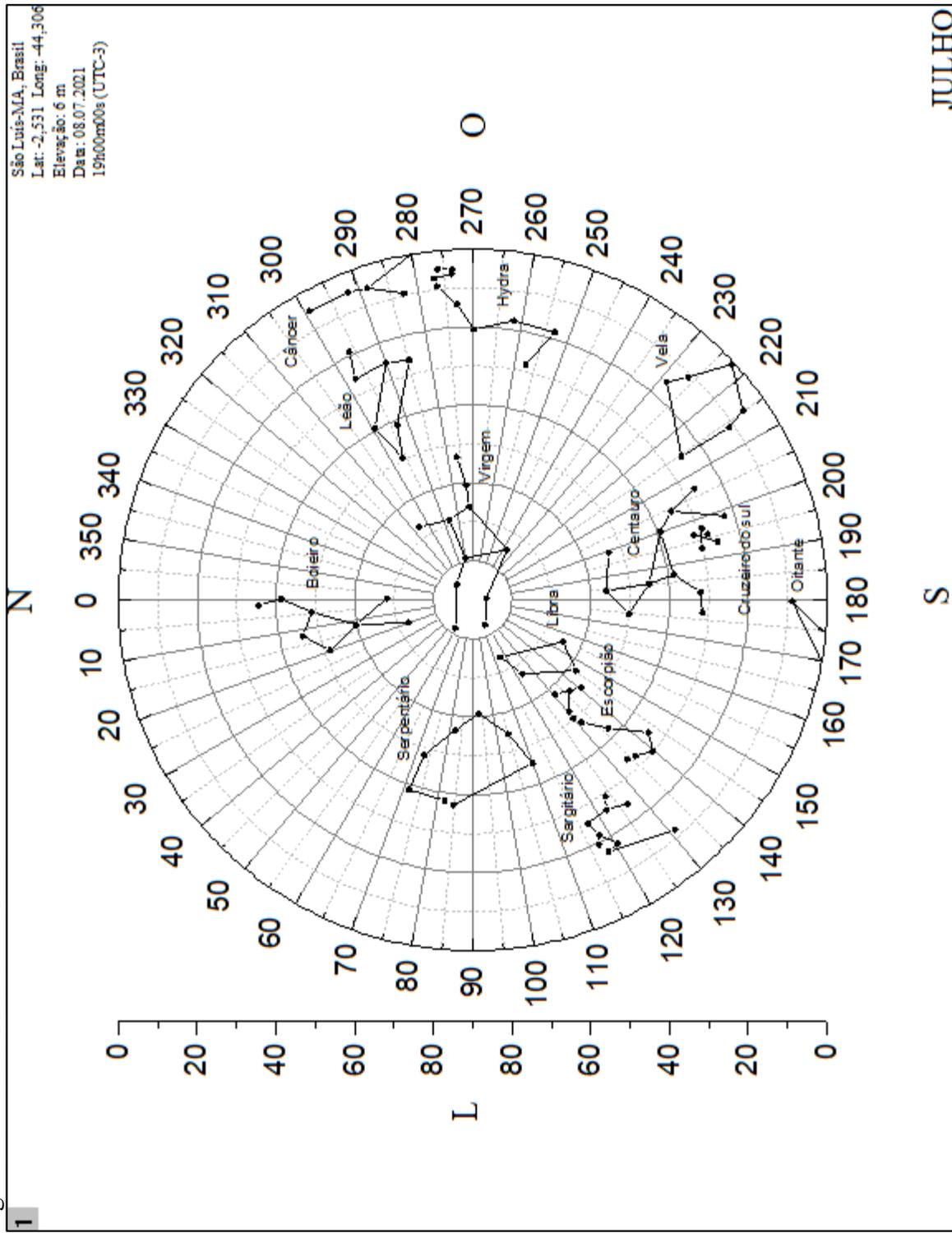
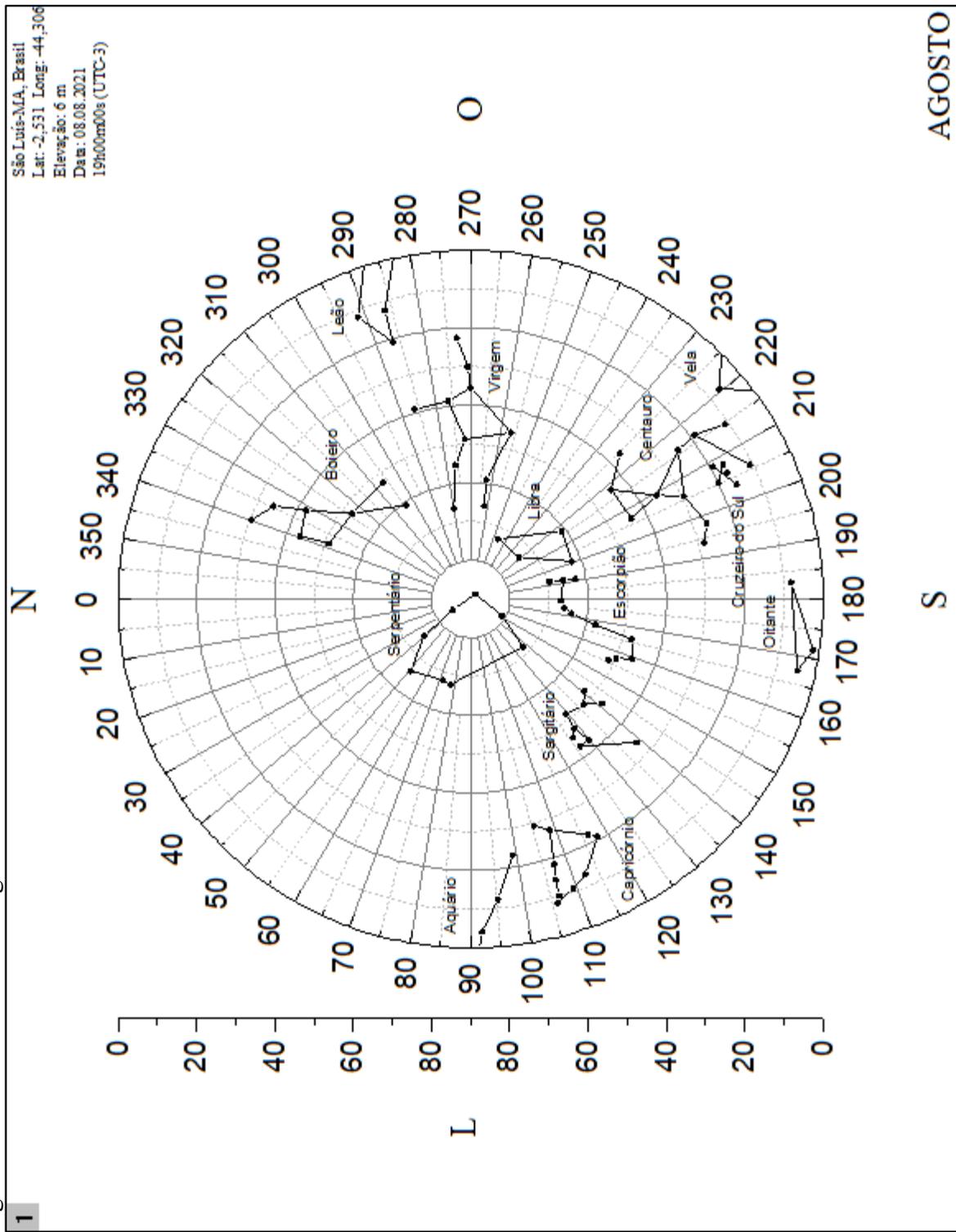


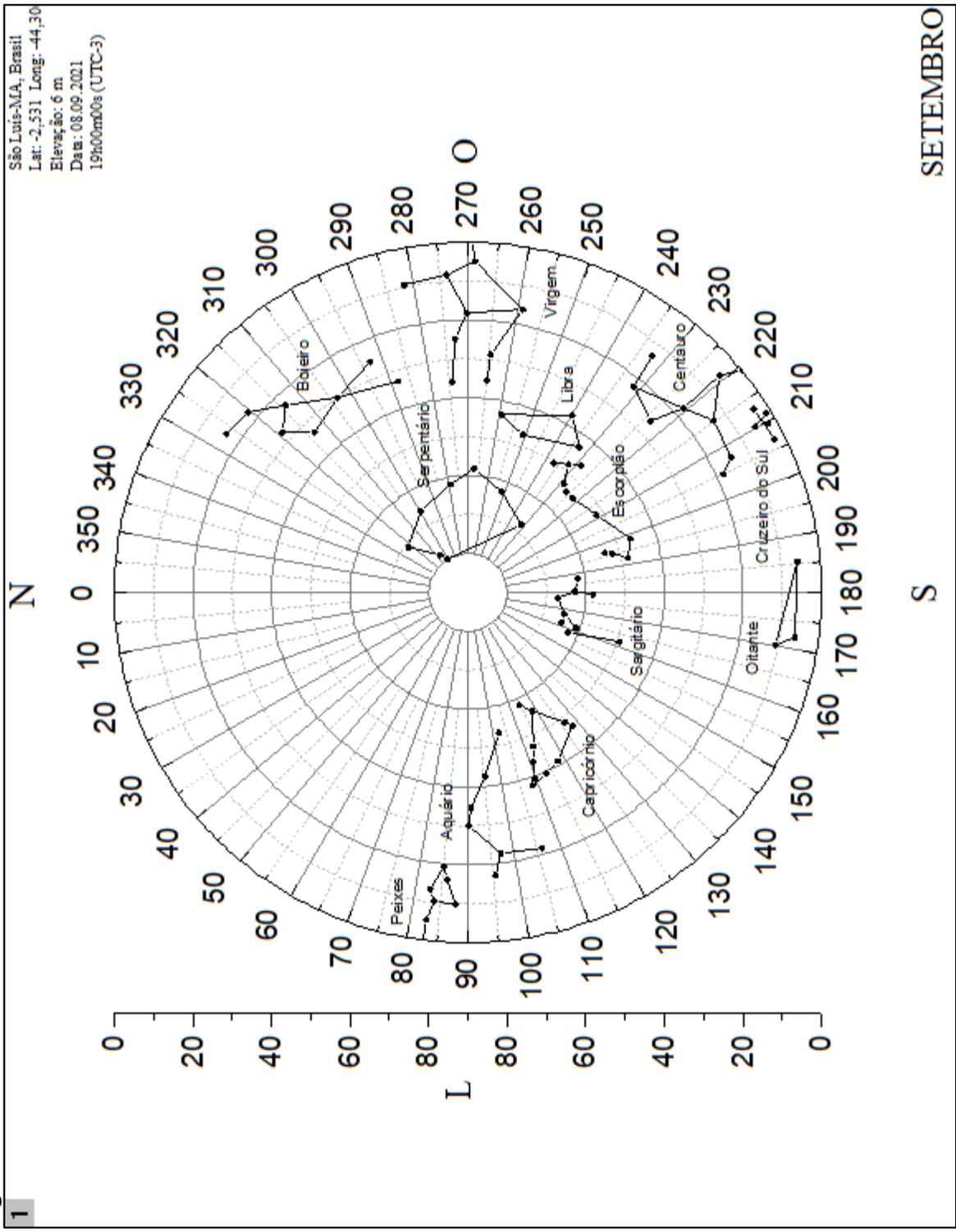
Figura 21 – Carta Celeste mês Julho



1 Figura 22 – Carta Celeste mês Agosto



1 Figura 23 – Carta Celeste mês Setembro



1 Figura 24 – Carta Celeste mês Outubro

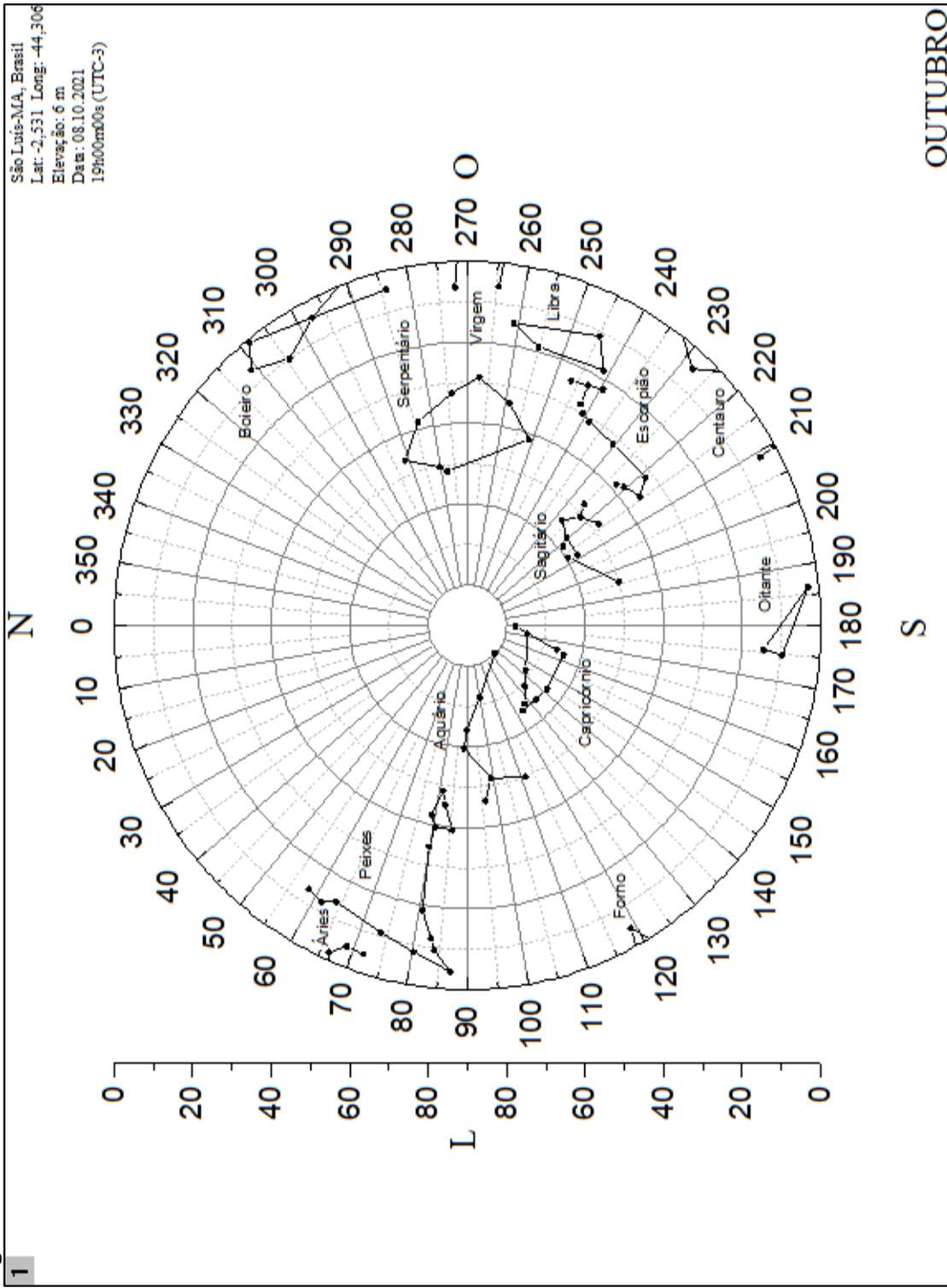
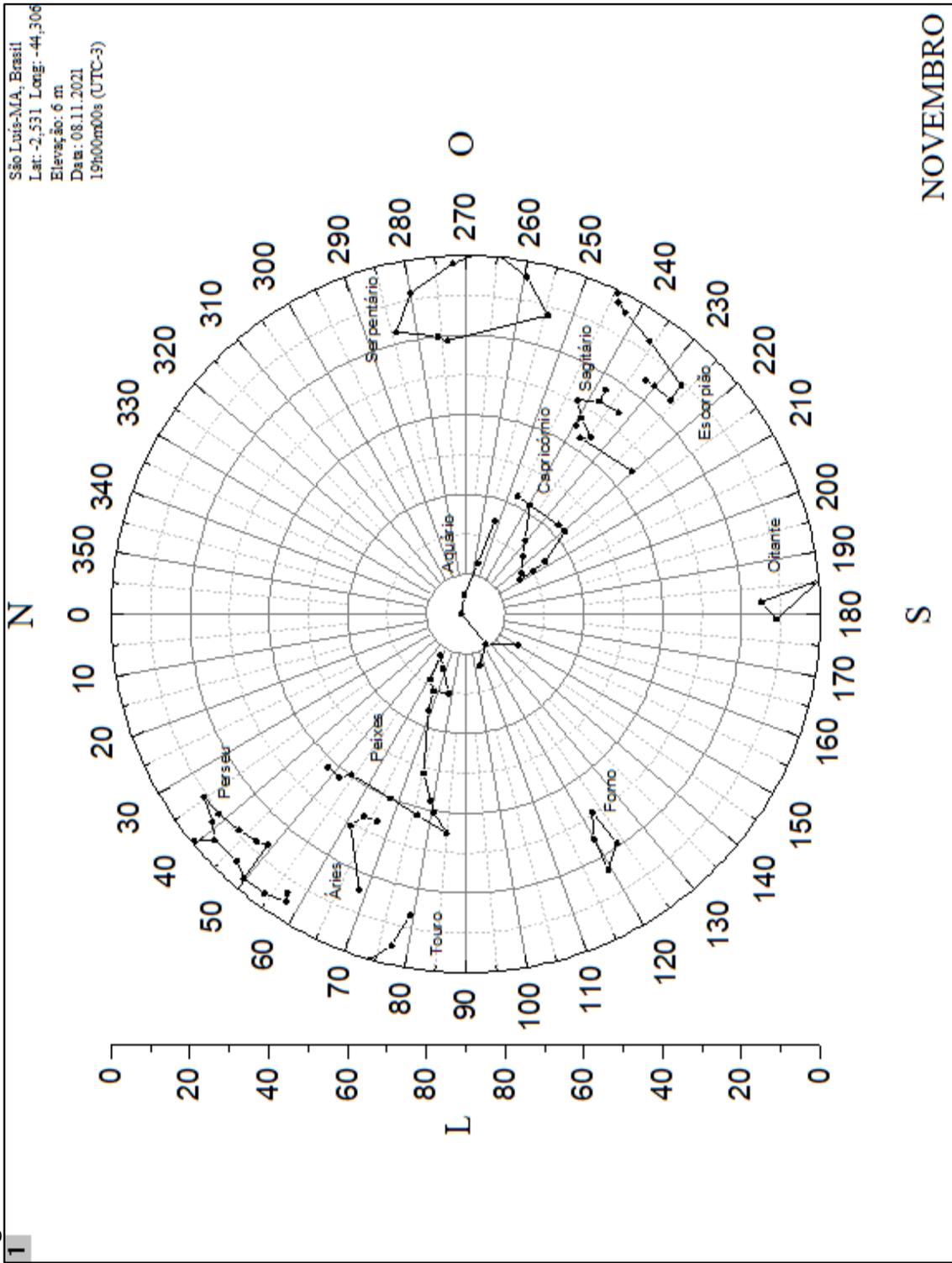
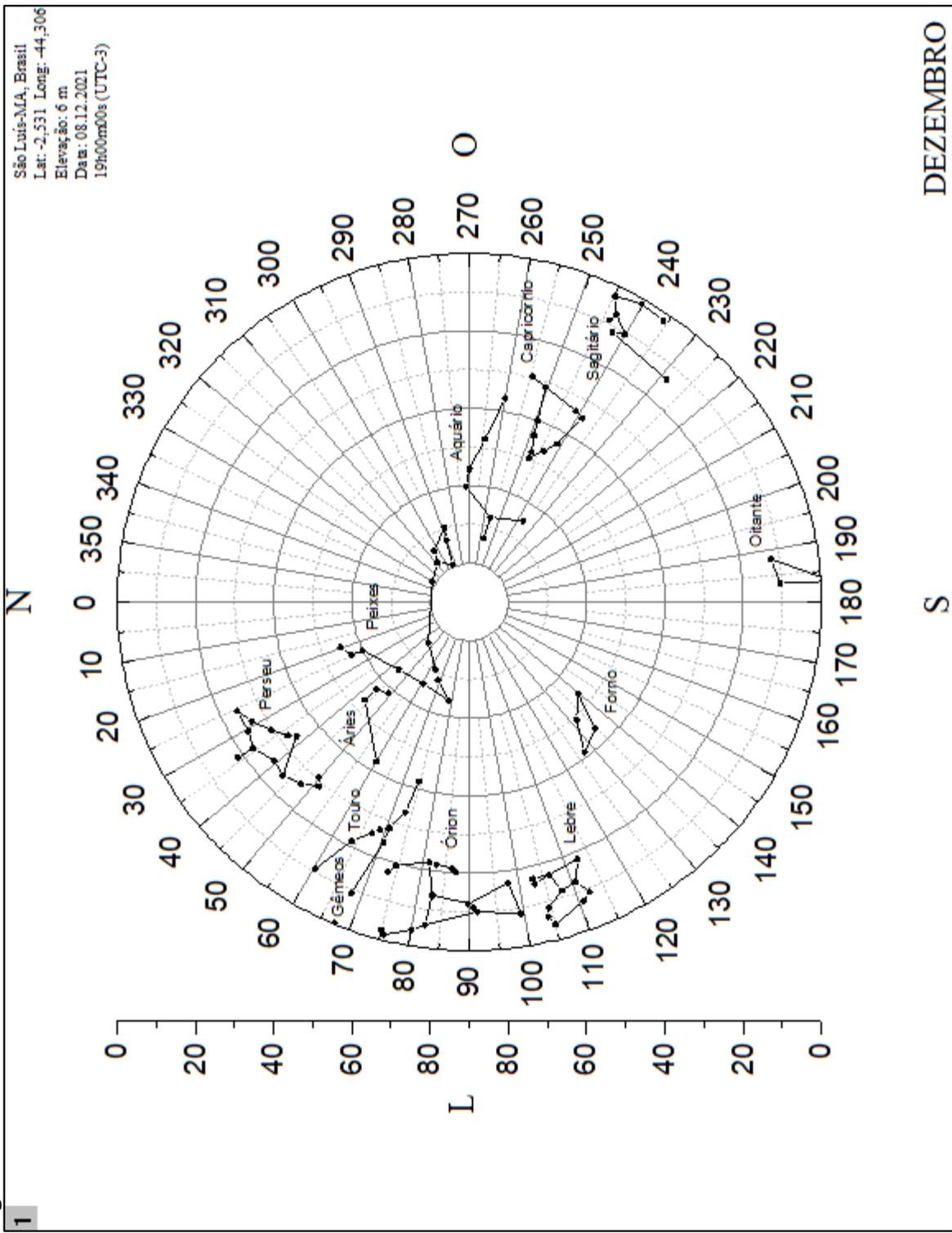


Figura 25 – Carta Celeste mês Novembro

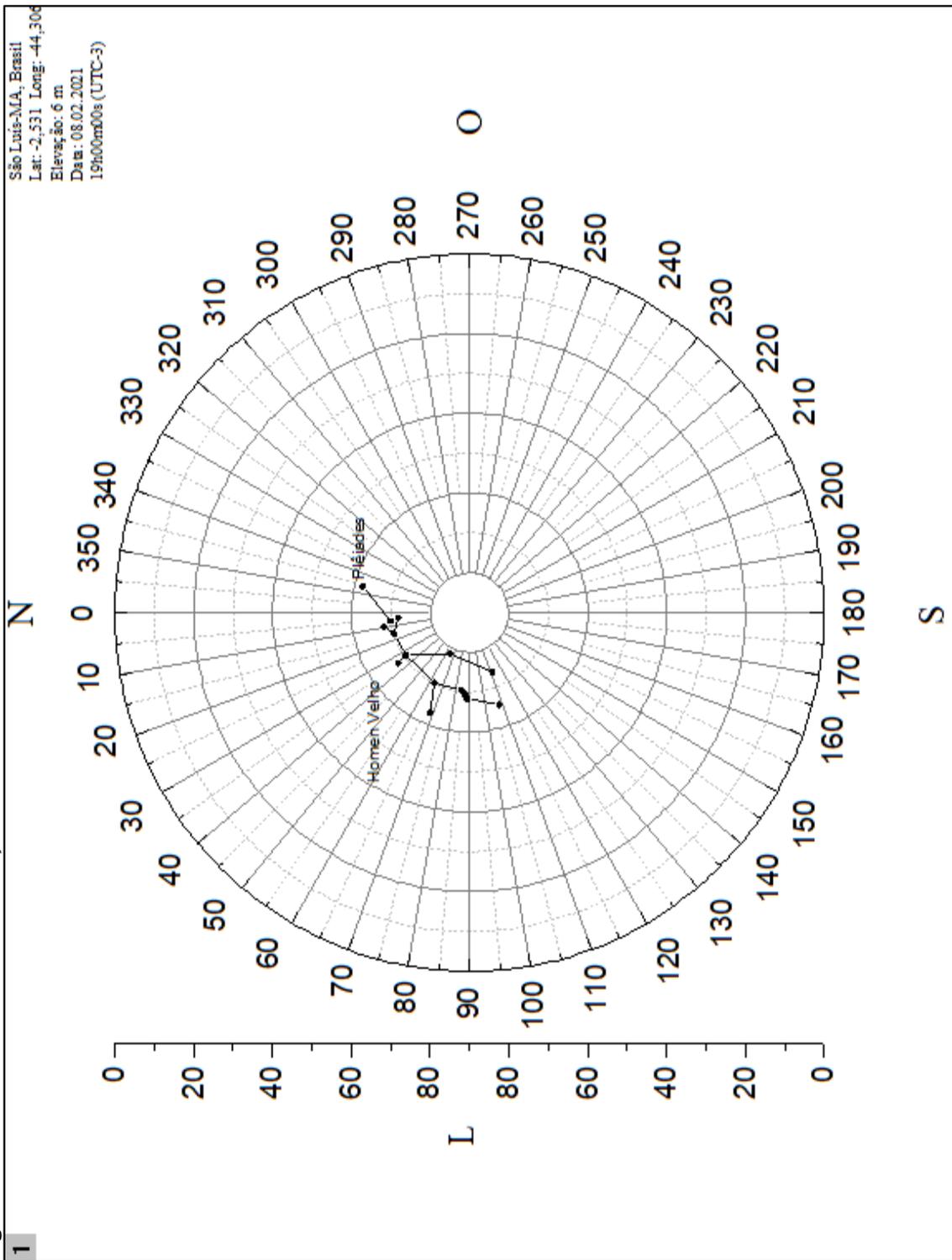


1 Figura 26 – Carta Celeste mês Dezembro



Como tratou-se das constelações indígenas no subcapítulo 2.1, foi elaborada a carta celeste contendo a “Constelação do Homem Velho”, dos Índios Tupinambás do Maranhão. Foi construída apenas essa constelação neste trabalho devido à difícil construção das demais constelações, por se tratar da união de diferentes constelações, o que dificulta a sua construção. Logo, seria necessário buscar a ascensão reta (α) e declinação (δ) de cada estrela que compunha esta constelação, montar a constelação original e, por fim, visualizar a ligação que as estrelas correspondentes faziam, para logo em seguida construir com as coordenadas corretas de cada uma no programa *Origin*.

Figura 27 – Carta Celeste da Constelação do Homem Velho



8 ANÁLISE DE OBSERVAÇÕES COM A CARTA CELESTE E AUXÍLIO DO PROGRAMA *STELLARIUM* COMO NORTEADORES DA PRÁTICA DOCENTE

Um recurso extremamente importante para os alunos associarem com a utilização das Cartas Celestes é através de observações em dispositivos conhecidos como “planetários”.

Os planetários simulam o céu real, longe da poluição luminosa das grandes cidades, podendo ser projetado sob diferentes latitudes no teto de uma sala de aula ou mesmo de quadro. Os alunos realizam uma projeção com o auxílio de um sistema óptico mecânico ou digital.

Os planetários são [...] espaços de ensino, divulgação e cultura científica, proporcionando apresentações e aulas práticas sobre o Universo para escolas, alunos, professores e o público, debaixo de um céu artificialmente estrelado, com abordagens de uma variedade de termos científicos, reproduzindo a aparência do céu em qualquer época do passado ou futuro, e conforme observado em qualquer lugar do planeta (LANGHI, 2009, p. 123-124).

O *site* oficial do *Stellarium* define o *software* como um planetário de código aberto gratuito para computadores. Ele mostra o céu realista em três dimensões, da forma como se observa a olho nu, com o binóculo ou com um telescópio.

O *Software* que simula a esfera celeste, e agrupa um conjunto de imagens de 600 mil estrelas e outros corpos celestes. É extremamente importante para que o aluno possa compreender, através das observações, alguns CC da Astronomia como o movimento aparente das constelações e outros astros que realizam movimentos cíclicos em relação ao tempo, o efeito que a óptica explica em alguns casos de Eclipses e na questão da mudança dos sistemas de coordenadas, que não são levados em consideração nos livros didáticos. Essas respostas não são encontradas em todos os livros de Física, apesar da relação interdisciplinar que a Astronomia possui com todas as outras disciplinas. Nas palavras de (GERMINO, 2014, p. 20):

O software oferece ferramenta para lidar com imagens como estrelas cintilantes e estrelas cadentes, chuvas de meteoros, controle do tempo e zoom, interface em diversos idiomas, projeção olho de peixe para redomas de planetários, controle de telescópios, dentre outros. O programa permite que o usuário faça ajustes personalizados, de modo a inserir as coordenadas geográficas do local onde mora ou de onde deseja visualizar o céu. Também possibilita configurá-lo para qualquer data e horário, de modo que se pode adiantar ou voltar no tempo, revelando a configuração do céu de qualquer época.

Então, a partir da utilização associada do *Stellarium*, com as observações fazendo uso das Cartas Celestes, os alunos terão uma nova visão de alguns fenômenos astronômicos que não conseguiam visualizar em aulas formais, e terão a possibilidade de associar melhor os conceitos da Física que explicam alguns destes fenômenos celestes. A grande vantagem desse

programa é que existe a versão do *software* para celulares, e ele roda sem a necessidade de internet, facilitando as pesquisas em lugares distantes.

Apresenta-se neste trabalho uma visão do céu de São Luís (MA), exatamente na posição encontrada pela interface do *software* de observação *Stellarium*:

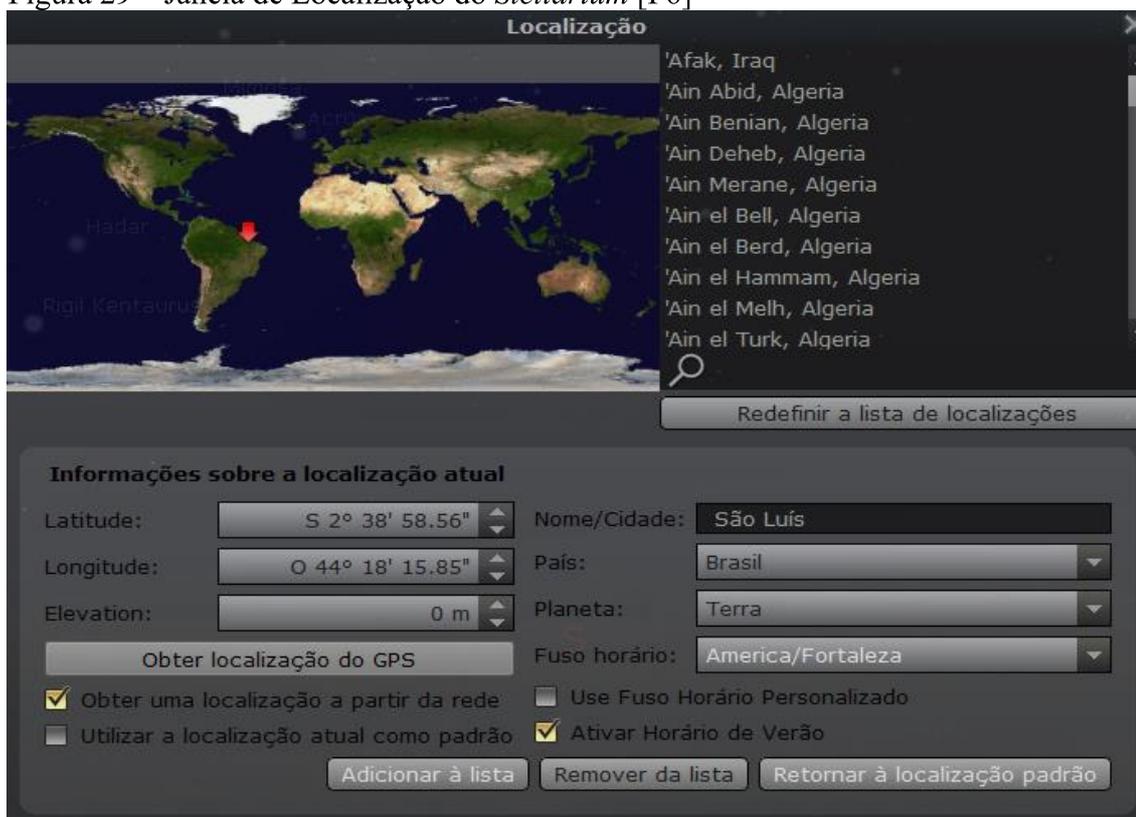
Figura 28 – Visão do céu de São Luís (MA)



Fonte: Programa *Stellarium*.

Ao observar a Figura 28 acima, percebe-se que o ano, mês e o dia estão sincronizados com o horário local da região, bem como aos pontos cardeais têm que ser dada a devida importância na hora de observar os astros celestes. Nesse momento, já se inseriu uma informação fundamental para começar as observações: a latitude e longitude da região observada.

Portanto, antes de usar o *Stellarium* para fazer suas observações, o professor em sala de aula ou o próprio aluno deve ajustar no programa os dados referentes à sua posição, clicando em janela de localização [F6], que em regiões muito distantes, como Maranhão e São Paulo, a latitude varia, e, conseqüentemente, o céu visto no Maranhão não é o mesmo visto em São Paulo para algumas constelações, como visto na Figura 29 abaixo:

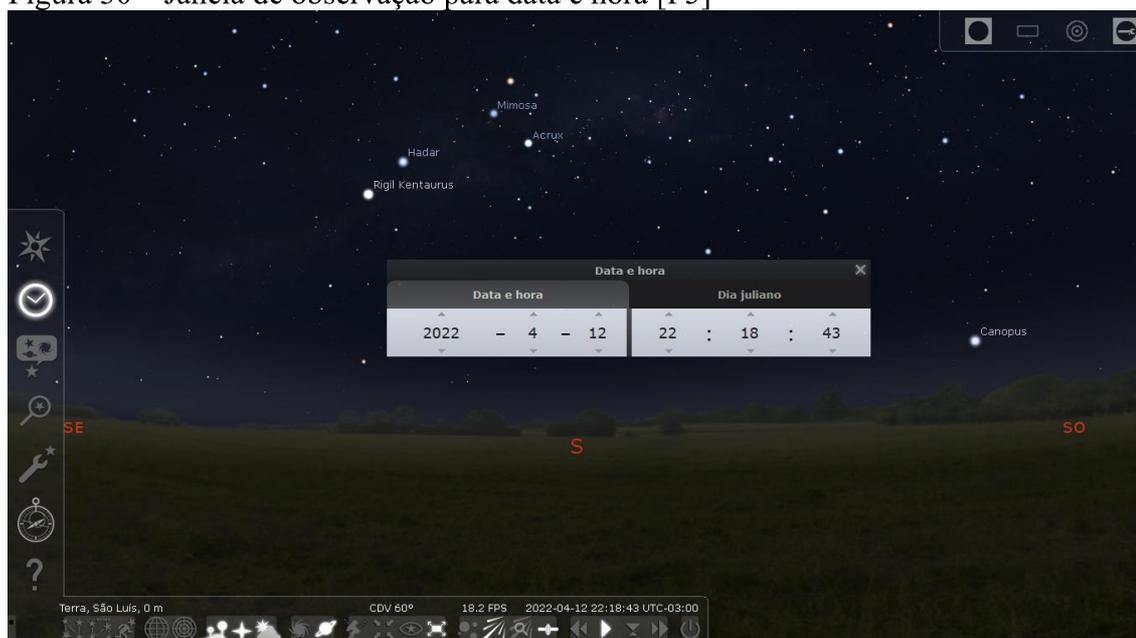
Figura 29 – Janela de Localização do *Stellarium* [F6]

Fonte: Cecílio Júnior (2016, p. 33).

A vantagem desse simulador é que o estudante não precisa se deslocar até o Polo Norte para saber como é o céu visto daquela região, bem como não precisa ir muito longe para perceber que algumas constelações permanecem mais tempo no céu quando vistas de regiões mais ao Sul do Brasil. Em alguns momentos, o professor pode informar aos seus alunos que existe a possibilidade de mudar o referencial de observação para outro planeta clicando no botão “Planeta” ou escolhendo a opção “*Solar System Observer*”, a fim de observar o céu de ângulos diferentes, que em muitos casos é importante para a compreensão de diversos fenômenos astronômicos.

Utilizando as teclas de navegação os alunos têm a oportunidade de realizar uma espécie de viagem pelo espaço, observando algumas constelações em momentos diferentes do dia ou da noite. No caso, se for durante o dia, existe uma maneira de avançar no tempo ou retroceder para que aquele fenômeno ou constelação possam ser vistos naquele momento, bastando utilizar a janela de “data e hora” [F5], associados com os ícones de aumentar a velocidade do tempo ou diminuir a velocidade do tempo nos botões de “controle do tempo”, na barra de ferramentas horizontal do programa, como visto na Figura 30 abaixo:

Figura 30 – Janela de observação para data e hora [F5]



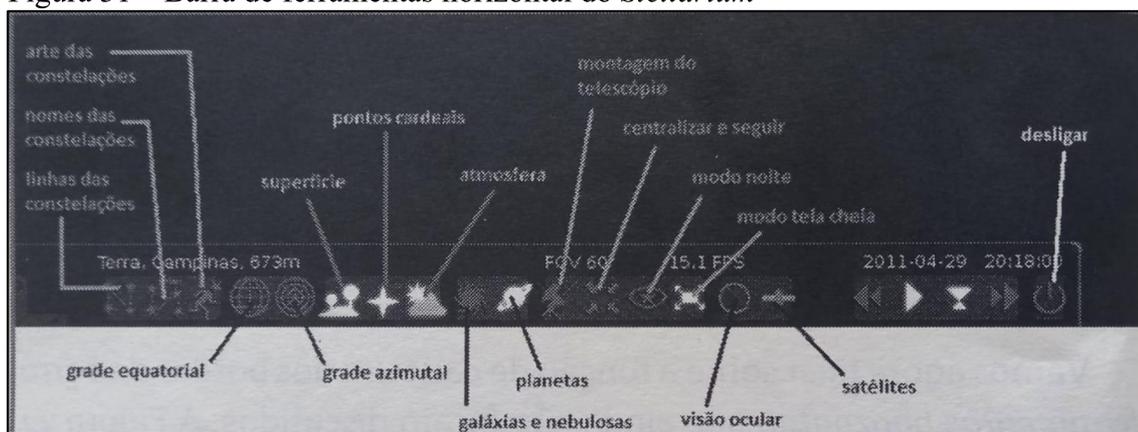
Fonte: Programa *Stellarium*.

Um fator relevante em se utilizar o *Stellarium* é que quando se clica sobre um objeto ele fornece informações importantes, como seu nome, sua magnitude (que está relacionada ao brilho do objeto), sua posição no céu (as coordenadas celestes), a distância do objeto até a Terra, além de outras informações (CECÍLIO JÚNIOR, 2016, p. 38).

Como um telescópio moderno é relativamente caro para ser trabalhado nas escolas estaduais, o *Stellarium* executa a mesma função através das teclas de “zoom in” e “zoom out”, mostrando detalhes do objeto selecionado que não poderiam ser observados a olho nu.

O *Stellarium*, através de sua barra de ferramentas horizontal, apresenta ao estudante a possibilidade de formar figuras no céu como os povos antigos “enxergavam”, clicando no ícone “arte das constelações” (tecla R), bem como verificar o nome de cada constelação clicando em “nome das constelações” (tecla V), além de acionar as linhas de grade equatorial (tecla E) e azimutal (tecla Z), conforme consta na Figura 31 abaixo. Essas últimas funções, permitem ao professor e aos seus alunos observarem e entenderem o movimento das estrelas, porém, como o seu movimento é muito lento se comparado à distância de localização até a Terra, o professor tem, neste simulador, a possibilidade de habilitar as marcações celestes que são as linhas de grade equatorial e azimutal, para que possa estudar os seus movimentos com maior facilidade, como visto na Figura 31 abaixo:

Figura 31 – Barra de ferramentas horizontal do *Stellarium*



Fonte: Cecílio Júnior (2016, p. 46).

Em observações utilizando as cartas celestes e o *Stellarium* como auxiliar, existe, devido ao efeito de rotação da Terra, o inconveniente da impossibilidade de observações de determinadas estrelas como o Sol ao entardecer, ou observar algumas constelações que teoricamente estarão abaixo da linha do horizonte. Porém, o *Stellarium* tem a função de “fazer sumir” a superfície através do ícone “superfície” (tecla G), possibilitando ao aluno perceber o movimento e visualizar a posição abaixo desta superfície horizontal.

Da mesma forma, o amanhecer impossibilita a visualização de estrelas e constelações, porém, isso não impossibilita o professor de mostrar o céu naquele momento e realizar um estudo das constelações sobre a esfera celeste. Para isso, basta que ele desligue a “função atmosfera” (tecla A), e suponha a partir desse ponto que a Terra não possui atmosfera, pois ela espalha a luz proveniente do Sol, iluminando todo o céu e impossibilitando qualquer estudo das estrelas naquele momento com seus alunos. Assim, o professor teria, teoricamente, que esperar o próximo anoitecer, e o *Stellarium* consegue simular esse efeito da rotação da Terra mais rapidamente.

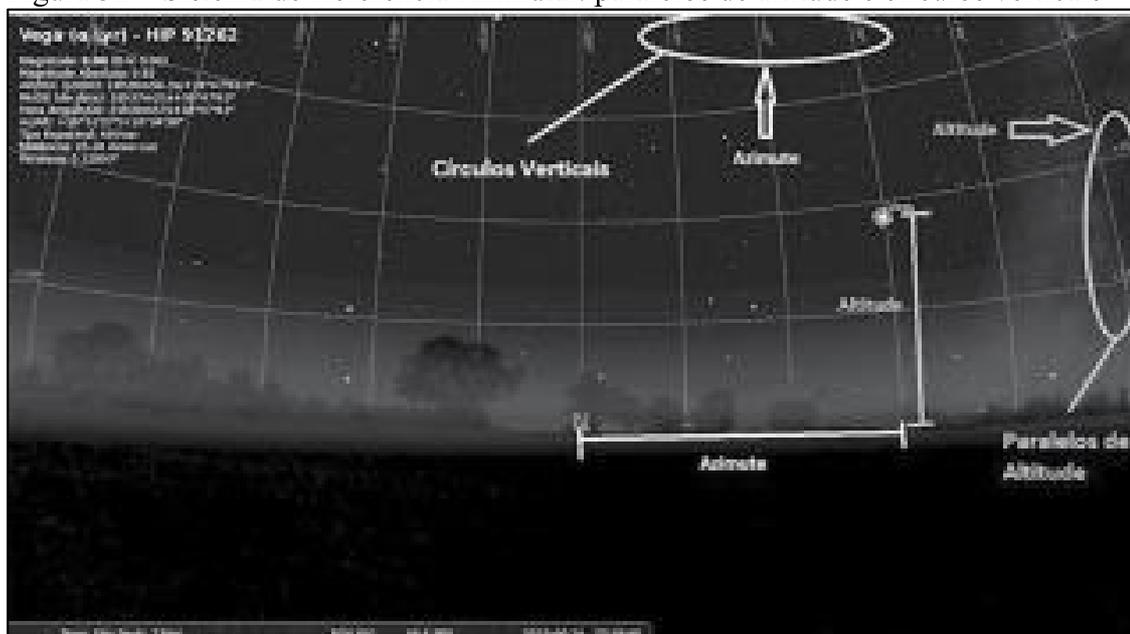
Ao observar o céu utilizando o simulador no celular, o estudante tem a vantagem de que o próprio celular sincroniza constantemente a sua localização, permitindo uma maior observação das estrelas e comparação das constelações em sua carta celeste, permitindo um aprendizado mais significativo sobre os astros e os seus movimentos aparentes no céu.

Em uma pesquisa utilizando o *Stellarium*, o aluno tem a oportunidade de comparar as constelações observadas com aquelas geradas por ele através de outro programa para a construção de sua carta celeste, verificar a posição azimutal, a sua altura, ou seja, os dados da estrela que ele selecionou aparecem no canto superior esquerdo da tela do computador. Caso o aluno ainda não tenha construído a sua carta celeste, ele pode fazer uso das coordenadas equatoriais (ascensão reta e declinação) daquela estrela, para transformar de equatoriais para

coordenadas horárias, e concluindo os seus cálculos, encontrando as coordenadas altazimutais (azimute e altura).

Assim, como visto na Figura 32 abaixo, o *Stellarium* possui uma importante função que é a “grade azimutal” (tecla Z), na qual, da mesma forma que os paralelos e meridianos são usados em um a Mapa Mundi para determinação da latitude e longitude, os paralelos de altitude e os círculos verticais servem para determinação da altitude e do azimute, respectivamente. Os paralelos de altitude são círculos paralelos ao horizontal, e passam pelo zênite. Logo, da mesma maneira que acontece com os paralelos e meridianos, todo círculo vertical é um círculo máximo da esfera celeste, enquanto o único paralelo de altitude que é um círculo máximo é o horizonte (CECÍLIO JÚNIOR, 2016, p. 124).

Figura 32 – Sistema de Referência Azimutal: paralelos de altitude e círculos verticais



Fonte: Cecílio Júnior (2016, p. 124).

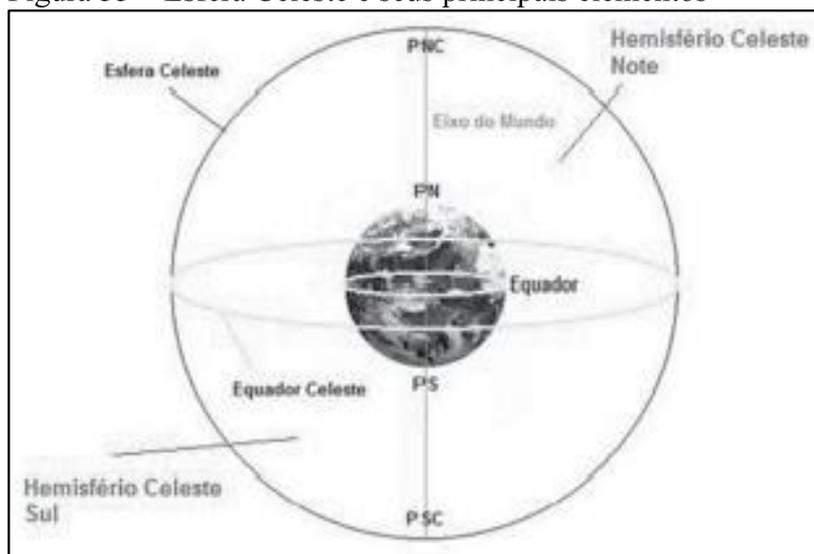
Como exercício de observação, o professor pode fazer a seguinte pergunta durante uma observação com os seus alunos, utilizando as cartas celestes: Se estipularmos um horário de observação e uma data, porém, em localidades diferentes, o que ocorreria com aquele corpo celeste, no caso uma estrela?

Porém, esperar a noite inteira levaria muito tempo, e o professor pode simular esse movimento utilizando o próprio *Stellarium* com os seus alunos, afirmando para os mesmos que as estrelas possuem um movimento aparente no céu. E conforme elas se movem, elas mudam de posição, alterando, assim, as suas coordenadas azimutais. O sistema azimutal é local, ou seja,

as coordenadas de um mesmo objeto celeste dependem do local de observação (CECÍLIO JÚNIOR, 2016).

Percebe-se que ao realizar um momento de observação, tem-se a sensação visual de que o céu é uma superfície esférica. Essa superfície convencionou-se chamar de “esfera celeste”, como visto na Figura 33 abaixo:

Figura 33 – Esfera Celeste e seus principais elementos



Fonte: Cecílio Júnior (2016, p. 135).

O planeta Terra e a esfera celeste são concêntricas, ou seja, possuem o mesmo centro por onde passa uma reta chamada “eixo do mundo”. Cabe aqui ressaltar que não se pode deixar de considerar a inclinação desse eixo da ordem de $23^{\circ}26'$, e é conhecido como “eixo do mundo”. O eixo do mundo é exatamente o eixo de rotação da Terra. Esta executa uma revolução completa ao longo de 23h56 min. Os pontos de intersecção do eixo do mundo com a esfera celeste são conhecidos como “polos celestes”. Tem-se, portanto, o Polo Norte Celeste (PNC) e o Polo Sul Celeste (PSC), que representam as projeções dos polos geográficos Norte e Sul da Terra sobre a esfera celeste.

A representação da linha expandida do equador representa o equador celeste na esfera imaginária. A parte visível do equador celeste sempre “começa” do ponto cardinal Leste e “termina” no ponto cardinal Oeste, para qualquer observador em qualquer ponto da superfície terrestre. O equador celeste divide o céu em duas metades chamadas de “hemisférios”: o hemisfério celeste norte e o hemisfério celeste sul (CECÍLIO JÚNIOR, 2016). Vale ressaltar que o equador celeste é um elemento imóvel da esfera celeste, servindo de referência fundamental.

Na verdade, os polos celestes seriam imóveis se o eixo do mundo ficasse totalmente imóvel. Entretanto, da mesma forma que acontece com o eixo de rotação de um pião, o eixo de rotação da Terra, ou seja, o eixo do mundo muda de posição em um movimento periódico chamado precessão. Assim, os polos celestes também mudam de posição no céu, com o decorrer do tempo. Entretanto, o movimento de precessão do eixo da Terra é muito lento possuindo um período de aproximadamente 26 000 anos. Ao longo da existência de uma vida humana, digamos 100 anos, essa mudança é tão pequena que podemos considerar, para aplicações onde não se deseja muita precisão, que os polos celestes ficam imóveis (CECÍLIO JÚNIOR, 2016, p. 137).

Um elemento muito importante que tem que se levar em consideração ao observar as estrelas projetadas na esfera celeste com os alunos é explicar a ideia de meridiano celeste. Assim como no globo terrestre há o meridiano geográfico, da mesma forma projetado na esfera celeste tem-se o meridiano celeste.

O meridiano celeste é uma linha fundamental do sistema azimutal, e representa a projeção do meridiano terrestre no céu. Ele começa exatamente no ponto cardinal Norte, passando pelo zênite do observado e terminando no ponto cardinal Sul. Qualquer ponto situado nessa linha possui coordenada azimutal 0° ou 180° (CECÍLIO JÚNIOR, 2016).

Da mesma forma que se traça paralelos e meridianos sobre a superfície da Terra, usando os polos e o equador como referência, a fim de encontrar uma cidade fixa na superfície da Terra, de forma equivalente se pode traçar paralelos e meridianos na superfície da esfera celeste, utilizando os polos e o equador celeste como eixo norteador, a fim de localizar um corpo celeste fixo na esfera celeste. Esse sistema de referência denomina-se “sistema equatorial”, e qualquer ponto situado nessa esfera celeste pode ser localizado através de duas coordenadas; declinação (DEC) e ascensão reta (RA) (CECÍLIO JÚNIOR, 2016), como mostra a Figura 34 abaixo:

Figura 34 – Sistema Equatorial: Ascensão Reta e Declinação



Fonte: Cecílio Júnior (2016, p. 151).

A declinação é idêntica à latitude, só que para estrelas no céu: estrelas sobre o equador celeste tem declinação de 0° . O PNC tem declinação de -90° ou 90° S.

A ascensão reta se assemelha à “longitude celeste”. No entanto, enquanto a longitude varia de 180° Oeste até 180° Leste, a ascensão reta varia de zero a 24 horas. De forma equivalente se convencionou adotar 0° (zero grau) de longitude como sendo a longitude do meridiano que passa por Greenwich, em que se convencionou também adotar zero horas de ascensão reta ao meridiano celeste, que passa pelo ponto onde o Sol cruza o equador celeste no início da primavera no hemisfério Norte. Esse ponto é conhecido como “primeiro ponto de Áries” ou “Ponto Gama”. A ascensão reta cresce na direção oposta ao movimento diurno aparente das estrelas (CECÍLIO JÚNIOR, 2016, p. 150).

Vale ressaltar, que enquanto as coordenadas azimutais de uma estrela variam com o tempo e de acordo com o local de observação, as coordenadas equatoriais são fixas, como se fossem a latitude e longitude de uma estrela.

Nos momentos de observação das estrelas e constelações com o uso das Cartas Celestes e do programa *Stellarium*, ao aluno é apresentada em uma determinada localidade na superfície da Terra a três tipos de estrelas: estrelas que sempre ficam acima do horizonte o tempo inteiro; estrelas que ficam certo tempo acima e certo tempo abaixo do horizonte, ao longo de 24 horas; e estrelas que sempre ficam abaixo do horizonte. O tamanho das regiões do céu que abrigam cada um desses tipos de estrelas depende da latitude do local de observação. O sentido do movimento das estrelas desde o nascimento até desaparecer é sempre do horizonte Leste para o horizonte Oeste (CECÍLIO JÚNIOR, 2016, p. 156).

A cada dia, existe um adiantamento de quatro minutos no movimento das estrelas: se uma estrela nasce em uma posição P do céu hoje no horário t , amanhã ela estará na mesma posição P no horário $t - 4\text{min}$. Se uma estrela nasce no horizonte hoje às 19:00 num certo ponto P do horizonte Leste, amanhã ela vai nascer às 18:56 no mesmo ponto P do horizonte Leste. E se a estrela está na posição P hoje no horário t , amanhã ela estará um grau adiantada em seu movimento de rotação em torno dos polos celestes no mesmo horário t (CECÍLIO JÚNIOR, 2016, p. 159).

Assim, pode-se facilmente entender o movimento das estrelas ao longo do ano e utilizar o *Stellarium* para comparar os resultados ou mesmo realizar observações analisando o comportamento de cada constelação de forma interdisciplinarizada com a Física, e utilizando argumentos embasados em conhecimentos científicos, a fim de compreender esses movimentos.

9 METODOLOGIA E APLICAÇÃO DO PRODUTO EDUCACIONAL

Segundo Fonseca (2002), *methodos* significa organização, e *logos* estudo sistemático, pesquisa, investigação; ou seja, metodologia é o estudo da organização, dos caminhos a serem percorridos, para se realizar uma pesquisa ou um estudo, ou para se fazer ciência. Etimologicamente, significa o estudo dos caminhos dos instrumentos utilizados para fazer uma pesquisa científica.

A metodologia apresentada neste trabalho é de cunho qualitativo. Para Minayo (2008), o importante da pesquisa qualitativa é a objetivação, pois durante a investigação científica é preciso reconhecer a complexidade do objeto de estudo, rever criticamente as teorias sobre o tema, estabelecer conceitos e teorias relevantes, usar técnicas de coleta de dados adequadas e, por fim, analisar todo o material de forma específica e contextualizada.

A objetivação contribui para afastar a incursão excessiva de juízos de valor na pesquisa: são os métodos e técnicas adequados que permitem a produção de conhecimento aceitável e reconhecido (MINAYO, 2008).

Para que os dados fossem obtidos, foram utilizados os seguintes instrumentos de coleta: entrevista semiestruturada de perguntas fechadas, avaliação realizada pelos alunos sobre a eletiva ministrada, construção das Cartas Celestes com os alunos e socialização através das observações com uso dessas Cartas.

Portanto, este trabalho utiliza o método observacional, que de acordo com Gil (2008) o estudo por observação apenas analisa algo que acontece ou já aconteceu. Desta forma, esta pesquisa se caracteriza com o método observacional, pois desenvolveu observações das constelações celestes.

Do ponto de vista da natureza do problema, foi escolhida a pesquisa qualitativa devido exatamente a esse caráter crítico, utilizando técnicas de coleta dos dados necessários para que os alunos pudessem começar a construir as suas próprias cartas, e entender como utilizá-las de acordo com o dia e horário que eles tiveram que adotar durante o decorrer da eletiva que se denomina “Descobrimo o Universo”.

O curso de Astronomia, a construção da carta celeste e a sua utilização em aulas formais e não formais foram realizados através das disciplinas eletivas que no IEMA constituem a “Parte Diversificada” do currículo, e tem uma importância fundamental no intuito de auxiliar e complementar CC que fazem parte da BNCC, e não podem deixar de ser ministrados no decorrer do Ensino Médio. Porém, essas disciplinas eletivas são expostas para os alunos em um momento chamado “Feirão das Eletivas”, onde as disciplinas podem ser escolhidas por cada

aluno, de acordo com a sua afinidade e com o número de vagas disponível. Desse modo, apenas nove alunos se inscreveram nesta disciplina eletiva ofertada.

Na construção desta carta celeste, que foi realizada em um período anterior ao curso de Astronomia ministrado durante a execução da referida eletiva, selecionaram-se as estrelas que compõem a faixa do zodíaco: Peixes, Áries, Touro, Gêmeos, Câncer, Leão, Virgem, Libra, Escorpião, Sagitário, Capricórnio e Aquário. Além destas foram escolhidas – para compor este trabalho – as constelações: Órion, Forno, Perseu, Lebre, Cão Maior, Vela, Centauro, Serpentário, Boieiro, Oitante, Hydra, Cruzeiro do Sul, e finalizando em uma carta celeste separada, referente à constelação dos índios Tupinambás do Maranhão, conhecida como “Constelação do Homem Velho”.

Vale ressaltar que o cálculo para qualquer estrela é equivalente, então selecionou-se apenas a estrela “Beta Crux” (Mimosa), constituinte da constelação conhecida como “Cruzeiro do Sul”, para a realização do cálculo a partir da latitude de São Luís do Maranhão, já que para as outras estrelas os cálculos seguem o mesmo padrão, mudando apenas a ascensão reta (α) e declinação (δ), que são constantes durante longos períodos para cada estrela.

A coleta de dados, análises e interpretações dos resultados desta pesquisa foram realizadas no Instituto Pleno Professor Doutor João Bacelar Portela, portanto, se configurando uma pesquisa de campo.

De posse da ascensão reta e declinação de cada estrela, e seguindo os estudos de (JUSTINIANO; BOTELHO, 2016), conseguiu-se – através dessas coordenadas equatoriais – calcular o ângulo horário através da soma da declinação com o tempo sideral local calculado de cada uma das estrelas compostas nesta Carta, e concluindo com os cálculos das coordenadas altazimutais (azimute e altura).

A partir do resultado encontrado das coordenadas horizontais para a estrela calculada, nesse caso Beta Crux, realizou-se a comparação com o programa *Stellarium*. De acordo com a Tabela 1 abaixo, pode-se observar que os valores de Az e h , determinados nesta pesquisa, são compatíveis com os do *software*, mas com a diferença inferior a um grau, tanto para o azimute quanto para a altura. Isso ratifica o argumento que, como esse método simplificado não leva em conta as correções periódicas das coordenadas, é possível construir a carta celeste.

Os valores de Az e h para a estrela Beta Crux, encontrados nesta pesquisa, são 155,691148235/15,9440372936, e ao serem comparados com os valores obtidos em literatura do *Software Stellarium* tem-se 155,4527777778/15,3083333333, resultando em uma diferença inferior a 1 (um) para ambas as coordenadas horizontais.

Com essa finalidade, a SEI foi trabalhada com o 1º ano do Ensino Médio na forma de aulas remotas e presenciais, sendo deixada a possibilidade de participação para alunos das outras séries do Ensino Médio. Essa decisão foi pensada baseando-se no caráter contextualizador da Astronomia, como CC para o ensino de Física.

Tanto os alunos do Colégio Militar 2 de Julho quanto os alunos do Colégio Pro. Dr. João Bacelar Portela participaram das OBA e ONC. A OBA é realizada e organizada anualmente pela SAB em parceria com a Agência Espacial Brasileira (AEB), sendo um evento aberto à participação voluntária de alunos de qualquer rede escolar. Enquanto a ONC é um evento realizado pelo Ministério de Ciência, Tecnologia e Inovações (MCTI) do Governo Federal, e é aberto à participação de qualquer aluno da rede escolar. Em ambos os eventos, a procura por parte dos alunos ainda foi pequena, e os resultados, conseqüentemente, não são expressivos no Maranhão.

A aplicação desta sequência visou melhorar a participação dos alunos dentro e fora da sala de aula ao estudar conceitos e teorias em Astronomia, que exige o conhecimento da Física como ferramenta para o esclarecimento de alguns fenômenos celestes. A ideia central era trazer o estudo do Universo para o universo de sala de aula, e as suas possibilidades de aprendizado através de esquemas elaborados pelos alunos, assim como as diversas situações que poderiam ou não fazer sentido no momento, mas que ao longo do tempo se tornaram conceitos e teoremas construídos cientificamente.

Neste contexto, o que foi proposto neste trabalho é um aprimoramento das aulas de Física, tornando-as mais dinâmicas através da contextualização com o estudo da Astronomia e dos momentos pedagógicos que estão contidos na SEI, como: aulas, atividades de observação celeste com o uso do programa *Stellarium*, orientações geográficas e uso da carta celeste para observação e localização de estrelas e constelações no céu, além do estímulo à participação em olimpíadas do conhecimento científico.

Durante a aplicação da SEI, foram feitas intervenções metodológicas em conceitos, como: gravidade, movimentos, coordenadas astronômicas, projeções estelares no plano, estrelas e constelações. O papel do docente nesta fase foi fundamental para intermediar esse processo de ensino-aprendizagem, oferecendo situações que gerassem novos conceitos, a fim de causar rupturas entre o conhecimento baseado no senso comum e o conhecimento científico a partir das relações que foram obtidas entre diferentes conceitos formulados durante esse processo.

Esse trabalho considerou apenas o cálculo das estrelas, não levando em conta os astros do sistema solar, pois, diferentemente das estrelas que possuem coordenadas equatoriais

constantes devido à sua distância ser relativamente grande, os astros que compõem o sistema solar – como Sol, Lua e os Planetas – estão relativamente próximos e, sendo assim, possuem coordenadas equatoriais variáveis ao longo do tempo. Para os astros do sistema solar, a cada instante de observação essas coordenadas precisam ser recalculadas através de um procedimento que não foi descrito nesta pesquisa.

A pesquisa é caracterizada observacional, pois trata da construção e observação com uma carta celeste a fim de tornar as aulas de Física realmente significativas, através do estudo da Astronomia. Para isso, utilizaram-se as metodologias ativas, que conforme Morán (2015), são caminhos para avançar mais no conhecimento profundo, nas competências socioemocionais e em novas práticas, como o ensino híbrido.

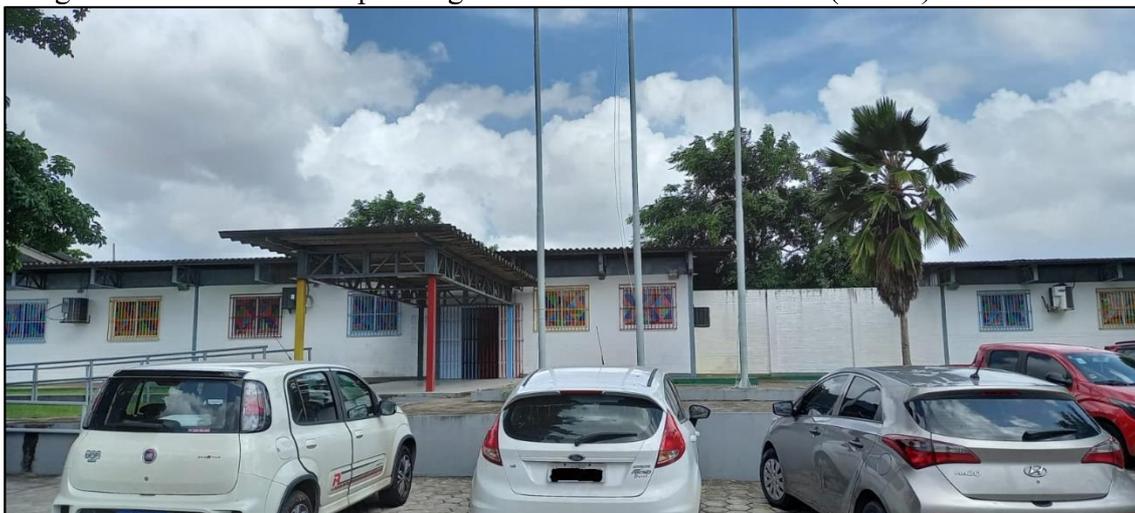
Esta pesquisa contribuiu possibilitando ao estudante uma metodologia que, de acordo com Morán (2015), combinou as aprendizagens presenciais durante o curso de Astronomia, associando com as aulas remotas quando não se pôde estar presente na escola, permitindo aos alunos liberdade para aprenderem *on-line* ou em sala de aula com os colegas, e com o professor como mediador dessa relação ensino-aprendizagem.

Assim, durante o desenvolvimento da eletiva “Descobrimo o Universo”, buscou-se incentivar os alunos a estabelecerem um diálogo sobre as atividades propostas de observação com uso das Cartas Celestes, e sobre a forma de realizá-las, já que o uso da tecnologia possibilitou a observação do céu mesmo durante o dia, mostrando a necessidade do amplo acesso a tecnologias pelos alunos, independentemente de sua situação econômica. Ou seja, Morán (2015) traz que um aluno não conectado, e sem o domínio digital, perde importantes oportunidades de se informar, de acessar materiais ricos disponíveis, de se comunicar, de se tornar visível para os demais, de publicar as suas ideias e de aumentar as suas possibilidades em meio à formação profissional no futuro.

9.1 Aplicação do Produto Educacional

A aplicação da sequência didática ocorreu na Escola Dr. João Bacelar Portela, pertencente ao IEMA, localizado na Rua Jorge Damus, s/nº, no bairro Ivar Saldanha, São Luís, Maranhão, com a devida autorização para efetivação dos trabalhos fornecida pelo gestor geral como consta no apêndice B. Essa escola apresenta cinco turmas de 1º, 2º e 3º ano científico com capacidade para 40 alunos, com funcionamento nos turnos matutino e vespertino, no modelo de escola de tempo integral, e tem como Gestor Pedagógico o Prof. Me. José Jorge de Carvalho Marvão, e Gestor Geral o Prof. Dr. Manoel dos Santos Costa.

Imagem 1 – Escola de Tempo Integral Dr. João Bacelar Portela (IEMA)



Fonte: Dados da Pesquisa (2022).

A turma escolhida nesta escola, para participar das aulas de Astronomia e utilização da carta celeste, foi formada de acordo com as inscrições dos alunos na eletiva intitulada “Descobrimo o Universo”, onde somente alunos do 1º ano escolheram participar desta eletiva. Vale ressaltar que, como a Astronomia tem caráter interdisciplinar, qualquer aluno das três séries do Ensino Médio poderia participar do curso. No entanto, a adesão no começo foi muito boa, porém, além de não entrarem no *Google Meet* para assistir às aulas, por diversos fatores, ao voltar ao modelo presencial o curso tinha somente nove alunos inscritos, mas o professor deixou aberto para quem quisesse participar das aulas, o que rendeu no início um público razoável de alunos.

A escolha por realizar a pesquisa com esses alunos foi motivada por estar na escola como professor de Física do 1º ano, e por saber que exatamente esse público que está começando o Ensino Médio não teve nenhum contato com a Astronomia no Ensino Fundamental.

Antes de iniciar o curso de Astronomia, realizou-se, no dia 06 de novembro de 2021, uma pesquisa semiestruturada, ainda em meio à pandemia da Covid-19, com o intuito de avaliar os conhecimentos prévios dos alunos em temas relacionados à Astronomia, explorando a questão dos movimentos, o número de constelações, número de planetas que compõem o Sistema Solar, assim como o nome da estrela mais próxima à Terra depois do Sol, e se eles sabiam se localizar geograficamente conforme a região; no entanto, somente nove respostas foram devolvidas.

Os dados coletados foram analisados através de gráficos e tabelas, mostrando as relações existentes nas indagações propostas. A entrevista semiestruturada foi composta de 10

perguntas de múltipla escolha, onde somente uma era a resposta correta, e foi aplicada de forma remota.

Essa avaliação inicial foi essencial para conhecer as ideias que os alunos tinham sobre o assunto, e para que o professor pudesse traçar um norte a ser seguido nas próximas aulas, pois, como assevera Zabala (2008), o conhecimento que cada aluno sabe, sabe fazer e como é, é o ponto de partida que deve permitir – em relação aos objetivos e conteúdos de aprendizagem previstos –, estabelecer o tipo de atividades e tarefas que têm que favorecer a aprendizagem de cada aluno.

No primeiro encontro, após o teste de conhecimentos básicos realizado em 15 de setembro de 2021, apresentou-se o curso em forma de eletiva que seria ministrado, e a sua importância como base para um aprendizado na dialogicidade, e mais interdisciplinarizado para os alunos. Assim, foi trabalhado o tema “Sistema Solar e seus componentes”. Nesse momento, explicou-se a sua formação composta por oito planetas, como visto na Figura 35 abaixo, dezenas de satélites naturais, milhares de asteroides, meteoros, meteoritos e cometas que orbitam em torno de uma estrela, e o que os mantém presos nessas órbitas e suas implicações aqui na Terra, assim como a ideia do significado de anos-luz como medida de distância e o que significa uma unidade astronômica. Além disso, mostrou-se a teoria do geocentrismo muito defendida por anos, e do heliocentrismo finalizando com o movimento aparente dos astros.

Figura 35 – 1ª Aula do curso de Astronomia



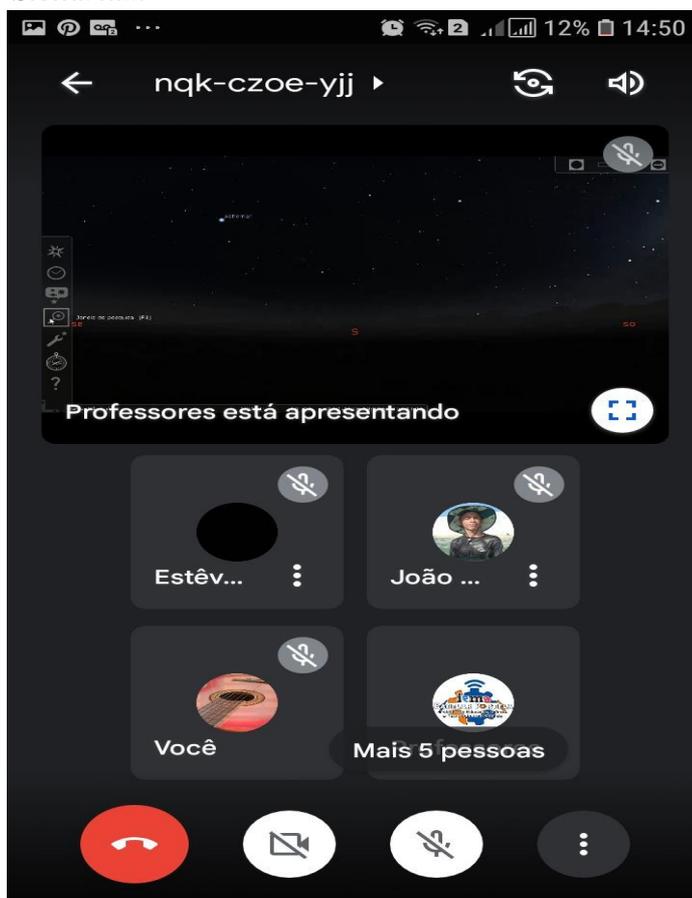
Fonte: Dados da Pesquisa (2022).

No dia 01 de outubro de 2021 foi ministrada a segunda aula de forma *on-line*, sobre os solstícios e os equinócios, onde foi explicado que esses dois fenômenos astronômicos marcam o início das estações do ano, mostrando que estão diretamente relacionados à incidência dos raios solares e à inclinação da Terra, e que devido à sua posição em relação ao Sol recebe esses raios solares sobre os seus hemisférios de forma diferente. Avaliou-se, portanto, a ideia que os alunos têm sobre os movimentos de rotação e translação, seguido de um vídeo que foi transmitido aos mesmos para que pudessem discutir e determinar a diferença entre ambos. Após assistirem ao vídeo, foram interrogados pelo professor sobre o motivo pelo qual a Lua apresenta sempre a mesma face todas as noites, independentemente do local de observação. Os alunos não souberam responder, denotando uma total falta de conhecimento sobre um dos temas mais básicos na Astronomia. Mostrando através dos *slides* em *PowerPoint*, o professor explicou que o tempo que a lua leva para realizar uma volta completa em torno da Terra é equivalente ao tempo em que ela executa uma volta completa em torno de si mesma e, assim, sempre se verá a mesma face desse astro.

Houve um breve diálogo sobre quantos movimentos a Terra possui, e muitos responderam que somente dois tipos de movimentos. O professor explicou que, na verdade, existem aproximadamente 14 tipos de movimento que a Terra executa, porém, os mais conhecidos são rotação, translação e precessão, explicando em quanto tempo acontece cada movimento.

Assim, o professor pode explicar aos alunos que cada noite é ligeiramente diferente da noite anterior, e somente após um ano é que a noite voltará a ser exatamente igual, com as mesmas estrelas no céu nascendo e se pondo no mesmo horário. Portanto, como a Terra executa o seu movimento de translação em 365 dias e seis horas, somente após quatro anos é que a noite será exatamente idêntica. Associado a cada explicação, solicitou-se aos alunos que fizessem o *download* do programa *Stellarium*, que foi apresentado aos alunos, onde exemplificaram-se algumas funcionalidades iniciais, como a simulação da rotação da Terra, como visto na Figura 36, abaixo.

Figura 36 – Simulação de movimentos da Terra e apresentação do *Stellarium*



Fonte: Dados da Pesquisa (2022).

Na terceira aula realizada em 15 de outubro de 2021, ainda de forma *on-line*, foram trabalhadas as Leis de Kepler e as suas implicações, como a importância que elas têm para o alinhamento dos planetas e a sua influência como o efeito de marés, ou mesmo o alinhamento entre planetas que só ocorrem no decorrer de períodos muito longos. Finalizou-se com a Lei da Gravitação Universal de Newton, e sua diferença para a gravidade estabelecida por Albert Einstein. Adicionado a esta aula foi transmitido um vídeo para melhor entendimento dos alunos. Foi explicado aos alunos, brevemente, que no processo de construção da carta celeste, tanto as Leis de Kepler como a Gravitação de Newton, como visto na Figura 37 abaixo, não seriam importantes nesse processo de construção; porém, no decorrer da noite, ao longo do tempo e dos meses, percebeu-se a mudança de posição de algumas constelações, e isso se deve à rotação e translação da Terra. Explicou-se aos alunos que existe um CC que não é explanado no Ensino Médio, e não é tratado em livros didáticos de Física, mas que possui fundamental importância na construção das Cartas que são as coordenadas astronômicas.

Essa é uma falha carregada por todo o Ensino Médio, pois o professor ensina conceitos como força, velocidade, aceleração, referenciais, porém não ensina o aluno a entender o que é uma esfera celeste, sistemas de coordenadas astronômicas, trigonometria esférica, e assim o aluno deixa de entender os conceitos que são trabalhados nas OBA, ONC e OBF, por desconhecerem esses campos conceituais do conhecimento científico.

Figura 37 – Aula sobre Leis de Kepler e Gravitação de Newton



Fonte: Dados da Pesquisa (2022).

Na quarta aula, realizada no dia 03 de novembro de 2021, já no modelo presencial, tratou-se dos Eclipses Solar e Lunar, onde se teve a oportunidade de mostrar aos alunos a ideia sobre o fenômeno do cone de sombra, sombra própria, sombra projetada e penumbra, explicando o fato de por que a Lua fica avermelhada durante um eclipse total, e demonstrando as fases da Lua, e o porquê de não conseguir visualizar o seu outro lado, como visto na Imagem 2, a seguir, e por que foi justamente um Eclipse que foi importante para provar a teoria da relatividade de Einstein.

Os alunos questionaram bastante sobre o fenômeno do Eclipse Lunar, onde o professor teve a oportunidade de explicar a eles que este Eclipse acontece sempre na Lua cheia, pois é nessa fase que a Terra se posiciona entre o Sol e a Lua. Porém, enfatizando que esse fenômeno não ocorre ao longo de todos os meses, porque a órbita da Lua em torno da Terra não se encontra no mesmo plano que a órbita da Terra em torno do Sol.

O fenômeno da “Lua de sangue”, muito admirado por todos, foi explicado aos alunos que esse fenômeno costumava perturbar muito os povos indígenas, já que na tribo dos índios Tupinambás havia uma crença entre os homens de que eles iriam morrer, e isso era

motivo de muita alegria, pois, em sua concepção, estavam indo encontrar os seus ancestrais, enquanto as mulheres e crianças choravam com medo da morte. E que “Lua de sangue” é apenas o nome dado a esse fenômeno devido à aparência da lua que fica avermelhada, quando o Sol, a Terra e a Lua se encontram em perfeito alinhamento, estando a Terra em seu centro. Já o Eclipse Solar só acontece quando a Lua está na fase nova, pois é nessa fase que a Lua se encontra disposta entre a Terra e o Sol.

Imagem 2 – Aula sobre Eclipse Solar e Lunar



Fonte: Dados da Pesquisa (2022).

No dia 01 de dezembro de 2021, foi ministrada a quinta aula referente ao curso de Astronomia, sendo dada continuidade à aula onde o professor ensinou a trabalhar com o programa *Stellarium*, como visto na Imagem 3 abaixo, a fazer observações de estrelas, constelações, como adotar referenciais diferentes para a visualização de um determinado fenômeno astronômico, como inserir latitudes e longitudes de sua região para uma observação referente ao céu da cidade do aluno. Vale ressaltar aqui que houve dificuldades por parte dos alunos, haja vista que, em alguns casos, o celular deles não tinha espaço suficiente, em outros casos o aluno não tinha celular e, a grande maioria, não tinha computador que pudesse trabalhar naquele momento. Isso acabou atrapalhando um pouco o andamento do curso de *Stellarium*, porém, não foi motivo de paralisação das atividades.

O professor socializou com seus alunos o porquê de algumas constelações estarem visíveis e outras não na esfera celeste, e a aparência que cada uma delas possui, além do

movimento aparente que elas fazem na esfera celeste ao longo da noite, e onde estarão durante o dia, utilizando o programa *Stellarium*. Isso facilitou a visualização dos alunos sobre algumas constelações, sem ter que esperar o anoitecer para visualização das constelações novamente. Debateu-se junto com os alunos que a área do céu que corresponde à situada entre os trópicos de Câncer e Capricórnio corresponde à faixa do zodíaco, e é por onde, aparentemente, o Sol, a Lua e os planetas se movem ao longo do ano. Discutiui-se com os alunos essa visão aparente do movimento do Sol, visto que é o movimento de rotação da Terra que influencia na posição do Sol no decorrer do dia, até o seu ocaso no lado Oeste.

Foi demonstrado aos alunos como esse programa simula um planetário que geralmente é bastante caro para a aquisição por uma escola, e a questão de alguns conceitos como esfera celeste, azimute, eclíptica e coordenadas geográficas. No ensino sobre precessão, mostrou-se que a eclíptica cruza a linha do equador, formando um ângulo de aproximadamente $23,5^\circ$, e que o ponto de cruzamento é conhecido como “ponto áries”, porém, que devido à precessão, esse ponto muda ao longo de aproximadamente 26 mil anos.

Imagem 3 – Aula sobre o uso do Programa *Stellarium*



Fonte: Dados da Pesquisa (2022).

No sexto encontro, que iniciou no dia 15 de dezembro de 2021, falou-se sobre as constelações e como localizá-las na esfera celeste. Para encontrar uma determinada constelação, o professor precisou ensinar ao aluno, antes de tudo, a se encontrar geograficamente, e logo em seguida estabeleceram-se relações de proximidade com outras já conhecidas, a partir do

Cruzeiro do Sul. Através da obtenção deste conhecimento observacional, o aluno obteve condições de entender como os estudiosos antigos observavam o céu, estabelecendo relações com as observações realizadas atualmente com o uso de instrumentos ópticos ou mesmo Cartas Celestes. Discutiu-se sobre o movimento aparente dos astros na esfera celeste.

Primeiramente explicou-se que, para efeito de estudos sobre os astros, adotou-se uma esfera perfeita, onde a Terra estaria imersa dentro dessa esfera, e no qual chama-se de “esfera celeste”, que é o lugar das projeções das estrelas e onde se tem a impressão de que estão todas estão a distâncias equivalentes em relação ao plano horizontal.

Em seguida, continuou-se a aula falando exatamente sobre a impossibilidade de enxergar estrelas durante o dia, e que isso é consequência da forte luz proveniente do Sol, além disso, da dispersão dos raios solares na atmosfera, que impossibilitam a visão de qualquer estrela durante o dia, exceto o próprio Sol. Ensinou-se aos alunos a determinarem os pontos cardeais simplesmente através da observação de algumas constelações, solicitando que eles fizessem isso em casa, e logo em seguida procurassem alguma constelação que sempre aparece no horizonte Sul. Finalizou-se esta aula mostrando quantos planetas constituem o Sistema Solar, algumas de suas propriedades e seus respectivos satélites naturais – em caso de possuírem –, como visto na Imagem 4, abaixo.

Imagem 4 – Aula sobre a constituição dos planetas do Sistema Solar



Fonte: Dados da Pesquisa (2022).

No sétimo encontro, realizado no dia 16 de dezembro de 2021, iniciou-se a aula falando sobre as constelações, que na verdade elas representam 88 áreas na esfera celeste, e não são apenas aquelas estrelas que formam imagens no céu. Falou-se sobre os seus nomes e as suas respectivas abreviaturas, e sobre o órgão que definiu, em 1930, essa divisão do céu em constelações, sendo 52 constelações no céu do Norte, das quais 12 são zodiacais e 36 constelações no céu do Sul.

Começou-se, assim, a ensinar como encontrar as coordenadas equatoriais no programa *Stellarium*, e iniciou-se o cálculo para a estrela escolhida, que no caso foi a Beta Crux. Anteriormente, calcularam-se as JD, os S, o TSS, o tempo sideral em Greenwich e o TCL. Nesse momento, para que não ficasse muito cansativo, dividiu-se esse encontro em dois momentos, ou seja, continuaram-se os cálculos da Carta no oitavo encontro. Mas, antes do término da aula, apresentou-se aos alunos o programa *Origin*, e comentou-se que esse tipo de gráfico que seria criado era do tipo polar, e que necessitava de outros tipos de coordenadas para que pudesse ser construído. Mostrou-se como montar os dados de uma só constelação, e que seria necessário visualizar os pontos de ligação de cada estrela para formar a imagem que se necessitava, de acordo com a imagem formada pelo *Stellarium* juntamente às informações da constelação pela plataforma de imagens do *Google*.

Logo em seguida a essa ação, e combinando as coordenadas de saída e chegada, montou-se cada par de coordenadas a ser ligado no programa sempre em linhas, como visto na Imagem 5 abaixo, de forma que após formada a imagem de uma só constelação, juntaram-se todas em um só gráfico. O professor explicou que a função da Carta era de observação celeste para entender o movimento das constelações ao longo da noite. Como essa atividade não foi executada à noite, e sim durante o dia, os alunos usaram o *Stellarium* para adiantar o tempo e simular a noite daquele dia específico, ou mesmo ao longo dos meses.

Imagem 5 – Cálculo da Carta Celeste



Fonte: Dados da Pesquisa (2022).

O cálculo da carta celeste no oitavo encontro foi realizado no dia 18 de dezembro de 2021. Esse dia foi um sábado letivo para os alunos, em que se pôde dar continuidade ao trabalho. Nessa parte, priorizou-se o trabalho coletivo, reunindo os alunos em grupos onde pudessem socializar os conhecimentos com aqueles que apresentaram um pouco mais de dificuldade.

Os alunos continuaram os cálculos da carta celeste baseados nos ensinamentos do professor, e encontram muita dificuldade por não estarem acostumados a trabalhar com coordenadas equatoriais, horárias e horizontais. Além disso, muitos termos astronômicos, como eclíptica, TSS, tempo sideral, azimute ainda eram uma barreira, que só foi superada a partir da eletiva sobre Astronomia.

O objetivo desse oitavo encontro foi, após o aprendizado do programa *Stellarium*, pôr em prática as observações dos astros e constelações juntamente ao uso da carta celeste, a fim de se familiarizarem com as 88 constelações existentes, e ainda realizarem observações do alinhamento de alguns planetas, como é o caso de Júpiter e Saturno, além de identificarem os diversos tipos de objetos visíveis no céu noturno, buscando estimular o estudante a trazer para o seu universo um pouco da dinamicidade que se aprecia ao olhar o céu à noite, e compararem com a carta celeste que eles ajudaram a construir em parceria com o professor. É lógico que o tempo não foi suficiente para finalizar a construção da carta celeste em sala de aula, porém, concluíram-se os cálculos do azimute e da altura para a estrela Beta Crux.

Ensinou-se os alunos a usarem o *Software Origin*, e a inserirem os dados no programa, porém, não se teve muito êxito nesse ponto devido à dificuldade de todos possuírem *notebooks*, como visto nas Imagens 6, 7 e 8.

Durante as conversas, falou-se do comportamento de alguns astros que possuem coordenadas equatoriais variáveis, como é o caso dos planetas, porém, que o Sol, diferentemente das demais estrelas, também não possui, e varia dia a dia. A cada dia o Sol caminha um grau em relação às estrelas. E que se fosse possível ver o Sol durante o dia, e nesse caso se pode através do *Stellarium*, vê-se o Sol passear aparentemente pelas constelações. E que após um ano, o Sol volta à mesma posição, em relação às estrelas da esfera celeste.

Imagem 6 – Construção da Carta Celeste



Fonte: Dados da Pesquisa (2022).

Imagem 7 – Construção da Carta Celeste



Fonte: Dados da Pesquisa (2022).

Imagem 8 – Construção da Carta Celeste



Fonte: Dados da Pesquisa (2022).

No nono encontro, realizado no dia 20 de dezembro de 2021, realizou-se um breve retrocesso das implicações de estudar a esfera celeste. Os alunos foram convidados para o pátio da escola e observar que para esse estudo é preciso determinar todos os movimentos da Terra ensinados anteriormente, como visto na Imagem 9, a seguir. Podem-se determinar as coordenadas de cada lugar e, portanto, fazer um levantamento dos mapas terrestres, hoje com auxílio do GPS. Uma outra implicação seria determinar a medida do tempo que é necessária para determinar a passagem das constelações naquele intervalo de tempo. E pôde-se mostrar que, com o auxílio do *Stellarium*, é possível calcular a distância das estrelas mais próximas ou de qualquer outra, simulando o momento adequado que se gostaria de calcular.

Mostrou-se, com o auxílio do *Stellarium*, o caminho aparente que o Sol faz chamado “eclíptica pela esfera celeste e o ponto”, em que ela e o equador se encontram chamados de “pontos equinociais” ou “equinócios”. Em determinado momento mostrou-se que o ponto em que o Sol passa do hemisfério Sul para o Norte é conhecido como “equinócio de primavera” ou “ponto γ ” (gama), e que o outro, diametralmente oposto a ele, é conhecido como “equinócio de outono”, ou “ponto Ω ” (ômega). Os alunos tiveram a noção de que o primeiro é o ponto de partida para a contagem de ângulos quando se necessita determinar as posições de planetas ou estrelas no céu, e que os pontos da eclíptica que se encontram mais afastados do Equador são conhecidos como solstícios (de verão e inverno). Logo, são os pontos em que o Sol se encontra mais ao Sul ou ao Norte, como visto na Figura 38:

Imagem 9 – Encontro não formal para observação com uso das Cartas e do *Stellarium*



Fonte: Dados da Pesquisa (2022).

Figura 38 – Representação da Carta Celeste Planificada



Fonte: Roberto Bozco.

No décimo encontro, realizado no dia 21 de dezembro de 2021, tratou-se de colocar na prática, fora de sala de aula, tudo o que foi estudado em sala, e que gerou momentos de intensos debates, principalmente sobre o movimento das constelações celestes. Esses

movimentos aparentes ainda eram desconhecidos pelos alunos, já que sempre ouviram falar em movimento da Terra. Eles acabaram por fazer alusão ao movimento das estrelas como equivalentes. Porém, apesar de se saber que as estrelas possuem movimento, como tudo no Universo, esses movimentos são desprezados devido à distância que elas se encontram da Terra.

Foi explicado aos alunos que esse movimento diurno aparente das constelações é devido à rotação da Terra, ou seja, nascendo a Leste, se deslocando até desaparecer no Oeste, e que a cada duas horas vai nascendo uma constelação no lugar onde nasceu a primeira. Assim como é devido à translação que ao se observar com as Cartas Celestes para a mesma região da Terra (Norte, Sul, Leste ou Oeste), tem-se a visão de constelações diferentes ao longo dos meses do ano se se observar no mesmo horário, e que por causa da translação da Terra, o Sol, com relação às estrelas, parece deslocar-se do Oeste para o Leste, além de que por causa da translação da Lua em torno da Terra, a Lua, em relação às estrelas, parece deslocar-se do Oeste para o Leste, isso porque o movimento da Terra gira no sentido da mão direita, enquanto a esfera celeste gira no sentido da mão esquerda.

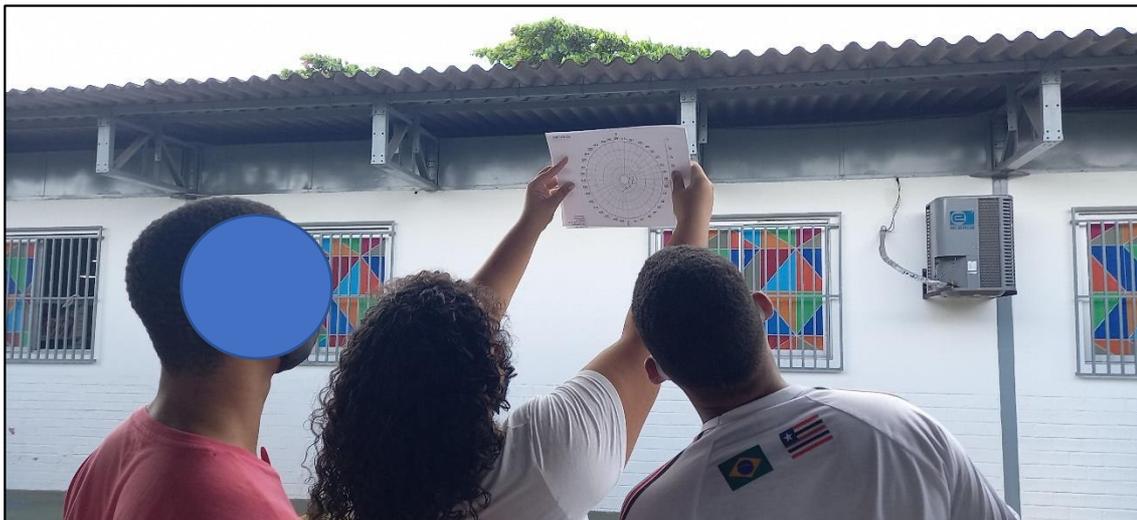
Além de todo esse estudo sobre os astros, realizaram-se observações concomitantes ao uso das Cartas Celestes, observações de constelações indígenas (em especial a do Homem Velho), e o uso do *software Stellarium*, a fim de familiarizá-los com este importante produto educacional, que serviu como motivador para discussões e aprendizados sobre Astronomia com utilização da Física, e para explicações de alguns fenômenos celestes, como visto nas Imagens 10 e 11.

Imagem 10 – Discussões e aprendizados sobre Astronomia com utilização da Física para explicações de alguns fenômenos celestes



Fonte: Dados da Pesquisa (2022).

Imagem 11 – Discussões e aprendizados sobre Astronomia com utilização da Física para explicações de alguns fenômenos celestes



Fonte: Dados da Pesquisa (2022).

Ao final dos encontros no curso intitulado “Descobrimdo o Universo”, foi realizada a última pesquisa semiestruturada, para avaliar o que os alunos conseguiram assimilar e aprender, de forma que sirva no desenvolvimento educacional de cada um deles, e que eles possam aplicar esse aprendizado ao longo de seu período escolar e durante a realização das olimpíadas científicas.

10 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS

Esta seção tem a finalidade de apresentar os resultados obtidos durante a ministração do curso de Astronomia através da eletiva intitulada “Descobrimdo o Universo”. Essa sequência didática foi pensada para 12 aulas, onde a primeira e a última se trata de uma pesquisa semiestruturada, com a finalidade de avaliar os conhecimentos prévios e os adquiridos pelo curso de Astronomia. A pesquisa semiestruturada inicial avaliou os conhecimentos prévios dos alunos acerca dos CC abordados em cada questão, enquanto o questionário final avaliou a evolução dos alunos ao utilizar esses conceitos de Astronomia para estruturar os seus conhecimentos científicos e reformular de forma interdisciplinar com a disciplina de Física.

10.1 Resultado da Pesquisa Diagnóstica Semiestruturada

A pesquisa semiestruturada contou com uma avaliação diagnóstica constituída de 10 questões básicas como consta no apêndice C, e uma avaliação final em um nível um pouco mais elaborada também constituída de 10 questões de Astronomia como consta no apêndice D. As respostas serão apresentadas na forma de gráfico de barras, onde a barra verde representa a alternativa correta. Em ambas as pesquisas, somente oito alunos participaram, o que tornou o universo da pesquisa um pouco mais restrito, porém, mostra a necessidade de mudanças urgentes no currículo formativo do Ensino Fundamental e Médio, como demonstrado nos gráficos abaixo.

10.1.1 Pesquisa Semiestruturada diagnóstica

- 1 Qual a ciência responsável por estudar o universo, os astros e os corpos celestes, a fim de explicar a sua origem e o seu movimento?
 - a) Física
 - b) Química
 - c) Astrologia
 - d) Filosofia
 - e) **Astronomia**

Gráfico 1 – Respostas à 1ª questão



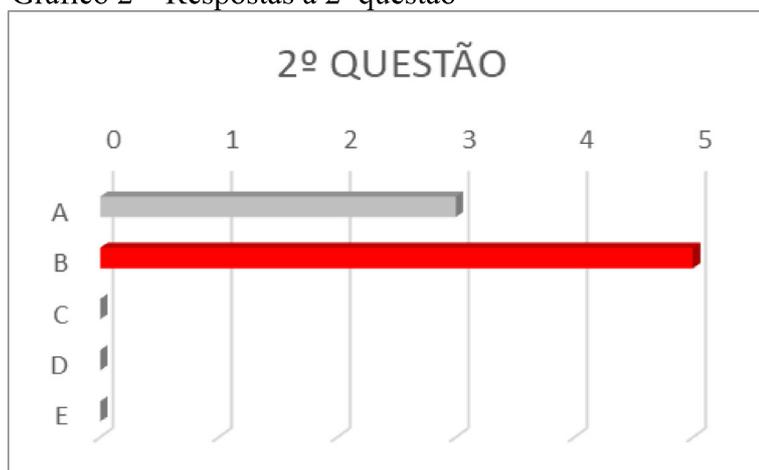
Fonte: Dados da Pesquisa (2022).

Nesta primeira questão pode-se perceber que ainda hoje alguns alunos confundem Astronomia com Astrologia. Atualmente, a ciência moderna não define Astrologia como ciência, embora ela tenha sido muito utilizada no passado pelos reis da época, para justificarem alguns fenômenos astronômicos. Esse tipo de equívoco conceitual seria facilmente erradicado se os professores do Ensino Médio tivessem alguma formação continuada em Astronomia.

2 Qual é o equivalente ao que a Terra descreve em torno do Sol, ou seja, sua órbita?

- a) Rotação
- b) Translação**
- c) Precessão
- d) Revolução
- e) Nutação

Gráfico 2 – Respostas à 2ª questão



Fonte: Dados da Pesquisa (2022).

Pode-se perceber, nesta segunda questão, que muitos alunos ainda confundem translação (que é o movimento da Terra em torno do Sol) e rotação (que é o movimento da Terra em torno do seu próprio eixo). Isso implica em erro conceitual grave, pois, se eles não conseguem discernir sobre esses dois conceitos, conseqüentemente terão dificuldades em entender o movimento das estrelas e constelações, ou mesmo não conseguiram entender por que diferentes constelações surgem no lugar onde o Sol se põe ao longo dos meses.

- 3 Fenômeno astronômico que ocorre toda vez que a Terra fica entre o Sol e a Lua, exatamente na linha de interseção de sua órbita com a da Lua, a chamada “linha dos nodos”, e sempre que a Lua está na fase cheia, é conhecido como?
- a) Eclipse Solar
 - b) Eclipse Lunar**
 - c) Eclipse Austral
 - d) Eclipse Espacial
 - e) Eclipse Estelar

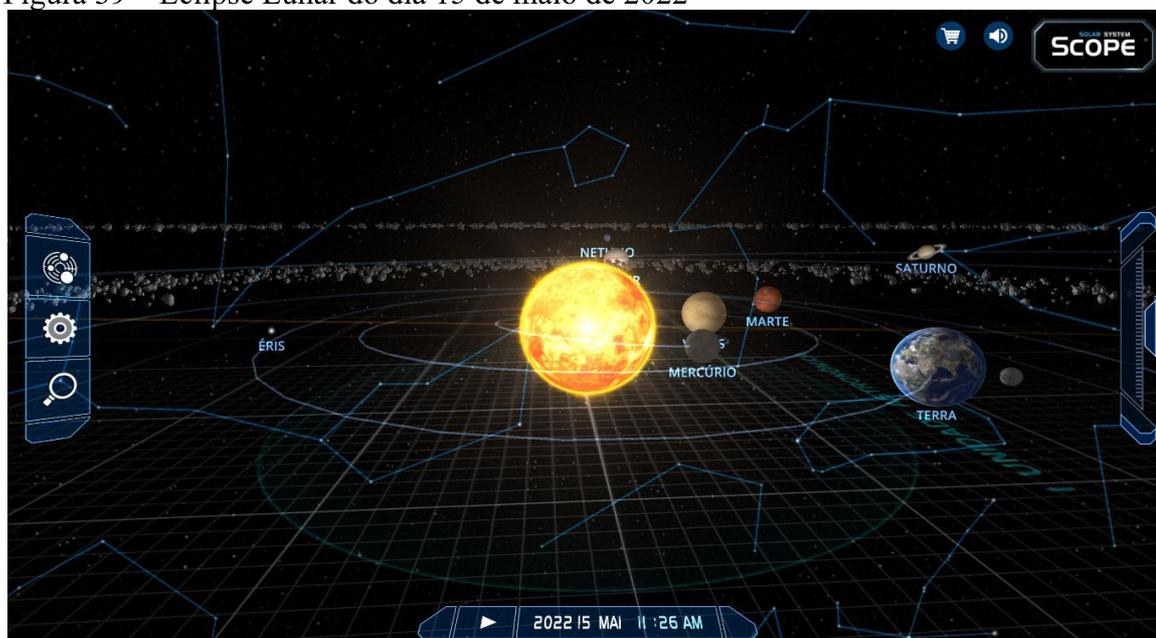
Gráfico 3 – Respostas à 3ª questão



Fonte: Dados da Pesquisa (2022).

Nesta terceira questão, a análise gráfica mostra que há um déficit metodológico no ensino de Física, pois ainda hoje os alunos não conseguem compreender o fenômeno do Eclipse Lunar, e que através de programas computacionais, como o *Solar System Scope* ou mesmo o *Stellarium*, os alunos conseguirão compreender com mais facilidade a Física por trás do fenômeno, como o evento astronômico evidenciado aqui por essa Figura 39 abaixo.

Figura 39 – Eclipse Lunar do dia 15 de maio de 2022

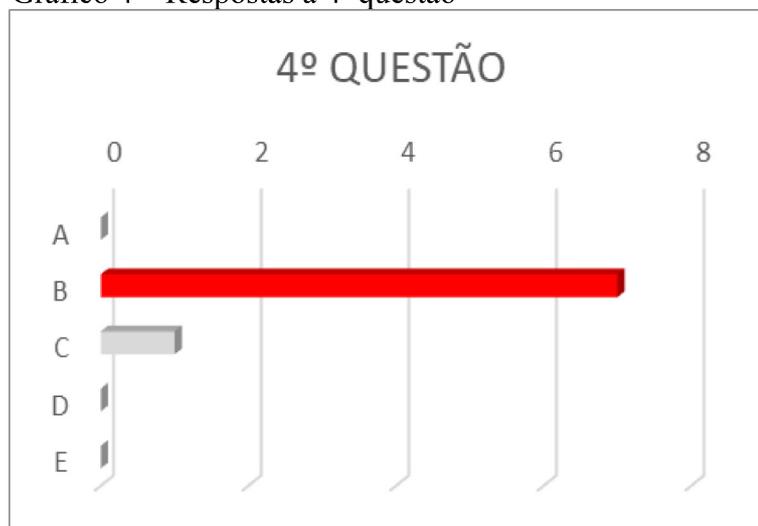


Fonte: Programa *Solar System Scope* (2022).

4 Por que a cada noite a Lua tem uma fase (aparência) diferente?

- a) Porque a Terra gira ao redor da Lua
- b) Porque a Lua gira ao redor da Terra**
- c) Porque a Lua passa na sombra da Terra
- d) Porque o Sol gira ao redor da Lua
- e) Nenhuma das respostas anteriores

Gráfico 4 – Respostas à 4ª questão



Fonte: Dados da Pesquisa (2022).

Essa quarta questão demonstra que mesmo com a maioria tendo acertado a resposta, é necessário um reforço de aulas contextualizadas com temas da Astronomia, para que os poucos alunos que erraram possam entender que a Lua mantém um movimento de translação ao redor da Terra, e a Terra ao redor do Sol, e durante esses movimentos haverá um momento em que a Terra se colocará entre o Sol e a Lua, o que causará, conseqüentemente, o Eclipse Lunar, que nada mais é do que a sombra da Terra projetada na Lua.

5 Os planetas do Sistema Solar podem ser classificados de acordo com a sua composição. Com base nessa classificação, pode-se afirmar que temos:

- a) 5 rochosos (Mercúrio, Plutão, Marte, Ceres, Netuno) e 3 gasosos (Urano, Saturno e a Terra)
- b) 3 rochosos (Plutão, Ceres e Terra) e 4 gasosos (Marte, Urano, Netuno e Mercúrio)
- c) 4 rochosos (Mercúrio, Vênus, Terra e Marte) e 4 gasosos (Júpiter, Saturno, Urano e Netuno)**
- d) 6 rochosos (Plutão, Marte, Ceres, Netuno, Vênus e Lua) e 2 gasosos (Mercúrio e Saturno)

e) Nenhuma das respostas anteriores

Gráfico 5 – Respostas à 5ª questão



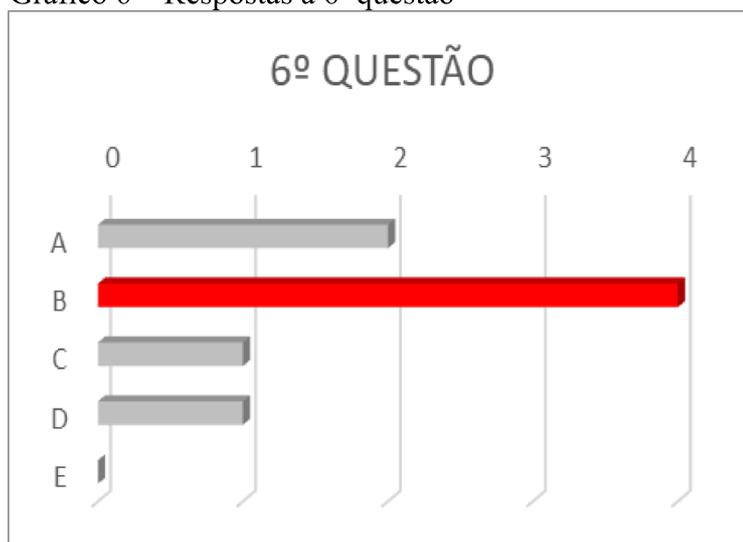
Fonte: Dados da Pesquisa (2022).

Nessa quinta questão, o intuito era analisar os conhecimentos dos alunos a respeito da quantidade e constituição dos planetas conhecidos atualmente, que orbitam o Sol. Pode-se perceber que ainda existem alunos que desconhecem o número correto, e costumam confundir alguns deles com estrelas quando observados a olho nu, por não conhecerem absolutamente nada sobre o Sistema Solar, e menos ainda sobre os astros fora dele.

6 Quantas constelações dividem geometricamente a abóbada celeste, sendo aparentemente uma esfera?

- a) 87 constelações
- b) 88 constelações**
- c) 86 constelações
- d) 85 constelações
- e) 84 constelações

Gráfico 6 – Respostas à 6ª questão



Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

Na sexta questão, o assunto evidenciado era a quantidade de constelações conhecidas, e se os alunos sabiam o número exato. E ficou claro que metade deles não sabia quantas constelações se tem atualmente, o que requer mais estudos sobre estrelas e constelações, e o porquê de se formar imagens com a junção de algumas delas.

- 7 Um mapa do céu, que pode retratar toda a extensão das constelações existentes ou uma parte do céu, mostrando como ele é visto de uma determinada região, é conhecido como?
- a) Mapa geográfico
 - b) Carta Educacional
 - c) Carta Celeste
 - d) Mapa Ocidental
 - e) Carta Solar

Gráfico 7 – Respostas à 7ª questão



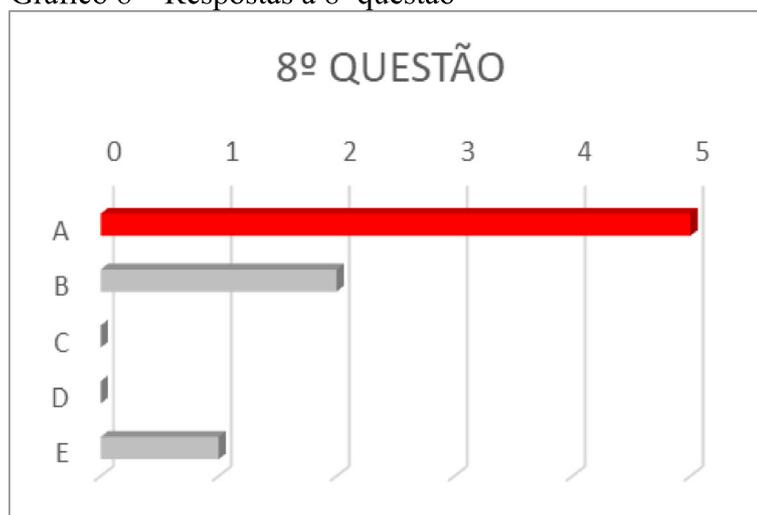
Fonte: Dados da Pesquisa (2022).

Sobre o tema principal deste trabalho, na sétima questão a pergunta é se os alunos conheciam uma carta celeste, e a resposta deles foi evidenciada mostrando que, atualmente, ainda existem alunos do Ensino Médio que não sabem o que é um mapa do céu, e muito menos para que servem esses mapas. Isso demonstra a importância de realizar cursos de Astronomia.

8 Por que sempre observamos a mesma face da Lua?

- a) Porque o tempo em que a Lua gira em torno do seu próprio eixo é igual ao tempo que ela leva para girar ao redor da Terra
- b) Porque o tempo em que a Lua gira em torno do seu próprio eixo é diferente do tempo que ela leva para girar ao redor da Terra
- c) Porque o tempo em que a Lua gira em torno do seu próprio eixo é diferente do tempo que ela leva para girar ao redor do Sol
- d) Porque o tempo em que a Lua gira em torno do seu próprio eixo é igual ao tempo que ela leva para girar ao redor do Sol
- e) Porque o tempo em que o Sol gira em torno do seu próprio eixo é igual ao tempo que ela leva para girar ao redor da Terra

Gráfico 8 – Respostas à 8ª questão



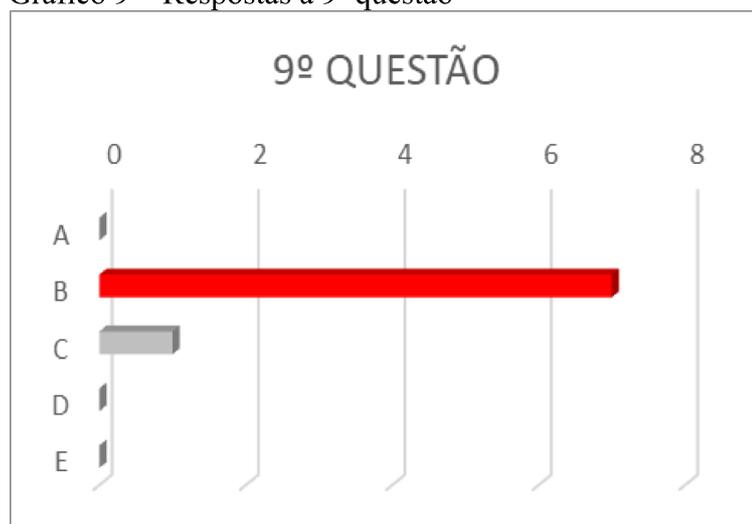
Fonte: Dados da Pesquisa (2022).

Ao analisar as respostas dessa oitava questão, que trata exatamente do processo de observação de um astro, percebe-se que ainda existem lacunas não preenchidas no processo de assimilação do conhecimento por parte dos alunos, ou o professor desprovido de formações continuadas que lhe permitam estabelecer um elo entre o fenômeno e a aquisição do conhecimento a respeito desse fenômeno por parte do aluno, de forma científica.

9 Quantos planetas compõem o Sistema Solar, e quais são?

- a) 7 – Mercúrio, Terra, Marte, Saturno, Plutão, Júpiter e Aldebarã
- b) 8 – Mercúrio, Vênus, Terra, Marte, Júpiter, Saturno, Urano e Netuno**
- c) 9 – Saturno, Urano, Júpiter, Marte, Terra, Plutão, Andromeda, Netuno e Io
- d) 10 – Mercúrio, Vênus, Terra, Marte, Júpiter, Saturno, Urano, Netuno, Plutão e Io
- e) 11 – Mercúrio, Vênus, Terra, Marte, Júpiter, Saturno, Urano, Netuno, Plutão, Io e Calisto

Gráfico 9 – Respostas à 9ª questão



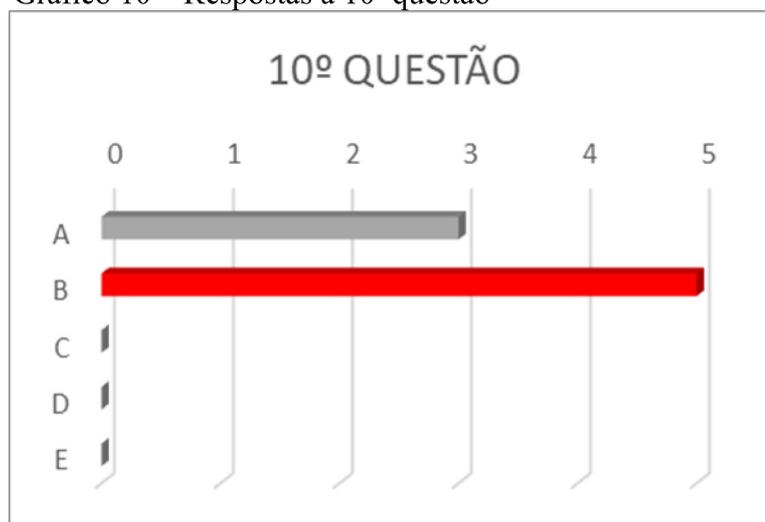
Fonte: Dados da Pesquisa (2022).

Essa nona questão é semelhante à quinta, porém, ainda assim evidencia uma falta de conhecimento de alguns alunos sobre a quantidade de planetas no Sistema Solar, e que através de aplicativos computacionais se poderia melhorar as aulas de Física em processos metodológicos de ensino-aprendizagem.

10 Qual o nome da estrela mais próxima da Terra depois do Sol?

- a) Andrômeda
- b) Proxima Centauri**
- c) Mintaka
- d) Alnilam
- e) Betelgeuse

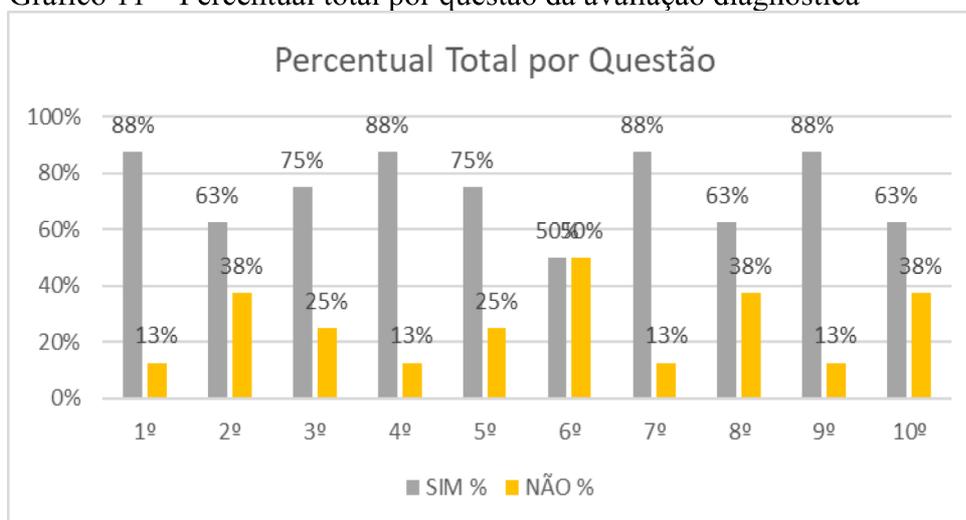
Gráfico 10 – Respostas à 10ª questão



Fonte: Dados da Pesquisa (2022).

Na décima questão, pode-se perceber que quando se trata de astros fora do Sistema Solar fica mais evidente, o desconhecimento dos alunos, por não terem o hábito de leitura sobre o Universo e suas constituições. Aqui, cerca de 50% não tinham o conhecimento dessa estrela, e não conhecem nenhuma das outras que compunham o quadro de respostas dessa questão. Abaixo, demonstra-se um quadro geral da avaliação diagnóstica.

Gráfico 11 – Percentual total por questão da avaliação diagnóstica



Fonte: Dados da Pesquisa (2022).

Segundo Gerard Vergnaud, a aprendizagem torna-se significativa a partir dos esquemas gerados através das situações que vão surgindo. Como neste momento os alunos não estavam familiarizados com alguns campos conceituais da astronomia o resultado encontrado demonstrou exatamente a falta de habilidade desses alunos para gerarem seus esquemas devido

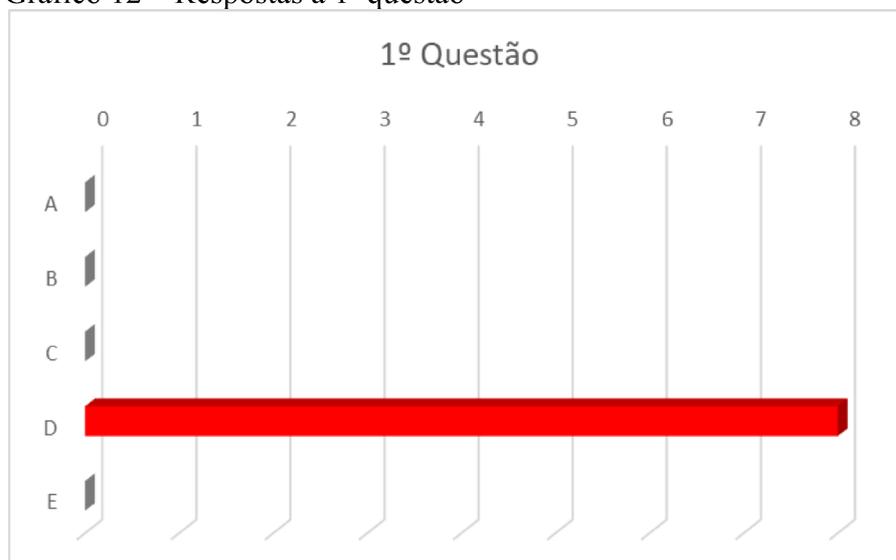
ao pouco conhecimento relativo a pesquisa, o que gerou um número de erros significativos na pesquisa diagnóstica e evidenciando a necessidade de um curso que os capacitasse a trabalhar coletivamente alguns campos conceituais de astronomia contextualizando dentro da Física.

10.1.2 Pesquisa Semiestruturada após o Curso de Astronomia

Neste momento, os alunos foram avaliados após o curso realizado como eletiva intitulada “Descobrimo o Universo”, e após as aulas dentro e fora de sala, observaram-se quais foram os esquemas que eles criaram, a fim de compreenderem os conceitos estudados e aplicarem seus teoremas e conceitos em ação em níveis mais elaborados, passando a confirmar alguns conceitos como realmente significativos, ou refutar aqueles que teoricamente estavam fora dos conceitos cientificamente comprovados. Algumas perguntas nesta pesquisa foram repetidas propositalmente, para ver se os alunos ainda lembravam e outras questões modificadas para um nível mais elevado.

- 1 No espaço como é chamado um grupo de estrelas relativamente próximas umas das outras?
- a) Sistema Solar
 - b) Buraco Negro
 - c) Planetoide
 - d) Constelação
 - e) Cometa

Gráfico 12 – Respostas à 1ª questão



Fonte: Dados da Pesquisa (2022).

Nesta primeira questão da pesquisa final, percebe-se que todos têm conhecimentos sobre constelações, porém, de forma equivocada, pois aprende-se nos livros didáticos que uma constelação é um conjunto de estrelas ligadas entre si. Isso é um equívoco didático, pois, na realidade, elas não constituem sistemas de estrelas associados entre si. Em geral se encontram muito distantes entre si, dentro da Galáxia.

2 Quais os planetas são visíveis a olho nu daqui da Terra?

- a) Eta Carinae
- b) Júpiter e Plutão
- c) Marte, Júpiter, Vênus e Mercúrio
- d) Urano e Vênus
- e) Ceres

Gráfico 13 – Respostas à 2ª questão



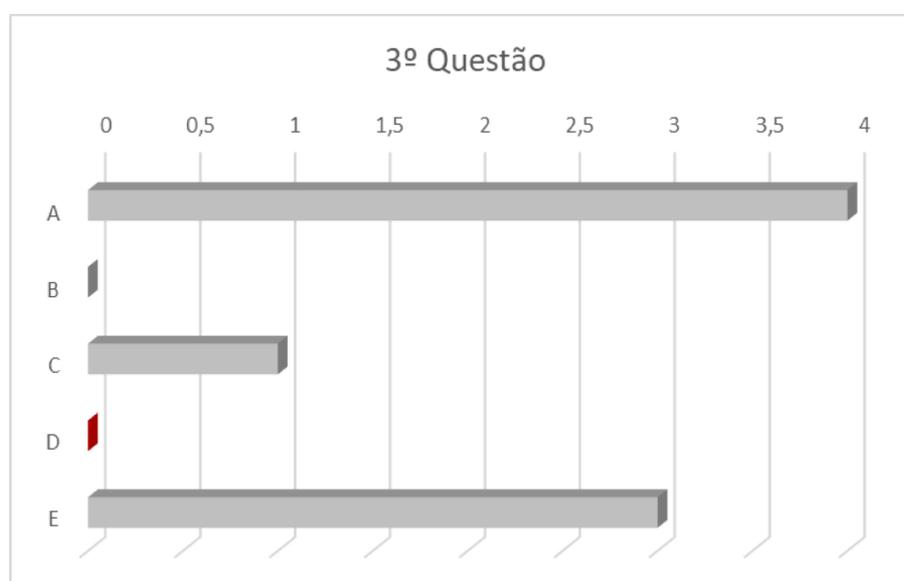
Fonte: Dados da Pesquisa (2022).

Nesta segunda questão, os alunos mostraram-se conhecedores dos planetas que estão visíveis ao longo da noite, porém, era desconhecido para eles que estes planetas ocupam a faixa do zodíaco, que nada mais é do que uma faixa imaginária, centrada na eclíptica, através da esfera celeste, e cerca de 16° de largura, onde o Sol, a Lua e os planetas Mercúrio, Vênus, Júpiter e Saturno estão sempre localizados. Isso foi interessante, porque representou um certo espanto, como se eles estivessem descobrindo algo realmente novo.

3 A Lua completa uma volta na esfera celeste a cada 27,321662 dias. Esse período, medido em relação às estrelas fixas, é conhecido como?

- a) Mês Austral
- b) Dia Lunar
- c) Tempo Sideral
- d) Mês Sideral
- e) Ano Lunar

Gráfico 14 – Respostas à 3ª questão



Fonte: Dados da Pesquisa (2022).

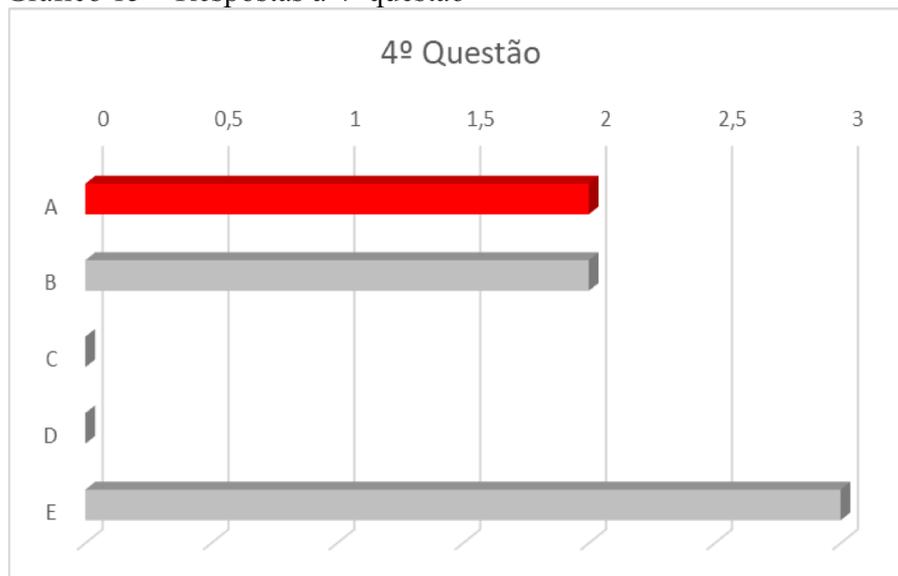
Nesta terceira questão, percebe-se que embora tenha sido mostrado em sala de aula, os alunos não assimilaram adequadamente, de forma que nenhum deles conseguiu responder de forma satisfatória. Em sala foi explicado a eles que o mês sideral é o período de translação da Lua em relação a um referencial fixo. Sua diferença com o mês sinódico¹¹ se explica pelo fato de este depender de uma composição dos movimentos da Terra e da Lua. Como o mês sideral é exatamente igual ao dia Lunar, vê-se sempre a mesma face da Lua.

4 Faixa da esfera celeste ao longo da eclíptica, com cerca de 18° de largura, pela qual transitam o Sol, a Lua e os planetas é conhecido como?

¹¹ O mês sinódico ou lunação é o intervalo de tempo médio entre duas fases iguais da lua consecutivas.

- a) **Zodíaco**
- b) Faixa espacial
- c) Eclíptica
- d) Espaço de Transição
- e) Zona de Translação

Gráfico 15 – Respostas à 4ª questão



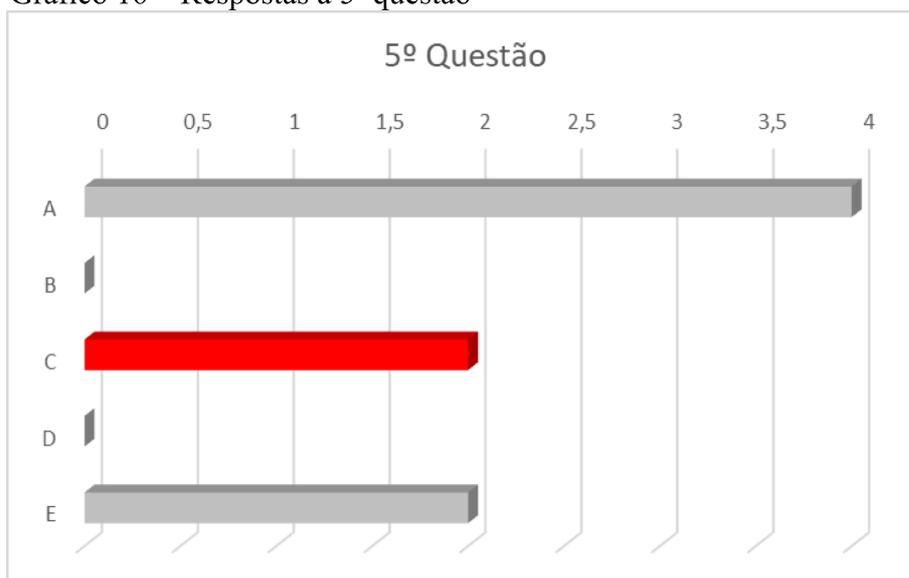
Fonte: Dados da Pesquisa (2022).

Como já tratado em questões anteriores, volta-se a falar do zodíaco que representa uma faixa. As constelações que formam o Zodíaco (círculo dos animais, ou caminho, do sânscrito *sodi*), uma faixa de 18° em volta da eclíptica, foram definidas por volta de 500 a.C. pelos babilônios, dividindo a eclíptica em 12 subdivisões iguais de 30° cada. Podem ser relacionadas pelo mnemônico *ArTaGeCa LeViLiSco SaCAquaPi*, pois são: *Aries, Taurus, Gemini, Cancer, Leo, Virgo, Libra, Scorpius, Sagittarius, Capricornus, Aquarius* e *Pisces*.

5 A projeção sobre a esfera celeste da trajetória aparente do Sol, observada a partir da Terra, é chamada de:

- a) Plano Solar
- b) Plano Espacial
- c) **Eclíptica**
- d) Esfera Celeste
- e) Polo Celeste

Gráfico 16 – Respostas à 5ª questão



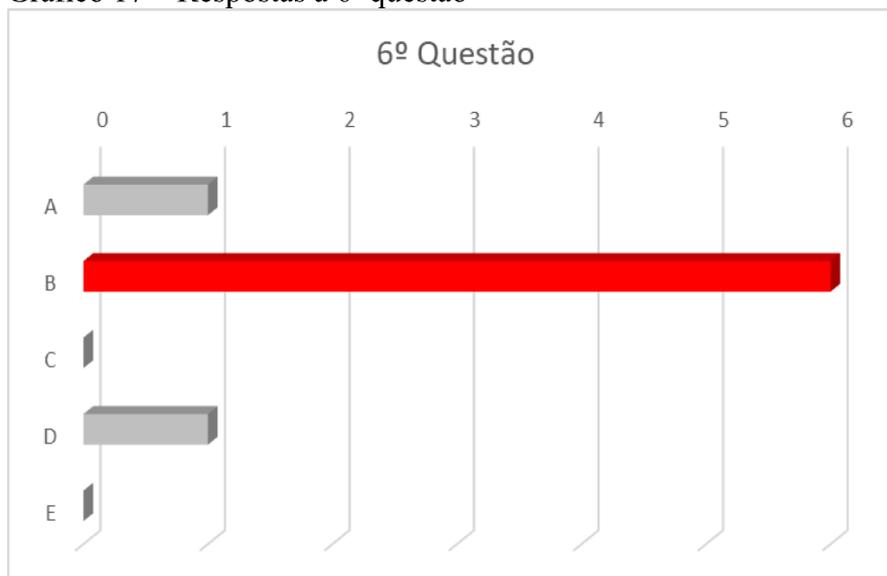
Fonte: Dados da Pesquisa (2022).

Nesta quinta questão, tratou-se exatamente do significado da eclíptica na Astronomia, e foi explicado aos alunos que representa o plano da órbita da Terra em torno do Sol. Da perspectiva de um observador na Terra, o movimento do Sol em torno da esfera celeste ao longo de um ano, traça um caminho ao longo da eclíptica contra o fundo das estrelas. Este caminho, que une todas as posições diárias do Sol na esfera celeste ao longo do ano, é chamado de eclíptica. Segundo o referencial heliocêntrico (visão externa à Terra), a eclíptica é o plano da órbita da Terra em torno do Sol (LANGHI, 2016).

6 Quantas constelações dividem geometricamente a abóbada celeste, sendo aparentemente uma esfera?

- a) 87 constelações
- b) **88 constelações**
- c) 86 constelações
- d) 85 constelações
- e) 84 constelações

Gráfico 17 – Respostas à 6ª questão



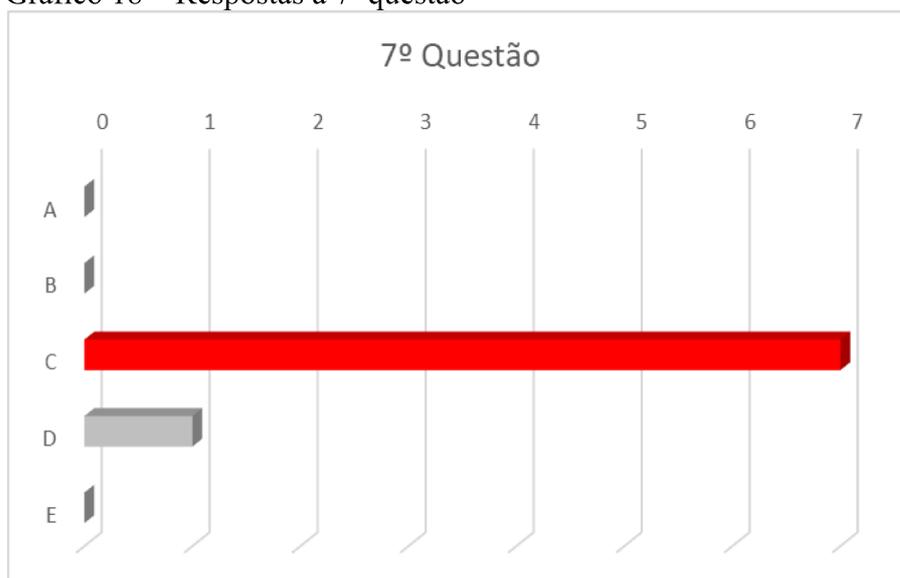
Fonte: Dados da Pesquisa (2022).

Nesta sexta questão repetiu-se da pesquisa anterior para saber se houve alguma melhora no aprendizado, e a questão demonstra exatamente o resultado esperado. Na pesquisa anterior, 50% dos alunos acertaram, enquanto nesta pesquisa 75% dos alunos acertaram a questão. Saber definir o número de constelações, quais são as zodiacais e as suas respectivas abreviaturas é importante para os alunos que querem seguir essa linha de pesquisa da Astronomia de Posição, ou somente aprender a calcular uma carta celeste.

7 Um mapa do céu, que pode retratar toda a extensão das constelações existentes ou uma parte do céu, mostrando como ele é visto de uma determinada região, é conhecido como?

- a) Mapa Geográfico
- b) Carta Educacional
- c) Carta Celeste
- d) Mapa Ocidental
- e) Carta Solar

Gráfico 18 – Respostas à 7ª questão



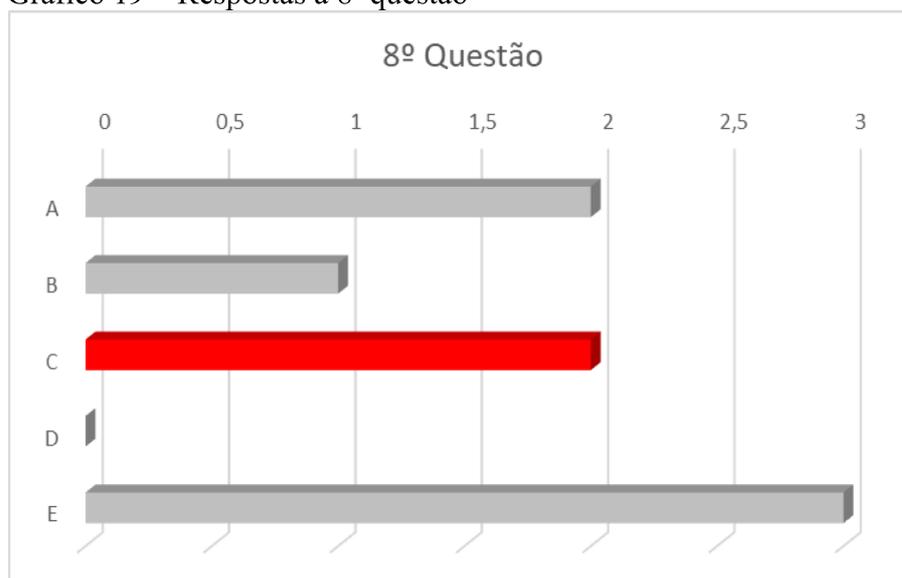
Fonte: Dados da Pesquisa (2022).

Sobre essa sétima questão, não houve mudanças, pois ainda houve um aluno que demonstrou desconhecimento acerca do objeto utilizado para mapear o céu, e que possibilita também o entendimento sobre o movimento das constelações ao longo das noites e meses do ano. Esse mapa celeste possibilita também entender, no caso do Sol, a mudança de constelações que podem ser observadas quando se olha em diferentes direções do céu devido à translação da Terra em torno do Sol. Esse fenômeno celeste foi devidamente trabalhado com os alunos fora de sala de aula com as Cartas Celestes produzidas nesta pesquisa científica.

8 Podemos identificar um Eclipse Total da Lua quando ela passa completamente na região chamada de?

- a) Penumbra
- b) Sombra
- c) **Umbral**
- d) Região Escurecida
- e) Zona de Eclipses

Gráfico 19 – Respostas à 8ª questão



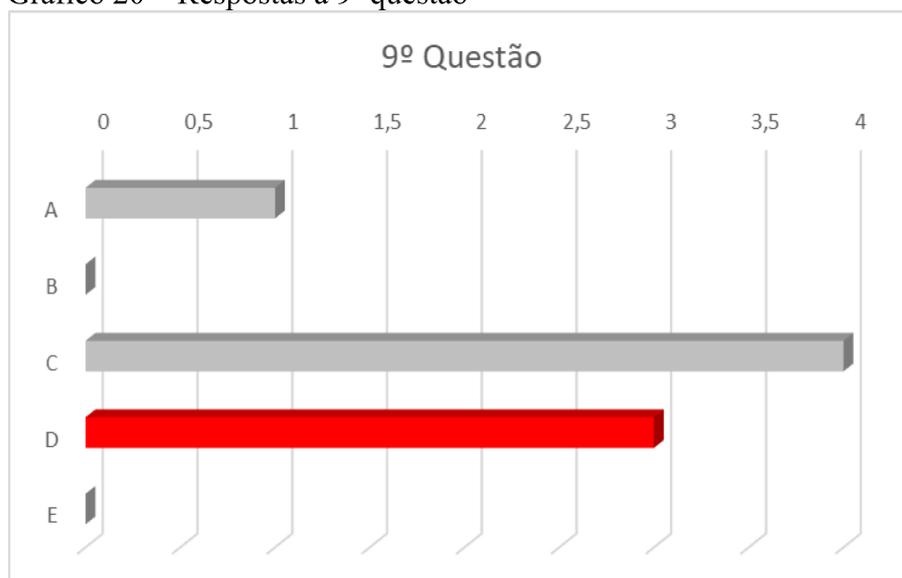
Fonte: Dados da Pesquisa (2022).

Nesta oitava questão, nota-se o quanto é importante as aulas de Astronomia no Ensino Fundamental e Médio, haja vista que esse assunto é abordado no 2º ano no CC da Óptica Geométrica, e percebe-se, através do Gráfico 19, que somente dois alunos ou 25% da turma acertou essa questão, enquanto os outros alunos não têm o esquema formado em suas ideias de como acontece o fenômeno do Eclipse Lunar. Entender o movimento dos astros também é importante para que se possa entender alguns fenômenos aqui na Terra, como, por exemplo, o da maré de sizígia.

9 A altura de qualquer astro no zênite equivale em graus a?

- a) 360°
- b) 270°
- c) 180°
- d) 90°
- e) 45°

Gráfico 20 – Respostas à 9ª questão



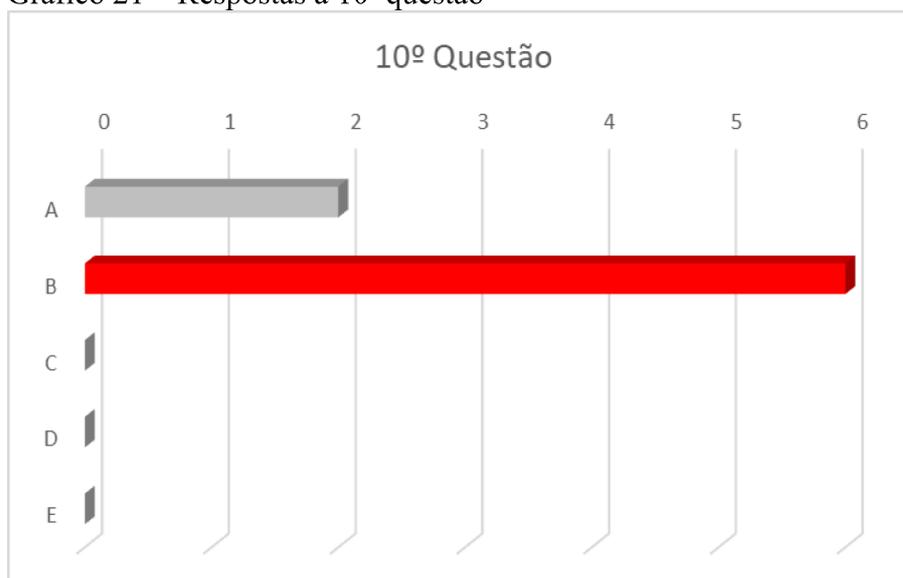
Fonte: Dados da Pesquisa (2022).

Na nona questão, somente 37,5 % dos alunos acertaram, o que demonstra uma falta de conhecimento ou mesmo de uma disciplina como Astronomia que aborda CC da ciência de forma interdisciplinar. Esse resultado reflete nos baixos índices de aprovados e medalhistas na OBA e na ONC na escola Bacelar Portela, e através desse resultado pode-se estender como reflexo para as outras escolas do Maranhão, principalmente as privadas, cujo foco está somente no vestibular.

10 Qual o nome da estrela mais próxima da Terra depois do Sol?

- a) Andrômeda
- b) Proxima Centauri
- c) Mintaka
- d) Alnilam
- e) Betelgeuse

Gráfico 21 – Respostas à 10ª questão

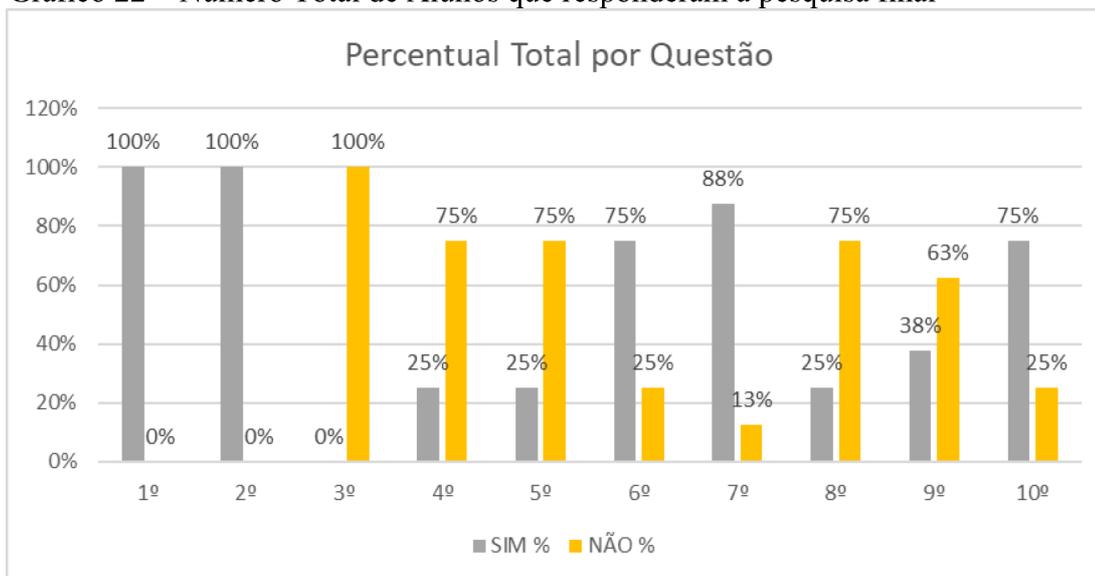


Fonte: Dados da Pesquisa (2022).

Nesta décima questão, que também foi repetida propositalmente, percebeu-se que após o curso, houve uma evolução dos alunos participantes, pois agora houve 75% de acertos, e como a evolução foi pequena acredita-se que somente através de um curso extensivo em Astronomia, com foco em observações, práticas dentro e fora de sala de aula, obter-se-á um resultado mais efetivo, realizando chamadas para que mais meninas se engajem na ciência, pesquisa e inovação. O conhecimento dos alunos acerca das estrelas mais conhecidas ainda é muito pequeno nas escolas públicas do Maranhão. Talvez, com mais cursos sendo efetivados em forma de eletivas nos IEMA, surjam mais candidatos a pesquisadores que possam ajudar a desenvolver o polo científico e tecnológico, ajudando a melhorar o Índice de Desenvolvimento Humano (IDH) através da educação voltada ao desenvolvimento comunitário da região maranhense.

Resumindo, tem-se, de modo geral, a análise deste segundo momento das aulas, em que houve avanços em CC da Astronomia.

Gráfico 22 – Número Total de Alunos que responderam à pesquisa final



Fonte: Dados da Pesquisa (2022).

O resultado da pesquisa final ficou prejudicado devido ao número de alunos que se evadiram do curso restando apenas 9 alunos que efetivamente participaram das aulas, porém, ficou evidente que relativo a algumas questões houve melhoras por parte de alguns alunos que conseguiram estabelecer esquemas importantes, a fim de, ajudá-los na busca pela compreensão do assunto, porém, ainda restando a maior parte que não conseguiu atingir seus objetivos que eram criar situações que gerassem os esquemas necessários para o entendimento de determinados conceitos. Vale ressaltar a necessidade de mais cursos voltados para a temática da astronomia que contribua para gerar conceitos realmente significativos. Após a apropriação do conhecimento relativo à construção e uso das cartas celestes, pelos alunos houve uma notória melhora em algumas das questões inseridos nesse gráfico 22. Os campos conceituais estudados como esfera celeste, constelações, coordenadas estelares serviram de base para que os alunos pudessem em grupos gerar seus próprios esquemas socializando o conhecimento adquirido entre eles. Assim, a apropriação desse conhecimento tornou-se possível após o curso ministrado pelo Professor que apenas gerou breves situações visuais através do Stellarium que facilitou o entendimento da construção de cartas celestes.

10.1.3 Avaliação Formativa (Aspectos Qualitativos)

A outra parte da pesquisa correspondia em ouvir os alunos, saber como eles receberam o curso e o que acharam dessa nova experiência, de que forma essa eletiva

influenciaria na vida desses estudantes, a fim de trazer melhorias em seus aprendizados. O que acharam da experiência de aprender a construir e utilizar uma carta celeste em ambientes abertos da escola, e utilizando o programa *Stellarium* como auxiliador, haja vista que o horário era diurno? Como foi a experiência de entender o movimento das constelações utilizando sistemas de coordenadas ainda desconhecidos para esses estudantes? A seguir, os alunos sintetizaram todas as suas críticas, sendo construtivas ou não. O professor pediu a eles que fossem extremamente sinceros, para que se pudesse melhorar ainda mais as práticas docentes.

Quando o professor Jorge falou que ia dar um curso de astronomia fiquei muito empolgado com a ideia, pois sempre fui apaixonado pela mesma. A princípio eu sabia apenas o básico sobre astronomia que eu tinha visto nas aulas de geografia do ensino fundamental, por exemplo: sistema solar, fases da lua, estações do ano, escala e magnitude, origem do universo... Esse curso foi tão incrível, aprendi diversas coisas tão importantes que até mudou minha forma de olhar para o mundo. Aprendi como se calcula a posição das estrelas, a usar o app *Stellarium*, esfera celeste, constelações, a física dentro da Astronomia, também aprendi a olhar as constelações durante a noite etc. Gostei muito das aulas ao ar livre com as cartas celestes feitas pelo professor. Ele também tirou algumas dúvidas que eu tinha sobre a Relatividade e a teoria das cordas. Enfim, foi um curso completo, foi realmente muito bom estar presente em todas as aulas adquirindo conhecimento. Obrigado professor! (ALUNO A).

No começo eu não tinha total interesse na eletiva de Astronomia, assim como muitos alunos me inscrevi por ser uma dinâmica escolar didática, mas ver o quão incrível é a compreensão do Universo, seus complementares, foi necessário para que eu me dedicasse. Ao decorrer da eletiva fui apresentada a OBA (olimpíada brasileira de Astronomia), onde me permiti participar desse desafio e testar meus novos conhecimentos, infelizmente não fui tão longe nas olimpíadas, porém foi um acréscimo na minha linha de aprendizado. Logo após decidir participar da MOBFOG virtual, me dediquei à montagem do foguete durante um longo tempo, apesar de noites mal dormidas no dia seguinte estava novamente fazendo as alterações necessárias para os testes do foguete. Infelizmente tive problemas técnicos no aparelho que estava utilizando, entretanto ser a única aluna da UP Bacelar Portela a participar da MOBFOG virtual foi motivo de orgulho pessoal, aprendi a manusear cada comando, calcular altitude e velocidade necessária para a decolagem. De qualquer modo, só tive ganhos com a Astronomia e nunca mais vou olhar para o céu e vê-lo da mesma forma (ALUNO B).

Bem, quando o professor Jorge falou que ele daria aulas de Astronomia, eu não queria logo de cara, porque eu não sabia muitas coisas, mas como um admirador do céu, é necessário ter pelo menos um pouco de conhecimento. Na primeira atividade que ele passou para ver o nosso conhecimento, eu até fiquei um pouco surpreso, pois consegui responder maioria das perguntas, porque esperava que teria mais dificuldade, no decorrer do curso, foi ficando mais interessante, com aulas sobre solstícios, o movimento da terra, como os acontecimentos astronômicos eram entendidos no passado, como calcular a posição das estrelas para construir uma constelação em uma carta celeste e vários outros ensinamentos interessantes. Também foi muito legal ver o empenho do professor, indo para o colégio aos sábados para dar aula a poucos alunos. Enfim, foram ótimas aulas e superinteressantes, muito grato professor (ALUNO C).

Assim, através das falas dos alunos referentes ao curso de Astronomia, e às práticas de observação e discussão dos temas abordados, chegou-se a propor um curso mais duradouro

em outra oportunidade, haja vista o grande interesse dessa equipe que esteve durante a realização dessa eletiva na escola Prof. Dr. João Bacelar Portela. Trabalhar com Astronomia, utilizando as ferramentas conceituais da Física, desenvolveu neles uma postura mais crítica e argumentativa ao realizarem as observações com o uso das Cartas Celestes e do *Stellarium* como norteador nas observações celestes.

11 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A escolha do objeto de estudo e da técnica de investigação utilizada nesta dissertação foi realizada durante as atividades do Mestrado, haja vista haver poucas referências bibliográficas que permitissem ao professor desenvolver o trabalho, e em decorrência da falta de formações continuadas em Astronomia que possibilitassem ao mesmo realizar um trabalho mais sólido e cientificamente correto. Essa ausência de formações continuadas para a capacitação de professores e disciplinas – que possam mostrar aos alunos que é possível trabalhar CC da Astronomia de forma interdisciplinar com as demais ciências – ainda representa um entrave muito forte no Maranhão, além do que os índices de alunos aprovados e medalhistas em olimpíadas científicas são extremamente baixos nas escolas públicas e privadas. E foi exatamente após a constatação desses fatos, e para que os alunos pudessem adquirir maior interesse pela Astronomia, que o discente resolveu desenvolver a primeira carta celeste de São Luís do Maranhão.

Nessa pesquisa foram constatadas dificuldades cognitivas dos alunos quanto à assimilação de questões relacionadas à Astronomia básica, que podem ser explicadas através do ensino de Física. Porém, há necessidade de metodologias pedagógicas inovadoras que ressignifique o CC estudado, e possibilite ao aluno estabelecer relações entre os acontecimentos celestes e os terrestres.

A elaboração de cartas celestes exigiu um conhecimento de Astronomia que estava bem acima daqueles que se imaginaram de início. Alguns desses conhecimentos não eram possuídos, nem mesmo pelo professor, devido à falta de disciplinas voltadas à Astronomia no Ensino Superior, ou mesmo de formações continuadas em Astronomia para o desenvolvimento e aprimoramento das práticas docentes.

Desenvolver no aluno a capacidade de gerar esquemas conceituais, para que pudessem entender o que é uma esfera celeste, consiste no fato de capacitá-los a alcançarem os seguintes conhecimentos: associar o movimento da esfera celeste como resultado da rotação da Terra em torno de seu eixo de rotação no intervalo de um dia sideral, e não de um dia solar; noções de latitude astronômica e geográfica; noções de coordenadas altazimutais, a fim de representar o céu visível num local, em determinada data e hora específicas; familiarização dos sistemas de coordenadas horárias e equatoriais; noções de escalas de tempo, já que houve a necessidade de transformar horas universais em horas de fuso e em horas solares verdadeiras, a fim de obter hora sideral verdadeira, dados que são imprescindíveis para relacionar sistemas equatoriais e horários; conhecimentos de trigonometria esférica para relacionar sistemas

horários com altazimutais; conhecimento de aplicativos computacionais que permitissem o cálculo eficiente das transformações matemáticas necessárias; conhecimento de aplicativos computacionais que gerassem gráficos a partir de dados numéricos de uma planilha; além do conhecimento do movimento da esfera celeste, a fim de extrapolar 12 Cartas Celestes pontuais para que pudessem ser utilizadas ao longo do ano todo. Essas fases do aprendizado tornaram-se um desafio metodológico em meio a um cenário completamente adverso.

Esse cenário adverso causado pela Covid-19 impossibilitou a completa realização desse trabalho, quando não permitia aglomerações em ambientes de sala de aula ou mesmo fora dela para atividades escolares. E após o retorno das atividades escolares, teve-se, como consequência, o medo, a desconfiança e a evasão que se instaurou nas escolas estaduais do Brasil, e, especificamente, do Maranhão, o que resultou no baixo número de alunos que participaram da eletiva intitulada “Descobrimo o Universo”, com apenas 20 alunos no início e oito no final e das pesquisas semiestruturadas, apenas 8 alunos em ambas as pesquisas.

Uma outra dificuldade apresentada durante a realização do curso é que nem todos os alunos possuíam *notebooks* para a realização dos trabalhos, logo utilizaram-se apenas as Cartas em conjunto com o celular, para a elaboração das atividades de observação do céu.

Como o tema sempre despertou muito a curiosidade de todos, as observações com as Cartas Celestes e o uso do programa *Stellarium* em ambientes externos possibilitou debates sobre Astronomia e Física, promovendo um papel educacional e motivador, tanto para os alunos quanto para os professores, pois desencadeou por parte de todos os envolvidos inúmeras perguntas sobre o movimento das estrelas, posição das estrelas no espaço, sistemas de coordenadas envolvidos, além da ideia de tempo envolvido nos fenômenos celestes.

Como resultado das pesquisas semiestruturadas, os alunos acabaram tendo uma melhora em alguns quesitos, porém, não tiveram um bom desempenho após o curso na maioria das questões apresentadas. Isso se deve a vários fatores, como: tempo excessivo sem atividade escolar devido à pandemia, falta de formação continuada em Astronomia para os professores da Educação Básica, falta de disciplina de Astronomia que possa trabalhar os conteúdos exigidos pela BNCC, além de equipamentos tecnológicos que possam auxiliar o professor no desenvolvimento dessas aulas, dentro e fora de sala de aula, como *notebooks*, *tablets* e *Datashow*.

Ainda assim, constatou-se que a utilização desse instrumental pedagógico (carta celeste) melhorou a relação dos alunos com as Ciências Exatas, a partir do momento em que ele contextualizou os conhecimentos teóricos obtidos em sala de aula com as observações de campo.

Propôs-se, nesta pesquisa, uma disciplina específica de Astronomia que possa trabalhar contextualizada com as demais ciências, com a utilização das cartas celestes em momentos formativos fora da sala de aula, para que os alunos possam se familiarizar com outros tipos de coordenadas não vistos no Ensino Básico, além de mais visitas a planetários ou palestras nas escolas de professores que trabalhem temas voltados ao estudo da Astronomia e divulgação da ciência no Brasil e, em especial, no Maranhão.

Por fim, propõe-se, em estudos futuros, um desenvolvimento maior de estudos sobre as cartas celestes a partir de São Luís do Maranhão, principalmente levando em conta o brilho das estrelas, no desenvolvimento das cartas, que é de fundamental importância para o estudo da Astronomia de Posição. Esse tema não foi evidenciado nesta pesquisa, devido à impossibilidade de trabalhos nas escolas, em decorrência da pandemia por um determinado período, e da falta de tempo após a liberação das atividades escolares. Porém, serve como importante CC a ser desenvolvido em novos trabalhos, onde, a partir desta pesquisa, outros trabalhos para a região maranhense poderão surgir no futuro.

REFERÊNCIAS

- BAUER, A.; CASSETTARI, N.; OLIVEIRA, R. P. de. Políticas docentes e qualidade da educação: uma revisão da literatura e indicações de política. **Ensaio: Avaliação e Políticas Públicas em Educação**, v. 25, p. 943-970, 2017. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/ensaio/a/CtJ6Tqx5GJXpCzv7qXjhb7H/?format=html&lang=pt>. Acesso em: 7 jul. 2021.
- AFONSO, G. B. **Astronomia Indígena**. In: Seminário Brasileiro de Pesquisa Científica, Anais [...]. São Luís, 2009. Disponível em: http://www.sbpcnet.org.br/livro/61ra/conferencias/co_germanoafonso.pdf. Acesso em: 26 maio 2021.
- AFONSO, G. B. Saberes Astronômicos dos Tupinambás do Maranhão. In: Seminário Brasileiro de Pesquisa Científica, n. 1, **Anais [...]**. São Luís, 2012. Disponível em: https://www.sbpcnet.org.br/livro/64ra/pdfs/arq_1506_96.pdf. Acesso em: 26 maio 2021.
- AFONSO, G. B. **As constelações indígenas brasileiras**. Telescópios na Escola, Rio de Janeiro, p. 1-11, 2013. Disponível em: <http://www.telescopiosnaescola.pro.br/novosite/material/indigenas.pdf>. Acesso em: 5 jun. 2021.
- ALVES, F. R. J. Do Referencial Geocêntrico ao Heliocêntrico: ciência, modernidade e ensino. **Revista GeoNordeste**, São Cristóvão, Ano XXIX, n. 1, p. 125-144, jan./jun. 2018. Disponível em: <https://seer.ufs.br/index.php/geonordeste/article/view/6601>. Acesso em: 20 jun. 2021.
- BARRETO FILHO, B.; SILVA, C. X da. **Física aula por aula: mecânica**, 1º ano. 3 ed. São Paulo: Editora FTD, 2016.
- BRASIL. Ministério da Educação e do desporto. Secretaria de Educação Fundamental. **Parâmetros Curriculares Nacionais terceiro e quarto ciclo do Ensino Fundamental: Ciências**. Brasília, DF: MEC/SEF, 1998.
- BRASIL, Ministério da Educação, Secretaria de Educação Média e Tecnológica LDB. **Lei de Diretrizes e Bases da Educação Brasileira**. Brasília, DF, 1999. Disponível em: <http://www.mec.gov.br/semtec/defau.shtm>. Acesso em: 4 nov. 2021.
- BRASIL. **Parâmetros Curriculares Nacionais: Introdução aos parâmetros curriculares nacionais**. Secretaria de Educação Fundamental. 2 ed. Rio de Janeiro: DP&A, 2000.
- BRASIL. **Base Nacional Comum Curricular: Educação Infantil e Ensino Fundamental**. Brasília: MEC/Secretaria de Educação Básica, 2017.
- BRASIL. Ministério da Educação. **Base Nacional Comum Curricular**. Brasília, 2018.
- CANIATO, R. **O Céu**. Campinas, SP: Editora Átomo, 2011.
- CECÍLIO JUNIOR, E. P. **Stellarium: aprendendo astronomia com software**. 1ª ed. Curitiba: Appris, 2016.

COUPER, H.; HENBEST, N. **A História da Astronomia**. Trad. de Henrique Monteiro. São Paulo: Larousse do Brasil, 2009.

D'ABBEVILLE, C. **História da Missão dos Padres Capuchinhos na ilha do Maranhão e Terras Circunvizinhas**. São Paulo, SP. Editora: Siciliano, 2012.

DIAS, P. M. C.; SANTOS, W. M. S.; SOUZA, M. T. M. A gravitação universal: um texto para o ensino médio. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 26, p. 257-271, 2004. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbef/a/FZS39VjZZRrY44gywMqqcR/?lang=pt&format=html>. Acesso em: 26 maio 2021.

GENUINO, L. C. C. **O uso de tecnologias no ensino de Astronomia na educação básica**. Campina Grande/PB. Universidade Estadual da Paraíba. 2014. 53f. Monografia, Curso de Especialização Fundamentos da Educação: Práticas Pedagógicas Interdisciplinares da Universidade Estadual da Paraíba, Campo Grande, 2014.

GLEISER, M. **A dança do Universo: dos mitos de Criação ao Big Bang**. São Paulo: Companhia das Letras, 1997.

GONSALVES, P. H. Johannes Kepler (1571-1630). **Unicentro**, Paraná, 2015.

JUSTINIANO, A.; BOTELHO, R. Construção de uma carta celeste: Um recurso didático para o ensino de Astronomia nas aulas de Física. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São José dos Campos, SP, v. 38, n. 4, p. 1-11, 2016. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbef/a/PHdnwSFMdLRjHK4CbZhM59N/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 14 jun. 2021.

KANTOR, C. A. **A ciência do céu: uma proposta para o ensino médio**. 2001. Universidade de São Paulo, São Paulo, 2001.

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

LANGHI, R. **Astronomia nos anos iniciais do ensino fundamental: repensando a formação de professores**. Tese (Doutorado em Educação para a Ciência). Faculdade de Ciências, UNESP, Bauru, 2009. 372p.

LANGHI, R.; NARDI, R. Ensino da astronomia no Brasil: educação formal, informal, não formal e divulgação científica. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, Bauru, SP, v. 31, n. 4, p. 1-11, jun. 2009.

LANGHI, R.; NARDI, R. **Educação em Astronomia: repensando a formação de professores**. São Paulo: Escrituras Editora, 2012.

LIMA, F. P.; MOREIRA, I. de C. Tradições astronômicas tupinambás na visão de Claude D'Abbeville. **Revista da Sociedade Brasileira de História da Ciência**, v. 3, n. 1, p. 4-19, 2005.

LONGHINI, M. D. **Educação em Astronomia**: experiências e contribuições para a prática pedagógica. Campinas, SP: Editora Átomo, 2010.

LONGHINI, M. D. **Ensino de astronomia na escola**: concepções, ideias e práticas. 1ª ed. Campinas, SP: Editora Átomo, 2014.

LUDKE, M.; ANDRE, M. E. D. A. **Pesquisa em educação**: uma abordagem qualitativa. 2ª ed. São Paulo: EPU, 2013.

MASINI, A. C. S. **A História do Éter**. [S. l.], [entre 1990 e 2008].

MINAYO, M. C. de S.; DESLANDES, S. F. **Pesquisa Social**: teoria, método e criatividade. Petrópolis, Rio de Janeiro (RJ): Vozes, 2016.

MORÁN, J. Mudando a educação com metodologias ativas. Coleção mídias contemporâneas. **Convergências midiáticas, educação e cidadania: aproximações jovens**, v. 2, n. 1, p. 15-33, 2015. Disponível em: http://www2.eca.usp.br/moran/wp-content/uploads/2013/12/mudando_moran.pdf. Acesso em: 29 set. 2021.

MOREIRA, M. A. A Teoria dos Campos Conceituais de Vergnaud, o ensino de ciências e a pesquisa nesta área. **Revista Investigação em Ensino de Ciências**. Porto Alegre, RS, v. 7, n. 1, p. 7-29, 2002. Disponível em: <https://www.lume.ufrgs.br/handle/10183/141212>. Acesso em: 15 set. 2021.

MOTA, A. T.; RESENDE JUNIOR, M. F. **A Teoria dos Campos Conceituais**: uma possibilidade para o planejamento didático no ensino de astronomia. *In*: Simpósio Nacional de Educação em Astronomia, 2012. São Paulo. **Resumo** [...]. São Paulo: UNIFEI, 2012. p. 38-46.

MOURÃO, R. R. de F. **Manual do Astrônomo**: uma introdução à astronomia observacional e à construção de telescópios. Rio de Janeiro: Jorge Zahar, 1995.

MOURÃO, R. R. de F. **O livro de Ouro do Universo**. Rio de Janeiro: Ediouro, 2001.

NOGUEIRA, S. **Astronomia**: ensino fundamental e médio. Brasília: MEC, SEB; AEB. 2009.

OLIVEIRA FILHO, K. de S.; SARAIVA, M. F. O. **Astronomia e Astrofísica**. 4 ed. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2017.

PINTO NETO, A. **Notas de aula da disciplina Mecânica Teórica 1**. São Luís: EDUFMA, 2003.

RODRIGUES, C. V. **Curso de Introdução à Astronomia e Astrofísica**. São Paulo: INPE, 2015.

ROONEY, A. **A História da Astronomia**: Dos planetas e estrelas aos pulsares e buracos negros. São Paulo – M. Books do Brasil Editora Ltda, 2018.

ULLMANN, H. F. **Astronômica**. Tradução de Luís Santos, 2008.

YAMAMOTO, K. **Física para o Ensino Médio, vol. 1.** São Paulo: Saraiva, 2016.

ZABALA, A. **A prática educativa: como ensinar.** Trad. de Ernani F. da F. Rosa. Porto Alegre: Artmed, 1998.

APÊNDICES

APÊNDICE A – Cálculos Carta Celeste

CÁLCULO PARA JANEIRO

Data: 08/01/2021

Tempo: 19:00 h

$$M = M + 12$$

$$A_{no} = A_{no} - 1$$

$$M = 1 + 12$$

$$A_{no} = 2021 - 1$$

$$M = 13$$

$$A_{no} = 2020$$

Cálculo de A_1 e B

$$A_1 = INT(A_{no}/100) = INT(2020/100) = 20$$

$$A_1 = 20$$

$$B = 2 - A_1 + INT(A_1/4)$$

$$B = 2 - 20 + INT(20/4)$$

$$B = 2 - 20 + 5 = -13$$

$$B = -13$$

1. Cálculo do Dia Juliano (JD)

$$JD = B + INT(365,25 * A_{no} - T) + INT[30,6001 * (M + 1)] + Dia + Hora/24 + 1720994,5$$

$$JD = -13 + INT(365,25 * 2021 - 0) + INT[30,6001 * (1 + 1)] + 8 + 22/24 + 1720994,5$$

$$JD = -13 + 738170 + 61 + 8 + 22/24 + 1720994,5$$

$$JD = 2459221,41667$$

2. Cálculo do Dia Juliano Zero (JD0) Sempre para a data: 00/01/2021

$$JD0 = B + INT(365,25 * A_{no} - T) + INT[30,6001 * (M + 1)] + Dia + Hora/24 + 1720994,5$$

$$JD = -13 + INT(365,25 * 2020) + INT[30,6001 * (13 + 1)] + 22/24 + 1720994,5$$

$$JD = 2459215,41667$$

3. Cálculo do número de dias (ndias)

$$ndias = JD - JD0$$

$$ndias = 2459223,41667 - 2459215,41667$$

$$ndias = 6 \text{ dias}$$

4. Cálculo do Século Juliano (S)

$$S = \frac{JD - 2415020}{36525} = \frac{2459215,41667 - 2415020}{36525} = 1,21000456318$$

$$S = 1,21000456318$$

5. Cálculo do Tempo Solar (TS)

$$TS = \frac{6,6938 * 3600 + 8640184,812866 * S + 0,093104 * S^2 - (6,2 * 10^{-6} * S^3)}{3600}$$

Substituindo os valores de S da equação anterior e colocando na equação do TS, obtém-se o seguinte resultado:

$$TS = \frac{24097 + (10454663,0503) + 0,1363145945 - 0,0000109838}{3600}$$

$$TS = 2910,76690739$$

6. Cálculo do Tempo Sideral em Greenwich (GST)

$$GST = 0,0657098 * dias - [24 - TSS + 24 * (Ano - 1900)] + 1,00273790935 * Hora$$

$$GST = 0,0657098 * 6 - [24 - 2910,76690739 + 24 * (2021 - 1900)] + 1,00273790935 * 22$$

$$GST = 0,3942588 - 17,23309261 + 22,0602340057$$

$$GST = 5,2214001957$$

7. Cálculo do Tempo Sideral Local (TSL)

$$TSL = GST + \frac{Longitude}{15}$$

$$TSL = GST + \frac{-44,3066666667}{15}$$

$$TSL = 5,2214001957 - \frac{44,3066666667}{15}$$

$$TSL = 2,26762241792$$

8. Cálculo para a estrela Beta Cruz

$$AH = TSL - \alpha$$

$$AH = 2,26762241792 - 12,79537$$

$$AH = 13,4722524179$$

$$AH_{graus} = 202,083786268$$

$$\sin(202,083786268) = -0,3759620562$$

Se $\sin(AH) > 0 \rightarrow A_z = 360 - \text{Valor do } A_z \text{ encontrado.}$

9. Cálculo da altura

$$h = \text{sen}^{-1}[\text{sen}(\delta) \cdot \text{sen}(\varphi) + \cos(\delta) \cdot \cos(\varphi) \cdot \cos(AH)]$$

$$h = \text{sen}^{-1}[\text{sen}(-59,68873) \cdot \text{sen}(-2,5308333334) + \cos(-59,68873) \cdot \cos(-2,53308333334) \cdot \cos(202,083786268)]$$

$$h = \text{sen}^{-1}[-0,4290927844]$$

$$h = -25,4099997323$$

10. Cálculo do Azimute

$$Az = \cos^{-1} \left[\frac{\text{sen}(\delta) - \text{sen}(\varphi) \cdot \text{sen}(h)}{\cos(\varphi) \cdot \cos(h)} \right]$$

$$Az = \cos^{-1} \left[\frac{\text{sen}(-59,68873) - \text{sen}(-2,5308333334) \cdot \text{sen}(-25,4099997323)}{\cos(-2,5308333334) \cdot \cos(-25,4099997323)} \right]$$

$$Az = \cos^{-1} \left[\frac{(-0,8822437492)}{(0,9023793807)} \right]$$

$$Az = 167,8734693637$$

CÁLCULO PARA FEVEREIRO

Data: 08/02/2021

Tempo: 19:00 h

$$M = M + 12$$

$$A_{no} = A_{no} - 1$$

$$M = 2 + 12$$

$$A_{no} = 2021 - 1$$

$$M = 14$$

$$A_{no} = 2020$$

Cálculo de A_1 e B

$$A_1 = INT(A_{no}/100) = INT(2020/100) = 20$$

$$A_1 = 20$$

$$B = 2 - A_1 + INT(A_1/4)$$

$$B = 2 - 20 + INT(20/4)$$

$$B = 2 - 20 + 5 = -13$$

$$B = -13$$

1. Cálculo do Dia Juliano (JD)

$$JD = B + INT(365,25 * A_{no} - T) + INT[30,6001 * (M + 1)] + Dia + Hora/24 + 1720994,5$$

$$JD = -13 + INT(365,25 * 2021 - 0) + INT[30,6001 * (2 + 1)] + 8 + 22/24 + 1720994,5$$

$$JD = -13 + 738170 + 91 + 8 + 22/24 + 1720994,5$$

$$JD = 2459251,41667$$

2. Cálculo do Dia Juliano Zero (JD0) Sempre para a data: 00/01/2021

$$JD0 = B + INT(365,25 * A_{no} - T) + INT[30,6001 * (M + 1)] + Dia + Hora/24 + 1720994,5$$

$$JD0 = -13 + INT(365,25 * 2020) + INT[30,6001 * (13 + 1)] + 22/24 + 1720994,5$$

$$JD = 2459215,41667$$

3. Cálculo do número de dias (ndias)

$$ndias = JD - JD0$$

$$ndias = 2459251,41667 - 2459215,41667$$

$$ndias = 36 \text{ dias}$$

4. Cálculo do Século Juliano (S)

$$S = \frac{JD - 2415020}{36525} = \frac{2459215,41667 - 2415020}{36525} = 1,21000456318$$

$$S = 1,21000456318$$

5. Cálculo do Tempo Solar (TS)

$$TS = \frac{6,6938 * 3600 + 8640184,812866 * S + 0,093104 * S^2 - (6,2 * 10^{-6} * S^3)}{3600}$$

Substituindo os valores de S da equação anterior e colocando na equação do TS, obtém-se o seguinte resultado:

$$TS = \frac{24097,68 + (10454663,0503) + 0,1363145945 - 0,0000109838}{3600}$$

$$TS = 2910,76690739$$

6. Cálculo do Tempo Sideral em Greenwich (GST)

$$GST = 0,0657098 * dias - [24 - TSS + 24 * (Ano - 1900)] + 1,00273790935 * Hora$$

$$GST = 0,0657098 * 36 - [24 - 2910,76690739 + 24 * (2021 - 1900)] + 1,00273790935 * 22$$

$$GST = 2,3655528 - 17,23309261 + 22,0602340057$$

$$GST = 7,1926941957$$

7. Cálculo do Tempo Sideral Local (TSL)

$$TSL = GST + \frac{Longitude}{15}$$

$$TSL = GST + \frac{-44,3066666667}{15}$$

$$TSL = 7,1926941957 - \frac{44,3066666667}{15}$$

$$TSL = 4,23891641792$$

8. Cálculo para a estrela Beta Cruz

$$AH = TSL - \alpha$$

$$AH = 4,23891641792 - 12,79537$$

$$AH = -8,55645358208 \quad (y)$$

$$AH = y + 24$$

$$AH = 15,4435464179$$

$$AH_{\text{graus}} = 231,653196268$$

Se $\sin(AH) > 0 \rightarrow A_z = 360 - \text{Valor do } A_z \text{ encontrado.}$

9. Cálculo da altura

$$h = \text{sen}^{-1}[\text{sen}(\delta) \cdot \text{sen}(\varphi) + \cos(\delta) \cdot \cos(\varphi) \cdot \cos(AH)]$$

$$h = \text{sen}^{-1}[\text{sen}(-59,68873) \cdot \text{sen}(-2,5308333334) + \cos(-59,68873) \cdot \cos(-2,5330833334) \cdot \cos(231,653196268)]$$

$$h = \text{sen}^{-1}[-0,274698328]$$

$$h = -15,9440372936$$

10. Cálculo do Azimute

$$Az = \cos^{-1} \left[\frac{\text{sen}(\delta) - \text{sen}(\varphi) \cdot \text{sen}(h)}{\cos(\varphi) \cdot \cos(h)} \right]$$

$$Az = \cos^{-1} \left[\frac{\text{sen}(-59,68873) - \text{sen}(-2,5308333334) \cdot \text{sen}(-15,9440372936)}{\cos(-2,5308333334) \cdot \cos(-15,9440372936)} \right]$$

$$Az = \cos^{-1} \left[\frac{(-0,8754261514)}{(0,9605925881)} \right]$$

$$Az = 155,691148235$$

CÁLCULO PARA MARCO

Data: 08/03/2021

Tempo: 19:00 h

$$M = M$$

$$A_{no} = A_{no}$$

$$M = 03$$

$$A_{no} = 2021$$

Cálculo de A_1 e B

$$A_1 = INT(Ano/100) = INT(2020/100) = 20$$

$$A_1 = 20$$

$$B = 2 - A_1 + INT(A_1/4)$$

$$B = 2 - 20 + INT(20/4)$$

$$B = 2 - 20 + 5 = -13$$

$$B = -13$$

1. Cálculo do Dia Juliano (JD)

$$JD = B + INT(365,25 * Ano - T) + INT[30,6001 * (M + 1)] + Dia + Hora/24 + 1720994,5$$

$$JD = -13 + INT(365,25 * 2021 - 0) + INT[30,6001 * (3 + 1)] + 8 + 22/24 + 1720994,5$$

$$JD = -13 + 738170 + 122 + 8 + 22/24 + 1720994,5$$

$$JD = 2459282,4166667$$

2. Cálculo do Dia Juliano Zero (JD0) Sempre para a data: 00/01/2021

$$JD0 = B + INT(365,25 * Ano - T) + INT[30,6001 * (M + 1)] + Dia + Hora/24 + 1720994,5$$

$$JD0 = -13 + INT(365,25 * 2020) + INT[30,6001 * (13 + 1)] + 22/24 + 1720994,5$$

$$JD0 = 2459215,4166667$$

3. Cálculo do número de dias (ndias)

$$ndias = JD - JD0$$

$$ndias = 2459282,4166667 - 2459215,4166667$$

$$ndias = 67 \text{ dias}$$

4. Cálculo do Século Juliano (S)

$$S = \frac{JD - 2415020}{36525} = \frac{2459215,4166667 - 2415020}{36525} = 1,21000456318$$

$$S = 1,21000456318$$

5. Cálculo do Tempo Solar (TS)

$$TS = \frac{6,6938 * 3600 + 8640184,812866 * S + 0,093104 * S^2 - (6,2 * 10^{-6} * S^3)}{3600}$$

Substituindo os valores de S da equação anterior e colocando na equação do TS, obtém-se o seguinte resultado:

$$TS = \frac{24097,68 + (10454663,0503) + 0,1363145945 - 0,0000109838}{3600}$$

$$TS = 2910,76690739$$

6. Cálculo do Tempo Sideral em Greenwich (GST)

$$GST = 0,0657098 * dias - [24 - TSS + 24 * (Ano - 1900)] + 1,00273790935 * Hora$$

$$GST = 0,0657098 * 67 - [24 - 2910,76690739 + 24 * (2021 - 1900)] \\ + 1,00273790935 * 22$$

$$GST = 4,4025566 - 17,23309261 + 22,0602340057$$

$$GST = 9,2296977988$$

7. Cálculo do Tempo Sideral Local (TSL)

$$TSL = GST + \frac{Longitude}{15}$$

$$TSL = GST + \frac{-44,3066666667}{15}$$

$$TSL = 9,2296977988 - \frac{44,3066666667}{15}$$

$$TSL = 6,275920021$$

8. Cálculo para a estrela Beta Cruz

$$AH = TSL - \alpha$$

$$AH = 6,275920021 - 12,79537$$

$$AH = -6,519449979 \quad (y)$$

$$AH = -6,519449979 + 24$$

$$AH = 17,48055021$$

$$AH_{\text{graus}} = 262,208250315$$

Se $\sin(AH) > 0 \rightarrow A_z = 360 - \text{Valor do } A_z \text{ encontrado.}$

9. Cálculo da altura

$$h = \text{sen}^{-1}[\text{sen}(\delta) \cdot \text{sen}(\varphi) + \cos(\delta) \cdot \cos(\varphi) \cdot \cos(AH)]$$

$$h = \text{sen}^{-1}[\text{sen}(-59,68873) \cdot \text{sen}(-2,5308333334) + \cos(-59,68873) \cdot \cos(-2,5330833334) \cdot \cos(262,208250315)]$$

$$h = \text{sen}^{-1}[-0,0302359754]$$

$$h = -1,7326578517$$

10. Cálculo do Azimute

$$Az = \cos^{-1} \left[\frac{\text{sen}(\delta) - \text{sen}(\varphi) \cdot \text{sen}(h)}{\cos(\varphi) \cdot \cos(h)} \right]$$

$$Az = \cos^{-1} \left[\frac{\text{sen}(-59,68873) - \text{sen}(-2,5308333334) \cdot \text{sen}(-1,7326578517)}{\cos(-2,5308333334) \cdot \cos(-1,7326578517)} \right]$$

$$Az = \cos^{-1} \left[\frac{(-0,8646311601)}{(0,9985678378)} \right]$$

$$Az = 149,9823$$

CÁLCULO PARA ABRIL

Data: 08/04/2021

Tempo: 19:00 h

$$M = M$$

$$A_{no} = A_{no}$$

$$M = 04$$

$$A_{no} = 2021$$

Cálculo de A_1 e B

$$A_1 = INT(Ano/100) = INT(2020/100) = 20$$

$$A_1 = 20$$

$$B = 2 - A_1 + INT(A_1/4)$$

$$B = 2 - 20 + INT(20/4)$$

$$B = 2 - 20 + 5 = -13$$

$$B = -13$$

1. Cálculo do Dia Juliano (JD)

$$JD = B + INT(365,25 * Ano - T) + INT[30,6001 * (M + 1)] + Dia + Hora/24 + 1720994,5$$

$$JD = -13 + INT(365,25 * 2021 - 0) + INT[30,6001 * (4 + 1)] + 8 + 22/24 + 1720994,5$$

$$JD = -13 + 738170 + 153 + 8 + 22/24 + 1720994,5$$

$$JD = 2459313,4166667$$

2. Cálculo do Dia Juliano Zero (JD0) Sempre para a data: 00/01/2021

$$JD0 = B + INT(365,25 * Ano - T) + INT[30,6001 * (M + 1)] + Dia + Hora/24 + 1720994,5$$

$$JD0 = -13 + INT(365,25 * 2020) + INT[30,6001 * (13 + 1)] + 22/24 + 1720994,5$$

$$JD0 = 2459215,4166667$$

3. Cálculo do número de dias (ndias)

$$ndias = JD - JD0$$

$$ndias = 2459313,4166667 - 2459215,4166667$$

$$ndias = 98 \text{ dias}$$

4. Cálculo do Século Juliano (S)

$$S = \frac{JD - 2415020}{36525} = \frac{2459215,4166667 - 2415020}{36525} = 1,21000456318$$

$$S = 1,21000456318$$

5. Cálculo do Tempo Solar (TS)

$$TS = \frac{6,6938 * 3600 + 8640184,812866 * S + 0,093104 * S^2 - (6,2 * 10^{-6} * S^3)}{3600}$$

Substituindo os valores de S da equação anterior e colocando na equação do TS, obtém-se o seguinte resultado:

$$TS = \frac{24097,68 + (10454663,049595) + 0,1363145945 - 0,0000109838}{3600}$$

$$TS = 2910,7669071942$$

6. Cálculo do Tempo Sideral em Greenwich (GST)

$$GST = 0,0657098 * dias - [24 - TSS + 24 * (Ano - 1900)] + 1,00273790935 * Hora$$

$$GST = 0,0657098 * 98 - [24 - 2910,766907142 + 24 * (2021 - 1900)] + 1,00273790935 * 22$$

$$GST = 6,4395604 - [24 - 2910,766907142 + 2904] + 22,0602340046$$

$$GST = 11,2667015466$$

11. Cálculo do Tempo Sideral Local (TSL)

$$TSL = GST + \frac{Longitude}{15}$$

$$TSL = GST + \frac{-44,3066666667}{15}$$

$$TSL = 11,2667015466 - \frac{44,3066666667}{15}$$

$$TSL = 8,3129237688$$

12. Cálculo para a estrela Beta Cruz

$$AH = TSL - \alpha$$

$$AH = 8,3129237688 - 12,79537$$

$$AH = -4,4824462312 \quad (y)$$

$$AH = -4,4824462312 + 24$$

$$AH = 19,5175537688$$

$$AH_{\text{graus}} = 292,763306532$$

Se $\sin(AH) > 0 \rightarrow A_z = 360 - \text{Valor do } A_z \text{ encontrado.}$

13. Cálculo da altura

$$h = \text{sen}^{-1}[\text{sen}(\delta) \cdot \text{sen}(\varphi) + \cos(\delta) \cdot \cos(\varphi) \cdot \cos(AH)]$$

$$h = \text{sen}^{-1}[\text{sen}(-59,68873) \cdot \text{sen}(-2,5308333334) + \cos(-59,68873) \cdot \cos(-2,5330833334) \cdot \cos(292,763306532)]$$

$$h = \text{sen}^{-1}[0,2332102307]$$

$$h = 13,4861454512$$

14. Cálculo do Azimute

$$Az = \cos^{-1} \left[\frac{\text{sen}(\delta) - \text{sen}(\varphi) \cdot \text{sen}(h)}{\cos(\varphi) \cdot \cos(h)} \right]$$

$$Az = \cos^{-1} \left[\frac{\text{sen}(-59,68873) - \text{sen}(-2,5308333334) \cdot \text{sen}(13,486145412)}{\cos(-2,5308333334) \cdot \cos(13,486145412)} \right]$$

$$Az = \cos^{-1} \left[\frac{(-0,852998727)}{(0,9714778395)} \right]$$

$$Az = 151,4070756963$$

CÁLCULO PARA MAIO

Data: 08/05/2021

Tempo: 19:00 h

$$M = M$$

$$A_{no} = A_{no}$$

$$M = 05$$

$$A_{no} = 2021$$

Cálculo de A_1 e B

$$A_1 = INT(Ano/100) = INT(2020/100) = 20$$

$$A_1 = 20$$

$$B = 2 - A_1 + INT(A_1/4)$$

$$B = 2 - 20 + INT(20/4)$$

$$B = 2 - 20 + 5 = -13$$

$$B = -13$$

1. Cálculo do Dia Juliano (JD)

$$JD = B + INT(365,25 * Ano - T) + INT[30,6001 * (M + 1)] + Dia + Hora/24 + 1720994,5$$

$$JD = -13 + INT(365,25 * 2021 - 0) + INT[30,6001 * (5 + 1)] + 8 + 22/24 + 1720994,5$$

$$JD = -13 + 738170 + 183 + 8 + 22/24 + 1720994,5$$

$$JD = 2459343,4166667$$

2. Cálculo do Dia Juliano Zero (JD0) Sempre para a data: 00/01/2021

$$JD0 = B + INT(365,25 * Ano - T) + INT[30,6001 * (M + 1)] + Dia + Hora/24 + 1720994,5$$

$$JD0 = -13 + INT(365,25 * 2020) + INT[30,6001 * (13 + 1)] + 22/24 + 1720994,5$$

$$JD0 = 2459215,4166667$$

3. Cálculo do número de dias (ndias)

$$ndias = JD - JD0$$

$$ndias = 2459343,4166667 - 2459215,4166667$$

$$ndias = 128 \text{ dias}$$

4. Cálculo do Século Juliano (S)

$$S = \frac{JD - 2415020}{36525} = \frac{2459215,4166667 - 2415020}{36525} = 1,21000456318$$

$$S = 1,21000456318$$

5. Cálculo do Tempo Solar (TS)

$$TS = \frac{6,6938 * 3600 + 8640184,812866 * S + 0,093104 * S^2 - (6,2 * 10^{-6} * S^3)}{3600}$$

Substituindo os valores de S da equação anterior e colocando na equação do TS, obtém-se o seguinte resultado:

$$TS = \frac{24097,68 + (10454663,049595) + 0,1363145945 - 0,0000109838}{3600}$$

$$TS = 2910,7669071942$$

6. Cálculo do Tempo Sideral em Greenwich (GST)

$$GST = 0,0657098 * dias - [24 - TSS + 24 * (Ano - 1900)] + 1,00273790935 * Hora$$

$$GST = 0,0657098 * 128 - [24 - 2910,7669071942 + 24 * (2021 - 1900)] + 1,00273790935 * 22$$

$$GST = 8,4108544 - [24 - 2910,7669071942 + 2904] + 22,0602340046$$

$$GST = 13,2379955988$$

7. Cálculo do Tempo Sideral Local (TSL)

$$TSL = GST + \frac{Longitude}{15}$$

$$TSL = GST + \frac{-44,3066666667}{15}$$

$$TSL = 13,2379955988 - \frac{44,3066666667}{15}$$

$$TSL = 10,284217821$$

8. Cálculo para a estrela Beta Cruz

$$AH = TSL - \alpha$$

$$AH = 10,284217821 - 12,79537$$

$$AH = -2,511152179 \quad (\text{y})$$

$$AH = -2,511152179 + 24$$

$$AH = 21,488847821$$

$$AH_{\text{graus}} = 322,332717315$$

Se $\sin(AH) > 0 \rightarrow A_z = 360 - \text{Valor do } A_z \text{ encontrado.}$

9. Cálculo da altura

$$h = \text{sen}^{-1}[\text{sen}(\delta) \cdot \text{sen}(\varphi) + \cos(\delta) \cdot \cos(\varphi) \cdot \cos(AH)]$$

$$h = \text{sen}^{-1}[\text{sen}(-59,68873) \cdot \text{sen}(-2,5308333334) + \cos(-59,68873) \cdot \cos(-2,53308333334) \cdot \cos(322,332717315)]$$

$$h = \text{sen}^{-1}[0,4372355769]$$

$$h = 25,9276326482$$

10. Cálculo do Azimute

$$Az = \cos^{-1} \left[\frac{\text{sen}(\delta) - \text{sen}(\varphi) \cdot \text{sen}(h)}{\cos(\varphi) \cdot \cos(h)} \right]$$

$$Az = \cos^{-1} \left[\frac{\text{sen}(-59,68873) - \text{sen}(-2,5308333334) \cdot \text{sen}(25,9276322482)}{\cos(-2,5308333334) \cdot \cos(25,9276326482)} \right]$$

$$Az = \cos^{-1} \left[\frac{(-0,8439892774)}{(0,8984697933)} \right]$$

$$Az = 159,9448537177$$

CÁLCULO PARA JUNHO

Data: 08/06/2021

Tempo: 19:00 h

$$M = M$$

$$A_{no} = A_{no}$$

$$M = 06$$

$$A_{no} = 2021$$

Cálculo de A_1 e B

$$A_1 = INT(Ano/100) = INT(2020/100) = 20$$

$$A_1 = 20$$

$$B = 2 - A_1 + INT(A_1/4)$$

$$B = 2 - 20 + INT(20/4)$$

$$B = 2 - 20 + 5 = -13$$

$$B = -13$$

1. Cálculo do Dia Juliano (JD)

$$JD = B + INT(365,25 * Ano - T) + INT[30,6001 * (M + 1)] + Dia + Hora/24 + 1720994,5$$

$$JD = -13 + INT(365,25 * 2021 - 0) + INT[30,6001 * (6 + 1)] + 8 + 22/24 + 1720994,5$$

$$JD = -13 + 738170 + 214 + 8 + 22/24 + 1720994,5$$

$$JD = 2459374,4166667$$

2. Cálculo do Dia Juliano Zero (JD0) Sempre para a data: 00/01/2021

$$JD0 = B + INT(365,25 * Ano - T) + INT[30,6001 * (M + 1)] + Dia + Hora/24 + 1720994,5$$

$$JD0 = -13 + INT(365,25 * 2020) + INT[30,6001 * (13 + 1)] + 22/24 + 1720994,5$$

$$JD0 = 2459215,4166667$$

3. Cálculo do número de dias (ndias)

$$ndias = JD - JD0$$

$$ndias = 2459343,4166667 - 2459215,4166667$$

$$ndias = 159 \text{ dias}$$

4. Cálculo do Século Juliano (S)

$$S = \frac{JD - 2415020}{36525} = \frac{2459215,4166667 - 2415020}{36525} = 1,21000456318$$

$$S = 1,21000456318$$

5. Cálculo do Tempo Solar (TS)

$$TS = \frac{6,6938 * 3600 + 8640184,812866 * S + 0,093104 * S^2 - (6,2 * 10^{-6} * S^3)}{3600}$$

Substituindo os valores de S da equação anterior e colocando na equação do TS, obtém-se o seguinte resultado:

$$TS = \frac{24097,68 + (10454663,049595) + 0,1363145945 - 0,0000109838}{3600}$$

$$TS = 2910,7669071942$$

6. Cálculo do Tempo Sideral em Greenwich (GST)

$$GST = 0,0657098 * dias - [24 - TSS + 24 * (Ano - 1900)] + 1,00273790935 * Hora$$

$$GST = 0,0657098 * 159 - [24 - 2910,7669071942 + 24 * (2021 - 1900)] \\ + 1,00273790935 * 22$$

$$GST = 10,4478582 - [17,2330928058] + 22,060233877$$

$$GST = 15,2749992712$$

7. Cálculo do Tempo Sideral Local (TSL)

$$TSL = GST + \frac{Longitude}{15}$$

$$TSL = GST + \frac{-44,3066666667}{15}$$

$$TSL = 15,2749992712 - \frac{44,3066666667}{15}$$

$$TSL = 12,3212214934$$

8. Cálculo para a estrela Beta Cruz

$$AH = TSL - \alpha$$

$$AH = 12,3212214934 - 12,79537$$

$$AH = -0,4741485066 \quad (y)$$

$$AH = -0,4741485066 + 24$$

$$AH = 23,5258514934$$

$$AH_{\text{graus}} = 352,887772401$$

Se $\sin(AH) > 0 \rightarrow A_z = 360 - \text{Valor do } A_z \text{ encontrado.}$

9. Cálculo da altura

$$h = \text{sen}^{-1}[\text{sen}(\delta) \cdot \text{sen}(\varphi) + \cos(\delta) \cdot \cos(\varphi) \cdot \cos(AH)]$$

$$h = \text{sen}^{-1}[\text{sen}(-59,68873) \cdot \text{sen}(-2,5308333334) + \cos(-59,68873) \cdot \cos(-2,5330833334) \cdot \cos(352,887772401)]$$

$$h = \text{sen}^{-1}[0,5384461596]$$

$$h = 32,5779247171$$

10. Cálculo do Azimute

$$Az = \cos^{-1} \left[\frac{\text{sen}(\delta) - \text{sen}(\varphi) \cdot \text{sen}(h)}{\cos(\varphi) \cdot \cos(h)} \right]$$

$$Az = \cos^{-1} \left[\frac{\text{sen}(-59,68873) - \text{sen}(-2,5308333334) \cdot \text{sen}(32,5779247171)}{\cos(-2,5308333334) \cdot \cos(32,5779247171)} \right]$$

$$Az = \cos^{-1} \left[\frac{(-0,8395201205)}{(0,8418379879)} \right]$$

$$Az = 175,7472744164$$

CÁLCULO PARA JULHO

Data: 08/07/2021

Tempo: 19:00 h

$$M = M$$

$$A_{no} = A_{no}$$

$$M = 07$$

$$A_{no} = 2021$$

Cálculo de A_1 e B

$$A_1 = INT(Ano/100) = INT(2020/100) = 20$$

$$A_1 = 20$$

$$B = 2 - A_1 + INT(A_1/4)$$

$$B = 2 - 20 + INT(20/4)$$

$$B = 2 - 20 + 5 = -13$$

$$B = -13$$

1. Cálculo do Dia Juliano (JD)

$$JD = B + INT(365,25 * Ano - T) + INT[30,6001 * (M + 1)] + Dia + Hora/24 + 1720994,5$$

$$JD = -13 + INT(365,25 * 2021 - 0) + INT[30,6001 * (7 + 1)] + 8 + 22/24 + 1720994,5$$

$$JD = -13 + 738170 + 244 + 8 + 22/24 + 1720994,5$$

$$JD = 2459404,4166667$$

2. Cálculo do Dia Juliano Zero (JD0) Sempre para a data: 00/01/2021

$$JD0 = B + INT(365,25 * Ano - T) + INT[30,6001 * (M + 1)] + Dia + Hora/24 + 1720994,5$$

$$JD0 = -13 + INT(365,25 * 2020) + INT[30,6001 * (13 + 1)] + 22/24 + 1720994,5$$

$$JD0 = 2459215,4166667$$

3. Cálculo do número de dias (ndias)

$$ndias = JD - JD0$$

$$ndias = 2459404,4166667 - 2459215,4166667$$

$$ndias = 189 \text{ dias}$$

4. Cálculo do Século Juliano (S)

$$S = \frac{JD - 2415020}{36525} = \frac{2459215,4166667 - 2415020}{36525} = 1,21000456318$$

$$S = 1,21000456318$$

5. Cálculo do Tempo Solar (TS)

$$TS = \frac{6,6938 * 3600 + 8640184,812866 * S + 0,093104 * S^2 - (6,2 * 10^{-6} * S^3)}{3600}$$

Substituindo os valores de S da equação anterior e colocando na equação do TS, obtém-se o seguinte resultado:

$$TS = \frac{24097,68 + (10454663,049595) + 0,1363145945 - 0,0000109838}{3600}$$

$$TS = 2910,7669071942$$

6. Cálculo do Tempo Sideral em Greenwich (GST)

$$GST = 0,0657098 * dias - [24 - TSS + 24 * (Ano - 1900)] + 1,00273790935 * Hora$$

$$GST = 0,0657098 * 189 - [24 - 2910,7669071942 + 24 * (2021 - 1900)] \\ + 1,00273790935 * 22$$

$$GST = 12,4191522 - [17,2330928058] + 22,060233877$$

$$GST = 17,2462932712$$

7. Cálculo do Tempo Sideral Local (TSL)

$$TSL = GST + \frac{Longitude}{15}$$

$$TSL = GST + \frac{-44,3066666667}{15}$$

$$TSL = 17,2462932712 - \frac{44,3066666667}{15}$$

$$TSL = 14,2925154934$$

8. Cálculo para a estrela Beta Cruz

$$AH = TSL - \alpha$$

$$AH = 14,2925154934 - 12,79537$$

$$AH = 1,4971454934 \quad (y)$$

$$AH_{\text{graus}} = 22,457182401$$

Se $\sin(AH) > 0 \rightarrow A_z = 360 - \text{Valor do } A_z \text{ encontrado.}$

9. Cálculo da altura

$$h = \text{sen}^{-1}[\text{sen}(\delta) \cdot \text{sen}(\varphi) + \cos(\delta) \cdot \cos(\varphi) \cdot \cos(AH)]$$

$$h = \text{sen}^{-1}[\text{sen}(-59,68873) \cdot \text{sen}(-2,5308333334) + \cos(-59,68873) \cdot \cos(-2,5330833334) \cdot \cos(22,457182401)]$$

$$h = \text{sen}^{-1}[0,5040894785]$$

$$h = 30,2709285537$$

10. Cálculo do Azimute

$$Az = \cos^{-1} \left[\frac{\text{sen}(\delta) - \text{sen}(\varphi) \cdot \text{sen}(h)}{\cos(\varphi) \cdot \cos(h)} \right]$$

$$Az = \cos^{-1} \left[\frac{\text{sen}(-59,68873) - \text{sen}(-2,5308333334) \cdot \text{sen}(30,2709285537)}{\cos(-2,5308333334) \cdot \cos(30,2709285537)} \right]$$

$$Az = \cos^{-1} \left[\frac{(-0,8410372088)}{(0,8628090303)} \right]$$

$$Az = 167,1013231452$$

CÁLCULO PARA AGOSTO

Data: 08/08/2021

Tempo: 19:00 h

$$M = M$$

$$A_{no} = A_{no}$$

$$M = 08$$

$$A_{no} = 2021$$

Cálculo de A_1 e B

$$A_1 = INT(Ano/100) = INT(2020/100) = 20$$

$$A_1 = 20$$

$$B = 2 - A_1 + INT(A_1/4)$$

$$B = 2 - 20 + INT(20/4)$$

$$B = 2 - 20 + 5 = -13$$

$$B = -13$$

1. Cálculo do Dia Juliano (JD)

$$JD = B + INT(365,25 * Ano - T) + INT[30,6001 * (M + 1)] + Dia + Hora/24 + 1720994,5$$

$$JD = -13 + INT(365,25 * 2021 - 0) + INT[30,6001 * (8 + 1)] + 8 + 22/24 + 1720994,5$$

$$JD = -13 + 738170 + 275 + 8 + 22/24 + 1720994,5$$

$$JD = 2459435,4166667$$

2. Cálculo do Dia Juliano Zero (JD0) Sempre para a data: 00/01/2021

$$JD0 = B + INT(365,25 * Ano - T) + INT[30,6001 * (M + 1)] + Dia + Hora/24 + 1720994,5$$

$$JD0 = -13 + INT(365,25 * 2020) + INT[30,6001 * (13 + 1)] + 22/24 + 1720994,5$$

$$JD0 = 2459215,4166667$$

3. Cálculo do número de dias (ndias)

$$ndias = JD - JD0$$

$$ndias = 2459435,4166667 - 2459215,4166667$$

$$ndias = 220 \text{ dias}$$

4. Cálculo do Século Juliano (S)

$$S = \frac{JD - 2415020}{36525} = \frac{2459215,4166667 - 2415020}{36525} = 1,21000456318$$

$$S = 1,21000456318$$

5. Cálculo do Tempo Solar (TS)

$$TS = \frac{6,6938 * 3600 + 8640184,812866 * S + 0,093104 * S^2 - (6,2 * 10^{-6} * S^3)}{3600}$$

Substituindo os valores de S da equação anterior e colocando na equação do TS, obtém-se o seguinte resultado:

$$TS = \frac{24097,68 + (10454663,049595) + 0,1363145945 - 0,0000109838}{3600}$$

$$TS = 2910,7669071942$$

6. Cálculo do Tempo Sideral em Greenwich (GST)

$$GST = 0,0657098 * dias - [24 - TSS + 24 * (Ano - 1900)] + 1,00273790935 * Hora$$

$$GST = 0,0657098 * 220 - [24 - 2910,7669071942 + 24 * (2021 - 1900)] \\ + 1,00273790935 * 22$$

$$GST = 14,456156 - [17,2330928058] + 22,060233877$$

$$GST = 19,2832970712$$

7. Cálculo do Tempo Sideral Local (TSL)

$$TSL = GST + \frac{Longitude}{15}$$

$$TSL = GST + \frac{-44,3066666667}{15}$$

$$TSL = 19,2832970712 - \frac{44,3066666667}{15}$$

$$TSL = 16,3295192934$$

8. Cálculo para a estrela Beta Cruz

$$AH = TSL - \alpha$$

$$AH = 16,3295192934 - 12,79537$$

$$AH = 3,5341492934 \quad (y)$$

$$AH = 3,5341492934 + 24$$

$$AH_{\text{graus}} = 53,012239401$$

Se $\sin(AH) > 0 \rightarrow A_z = 360 - \text{Valor do } A_z \text{ encontrado.}$

9. Cálculo da altura

$$h = \text{sen}^{-1}[\text{sen}(\delta) \cdot \text{sen}(\varphi) + \cos(\delta) \cdot \cos(\varphi) \cdot \cos(AH)]$$

$$h = \text{sen}^{-1}[\text{sen}(-59,68873) \cdot \text{sen}(-2,5308333334) + \cos(-59,68873) \cdot \cos(-2,5330833334) \cdot \cos(53,012239401)]$$

$$h = \text{sen}^{-1}[0,3414728007]$$

$$h = 19,9666304705$$

10. Cálculo do Azimute

$$Az = \cos^{-1} \left[\frac{\text{sen}(\delta) - \text{sen}(\varphi) \cdot \text{sen}(h)}{\cos(\varphi) \cdot \cos(h)} \right]$$

$$Az = \cos^{-1} \left[\frac{\text{sen}(-59,68873) - \text{sen}(-2,5308333334) \cdot \text{sen}(19,9666304705)}{\cos(-2,5308333334) \cdot \cos(19,9666304705)} \right]$$

$$Az = \cos^{-1} \left[\frac{(-0,8482178754)}{(0,9389748896)} \right]$$

$$Az = 154,6012403071$$

CÁLCULO PARA SETEMBRO

Data: 08/09/2021

Tempo: 19:00 h

$$M = M$$

$$A_{no} = A_{no}$$

$$M = 06$$

$$A_{no} = 2021$$

Cálculo de A_1 e B

$$A_1 = INT(Ano/100) = INT(2020/100) = 20$$

$$A_1 = 20$$

$$B = 2 - A_1 + INT(A_1/4)$$

$$B = 2 - 20 + INT(20/4)$$

$$B = 2 - 20 + 5 = -13$$

$$B = -13$$

1. Cálculo do Dia Juliano (JD)

$$JD = B + INT(365,25 * Ano - T) + INT[30,6001 * (M + 1)] + Dia + Hora/24 + 1720994,5$$

$$JD = -13 + INT(365,25 * 2021 - 0) + INT[30,6001 * (9 + 1)] + 8 + 22/24 + 1720994,5$$

$$JD = -13 + 738170 + 306 + 8 + 22/24 + 1720994,5$$

$$JD = 2459466,4166667$$

2. Cálculo do Dia Juliano Zero (JD0) Sempre para a data: 00/01/2021

$$JD0 = B + INT(365,25 * Ano - T) + INT[30,6001 * (M + 1)] + Dia + Hora/24 + 1720994,5$$

$$JD0 = -13 + INT(365,25 * 2020) + INT[30,6001 * (13 + 1)] + 22/24 + 1720994,5$$

$$JD0 = 2459215,4166667$$

3. Cálculo do número de dias (ndias)

$$ndias = JD - JD0$$

$$ndias = 2459466,4166667 - 2459215,4166667$$

$$ndias = 251 \text{ dias}$$

4. Cálculo do Século Juliano (S)

$$S = \frac{JD - 2415020}{36525} = \frac{2459215,4166667 - 2415020}{36525} = 1,21000456318$$

$$S = 1,21000456318$$

5. Cálculo do Tempo Solar (TS)

$$TS = \frac{6,6938 * 3600 + 8640184,812866 * S + 0,093104 * S^2 - (6,2 * 10^{-6} * S^3)}{3600}$$

Substituindo os valores de S da equação anterior e colocando na equação do TS, obtém-se o seguinte resultado:

$$TS = \frac{24097,68 + (10454663,049595) + 0,1363145945 - 0,0000109838}{3600}$$

$$TS = 2910,7669071942$$

6. Cálculo do Tempo Sideral em Greenwich (GST)

$$GST = 0,0657098 * dias - [24 - TSS + 24 * (Ano - 1900)] + 1,00273790935 * Hora$$

$$GST = 0,0657098 * 251 - [24 - 2910,7669071942 + 24 * (2021 - 1900)] \\ + 1,00273790935 * 22$$

$$GST = 16,4931598 - [17,2330928058] + 22,060233877$$

$$GST = 21,3203008712$$

7. Cálculo do Tempo Sideral Local (TSL)

$$TSL = GST + \frac{Longitude}{15}$$

$$TSL = GST + \frac{-44,3066666667}{15}$$

$$TSL = 21,3203008712 - \frac{44,3066666667}{15}$$

$$TSL = 18,3665230934$$

8. Cálculo para a estrela Beta Cruz

$$AH = TSL - \alpha$$

$$AH = 18,3665230934 - 12,79537$$

$$AH = 5,5711530934 \quad (y)$$

$$AH_{\text{graus}} = 83,567296401$$

Se $\sin(AH) > 0 \rightarrow A_z = 360 - \text{Valor do } A_z \text{ encontrado.}$

9. Cálculo da altura

$$h = \text{sen}^{-1}[\text{sen}(\delta) \cdot \text{sen}(\varphi) + \cos(\delta) \cdot \cos(\varphi) \cdot \cos(AH)]$$

$$h = \text{sen}^{-1}[\text{sen}(-59,68873) \cdot \text{sen}(-2,5308333334) + \cos(-59,68873) \cdot \cos(-2,5330833334) \cdot \cos(83,567296401)]$$

$$h = \text{sen}^{-1}[0,0946097862]$$

$$h = 5,4288610513$$

10. Cálculo do Azimute

$$Az = \cos^{-1} \left[\frac{\text{sen}(\delta) - \text{sen}(\varphi) \cdot \text{sen}(h)}{\cos(\varphi) \cdot \cos(h)} \right]$$

$$Az = \cos^{-1} \left[\frac{\text{sen}(-59,68873) - \text{sen}(-2,5308333334) \cdot \text{sen}(5,4288610513)}{\cos(-2,5308333334) \cdot \cos(5,4288610513)} \right]$$

$$Az = \cos^{-1} \left[\frac{(-0,8591186085)}{(0,9945434126)} \right]$$

$$Az = 149,7496223054$$

$$Az = 360 - 149,7496223054$$

$$Az = 210,2503776946$$

CÁLCULO PARA OUTUBRO

Data: 08/10/2021

Tempo: 19:00 h

$$M = M$$

$$A_{no} = A_{no}$$

$$M = 06$$

$$A_{no} = 2021$$

Cálculo de A_1 e B

$$A_1 = INT(Ano/100) = INT(2020/100) = 20$$

$$A_1 = 20$$

$$B = 2 - A_1 + INT(A_1/4)$$

$$B = 2 - 20 + INT(20/4)$$

$$B = 2 - 20 + 5 = -13$$

$$B = -13$$

1. Cálculo do Dia Juliano (JD)

$$JD = B + INT(365,25 * Ano - T) + INT[30,6001 * (M + 1)] + Dia + Hora/24 + 1720994,5$$

$$JD = -13 + INT(365,25 * 2021 - 0) + INT[30,6001 * (10 + 1)] + 8 + 22/24 + 1720994,5$$

$$JD = -13 + 738170 + 336 + 8 + 22/24 + 1720994,5$$

$$JD = 2459496,4166667$$

2. Cálculo do Dia Juliano Zero (JD0) Sempre para a data: 00/01/2021

$$JD0 = B + INT(365,25 * Ano - T) + INT[30,6001 * (M + 1)] + Dia + Hora/24 + 1720994,5$$

$$JD0 = -13 + INT(365,25 * 2020) + INT[30,6001 * (13 + 1)] + 22/24 + 1720994,5$$

$$JD0 = 2459215,4166667$$

3. Cálculo do número de dias (ndias)

$$ndias = JD - JD0$$

$$ndias = 2459466,4166667 - 2459215,4166667$$

$$ndias = 281 \text{ dias}$$

4. Cálculo do Século Juliano (S)

$$S = \frac{JD0 - 2415020}{36525} = \frac{2459215,4166667 - 2415020}{36525} = 1,21000456318$$

$$S = 1,21000456318$$

5. Cálculo do Tempo Solar (TS)

$$TS = \frac{6,6938 * 3600 + 8640184,812866 * S + 0,093104 * S^2 - (6,2 * 10^{-6} * S^3)}{3600}$$

Substituindo os valores de S da equação anterior e colocando na equação do TS, obtém-se o seguinte resultado:

$$TS = \frac{24097,68 + (10454663,049595) + 0,1363145945 - 0,0000109838}{3600}$$

$$TS = 2910,7669071942$$

6. Cálculo do Tempo Sideral em Greenwich (GST)

$$GST = 0,0657098 * dias - [24 - TSS + 24 * (Ano - 1900)] + 1,00273790935 * Hora$$

$$GST = 0,0657098 * 281 - [24 - 2910,7669071942 + 24 * (2021 - 1900)] \\ + 1,00273790935 * 22$$

$$GST = 18,4644538 - [24 - 2910,7669071942 + 2904] + 22,060233877$$

$$GST = 23,2915948712$$

7. Cálculo do Tempo Sideral Local (TSL)

$$TSL = GST + \frac{Longitude}{15}$$

$$TSL = GST + \frac{-44,3066666667}{15}$$

$$TSL = 23,29159487712 - \frac{44,3066666667}{15}$$

$$TSL = 20,3378170934$$

8. Cálculo para a estrela Beta Cruz

$$AH = TSL - \alpha$$

$$AH = 20,3378170934 - 12,79537$$

$$AH = 7,5424470934 \quad (y)$$

$$AH_{\text{graus}} = 113,136706401$$

Se $\sin(AH) > 0 \rightarrow A_z = 360 - \text{Valor do } A_z \text{ encontrado.}$

9. Cálculo da altura

$$h = \text{sen}^{-1}[\text{sen}(\delta) \cdot \text{sen}(\varphi) + \cos(\delta) \cdot \cos(\varphi) \cdot \cos(AH)]$$

$$h = \text{sen}^{-1}[\text{sen}(-59,68873) \cdot \text{sen}(-2,5308333334) + \cos(-59,68873) \cdot \cos(-2,5330833334) \cdot \cos(113,136706401)]$$

$$h = \text{sen}^{-1}[-0,159994893]$$

$$h = -9,206599793$$

10. Cálculo do Azimute

$$Az = \cos^{-1} \left[\frac{\text{sen}(\delta) - \text{sen}(\varphi) \cdot \text{sen}(h)}{\cos(\varphi) \cdot \cos(h)} \right]$$

$$Az = \cos^{-1} \left[\frac{\text{sen}(-59,68873) - \text{sen}(-2,5308333334) \cdot \text{sen}(-9,206599793)}{\cos(-2,5308333334) \cdot \cos(-9,206599793)} \right]$$

$$Az = \cos^{-1} \left[\frac{(-0,8703611904)}{(0,9861550107)} \right]$$

$$Az = 151,9552327144$$

$$Az = 360 - 151,9552327144$$

$$Az = 208,0447672856$$

CÁLCULO PARA NOVENBRO

Data: 08/11/2021

Tempo: 19:00 h

$$M = M$$

$$A_{no} = A_{no}$$

$$M = 11$$

$$A_{no} = 2021$$

Cálculo de A_1 e B

$$A_1 = INT(Ano/100) = INT(2020/100) = 20$$

$$A_1 = 20$$

$$B = 2 - A_1 + INT(A_1/4)$$

$$B = 2 - 20 + INT(20/4)$$

$$B = 2 - 20 + 5 = -13$$

$$B = -13$$

1. Cálculo do Dia Juliano (JD)

$$JD = B + INT(365,25 * Ano - T) + INT[30,6001 * (M + 1)] + Dia + Hora/24 + 1720994,5$$

$$JD = -13 + INT(365,25 * 2021 - 0) + INT[30,6001 * (11 + 1)] + 8 + 22/24 + 1720994,5$$

$$JD = -13 + 738170 + 367 + 8 + 22/24 + 1720994,5$$

$$JD = 2459527,4166667$$

2. Cálculo do Dia Juliano Zero (JD0) Sempre para a data: 00/01/2021

$$JD0 = B + INT(365,25 * Ano - T) + INT[30,6001 * (M + 1)] + Dia + Hora/24 + 1720994,5$$

$$JD0 = -13 + INT(365,25 * 2020) + INT[30,6001 * (13 + 1)] + 22/24 + 1720994,5$$

$$JD0 = 2459215,4166667$$

3. Cálculo do número de dias (ndias)

$$ndias = JD - JD0$$

$$ndias = 2459527,4166667 - 2459215,4166667$$

$$ndias = 312 \text{ dias}$$

4. Cálculo do Século Juliano (S)

$$S = \frac{JD0 - 2415020}{36525} = \frac{2459215,4166667 - 2415020}{36525} = 1,21000456318$$

$$S = 1,21000456318$$

5. Cálculo do Tempo Solar (TS)

$$TS = \frac{6,6938 * 3600 + 8640184,812866 * S + 0,093104 * S^2 - (6,2 * 10^{-6} * S^3)}{3600}$$

Substituindo os valores de S da equação anterior e colocando na equação do TS, obtém-se o seguinte resultado:

$$TS = \frac{24097,68 + (10454663,049595) + 0,1363145945 - 0,0000109838}{3600}$$

$$TS = 2910,7669071942$$

6. Cálculo do Tempo Sideral em Greenwich (GST)

$$GST = 0,0657098 * dias - [24 - TSS + 24 * (Ano - 1900)] + 1,00273790935 * Hora$$

$$GST = 0,0657098 * 312 - [24 - 2910,7669071942 + 24 * (2021 - 1900)] \\ + 1,00273790935 * 22$$

$$GST = 20,5014576 - [24 - 2910,7669071942 + 2904] + 22,060233877$$

$$GST = 25,3285986712$$

7. Cálculo do Tempo Sideral Local (TSL)

$$TSL = GST + \frac{Longitude}{15}$$

$$TSL = GST + \frac{-44,3066666667}{15}$$

$$TSL = 5,3285986712 - \frac{44,3066666667}{15}$$

$$TSL = 22,3748208934$$

8. Cálculo para a estrela Beta Cruz

$$AH = TSL - \alpha$$

$$AH = 22,3748208934 - 12,79537$$

$$AH = 9,5794508934 \quad (y)$$

$$AH_{graus} = 143,691763401$$

Se $\sin(AH) > 0 \rightarrow A_z = 360 - \text{Valor do } A_z \text{ encontrado.}$

9. Cálculo da altura

$$h = \text{sen}^{-1}[\text{sen}(\delta) \cdot \text{sen}(\varphi) + \cos(\delta) \cdot \cos(\varphi) \cdot \cos(AH)]$$

$$h = \text{sen}^{-1}[\text{sen}(-59,68873) \cdot \text{sen}(-2,5308333334) + \cos(-59,68873) \cdot \cos(-2,5330833334) \cdot \cos(143,691763401)]$$

$$h = \text{sen}^{-1}[-0,3681897011]$$

$$h = -21,6040147079$$

10. Cálculo do Azimute

$$Az = \cos^{-1} \left[\frac{\text{sen}(\delta) - \text{sen}(\varphi) \cdot \text{sen}(h)}{\cos(\varphi) \cdot \cos(h)} \right]$$

$$Az = \cos^{-1} \left[\frac{\text{sen}(-59,68873) - \text{sen}(-2,5308333334) \cdot \text{sen}(-21,6040147079)}{\cos(-2,5308333334) \cdot \cos(-21,6040147079)} \right]$$

$$Az = \cos^{-1} \left[\frac{(-0,879554451)}{(0,9288438135)} \right]$$

$$Az = 161,2508172115$$

$$Az = 360 - 161,2508172115$$

$$Az = 198,7491827885$$

CÁLCULO PARA DEZEMBRO

Data: 08/12/2021

Tempo: 19:00 h

$$M = M$$

$$A_{no} = A_{no}$$

$$M = 12$$

$$A_{no} = 2021$$

Cálculo de A_1 e B

$$A_1 = INT(Ano/100) = INT(2020/100) = 20$$

$$A_1 = 20$$

$$B = 2 - A_1 + INT(A_1/4)$$

$$B = 2 - 20 + INT(20/4)$$

$$B = 2 - 20 + 5 = -13$$

$$B = -13$$

1. Cálculo do Dia Juliano (JD)

$$JD = B + INT(365,25 * Ano - T) + INT[30,6001 * (M + 1)] + Dia + Hora/24 + 1720994,5$$

$$JD = -13 + INT(365,25 * 2021 - 0) + INT[30,6001 * (12 + 1)] + 8 + 22/24 + 1720994,5$$

$$JD = -13 + 738170 + 397 + 8 + 22/24 + 1720994,5$$

$$JD = 2459557,4166667$$

2. Cálculo do Dia Juliano Zero (JD0) → Sempre para a data: 00/01/2021

$$JD0 = B + INT(365,25 * Ano - T) + INT[30,6001 * (M + 1)] + Dia + Hora/24 + 1720994,5$$

$$JD0 = -13 + INT(365,25 * 2020) + INT[30,6001 * (13 + 1)] + 22/24 + 1720994,5$$

$$JD0 = 2459215,4166667$$

3. Cálculo do número de dias (ndias)

$$ndias = JD - JD0$$

$$ndias = 2459557,4166667 - 2459215,4166667$$

$$ndias = 342 \text{ dias}$$

4. Cálculo do Século Juliano (S)

$$S = \frac{JD0 - 2415020}{36525} = \frac{2459215,4166667 - 2415020}{36525} = 1,21000456318$$

$$S = 1,21000456318$$

5. Cálculo do Tempo Solar (TS)

$$TS = \frac{6,6938 * 3600 + 8640184,812866 * S + 0,093104 * S^2 - (6,2 * 10^{-6} * S^3)}{3600}$$

Substituindo os valores de S da equação anterior e colocando na equação do TS, obtém-se o seguinte resultado:

$$TS = \frac{24097,68 + (10454663,049595) + 0,1363145945 - 0,0000109838}{3600}$$

$$TS = 2910,7669071942$$

6. Cálculo do Tempo Sideral em Greenwich (GST)

$$GST = 0,0657098 * dias - [24 - TSS + 24 * (Ano - 1900)] + 1,00273790935 * Hora$$

$$GST = 0,0657098 * 342 - [24 - 2910,7669071942 + 24 * (2021 - 1900)] \\ + 1,00273790935 * 22$$

$$GST = 22,4727516 - [24 - 2910,7669071942 + 2904] + 22,060233877$$

$$GST = 27,2998926712$$

7. Cálculo do Tempo Sideral Local (TSL)

$$TSL = GST + \frac{Longitude}{15}$$

$$TSL = GST + \frac{-44,3066666667}{15}$$

$$TSL = 27,2998926712 - \frac{44,3066666667}{15}$$

$$TSL = 24,3461148934$$

8. Cálculo para a estrela Beta Cruz

$$AH = TSL - \alpha$$

$$AH = 24,3461148934 - 12,79537$$

$$AH = 11,5507448934 \quad (y)$$

$$AH_{\text{graus}} = 173,261173401$$

Se $\sin(AH) > 0 \rightarrow A_z = 360 - \text{Valor do } A_z \text{ encontrado.}$

9. Cálculo da altura

$$h = \text{sen}^{-1}[\text{sen}(\delta) \cdot \text{sen}(\varphi) + \cos(\delta) \cdot \cos(\varphi) \cdot \cos(AH)]$$

$$h = \text{sen}^{-1}[\text{sen}(-59,68873) \cdot \text{sen}(-2,5308333334) + \cos(-59,68873) \cdot \cos(-2,5330833334) \cdot \cos(173,261173401)]$$

$$h = \text{sen}^{-1}[-0,4626012055]$$

$$h = -27,5550863323$$

10. Cálculo do Azimute

$$Az = \cos^{-1} \left[\frac{\text{sen}(\delta) - \text{sen}(\varphi) \cdot \text{sen}(h)}{\cos(\varphi) \cdot \cos(h)} \right]$$

$$Az = \cos^{-1} \left[\frac{\text{sen}(-59,68873) - \text{sen}(-2,5308333334) \cdot \text{sen}(-27,5550863323)}{\cos(-2,5308333334) \cdot \cos(-27,5550863323)} \right]$$

$$Az = \cos^{-1} \left[\frac{(-0,883723381)}{(0,8857017268)} \right]$$

$$Az = 176,1697611326$$

$$Az = 360 - 176,1697611326$$

$$Az = 183,8302388674$$

APÊNDICE B – Termo de Autorização da Escola



SEDUC



GOVERNO DO ESTADO DO MARANHÃO
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO DO ESTADO DO MARANHÃO – SEDUC
INSTITUTO ESTADUAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO MARANHÃO – IEMA
DIRETORIA DE ENSINO E PESQUISA - DIREN



São Luís – MA, 15 de agosto de 2021

A sua Senhoria o Senhor

JORGE EMANUEL DE OLIVEIRA IRINEU

ASSUNTO: anuência para realização da pesquisa com os estudantes da 1ª série do IEMA Pleno Dr. João Bacelar Portela, conforme projeto de mestrado profissional (nacional) em Ensino de Física – Polo Universidade Federal do Maranhão - UFMA

Prezado Senhor,

Após análise do projeto intitulado “A Astronomia como Ferramenta para o Aprendizado das Leis da Física no Ensino Médio: uma sequência de ensino investigativa fundamentada na Teoria dos Campos Conceituais de Vergnaud” foi autorizada pelo gestor geral do IEMA Pleno Bacelar Portela, a realização da pesquisa com os estudantes da 1ª série do referido Instituto, no segundo semestre de 2021, na condição de agendamento com o gestor pedagógico de modo que as atividades regulares dos estudantes não sejam prejudicadas.

Sem mais,

Atenciosamente.

Prof. Dr. Manoel dos Santos Costa
Gestor Geral

Manoel dos Santos Costa
Gestor Geral
IEMA-UP Bacelar Portela
Mat: 809404-00

APÊNDICE C – Pesquisa Semiestruturada Diagnóstica



UNIVERSIDADE FEDERAL DO MARANHÃO
FUNDAÇÃO Instituída nos termos da Lei nº 5.152, de 21/10/1996 – São Luis – Maranhão
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E TECNOLOGIA
MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA

UP IEMA BARCELAR PORTELA

NOME DO ALUNO _____ **Nº** _____ **TURMA** _____

SÉRIE _____ **PROFESSOR** _____

Questionário de Astronomia

1 Qual a ciência responsável por estudar o universo, os astros e os corpos celestes a fim de explicar sua origem e seu movimento?

- a) Física
- b) Química
- c) Astrologia
- d) Filosofia
- e) Astronomia

2 Qual é o equivalente ao que a Terra descreve em torno do Sol, ou seja, sua órbita?

- a) Rotação
- b) Translação
- c) Precessão
- d) Revolução
- e) Nutação

3 Fenômeno astronômico que ocorre toda vez que a Terra fica entre o Sol e a Lua, exatamente na linha de intersecção de sua órbita com a da Lua, a chamada "linha dos nodos", e sempre que a Lua está na fase cheia, é conhecido como?

- a) Eclipse Solar
- b) Eclipse Lunar
- c) Eclipse Austral
- d) Eclipse Espacial
- e) Eclipse Estelar

4 Porque a cada noite a Lua tem uma fase (aparência) diferente?

- a) Porque a Terra gira ao redor da Lua;
- b) Porque a Lua gira ao redor da Terra;
- c) Porque a Lua passa na sombra da Terra;
- d) Porque o Sol gira ao redor da Lua.
- e) Nenhuma das respostas anteriores.

5 Os planetas do Sistema Solar podem ser classificados de acordo com a sua composição. Com base nessa classificação, pode-se afirmar que temos:

- a) 5 rochosos - Mercúrio, Plutão, Marte, Ceres, Netuno e 3 gasosos - Urano, Saturno e a Terra.
- b) 3 rochosos - Plutão, Ceres e Terra e 4 gasosos - Marte, Urano, Netuno e Mercúrio.
- c) 4 rochosos - Mercúrio, Vênus, Terra e Marte e 4 gasosos - Júpiter, Saturno, Urano e Netuno.
- d) 6 rochosos - Plutão, Marte, Ceres, Netuno, Vênus e Lua e 2 - gasosos - Mercúrio e Saturno.
- e) Nenhuma das respostas anteriores.

6 Quantas constelações dividem geometricamente a abóbada celeste, sendo aparentemente uma esfera?

- a) 87 constelações
- b) 88 constelações
- c) 86 constelações
- d) 85 constelações
- e) 84 constelações

7 Um mapa do céu, que pode retratar toda a extensão das constelações existentes ou uma parte do céu, mostrando como ele é visto de uma determinada região, é conhecido como?

- a) Mapa geográfico
- b) Carta Educacional
- c) Carta Celeste
- d) Mapa Ocidental
- e) Carta Solar.

8 Por que sempre observamos a mesma face da Lua?

- a) Porque o tempo em que a Lua gira em torno do seu próprio eixo é igual ao tempo que ela leva para girar ao redor da Terra;
- b) Porque o tempo em que a Lua gira em torno do seu próprio eixo é diferente do tempo que ela leva para girar ao redor da Terra;
- c) Porque o tempo em que a Lua gira em torno do seu próprio eixo é diferente do tempo que ela leva para girar ao redor do Sol;
- d) Porque o tempo em que a Lua gira em torno do seu próprio eixo é igual ao tempo que ela leva para girar ao redor do Sol;
- e) Porque o tempo em que o Sol gira em torno do seu próprio eixo é igual ao tempo que ela leva para girar ao redor da Terra.

9 Quantos planetas compõem o Sistema Solar e quais são?

- a) 7 - Mercúrio, Terra, Marte, Saturno, Plutão, Júpiter e Aldebarã.
- b) 8 - Mercúrio, Vênus, Terra, Marte, Júpiter, Saturno, Urano e Netuno.
- c) 9 - Saturno, Urano, Júpiter, Marte, Terra, Plutão, Andromeda, Netuno e Io.
- d) 10 - Mercúrio, Vênus, Terra, Marte, Júpiter, Saturno, Urano, Netuno, Plutão e Io.

e) 11 - Mercúrio, Vênus, Terra, Marte, Júpiter, Saturno, Urano, Netuno, Plutão, Io e Calisto.

10 Qual o nome da estrela mais próxima da Terra depois do Sol?

- a) Andromeda
- b) Próxima Centauri
- c) Mintaca
- d) Alnilan
- e) Betelgelse

APÊNDICE D – Pesquisa Semiestruturada Final



UNIVERSIDADE FEDERAL DO MARANHÃO
FUNDAÇÃO Instituída nos termos da Lei nº 5.152, de 21/10/1996 – São Luis – Maranhão
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E TECNOLOGIA
MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA

UP IEMA BARCELAR PORTELA

NOME DO ALUNO _____ **Nº** _____ **TURMA** _____

SÉRIE _____ **PROFESSOR** _____

Questionário Final de Astronomia

1 No espaço como é chamado um aglomerado de estrelas?

- a) Sistema Solar;
- b) Buraco Negro;
- c) Planetoide;
- d) Constelação;
- e) Cometa.

2 Quais os planetas são visíveis aqui da Terra?

- a) Eta Carinae;
- b) Júpiter e Plutão;
- c) Marte, Júpiter, Vênus e Mercúrio;
- d) Urano e Vênus;
- e) Ceres.

3 A Lua completa uma volta na esfera celeste a cada 27, 321662 dias. Esse período, medido em relação às estrelas fixas é conhecido como?

- a) Mês austral;
- b) Dia Lunar;
- c) Tempo Sideral;
- d) Mês Sideral;
- e) Ano Lunar.

4 Faixa da esfera celeste ao longo da eclíptica com cerca de 16° de largura pela qual transitam o Sol, a Lua e os planetas é conhecido como?

- a) Zodíaco;
- b) Faixa espacial;
- c) Eclíptica;
- d) Espaço de Transição;
- e) Zona de Translação.

5 Projeção sobre a esfera celeste da trajetória aparente do Sol observada a partir da Terra, é chamada de:

- a) Plano Solar;
- b) Plano Espacial;
- c) Eclíptica;
- d) Esfera Celeste;
- e) Polo Celeste.

6 Quantas constelações dividem geometricamente a abóbada celeste, sendo aparentemente uma esfera?

- a) 87 constelações;
- b) 88 constelações;
- c) 86 constelações;
- d) 85 constelações;
- e) 84 constelações;

7 Um mapa do céu, que pode retratar toda a extensão das constelações existentes ou uma parte do céu, mostrando como ele é visto de uma determinada região, é conhecido como?

- a) Mapa geográfico
- b) Carta Educacional
- c) Carta Celeste
- d) Mapa Ocidental
- e) Carta Solar.

8 Podemos identificar um eclipse total da Lua quando ela passa completamente na região chamada?

- a) Penumbra;
- b) Sombra;
- c) Umbra;
- d) Região escurecida;
- e) Zona de eclipses.

9 A altura de qualquer objeto no zênite equivale em graus a?

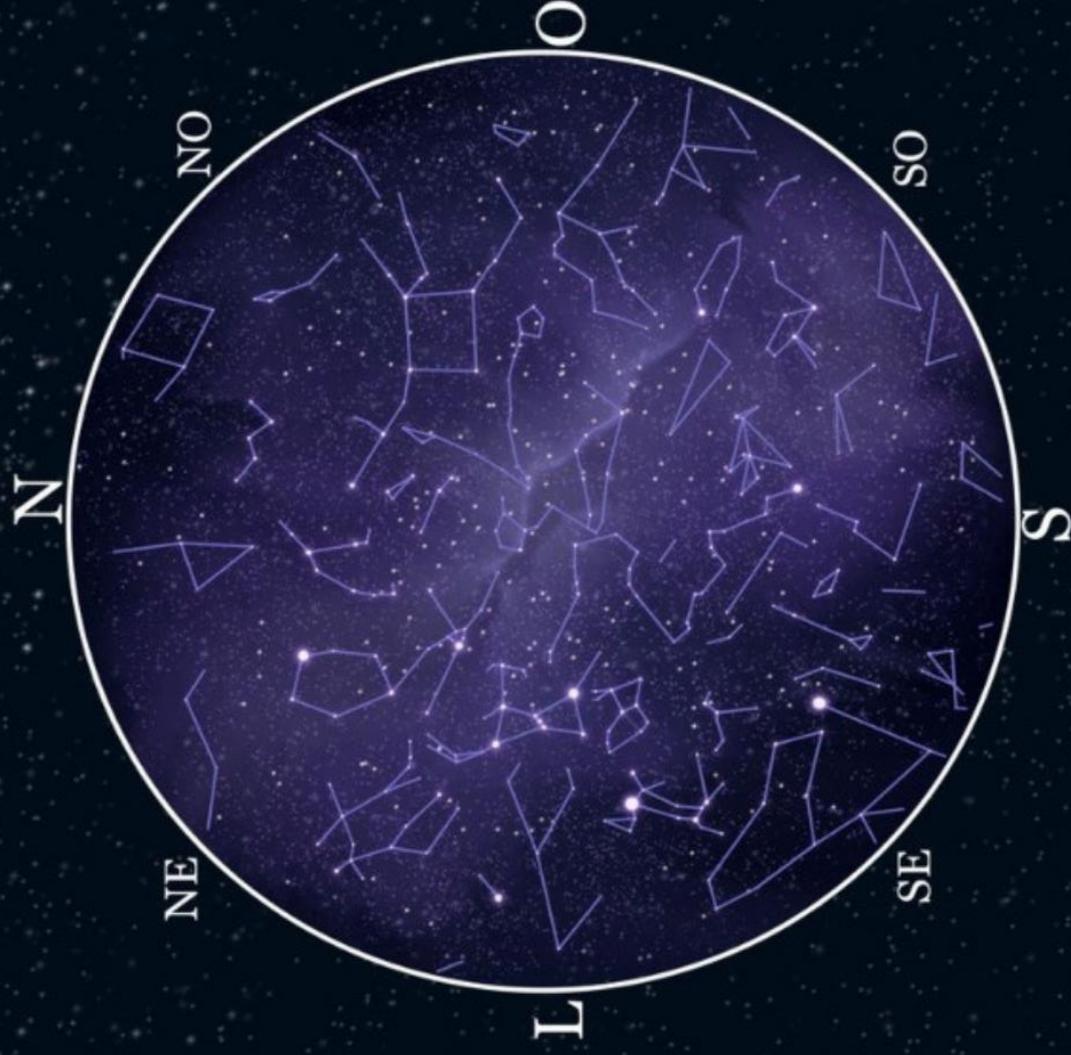
- a) 360°
- b) 270°
- c) 180°
- d) 90°
- e) 45°

10 Qual o nome da estrela mais próxima da Terra depois do Sol?

- a) Andromeda;
- b) Próxima Centauri;
- c) Mintaca;
- d) Alnilan;
- e) Betelgelse.

APÊNDICE E – Produto Educacional

CARTA CELESTE DE SÃO LUÍS DO MARANHÃO



JORGE EMANUEL DE OLIVEIRA IRINEU

Autores:

Prof. Jorge Emanuel de Oliveira Irineu

Prof. Dr. Antonio José Silva Oliveira

Prof. Dr. Artur Justiniano Roberto Junior

São Luís

2022

AGRADECIMENTOS

Aos professores que retiraram um pouco do seu precioso tempo para ler criticamente este trabalho, em especial aos Prof. Dr. Antônio José Silva Oliveira, Prof. Dr. Artur Justiniano Roberto Junior, Prof. Dr. Roberto Bockzo e ao Prof. Dr. Edson Firmino Viana de Carvalho.

Aos meus amigos Samir Coutinho, Welber Lima e Heberval Nunes pelas longas conversas sobre astronomia e ciências afins. Ao Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física da Universidade Federal do Maranhão, a Sociedade Brasileira de Física, ao Instituto de Educação, Ciência e Tecnologia do Maranhão (IEMA) e a Academia Maranhense de Ciências por todo apoio que recebi durante a elaboração deste trabalho.

À minha esposa Débora Vanessa que muito me ajudou e aos meus filhos Luís Gabriel e Davi Emanuel que sempre me inspiraram. Finalmente, gostaria de agradecer aos meus pais Inácio Rodrigues Irineu Neto (*In Memoriam*) e Raimunda Nonata de Oliveira Irineu (*In Memoriam*) por me fazerem enxergar o céu com a curiosidade de uma criança e tentar explicá-lo com a experiência de um Astrônomo.

APRESENTAÇÃO

Caro(a) Professor(a),

Neste trabalho, procuramos representar através de um mapa celeste o céu de São Luís do Maranhão ao longo dos doze meses do ano. Através deste mapa o estudante terá condições de explicar os movimentos de algumas constelações, além de, ter a possibilidade de se familiarizar com algumas das 88 constelações que compõem a esfera celeste. Estão representadas nestes mapas as 13 constelações zodiacais que são: Peixes, Áries, Touro, Gêmeos, Câncer, Leão, Virgem, Libra, Escorpião, Ofiúco, Sagitário, Capricórnio e Aquário. Além delas fazem parte do nosso mapa celeste as constelações do: Forno, Órion, Perseu, Lebre, Cão Maior, Vela, Centauro, Serpentário, Boieiro, Oitante, Hydra e Cruzeiro do Sul.

A criação destas cartas nasceu da curiosidade inerente de conhecer essas constelações e seus movimentos durante a noite, ao longo de cada mês do ano até retornar a surgir novamente no horizonte leste iniciando o ciclo periódico de seus movimentos na esfera celeste.

Adotou-se como produto educacional para a efetivação deste trabalho a elaboração das cartas celestes representativas do céu ao longo de cada mês, e construiu-se essas 12 cartas, que nada mais são do que mapas do céu, representando as estrelas visíveis de um dado local, no caso, São Luís (MA), em uma determinada data e hora escolhidas previamente. Essas cartas são fundamentais para que haja o entendimento pelos alunos de alguns campos conceituais da Física, como a ideia de movimento, mudanças de coordenadas, tempo e a correção de alguns equívocos conceituais que vêm sendo ensinados em livros do Ensino Médio sobre estrelas e constelações. Assim, toda e qualquer iniciativa que vise ensinar algo sobre o céu deve ser vista como uma importante ferramenta de enriquecimento cultural. Vale ressaltar que essas cartas celestes têm características observacionais do céu.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Coordenadas do sistema horizontal: altura (h) e azimute (Az)	13
Figura 2 – A esfera celeste e a trajetória do Sol ao longo do ano pela eclíptica	15
Figura 3 – Sistema de coordenadas equatoriais: ascensão reta (α) e declinação (δ)	16
Figura 4 – Esfera que relaciona Coordenadas Equatoriais e Horárias	20
Figura 5 – Representação de um triângulo esférico com vértices A, B e C	22
Figura 6 – Representação de um Triângulo Esférico com vértices PN, Q e Z	23
Figura 7 – Carta para o mês e a hora desejados	27
Figura 8 – Carta Celeste mês Janeiro	32
Figura 9 – Carta Celeste mês Fevereiro	33
Figura 10 – Carta Celeste mês Março	34
Figura 11 – Carta Celeste mês Abril	35
Figura 12 – Carta Celeste mês Maio	36
Figura 13 – Carta Celeste mês Junho	37
Figura 14 – Carta Celeste mês Julho	38
Figura 15 – Carta Celeste mês Agosto	39
Figura 16 – Carta Celeste mês Setembro	40
Figura 17 – Carta Celeste mês Outubro	41
Figura 18 – Carta Celeste mês Novembro	42
Figura 19 – Carta Celeste mês Dezembro	43
Figura 20 – Carta Celeste da Constelação do Homem Velho	45

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	7
2	A CONSTRUÇÃO DE UMA CARTA CELESTE PARA O ENSINO DE FÍSICA ATRAVÉS DE CAMPOS CONCEITUAIS DA ASTRONOMIA	9
2.1	Desenvolvimento da Carta Celeste ao estudo da Astronomia em aulas de Física	10
2.2	Sistemas de Coordenadas Astronômicas	11
2.2.1	Sistema de Coordenadas Geográficas	11
2.2.2	Coordenadas Astronômicas	12
2.2.3	O Sistema de Contagem do Tempo	17
2.2.4	Sistemas de coordenadas para construção da Carta Celeste	20
2.2.5	Relação entre sistemas de coordenadas equatoriais e horários	20
2.2.6	Relação entre sistemas de coordenadas horárias para altazimutais	22
3	A FÍSICA COMO CAMPO CONCEITUAL PARA O ENSINO DE ORIENTAÇÕES ESPACIAIS E LOCALIZAÇÃO DE OBJETOS CELESTES	29
4	UM DIÁLOGO NECESSÁRIO SOBRE AS CONSTELAÇÕES CELESTES	31
5	METODOLOGIA E APLICAÇÃO DA CARTA CELESTE	46
5.1	No que a elaboração dessas cartas celestes auxiliou em meu desenvolvimento em educação e dos meus alunos?	49
	REFERÊNCIAS	54
	APÊNDICES	55
	APÊNDICE A – Cálculos da Carta Celeste	56

1 INTRODUÇÃO

O estudo da Astronomia é de extrema importância para o desenvolvimento cognitivo dos estudantes em outras áreas do conhecimento científico, pois conduz o professor a repensar a didática da sua disciplina a partir do momento em que envolve no aluno novas perspectivas sobre um determinado fenômeno astronômico, ao utilizar-se de sua disciplina para explicá-lo. A necessidade de se inserir campos conceituais de Astronomia no currículo do Ensino Médio, além de seu caráter motivacional, é permitir que o estudante possa estabelecer uma ligação entre os fenômenos celestes e as suas aplicações através do estudo da Física, ao mesmo tempo que possibilite a este estudante observar alguns destes fenômenos, fazendo uso de equipamentos como uma luneta, telescópios ou uma carta celeste, transpondo as barreiras da sala de aula e transformando uma simples transmissão de conteúdo no desenvolvimento de competências e habilidades que realmente darão sentido ao que é aprendido dentro da escola.

A construção de uma carta celeste pode ensinar os estudantes de qualquer nível da educação básica a se situarem geograficamente e poderem determinar sem dificuldades a localização de planetas, satélites, estrelas ou mesmo constelações utilizando um mecanismo de orientação espacial simples e alternativo ao uso de telescópios.

Os estudantes precisam estudar astronomia contextualizando com campos conceituais de Física e dinamizando as aulas em ambientes diferentes de sala de aula, bem como, o professor precisa estar capacitado para corrigir eventuais equívocos que os livros didáticos possam transmitir em seus textos e servir como mediador desse processo de ensino-aprendizagem para possibilitar que este estudante torne um conceito, ou uma proposição algo realmente significativo através da variedade de situações que ele se defrontará.

Dessa forma, uma simples visualização de objetos astronômicos com o uso da carta celeste pode render uma aula completa usando a Física e alguns de seus campos conceituais como: gravitação, ondulatória, óptica e o eletromagnetismo como ferramenta deste ensino-aprendizagem.

Assim, a ideia fundamental é partir de campos conceituais da Física para demonstrar alguns fenômenos estudados na Astronomia de forma interdisciplinarizada, trazendo clareza e entendimento a esses fenômenos científicos repletos de equações abstratas e teoricamente de difícil entendimento para estes aficionados pela ciência.

2 A CONSTRUÇÃO DE UMA CARTA CELESTE PARA O ENSINO DE FÍSICA ATRAVÉS DE CAMPOS CONCEITUAIS DA ASTRONOMIA

Observar o céu deve ter sido uma das primeiras atividades de lazer que os mais antigos antepassados devem ter tido. Certamente foi grande a sua curiosidade em descobrir o que eram aqueles astros luminosos que resplandeciam no céu, seja durante o dia, seja ao longo do anoitecer. Essas observações sempre representaram uma atividade de enorme interesse do ser humano que modernizou suas observações quando criou o primeiro telescópio, significando um enorme passo para a descoberta e conhecimento de alguns fenômenos celestes. Muito embora ainda haja muito a se descobrir atualmente, quando alguns destes fenômenos são veiculados nos meios de comunicação que irá ocorrer no céu em determinado dia ou noite, eles costumam reunir muitas pessoas leigas ou não ao redor de um telescópio, ou mesmo através de simples observação dos astros que compõem este vasto laboratório celeste na tentativa de compreender um pouco sobre os mistérios do Universo.

Percorrer os céus noturnos em busca de astros celestes como estrelas, planetas e constelações, é uma tarefa que pode ser desenvolvida por qualquer pessoa munida ou não de um telescópio. Mesmo se a pessoa não possuir um telescópio, que geralmente possui um valor muito elevado no mercado, ainda assim, ela consegue – com alguns conhecimentos básicos em Astronomia e a utilização de cartas celestes – realizar excelentes observações do céu noturno e com um material de custo muito baixo, e potencial educacional elevadíssimo.

Um dos mais básicos ensinamentos que se pode socializar sobre o céu noturno é o de reconhecer determinadas estrelas e algumas constelações, observar o movimento do céu ao longo de uma noite, perceber a mudança do céu no decorrer dos meses, e descobrir que em determinado mês e numa certa hora o céu repete a aparência que tinha em outro mês e em outra hora.

Como referência de orientação noturna, os PCN¹ fornecem alguns exemplos de constelações que estão demonstradas neste trabalho, como Cruzeiro do Sul, Órion e Escorpião, afirmando que os alunos podem fazer observações a fim de entender o tipo de movimento que essas constelações fazem ao longo da abóbada celeste, ou mesmo em relação ao horizonte num intervalo de três ou quatro horas durante a noite. Vale

¹ PCN - Parâmetros Curriculares Nacionais

ressaltar que a visibilidade de algumas dessas constelações mais próximas do horizonte, como é o caso do Cruzeiro do Sul, varia de acordo com a latitude e horários de visualização (LONGHINI, 2010, p. 17).

Portanto, este Produto Educacional fornece um norte a ser seguido sobre como o orientador poderá ensinar a identificação de constelações no céu, pois o tema consta nas sugestões oferecidas pelos PCN, e os estudantes poderão de forma interdisciplinar encontrar respostas nos conteúdos de disciplinas como Física e Matemática, para determinados fenômenos da Astronomia.

2.1 Desenvolvimento da Carta Celeste ao estudo da Astronomia em aulas de Física

Como parte prática deste produto educacional, propôs-se criar as 12 cartas celestes que representem o céu de São Luís do Maranhão ao longo do ano, e descrever as regras de seu uso, para que leigos ou profissionais da educação possam reconhecer as estrelas mais brilhantes e suas respectivas constelações.

Conhecendo os quatro ensinamentos que foram enumerados anteriormente, estes 12 mapas do céu são suficientes para que, com certa precisão, se possa usá-los em qualquer data e hora ao longo do ano, ao olhar para o céu visível, desde São Luís até os seus arredores mais próximos. Na verdade, as Cartas servem para qualquer observador da Terra que esteja em latitude geográfica próxima àquela da cidade do observador.

Vale ressaltar que como os cálculos para a posição de uma estrela são exatamente os mesmos para a posição de qualquer outra estrela, com algumas alterações em sua declinação e ascensão reta, escolheu-se elaborar os cálculos para uma estrela componente da constelação do Cruzeiro do Sul, conhecida como “Beta Crux”.

A constatação da veracidade dos cálculos, e posições das constelações e de suas respectivas estrelas na abóbada celeste foram feitas por simples comparação, através do azimute e da altura do astro, com softwares já existentes, como o Stellarium. Esse software, que também pode servir como observatório móvel para fins educacionais de divulgação da Astronomia, pode ser utilizado em computadores e smartphones, produzindo em tempo real um mapa do céu para qualquer hora e local do globo terrestre.

A escolha sobre quais constelações inserir no mapa celeste se deu através dos conhecimentos já mencionados pelos alunos, ou seja, as 13 constelações que compõem o zodíaco e algumas constelações mais conhecidas na região maranhense, como: a constelação de Órion (Caçador), a constelação da Hydra, Cão Maior, Lebre, Forno, Perseu, Ofiúco, Vela, Oitante, Cruzeiro do Sul, Boieiro, entre outras.

Para que seja possível construir a carta celeste, deve-se, de início, inserir informações necessárias como dados do astro, momento da observação e o local da observação para que possam produzir duas informações necessárias para comparação com o Stellarium, que são o azimute e a altura. É através do cálculo destas coordenadas, para cada uma das estrelas de cada constelação, que o mapa ganhará forma de acordo com o céu de cada mês. O primeiro passo é calcular o Tempo Sideral Local (TSL), em seguida o ângulo horário (AH) de cada uma das estrelas. A partir destas informações, e conhecendo as coordenadas equatoriais das estrelas e as coordenadas geográficas do observador, haverá condições de calcular as coordenadas horizontais das estrelas e construir a carta celeste (JUSTINIANO; BOTELHO, 2016).

Potém, a fim de fornecer todas as informações necessárias sobre uma carta celeste, é necessário previamente um conhecimento sobre sistemas de coordenadas astronômicas e geolocalização, antes de tratar efetivamente de sua construção.

2.2 Sistemas de Coordenadas Astronômicas

Para a compreensão dos Sistemas de Coordenadas Astronômicas, é importante previamente compreender os Sistemas de Coordenadas Geográficas, usadas para medir a posição sobre a superfície da Terra. Além desse sistema de coordenadas, que utiliza duas coordenadas, latitude e longitude, para geolocalizar um objeto sobre a superfície terrestre, há a necessidade de dois sistemas de coordenadas celestes para construir a Carta Celeste: o sistema de coordenadas horizontal e o sistema de coordenadas equatorial.

2.2.1 Sistema de Coordenadas Geográficas

Longitude geográfica (λ) é o arco no plano do equador, com origem no meridiano de Greenwich e extremidade no meridiano do lugar. Ele varia de 0° a 180° para Leste ou Oeste de Greenwich. Considera-se o sinal dessas longitudes positivo caso esteja a Leste desse meridiano, e negativo quando o valor da longitude estiver a Oeste. Outra maneira de representar a longitude de um lugar é através da diferença entre a hora do lugar relativo a Greenwich e, nesse caso, as longitudes a Oeste de Greenwich variam de 0h a $-12h$, e as longitudes a Leste de Greenwich variam de 0h a $+12h$. Logo, tem-se que:

$$-180^\circ \leq \lambda \leq +180^\circ \quad (1)$$

ou

$$-12h \leq \lambda \leq +12h \quad (2)$$

Latitude geográfica (φ) é o arco² do meridiano do lugar, com origem no equador e extremidade no lugar. Ele varia entre -90° e $+90^\circ$.

$$-90^\circ \leq \varphi \leq +90^\circ \quad (3)$$

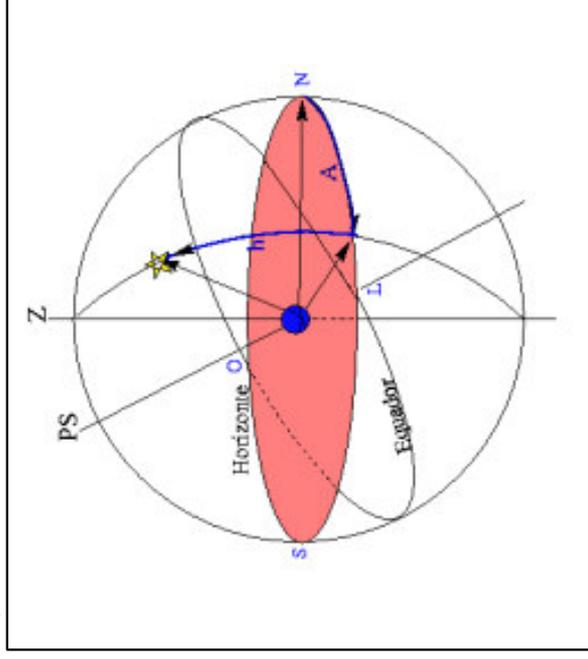
2.2.2 *Coordenadas Astronômicas*

2.2.2.1 O Sistema Horizontal

² A medida de um arco é equivalente ao ângulo que ele compreende desde o centro da esfera.

Como aponta Oliveira (2017, p. 14), o plano principal do sistema de coordenadas horizontais é definido como sendo o plano que contém o horizonte do observador. Os dois ângulos que definem a posição de um astro qualquer são a altura (h) e o azimute (Az), como mostra a Figura 1, abaixo:

Figura 1 – Coordenadas do sistema horizontal: altura (h) e azimute (Az)



Fonte: Filho e Saraiva (2017, p. 14).

O Az é definido como um ângulo medido sobre o horizonte, no sentido horário, que possui sua origem no Norte, e que cresce na direção do Leste, até encontrar-se em sua extremidade com o meridiano do astro. Por definição, sua ele varia de $0^\circ \leq Az \leq 360^\circ$. Já a altura é um ângulo, medido sobre a vertical do astro, que possui origem no horizonte e fim no astro. A variação de sua altura está compreendida entre -90° e $+90^\circ$, e a parte angular acima do astro, e que começa no zênite, é conhecida como distância zenital (z). A distância zenital está compreendida entre 0° e 180° , ou seja, $h + z = 90^\circ$. Assim:

$$-90^\circ \leq h \leq +90^\circ \quad (4)$$

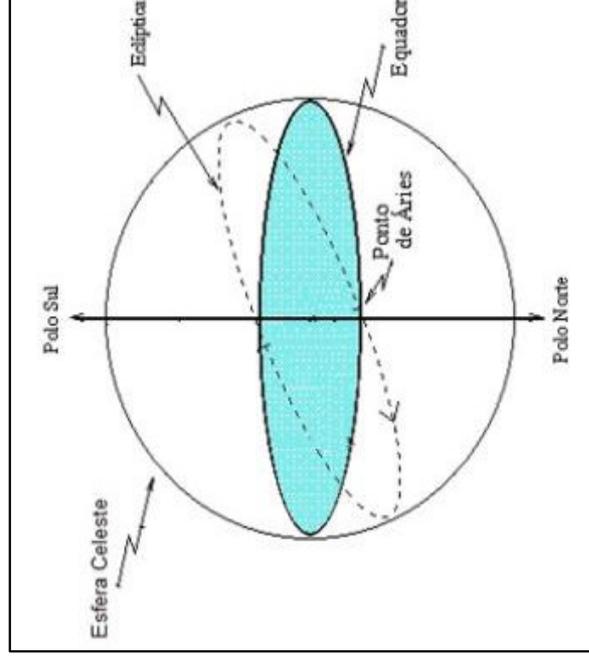
e

$$0^\circ \leq z \leq +180^\circ \quad (5)$$

A representação simbólica do azimute e da altura está correspondida pelas linhas azuladas na Figura 5 desse sistema de coordenadas. Os valores das coordenadas deste sistema dependem das coordenadas geográficas do observador, e encontraram valores diferentes para diversas localidades, onde o observador estiver situado (JUSTINIANO; BOTELHO, 2016).

Uma forma adequada para descrever a localização dos astros é supor que eles estão ordenados na superfície de uma esfera com a Terra localizada no centro. Denomina-se de “esfera celeste” essa esfera imaginária, e a intersecção do plano do equador terrestre com a esfera celeste é denominado de “equador celeste”. As projeções dos polos terrestres na esfera celeste é que definem os polos celestes Norte e Sul, correspondentes aos hemisférios da Terra com os nomes equivalentes. Há uma diferença entre o equador celeste e a eclíptica, porque o eixo da Terra é inclinado em relação ao plano da eclíptica. Essa inclinação é de aproximadamente $66,5^\circ$, e é responsável por fornecer as estações do ano, com a parte clara dos dias de comprimento diferentes. O ponto de intersecção da eclíptica com o equador celeste, no qual o Sol vai do Sul para o Norte, como visto na Figura 2 abaixo, é denominado de “ponto Áries” ou “Ponto Gama” (γ).

Figura 2 – A esfera celeste e a trajetória do Sol ao longo do ano pela eclíptica

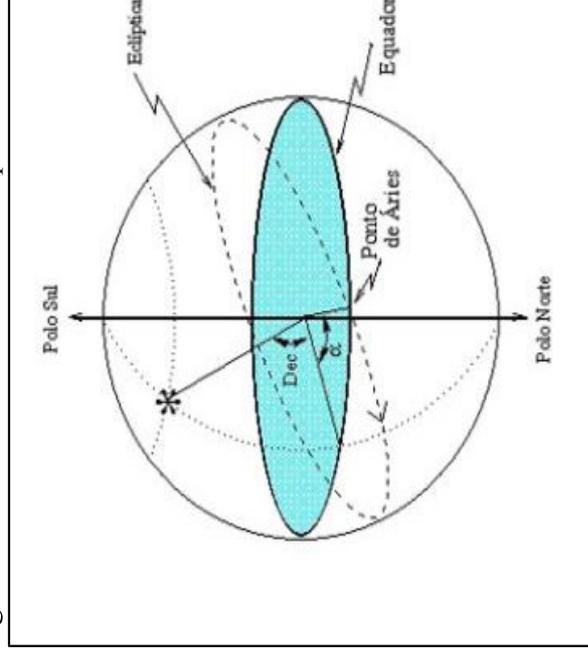


Fonte: Justiniano e Botelho (2016, p. e43111-3).

2.2.2.2 O Sistema Equatorial Celeste

Esse sistema possui como plano fundamental o equador celeste. Suas coordenadas são ascensão reta (α) e declinação (δ). A ascensão reta é ângulo formado entre o meridiano do ponto gama e o meridiano do astro, medido sobre o equador celeste. Os seus valores são encontrados em horas, minutos e segundos. Essa medida, de acordo com a Figura 3, abaixo, varia entre zero e 24h (ou entre 0° e 360°), crescendo no sentido Leste (JUSTINIANO; BOTELHO, 2016).

Figura 3 – Sistema de coordenadas equatoriais: ascensão reta (α) e declinação (δ)



Fonte: Justiniano e Botelho (2016, p. e4311-4).

O Ponto Áries ou Ponto Gama (γ), também conhecido como “Ponto Vernal”, é um ponto do Equador, ocupado pelo Sol no momento de sua transição do hemisfério sul celeste para o hemisfério norte celeste, definindo o equinócio de primavera do hemisfério norte (aproximadamente em 20 de março), isto é, em uma das duas interseções do equador celeste com a eclíptica (OLIVEIRA, 2017, n. p.). A segunda coordenada, a declinação (δ), é o arco medido entre o astro e o equador celeste, medido sobre o meridiano do astro. A variação em sua declinação está entre -90° e 90° . A declinação tem valor positivo quando medida na direção do Polo Norte celeste ($\delta \geq 0$), e negativa, em contrário.

Assim, pode-se perceber que no sistema horizontal as coordenadas de uma estrela sofrem variação contínua devido à rotação da Terra, e possuem valores diferentes para observadores situados em diferentes localidades, enquanto no sistema equatorial as coordenadas das estrelas não possuem dependência com a posição do observador na superfície da Terra, e apresentam uma variação muito lenta no decorrer do tempo, sofrendo apenas pequenas correções no decorrer dos anos.

2.2.3 O Sistema de Contagem do Tempo

Para que se possa realizar uma observação com uso deste modelo de carta celeste, tem-se que inicialmente converter as coordenadas do momento da observação (data e hora) de dias gregorianos para data juliana (JD), e em seguida entrar com os valores da longitude do local a ser observado e encontrar o Tempo Sideral Local (TSL).

O JD foi um sistema criado onde os dias são contados de maneira consecutiva, sem que fosse utilizado o conceito de meses ou anos. Essa maneira foi criada para facilitar a contagem entre dois eventos astronômicos. Na contagem dos JD, o dia zero inicia ao meio-dia de segunda-feira de 1º de janeiro de 4713 a.C., às 12:00 horas em Greenwich. Assim, para que seja possível essa transformação no sistema de contagem das datas, tem-se que converter a data solicitada para cada mês em JD.

Existe um procedimento prévio que explica como fazer essa passagem de data gregoriana para JD, a fim de logo em seguida continuar os cálculos necessários para a confecção da Carta Celeste.

O primeiro passo é verificar se o mês (M) é janeiro ou fevereiro, ou seja, 1 ou 2. Em caso positivo, M será escrito da forma: $M = M + 12$, e a variável Ano será dada como $\text{Ano} = \text{Ano} - 1$. Por outro lado, em caso negativo, então $M = M$ e $\text{Ano} = \text{Ano}$.

O segundo passo é determinar as variáveis $A_1 = \text{INT}(\text{Ano}/100)$ e $B = 2 - A_1 + \text{INT}(A_1/4)$. Se a data for anterior a 15 de outubro de 1582, deve-se estabelecer que $A_1 = 0$ e $B = 0$. A_1 e B são variáveis, sendo que B será necessária para determinação do JD.

O terceiro e último passo é determinar o JD, na Equação 6 abaixo:

$$\text{JD} = B + \text{INT}(365,25 * \text{Ano} - T) + \text{INT}[30,6001 * (M + 1)] + \text{Dia} + \text{Hora}/24 + 1720994,5 \quad (6)$$

Onde $T = 0$, se $\text{Ano} > .0$, ou seja, para datas depois de Cristo, e $T = 0,75$ para $\text{Ano} < 0$, antes de Cristo.

A medida do tempo está diretamente relacionada com o movimento de rotação da Terra que, consequentemente, causa a rotação aparente da esfera celeste. Tem-se como escala a noção de dia, que representa uma rotação da Terra em torno do seu próprio eixo. Porém, para que

fosse possível essa medição, estabeleceu-se um objeto celeste como referência. A partir do objeto estabelecido como referência tem-se dois tipos de tempo: o tempo solar, que utiliza o Sol como ponto de referência, e o tempo sideral, que utiliza o ponto áries como referência. Para cada meridiano terrestre existe uma hora sideral local, que está relacionada com a hora sideral em Greenwich através da seguinte relação:

$$\text{tempo sideral local} = \text{tempo sideral de Greenwich} + \text{longitude} \quad (7)$$

Onde a longitude é positiva caso seja medida a Leste de Greenwich, e negativa à Oeste. O valor da longitude deve ser convertido em unidade de tempo, para que possa ser somado ao tempo sideral em Greenwich (ou seja, se o valor estiver em graus, é necessário dividi-lo por 15). Logo, para um observador em Greenwich, cujo ponto gama está cruzando seu meridiano, o TSG será zero horas ou 24 horas siderais, e para um observador na cidade de São Luís do Maranhão, que está a $-44,3066666667^\circ$ de Greenwich, o TSL será $24 \text{ h} + (-44,3066666667^\circ/15)$.

Após efetuar os cálculos do JD para a data escolhida, que no caso calculou-se para dia 08 de cada mês do ano de 2021, e a JD0 para a seguinte data 00/01/ano, que denominar-se-á de data juliana zero (JD0), haverá condições de calcular o TSG para uma determinada data escolhida. Em seguida, calcula-se o número de dias transcorridos desde o início do ano até a data escolhida para a construção da Carta Celeste (JUSTINIANO; BOTELHO, 2016), segundo a equação abaixo:

$$\text{ndias} = \text{JD} - \text{JD0} \quad \dots(8)$$

Logo em seguida, é necessário encontrar o século juliano (S), que segundo a definição, é o intervalo de tempo de 36.525 dias, segundo a equação abaixo:

$$S = \frac{\text{JD} - 2415020}{36525} \quad (9)$$

A seguir, é necessário realizar os cálculos para o Tempo Solar (TS), como descrito a seguir:

$$TS = \frac{6,6938*3600 + 8640184,812866*S + 0,093104*S^2 - (6,2 \cdot 10^{-6} * S^3)}{3600} \quad (10)$$

E, por fim:

$$GST = 0,0657098*dias - [24 - TSS + 24*(Ano - 1900)] + 1,00273790935*Hora \quad (11)$$

Assim, para:

$$GST < 0GST = GST + 24 \quad (12)$$

e,

$$GST > 24GST = GST - 24 \quad (13)$$

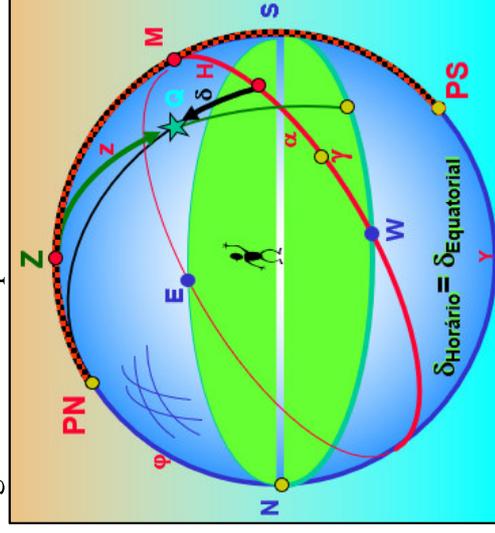
Na elaboração deste Produto Educacional, a ideia é produzir cartas celestes para que através do estudo teórico e prático da Astronomia o orientador possa tornar as suas aulas verdadeiramente significativas, a fim de prender a atenção do estudante durante o processo de ensino-aprendizagem, fazendo com que ele mude completamente os seus conceitos sobre as ciências exatas. E durante esse processo, existe a necessidade de se trabalhar com mudanças de coordenadas, campos conceituais que não são vistos em livros didáticos de Física, para que ele possa entender o processo de produção e utilização destas cartas celestes.

2.2.4 Sistemas de coordenadas para construção da Carta Celeste

A concepção central que o estudante deve possuir é que ele partirá de um sistema equatorial, ou seja, ele utilizará a ascensão reta (α) e a declinação (δ) para calcular coordenadas horárias como o ângulo horário, através da subtração do TSL e da declinação, que definirá logo em seguida o valor da altura do astro, no caso, estrelas, e quem estará acima ou não do horizonte a partir desse resultado, e com o valor de sua ascensão reta, encontrar as coordenadas horizontais daquela estrela através de relações de altura (h) e azimute (Az).

2.2.5 Relação entre sistemas de coordenadas equatoriais e horários

Figura 4 – Esfera que relaciona Coordenadas Equatoriais e Horárias



Fonte: Roberto Bozco.

O ângulo horário de um astro é uma medida de tempo. Ele é o ângulo medido sobre o Equador, que varia desde o meridiano local, até o círculo horário que passa pelo astro estudado, no sentido horário quando observado da extremidade Norte do eixo de rotação da esfera celeste,

medido em horas. Pode-se exemplificar supondo um momento em que uma estrela cruza o meridiano do observador, como visto na Figura 4 acima. Nesse momento tem-se $AH = 0$ horas. Ao nascer, a Leste o ângulo horário do astro marcará $AH = 18$ horas. E quando o astro se põe à Oeste, o ângulo horário marcará $AH = 6$ horas. Logo, o ângulo horário varia conforme o local e o momento da observação do astro, e esse momento é quantificado na forma de tempo sideral.

Portanto, existe uma relação entre o ângulo horário, o TSL e a ascensão reta do astro estudado, dada por:

$$TS \equiv AH_y \quad (14)$$

$$TS = \alpha + AH \quad (15)$$

$$AH = TS - \alpha \quad (16)$$

Porém, se:

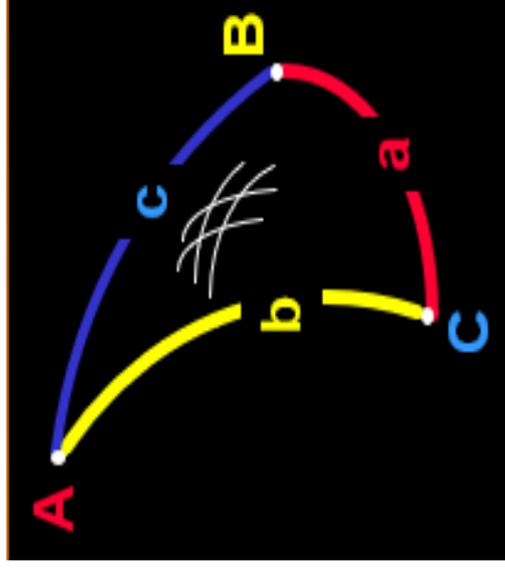
$$AH < 0 \rightarrow AH = AH + 24 \quad (17)$$

Assim, a partir do cálculo do TSL para o momento em que se deseja construir a carta celeste, é possível encontrar o AH das estrelas e, conseqüentemente, determinar através do cálculo da altura quais estão acima ou abaixo do horizonte naquele TSL. De posse dessas informações, e conhecendo as coordenadas equatoriais de cada astro e as coordenadas geográficas do local de observação, pode-se calcular as coordenadas horizontais através de uma mudança de coordenadas para que se construam as cartas celestes.

2.2.6 Relação entre sistemas de coordenadas horárias para altazimutais

De acordo com a Figura 5, pode-se retirar o triângulo abaixo para extrair dele as relações necessárias. Então:

Figura 5 – Representação de um triângulo esférico com vértices A, B e C



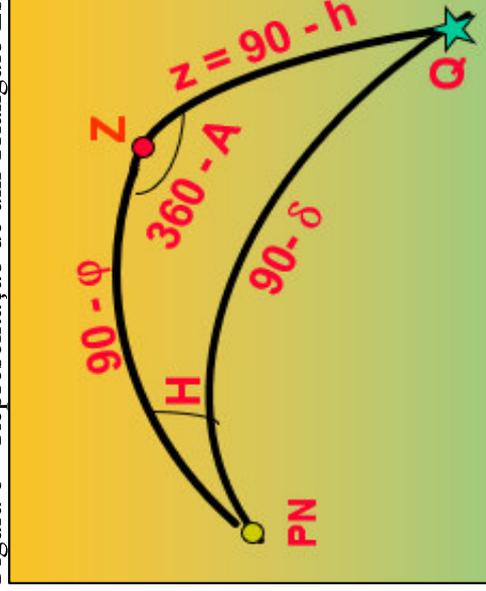
Fonte: Roberto Bozco.

Utilizando-se das fórmulas de trigonometria esférica, tem-se a relação abaixo:

$$\cos(a) = \cos(c) \cdot \cos(b) + \text{sen}(c) \cdot \text{sen}(b) \cdot \cos(A) \quad (18)$$

Logo, analisando a fórmula acima, e tomando-a como referência, pode-se analisar o triângulo retirado da Figura 4. Desta forma, temos a Figura 6 abaixo:

Figura 6 – Representação de um Triângulo Esférico com vértices PN, Q e Z



Fonte: Roberto Bozco.

Analisando a fórmula (18), e tomando-a como referência, tem-se que:

$$\cos(90 - h) = \cos(90 - \varphi) \cdot \cos(90 - \delta) + \text{sen}(90 - \varphi) \cdot \text{sen}(90 - \delta) \cdot \cos(AH) \quad (19)$$

Assim, tem-se que pela diferença de senos e cossenos, pode-se obter a seguinte equação:

$$\text{sen}h = \text{sen}\varphi \cdot \text{sen}\delta + \cos\varphi \cdot \cos\delta \cdot \cos(AH) \quad (20)$$

Ou reescrevendo a equação (20), tem-se que:

$$h = \text{sen}^{-1}[\text{sen}(\delta) \cdot \text{sen}(\varphi) + \cos(\delta) \cdot \cos(\varphi) \cdot \cos(AH)] \quad (21)$$

E assim, encontra-se a equação que representa em coordenadas horizontais a altura de cada uma das estrelas. Porém, ainda tem que encontrar a coordenada do azimute. Baseando-se novamente no triângulo esférico da Figura 5, tem-se:

$$\cos(a) = \cos(b) \cdot \cos(c) + \text{sen}(b) \cdot \text{sen}(c) \cdot \cos(\bar{A}) \quad (22)$$

Observando o triângulo esférico de uma outra perspectiva, pode-se calcular que:

$$\cos(90 - \delta) = \cos(90 - \varphi) \cdot \cos(90 - h) + \text{sen}(90 - \varphi) \cdot \text{sen}(90 - h) \cdot \cos(360 - A) \quad (23)$$

$$\text{sen}(\delta) = \text{sen}(\varphi) \cdot \text{sen}(h) + \cos(\varphi) \cdot \cos(h) \cdot \cos(Az) \quad (24)$$

Isolando $\cos(A)$, tem-se que:

$$\cos(Az) = \left[\frac{\text{sen}(\delta) - \text{sen}(\varphi) \cdot \text{sen}(h)}{\cos(\varphi) \cdot \cos(h)} \right] \quad (25)$$

ou

$$Az = \cos^{-1} \left[\frac{\text{sen}(\delta) - \text{sen}(\varphi) \cdot \text{sen}(h)}{\cos(\varphi) \cdot \cos(h)} \right] \quad (26)$$

Porém, se:

$$AH > 0 \rightarrow Az = 360^\circ - Az \quad (27)$$

Obtiveram-se as coordenadas equatoriais dessas estrelas. Vale lembrar que estas coordenadas são dadas para uma determinada data. Como as estrelas possuem movimentos próprios, e o sistema de coordenadas não é fixo (muda devido à precessão dos equinócios), estas coordenadas deveriam ser corrigidas por causa desses dois efeitos. Mas, como estes movimentos são muito pequenos, na escala em que os esquemas serão retratados, os efeitos dos movimentos próprios e da precessão se perderiam na “plotagem” dos astros no papel. Assim, não vale a pena investir tanto trabalho sem ter um resultado que se possa dizer realmente eficiente.

Os efeitos da aberração anual, também pequenos, não foram considerados, já que uma carta celeste feita para um dado mês poderá ser usada num outro mês. E, como a aberração anual depende da data do ano, sua aplicação ficaria comprometida pela multiplicidade de datas em que a carta celeste poderá ser usada.

Como a representação das cartas celestes vai levar em conta a posição dos astros com relação ao horizonte visível, transformaram-se as coordenadas equatoriais em coordenadas horárias, usando o TSL nas datas e horários escolhidos para representar o céu.

Supôs-se a Terra como sendo esférica. A imprecisão do posicionamento da estrela no papel permite sobejamente esta aproximação. Usando a latitude geográfica como boa aproximação da latitude astronômica, passaram-se as coordenadas horárias para coordenadas altazimutais, também chamadas de “coordenadas locais”. Essa mudança de coordenada foi feita através do uso de triângulos esféricos e trigonometria sobre a esfera.

Devido à refração atmosférica, que desvia a posição observada da estrela em função da altura angular dela, deveriam ser realizadas as devidas correções para cada estrela. Mas, como essa correção é muito pequena, não passando de meio grau perto do horizonte, essa correção deixou de ser feita, pois está na barra de erro da “plotagem”. Além disso, o cálculo desse desvio depende também da temperatura, da pressão e da umidade local, parâmetros que não podem ser previstos para as condições meteorológicas locais nas datas desejadas.

Os cálculos foram feitos através de tabelas em Excel, para cada uma das estrelas escolhidas, e visíveis naquele dia e hora. Utilizando o aplicativo *Origin*, criou-se um gráfico polar, centrado no zênite local, com raio igual à distância zenital do astro representado, e o deslocamento angular como sendo o azimute do astro. Esses cinco passos foram realizados para cada um dos 12 meses do ano. Com isso, cada carta celeste representa o céu em São Luís (MA) às 19:00 do dia 08 de cada mês.

Como o período de rotação da Terra em torno do seu eixo (com relação às estrelas) é cerca de 03min 56s mais curto que o dia solar médio, depois de cerca de um mês esta pequena diferença se torna cerca de duas horas. Isso significa que, às 21h daquele dia do “mês x”, o céu terá o aspecto do céu às 19 horas do mês $x+1$. Essa transferência de aparência permite que, apenas com as 12 cartas celestes construídas, se possa representar o céu local em qualquer hora de qualquer mês do ano. A Figura 7 abaixo, foi adicionada para que o consultante das cartas possa escolher, em função da data e da hora desejada, a que melhor representar o céu.

Figura 7 – Carta para o mês e a hora desejados



Fonte: Arquivo pessoal do Prof. Dr. Roberto Bozco.

A utilização das cartas celestes está baseada na data e locais determinados, porém, isso não inviabiliza o estudante de utilizar outras cartas em horários diferentes, ou mesmo de outros meses, ou seja, se ele quiser observar o céu às 03 horas da manhã no dia 08 de maio, o estudante pode utilizar a carta do mês de setembro onde observará o mesmo céu. Caso ele queira observar o céu às 23 horas em 08 de maio, ele pode utilizar a carta do mês de julho que será equivalente ao céu de maio às 19 horas. Com isso, pode-se dinamizar o estudo do céu com os mostrando aos mesmos que, embora em horários diferentes ou mesmo em meses diferentes, as cartas celestes são válidas, e extremamente importantes para o entendimento de alguns conceitos relacionados à Astronomia, que podem ser explicados através da Física.

No processo de construção das cartas celestes podem-se selecionar as constelações zodiacais e algumas outras que, apesar de não fazerem parte da faixa que compreende o zodíaco, são muito conhecidas e discutidas no cotidiano. Outras como Cão Maior foram acrescentadas por possuírem a estrela *Sírius*, também conhecida como a mais brilhante do céu.

Assim, finalizando o cálculo das coordenadas horizontais *Az* e *h*, tem-se a capacidade, com auxílio de um software como recurso tecnológico, no caso o *Origin*, de construir as cartas celestes, como visto nas Figuras abaixo, para qualquer região estudada, pois esse método não leva em consideração as correções periódicas das coordenadas de cada estrela.

3 A FÍSICA COMO CAMPO CONCEITUAL PARA O ENSINO DE ORIENTAÇÕES ESPACIAIS E LOCALIZAÇÃO DE OBJETOS CELESTES

As cartas celestes, numeradas de 1 a 12, de acordo com os meses do ano, contêm as informações necessárias para que o professor possa introduzir em suas aulas de Física conteúdos de Astronomia, tais como: o movimento dos astros, a contagem do tempo e os sistemas de coordenadas celestes, que dificilmente são vistos em aulas de Física, e menos ainda como conteúdos programáticos de livros paradidáticos.

Para que uma pessoa, leiga ou não, possa entender a arte das observações celestes, tem que antes aprender a se orientar espacialmente em sua região, sabendo exatamente para onde se situa o Norte, Sul, Leste e Oeste. Atualmente, aplicativos de celular já trazem essa tecnologia ao alcance dos estudantes, visto que, com apenas um clique, eles conseguem obter a Rosa dos Ventos na palma da mão. A partir do momento em que os estudantes aprendem a se orientar, eles direcionam a carta celeste segundo o eixo de orientação, ou seja, a carta tem que estar com o lado Norte orientada para o Norte e o Sul da carta celeste voltado para o Sul da sua região, e assim sucessivamente, lembrando que o meio da carta celeste representa o zênite sobre a posição de observação da esfera celeste.

O estudante, ao experimentar construir ou observar utilizando uma carta celeste em grupos ou sozinho em sua casa, ele obrigatoriamente deve informar o dia, a hora e o lugar de observação. Após isso, tomar a carta correspondente daquele mês e buscar por constelações mais conhecidas para tomar como referência em suas pesquisas posteriores. Uma forma bastante interessante é buscar as estrelas mais brilhantes e as constelações mais fáceis entre o zênite e o horizonte, conferindo-as no mapa. Logo em seguida, usando-as como referência e ponto de partida, tentar reconhecer as demais constelações e encontrar os outros objetos celestes. Fazer analogias entre o tamanho de uma constelação real, no céu, que o estudante já está familiarizado, com o seu tamanho desenhado no mapa (LANGHI, 2016).

Portanto, após esse primeiro momento de aprendizado sobre os pontos cardeais, utilizar uma constelação que sirva de referência para a localização das demais constelações podem ser muito útil. Por isso, pode-se afirmar que cada estação do ano possui uma constelação de referência que está presente no céu durante um longo período noturno e, a partir dela, podem-se localizar as demais constelações. Assim, cada estação terá a

sua constelação própria de referência: céu de verão, Órion; céu de outono, Leão; céu de inverno, Escorpião; céu de primavera, Pégasus (LANGHI, 2016).

Para saber em que estação do ano se encontra neste momento, basta pegar uma carta celeste e identificar a constelação no céu estrelado. Após isso, o estudante deve buscar localizar outras constelações a partir da constelação identificada anteriormente, considerada principal. Outra constelação que se pode utilizar como referência, durante a maior parte do ano e em quase todo o país, é o Cruzeiro do Sul (Cruz), devido às suas características que viabilizam a busca por outras constelações (LONGHINI, 2010).

Percebe-se como a Astronomia é útil para o aprendizado de orientações espaciais e localização de objetos celestes, e como isso pode ser feito mesmo com uma mudança no eixo de coordenadas do observador. Partiu-se de coordenadas equatoriais de determinadas estrelas escolhidas até encontrar as coordenadas horizontais delas, tendo como elo a passagem pelas suas coordenadas horárias. Entende-se que essa mudança em sistemas de coordenadas é importante para a determinação da carta celeste.

Durante a análise sobre cada uma dessas constelações, perceberam-se que alguns campos conceituais da Física não tiveram importância nenhuma na elaboração das cartas celestes. No entanto, eles têm extrema relevância na análise das cartas celestes mês a mês, e suas mudanças no movimento relativo que é notório durante a análise de cada uma delas. Portanto, é importante o estudo de alguns campos conceituais da Física que podem ser compreendidos ao serem analisados do ponto de vista da Astronomia.

4 UM DIÁLOGO NECESSÁRIO SOBRE AS CONSTELAÇÕES CELESTES

A aparência do céu noturno varia de acordo com cada mês e época do ano, pois, como a Terra possui o seu movimento em torno do Sol, ela mostra cenários diferentes de estrelas que juntas formam imagens projetadas na esfera celeste. Como este mesmo movimento também provoca, em parte, as estações do ano, assim cada estação possuirá seu próprio cenário celeste (LONGHINI, 2010). Desta forma, as estrelas apresentam sempre diferenças de horários em seu nascimento a cada dia; ou seja, se elas surgem às 19h em um dia, no outro surgirão às 18h56min, e devido a isso há uma diferença de “cenário estelar” ao longo das estações, justamente motivado por esse movimento de translação da Terra. Em consequência deste efeito, o céu se apresentará de formas diferentes ao longo do passar dos dias e das estações do ano.

Logo, para determinar a posição de um astro ou constelação no céu, precisa-se definir um sistema de coordenadas. Vale lembrar que a distância dos astros aqui é irrelevante, e deve-se utilizar as coordenadas angulares para posicioná-lo na esfera celeste em relação ao sistema de coordenadas adotado, que por sua vez é adotado a partir de um ponto central.

Para facilitar a visualização durante cada estação do ano, adotou-se uma constelação como principal, para servir de referência na localização das demais. As constelações principais, de acordo com cada estação do ano, são: Órion (céu de verão); Leão (céu de outono); Escorpião (céu de inverno); Pégasus (céu de primavera) (LONGHINI, 2010, p. 29). Assim, apresentam-se as cartas celestes para a região de São Luís do

Maranhão:

Figura 9 – Carta Celeste mês Fevereiro

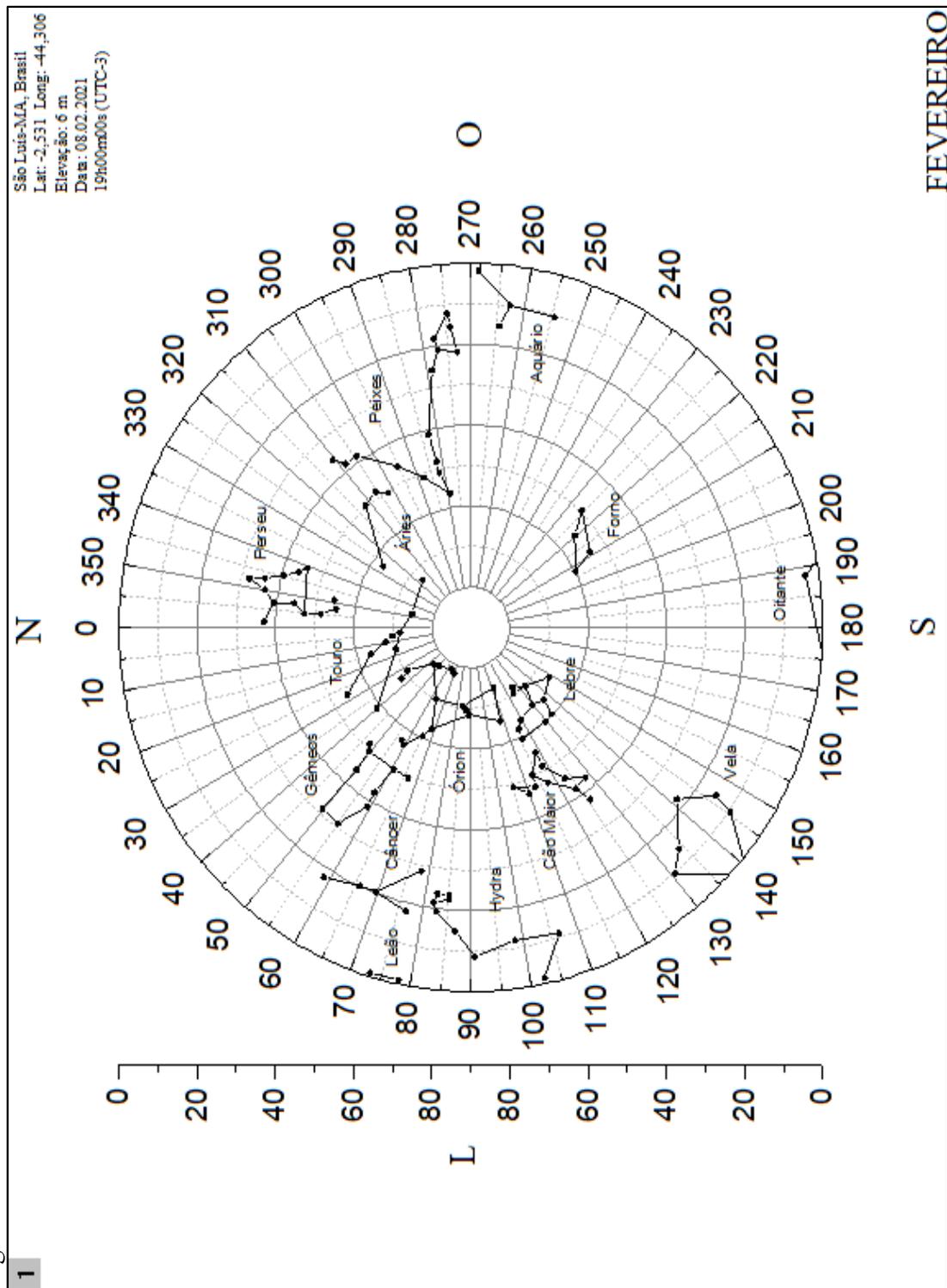


Figura 11 – Carta Celeste mês Abril

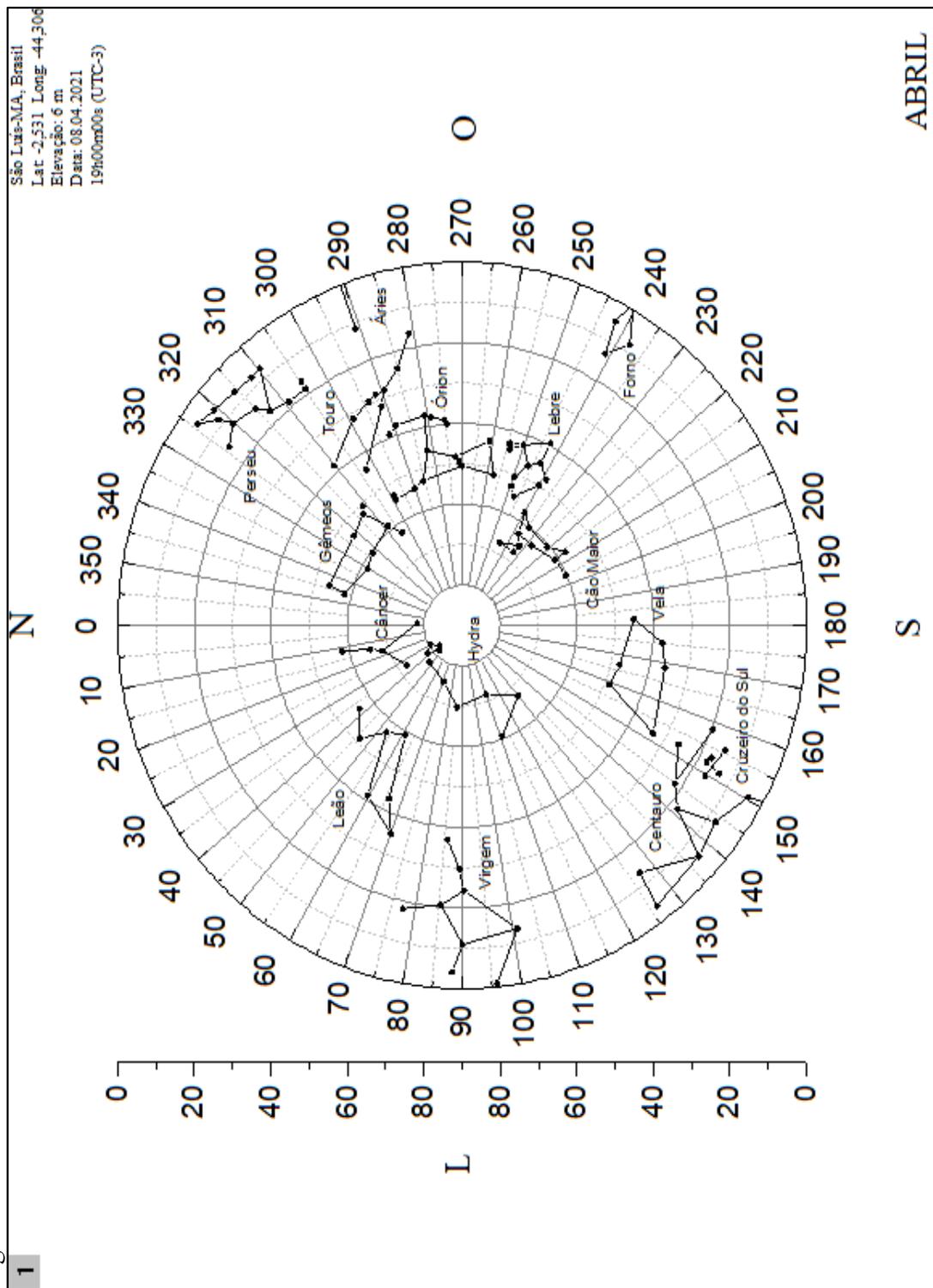


Figura 12 – Carta Celeste mês Maio

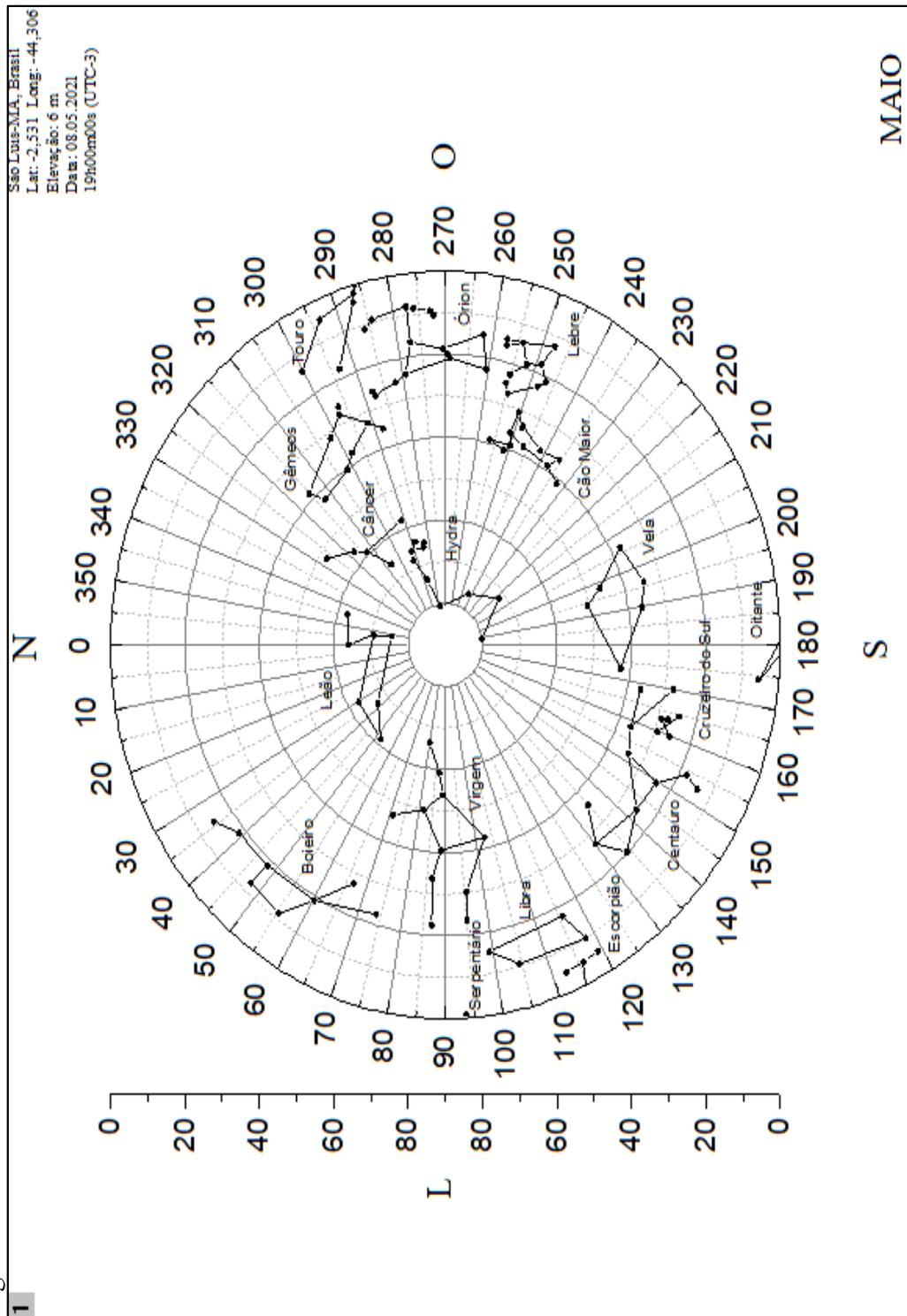


Figura 13 – Carta Celeste mês Junho

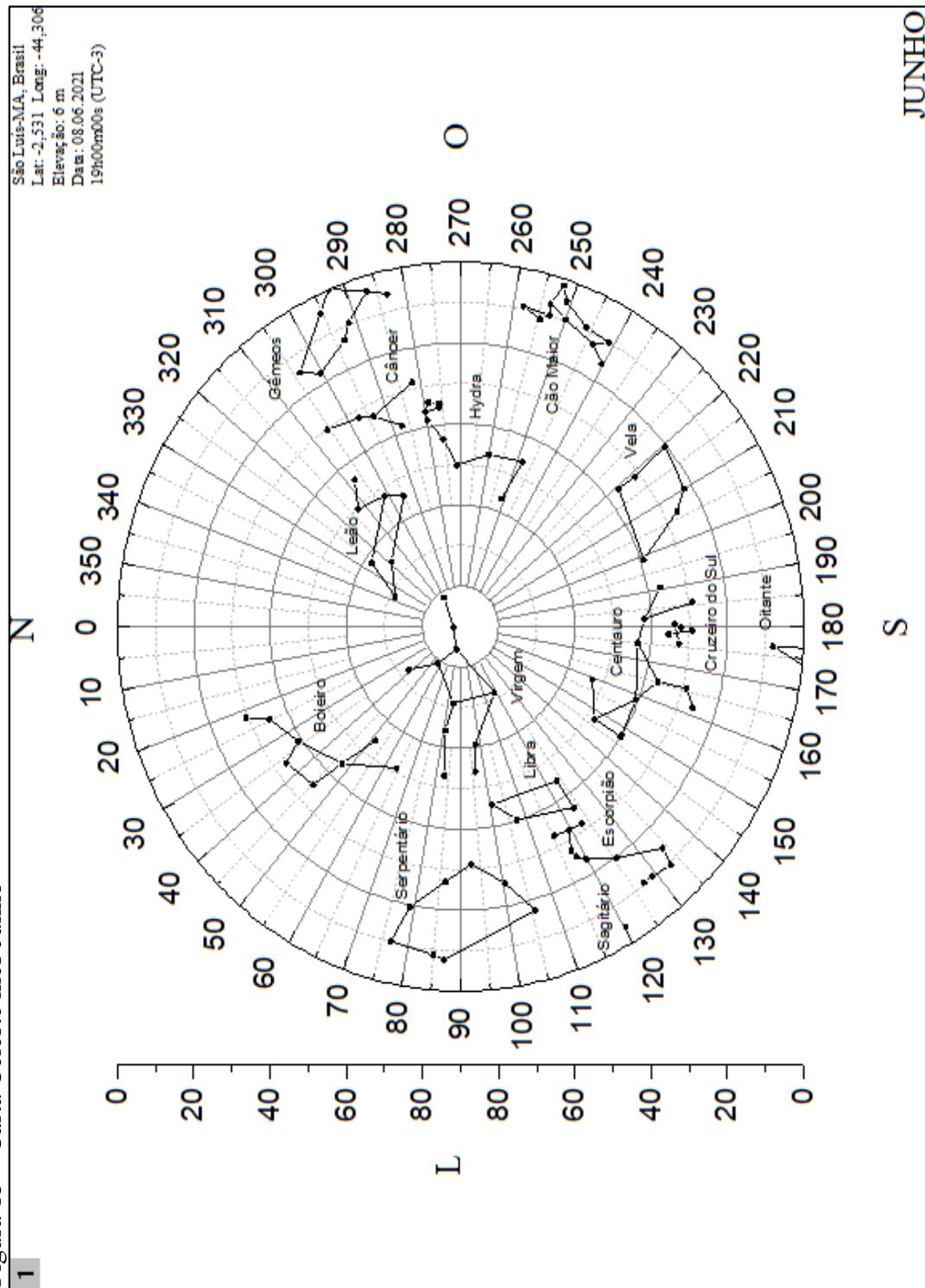


Figura 14 – Carta Celeste mês Julho

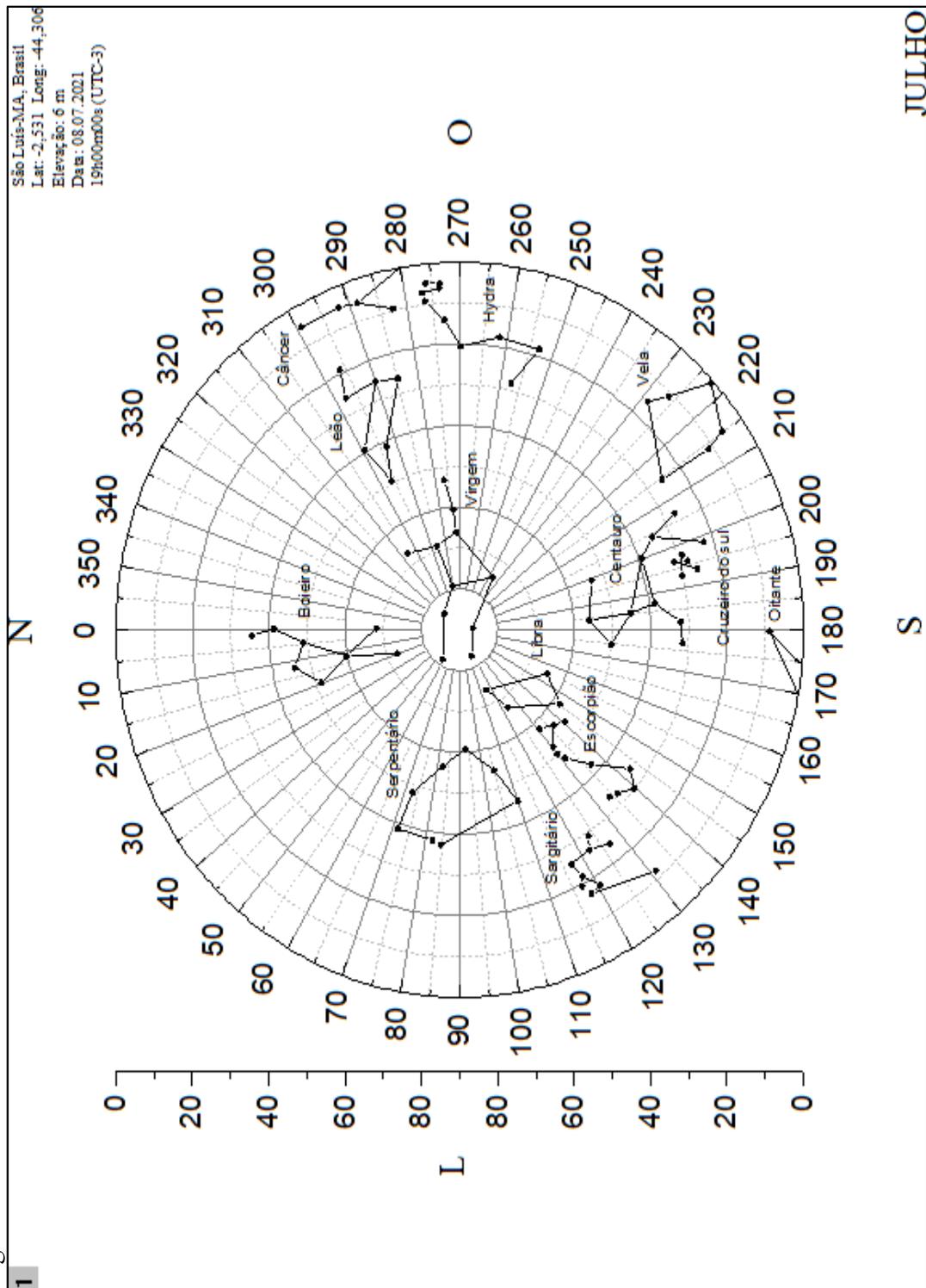


Figura 15 – Carta Celeste mês Agosto

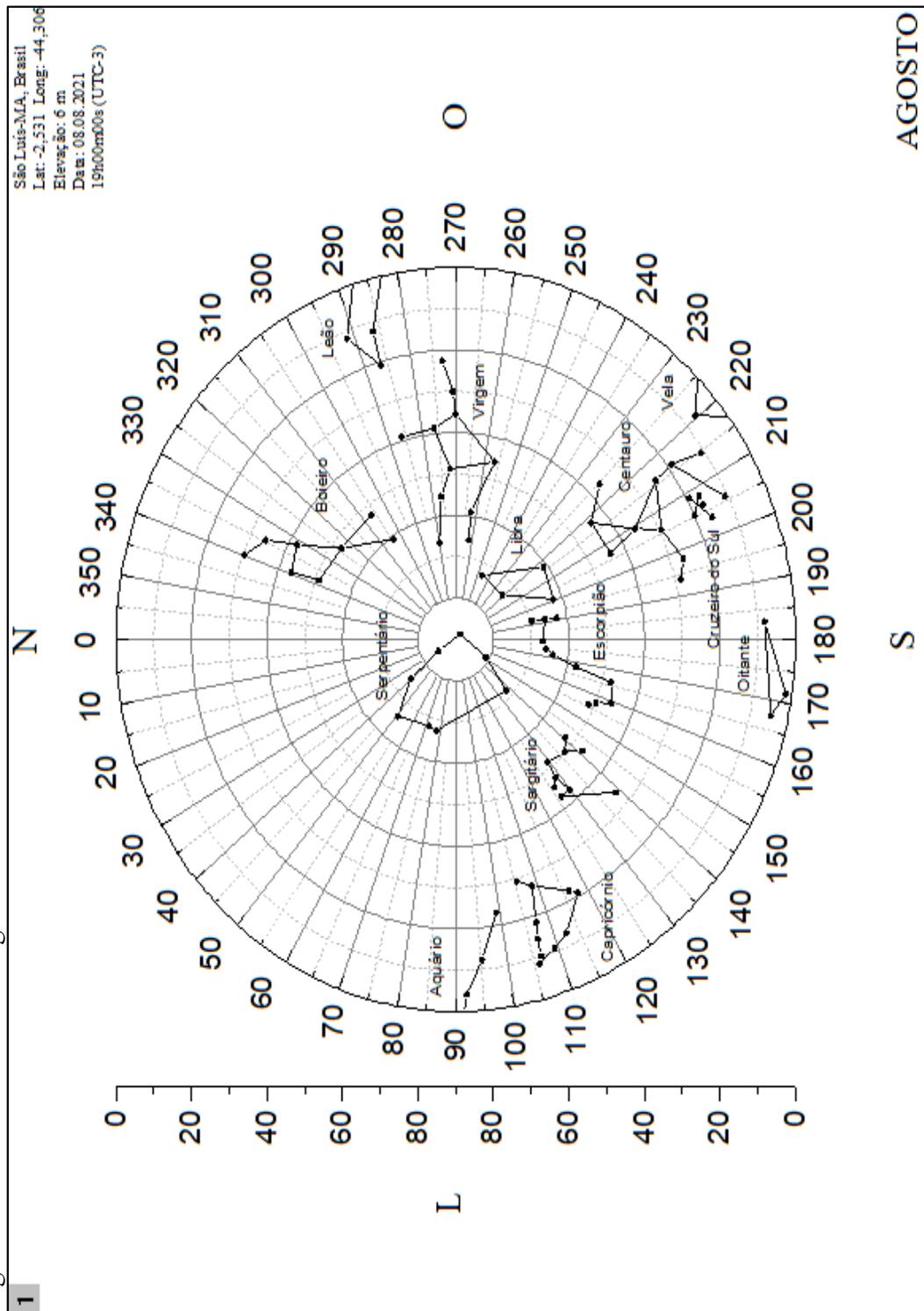


Figura 16 – Carta Celeste mês Setembro

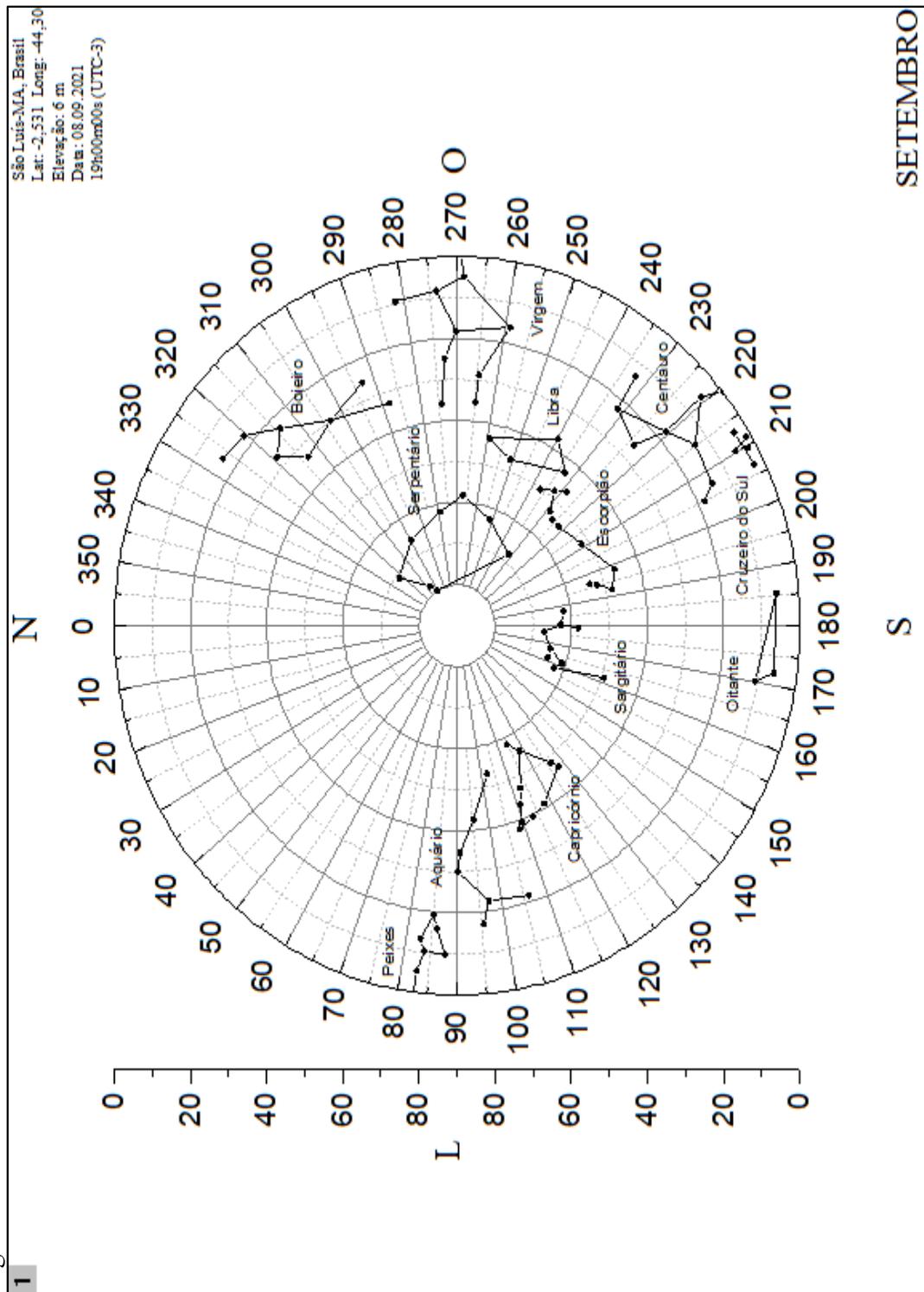


Figura 17 – Carta Celeste mês Outubro

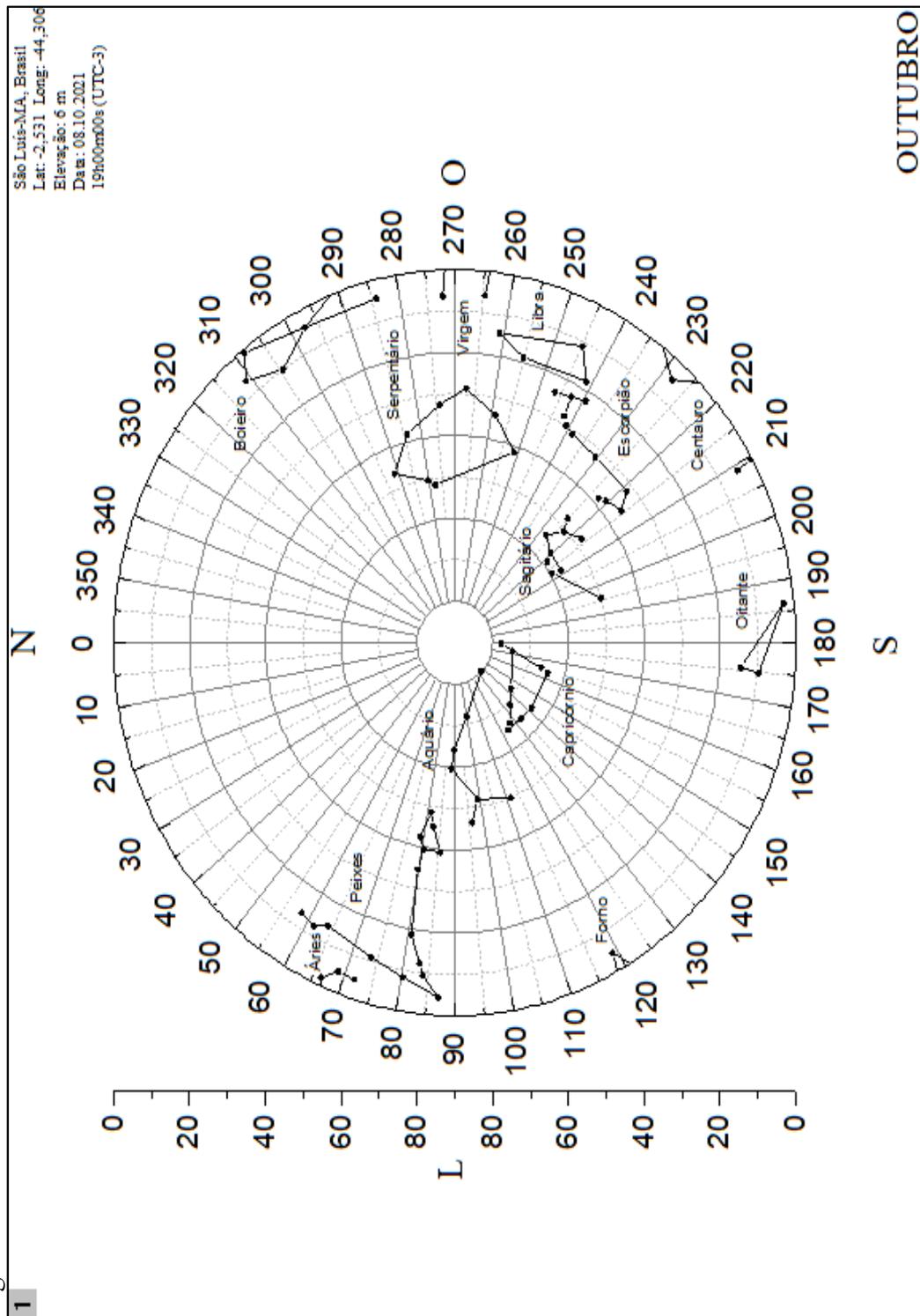


Figura 18 – Carta Celeste mês Novembro

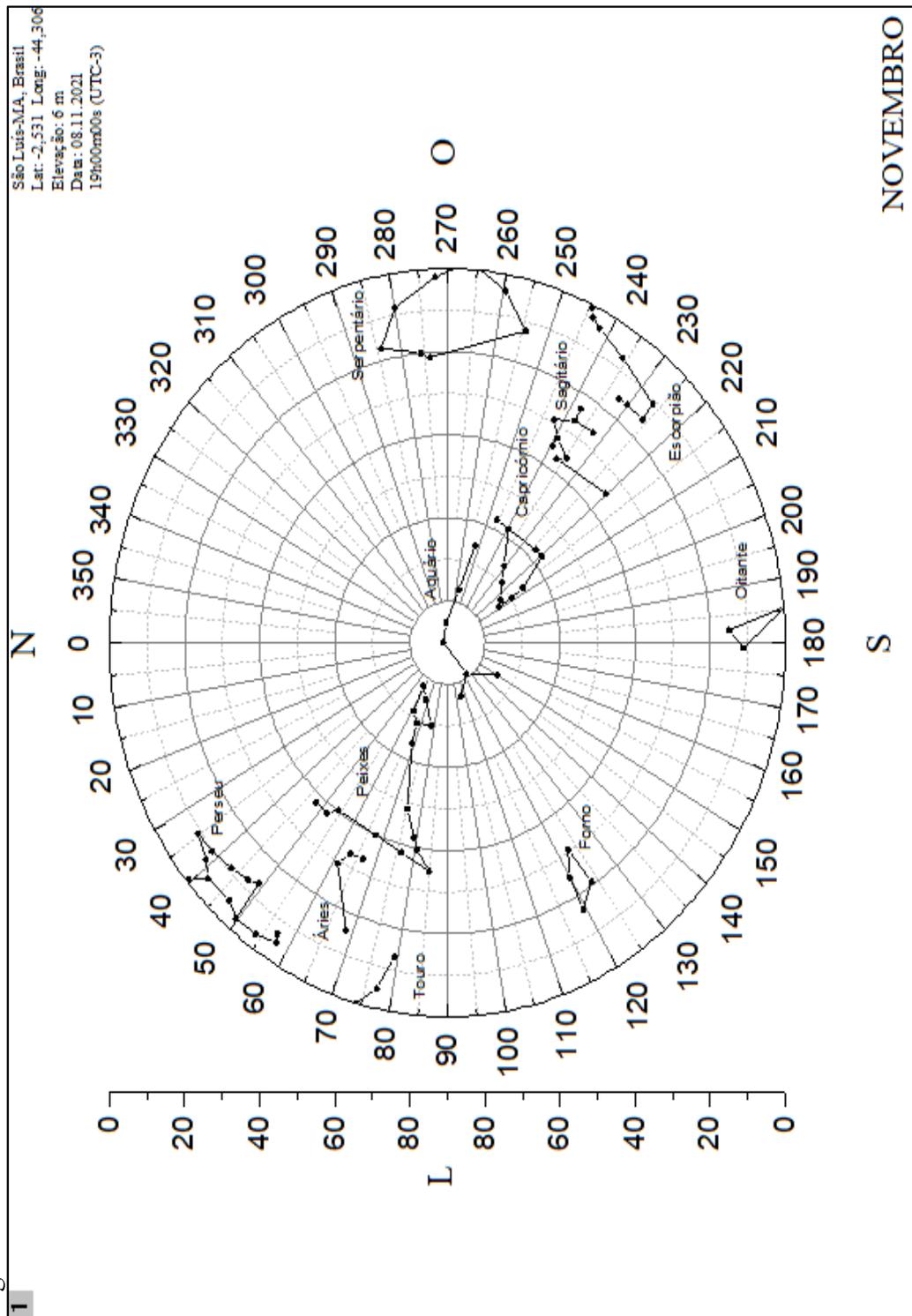
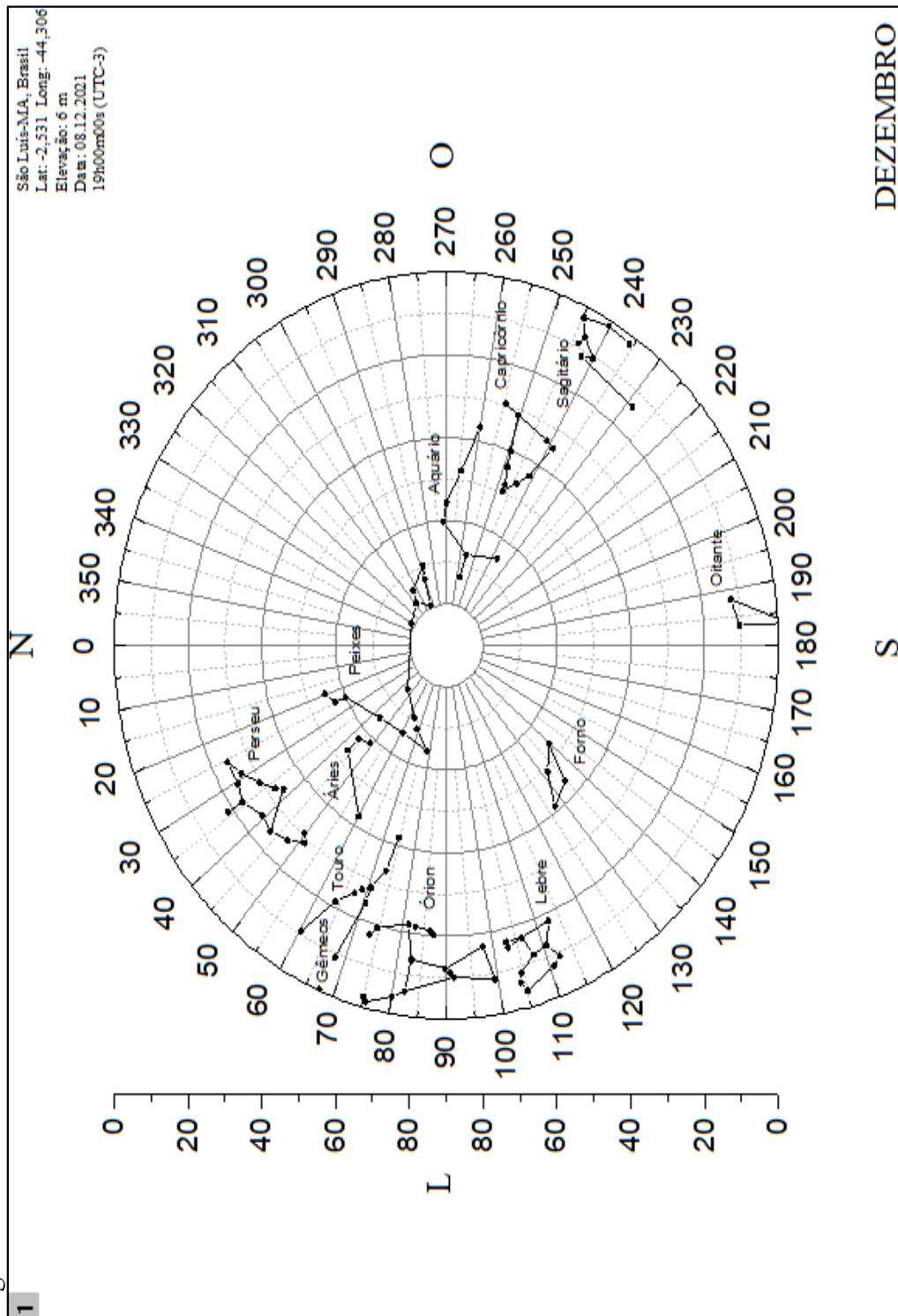


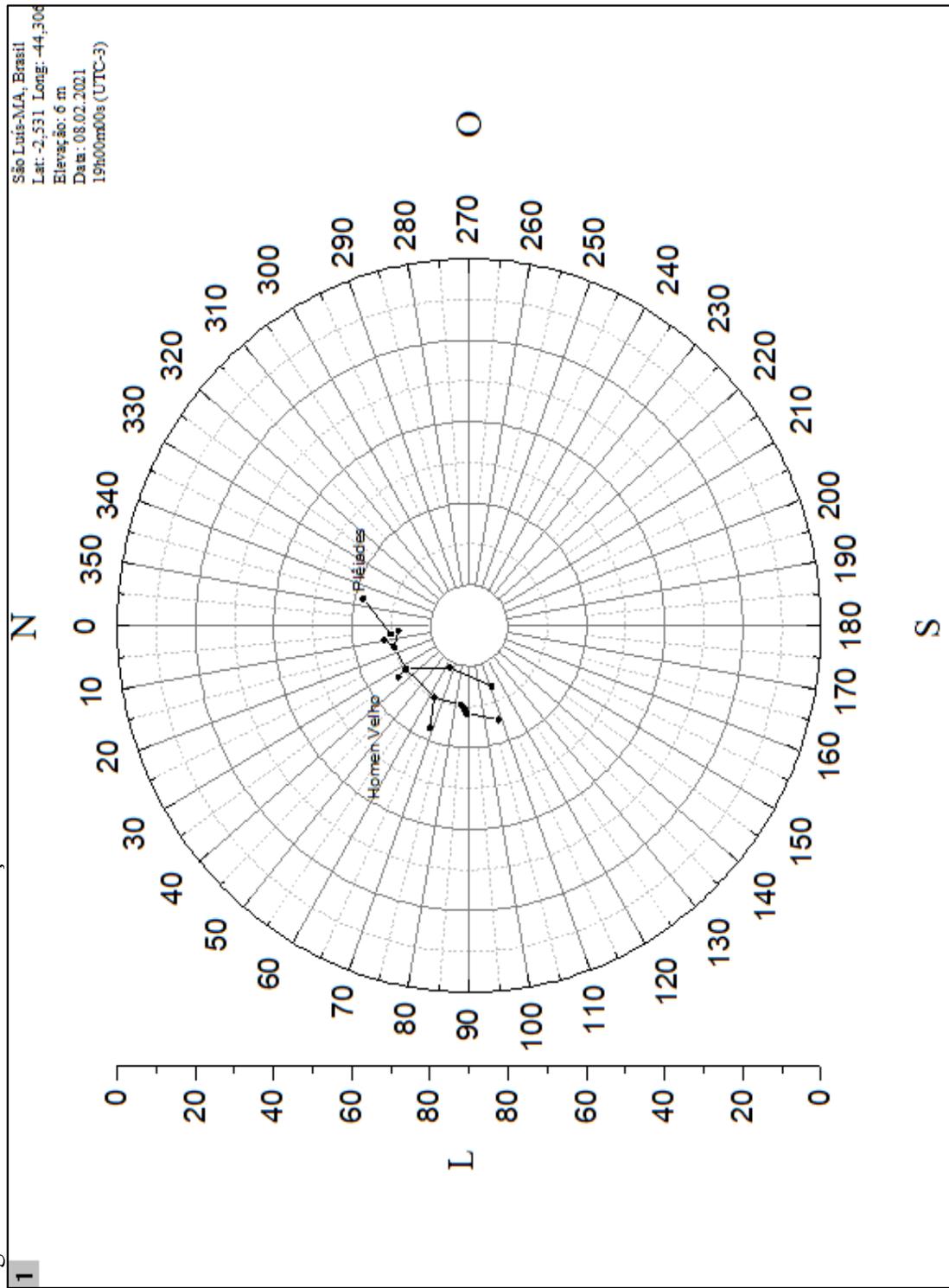
Figura 19 – Carta Celeste mês Dezembro



DEZEMBRO

Como tratou-se das constelações indígenas na dissertação, foi elaborada a carta celeste contendo a “Constelação do Homem Velho”, dos Índios Tupinambás do Maranhão. Foi construída apenas essa constelação neste trabalho devido à difícil construção das demais constelações, por se tratar da união de diferentes constelações, o que dificulta a sua construção. Logo, seria necessário buscar a ascensão reta (α) e declinação (δ) de cada estrela que compunha esta constelação, montar a constelação original e, por fim, visualizar a ligação que as estrelas correspondentes faziam, para logo em seguida construir com as coordenadas corretas de cada uma no programa Origin.

Figura 20 – Carta Celeste da Constelação do Homem Velho



5 METODOLOGIA E APLICAÇÃO DA CARTA CELESTE

A metodologia apresentada neste trabalho é de cunho qualitativo. Para Minayo (2008), o importante da pesquisa qualitativa é a objetivação, pois durante a investigação científica é preciso reconhecer a complexidade do objeto de estudo, rever criticamente as teorias sobre o tema, estabelecer conceitos e teorias relevantes, usar técnicas de coleta de dados adequadas e, por fim, analisar todo o material de forma específica e contextualizada.

A objetivação contribui para afastar a incursão excessiva de juízos de valor na pesquisa: são os métodos e técnicas adequados que permitem a produção de conhecimento aceitável e reconhecido (MINAYO, 2008).

Este trabalho utiliza o método observacional, que de acordo com Gil (2008) o estudo por observação apenas analisa algo que acontece ou já aconteceu. Desta forma, estas cartas celestes se caracterizam com o método observacional, pois desenvolveu observações das constelações celestes.

Do ponto de vista da natureza do problema, foi escolhida a pesquisa qualitativa devido exatamente a esse caráter crítico, utilizando técnicas de coleta de dados necessários para que o estudante possa começar a construir as suas próprias cartas, e entender como utilizá-las de acordo com o dia e horário que eles tenham que adotar em sua região.

Na construção desta carta celeste, selecionaram-se as estrelas que compõem a faixa do zodíaco: Peixes, Áries, Touro, Gêmeos, Câncer, Leão, Virgem, Libra, Ofiúco, Escorpião, Sagitário, Capricórnio e Aquário. Além destas foram escolhidas – para compor este trabalho – as constelações: Órion, Forno, Perseu, Lebre, Cão Maior, Vela, Centauro, Serpentário, Boieiro, Oitante, Hydra, Cruzeiro do Sul, e finalizando em uma Carta Celeste separada, referente à constelação dos índios Tupinambás do Maranhão, conhecida como “Constelação do Homem Velho”.

Vale ressaltar que o cálculo para qualquer estrela é equivalente, então selecionou-se apenas a estrela “Beta Crux” (Mimosa), constituinte da constelação conhecida como “Cruzeiro do Sul”, para a realização do cálculo a partir da latitude de São Luís do Maranhão, já que para as outras estrelas os cálculos seguem o mesmo padrão, mudando apenas a ascensão reta (α) e declinação (δ), que são constantes durante longos períodos para cada estrela.

De posse da ascensão reta e declinação de cada estrela, e seguindo os estudos de (JUSTINIANO; BOTELHO, 2016), conseguiu-se – através dessas coordenadas equatoriais – calcular o ângulo horário através da soma da declinação com o tempo sideral local calculado de cada uma das estrelas compostas nesta Carta, e concluindo com os cálculos das coordenadas altazimutais (azimute e altura).

A partir do resultado encontrado das coordenadas horizontais para a estrela calculada, nesse caso Beta Crux, realizou-se a comparação com o programa Stellarium. De acordo com os resultados encontrados, pode-se observar que os valores de Az e h, determinados nesta pesquisa, são compatíveis com os do software, mas com a diferença inferior a um grau, tanto para o azimute quanto para a altura. Isso ratifica o argumento que, como esse método simplificado não leva em conta as correções periódicas das coordenadas, é possível construir a carta celeste.

Os valores de Az e h para a estrela Beta Crux, encontrados nesta pesquisa, são $155,691148235^\circ/15,9440372936^\circ$, e ao serem comparados com os valores obtidos em literatura do Software Stellarium para o mesmo dia tem-se $155,452777778^\circ/15,3083333333^\circ$, resultando em uma diferença inferior a 1 (um) para ambas as coordenadas horizontais.

A aplicação desta sequência visa melhorar a participação dos aficionados pela ciência dentro e fora da sala de aula ao estudar conceitos e teorias em Astronomia, que exigem o conhecimento da Física como ferramenta para o esclarecimento de alguns fenômenos celestes. A ideia central era trazer o estudo do Universo para o universo de sala de aula, e as suas possibilidades de aprendizado através de esquemas elaborados pelos alunos, assim como as diversas situações que poderiam ou não fazer sentido no momento, mas que ao longo do tempo se tornaram conceitos e teoremas construídos cientificamente.

Neste contexto, o que foi proposto neste trabalho é um aprimoramento das aulas de Física, tornando-as mais dinâmicas através da contextualização com o estudo da Astronomia e dos momentos pedagógicos que estão contidos na SEI³, como: aulas, atividades de observação celeste com o uso do programa Stellarium, orientações geográficas e uso da carta celeste para observação e localização de estrelas e constelações no céu, além do estímulo à participação em olimpíadas do conhecimento científico.

³ SEI – Sequência de Ensino Investigativa

Esse Produto Educacional considerou apenas o cálculo das estrelas, não levando em conta os astros do sistema solar, pois, diferentemente das estrelas que possuem coordenadas equatoriais constantes devido à sua distância ser relativamente grande, os astros que compõem o sistema solar – como Sol, Lua e os Planetas – estão relativamente próximos e, sendo assim, possuem coordenadas equatoriais variáveis ao longo do tempo. Para os astros do sistema solar, a cada instante de observação essas coordenadas precisam ser recalculadas através de um procedimento que não foi descrito nesta pesquisa.

A pesquisa é caracterizada observacional, pois trata da construção e observação com uma carta celeste a fim de tornar as aulas de Física realmente significativas, através do estudo da Astronomia. Para isso, utilizaram-se as metodologias ativas, que conforme Morán (2015), são caminhos para avançar mais no conhecimento profundo, nas competências socioemocionais e em novas práticas, como o ensino híbrido.

Esta pesquisa contribuiu possibilitando ao estudante uma metodologia que, de acordo com Morán (2015), combinou as aprendizagens presenciais durante o curso de Astronomia, associando com as aulas remotas quando não se pôde estar presente na escola, permitindo a estes a liberdade para aprenderem on-line ou em sala de aula com os colegas, e com o orientador como mediador dessa relação ensino-aprendizagem.

Assim, durante o desenvolvimento dos cálculos para construção da carta celeste, busca-se incentivar os estudantes a estabelecerem um diálogo sobre as atividades propostas de observação com uso das cartas celestes, e sobre a forma de realizá-las, já que o uso da tecnologia possibilitou a observação do céu mesmo durante o dia, mostrando a necessidade do amplo acesso a tecnologias pelos alunos, independentemente de sua situação econômica. Ou seja, Morán (2015) traz que um aluno não conectado, e sem o domínio digital, perde importantes oportunidades de se informar, de acessar materiais ricos disponíveis, de se comunicar, de se tornar visível para os demais, de publicar as suas ideias e de aumentar as suas possibilidades em meio à formação profissional no futuro.

5.1 No que a elaboração dessas cartas celestes auxiliou em meu desenvolvimento em educação e dos meus alunos?

O primeiro argumento que posso utilizar é que para chegar ao resultado desse Produto Educacional houve vários momentos de dúvidas, incertezas, que foram sendo transformadas em realizações, aprendizados através dessa experiência alcançada com muitas horas de pesquisas, aulas e formações em Astronomia aplicadas a contextualizações com a Física em sala de aula.

Esses momentos de aprendizado possibilitaram ao professor dar um ressignificado a palavra ensinar. Os estudantes passaram a serem protagonistas do seu próprio aprendizado, a partir do momento em que utilizamos essa metodologia ativa que impedisse a Física de ser uma disciplina meramente repleta de cálculos abstratos. Mas, uma ciência que retirou os estudantes de sua zona de conforto e os levou para fora das limitações de sala de aula e os fez refletir e encontrar soluções para os fenômenos que se depararam durante a realização das aulas desse curso de Astronomia, ou seja, algo que os fez refletir durante as aulas que tudo está contextualizado dentro dessas ciências naturais.

O estudante teve que aprender primeiramente a se localizar geograficamente para que pudesse utilizar as cartas celestes. E durante sua utilização aprendeu que com o passar do tempo o céu que ele observava tomava formas diferentes daquela observada anteriormente, ou seja, os astros e constelações parecem se movimentar em um sentido contrário ao movimento da Terra. Logo de começo ele entendeu que o tempo flui de forma constante e que o céu tomava formas diferentes devido ao movimento de rotação da Terra. Comparou o céu de com a carta e procurou reconhecer as constelações visíveis. Acompanhou a correspondência do céu e da carta verificando a cinemática do céu com relação ao chão local. Verificou que cerca de 2 horas depois do início das observações o céu estava mais parecido com a carta celeste seguinte àquela que ele estava usando. Posteriormente e pensando de forma generalizada ele compreendeu junto com seus colegas de turma que ao longo dos meses o céu toma formas (aparência) diferentes daquelas observadas naquele momento ao olhar em determinada região do horizonte, e isso foi compreendido como devido a translação da Terra que gira em Torno do Sol regido também pelas Leis de Kepler e Gravitação de Newton, ou seja, a cada cerca de 1 mês, o ocaso do Sol acontece em constelações diferentes. Ainda assim, explicando que esse fenômeno da translação da Terra só pôde ser explicado e comprovado no século XIX com a aberração das estrelas fixas.

Assim, tanto estudantes como professores socializaram que esse movimento aparente pode ser explicado através de Leis Físicas que são evidenciados por cálculos matemáticos e o que era meramente observacional tornou-se real para o aluno facilitando seu entendimento dos fenômenos celestes.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A escolha do objeto de estudo e da técnica de investigação utilizada nesta dissertação foi realizada durante as atividades do Mestrado, haja vista haver poucas referências bibliográficas que permitissem ao professor desenvolver o trabalho, e em decorrência da falta de formações continuadas em Astronomia que possibilitassem ao mesmo realizar um trabalho mais sólido e cientificamente correto. Essa ausência de formações continuadas para a capacitação de professores e disciplinas – que possam mostrar aos alunos que é possível trabalhar campos conceituais da Astronomia de forma interdisciplinar com as demais ciências – ainda representa um entrave muito forte no Maranhão, além do que os índices de estudantes aprovados e medalhistas em olimpíadas científicas são extremamente baixos nas escolas públicas e privadas. E foi exatamente após a constatação desses fatos, e para que os estudantes pudessem adquirir maior interesse pela Astronomia, que o discente resolveu desenvolver a primeira carta celeste de São Luís do Maranhão.

Nessa pesquisa foram constatadas dificuldades cognitivas dos estudantes quanto à assimilação de questões relacionadas à Astronomia básica, que podem ser explicadas através do ensino de Física. Porém, há necessidade de metodologias pedagógicas inovadoras que ressignifique o campo conceitual estudado, e possibilite a ele estabelecer relações entre os acontecimentos celestes e os terrestres.

A elaboração de cartas celestes exigiu um conhecimento de Astronomia que estava bem acima daqueles que se imaginaram de início. Alguns desses conhecimentos não eram possuídos, nem mesmo pelo professor, devido à falta de disciplinas voltadas à Astronomia no Ensino Superior, ou mesmo de formações continuadas em Astronomia para o desenvolvimento e aprimoramento das práticas docentes.

Desenvolver no aluno a capacidade de gerar esquemas conceituais, para que pudessem entender o que é uma esfera celeste, consiste no fato de capacitá-los a alcançarem os seguintes conhecimentos: associar o movimento da esfera celeste como resultado da rotação da Terra em torno de seu eixo de rotação no intervalo de um dia sideral, e não de um dia solar; noções de latitude astronômica e geográfica; noções de coordenadas altazimutais, a fim de representar o céu visível num local, em determinada data e hora específicas; familiarização dos sistemas de coordenadas horárias e equatoriais; noções de escalas de tempo, já que houve a necessidade de transformar horas universais em horas de fuso e em horas solares verdadeiras, a fim de obter hora sideral verdadeira, dados que são imprescindíveis para relacionar sistemas equatoriais e horários; conhecimentos

de trigonometria esférica para relacionar sistemas horários com altazimutais; conhecimento de aplicativos computacionais que permitissem o cálculo eficiente das transformações matemáticas necessárias; conhecimento de aplicativos computacionais que gerassem gráficos a partir de dados numéricos de uma planilha; além do conhecimento do movimento da esfera celeste, a fim de extrapolar 12 cartas celestes pontuais para que pudessem ser utilizadas ao longo do ano todo. Essas fases do aprendizado tornaram-se um desafio metodológico em meio a um cenário completamente adverso.

Esse cenário adverso causado pela Covid-19 impossibilitou a completa realização desse trabalho, quando não permitia aglomerações em ambientes de sala de aula ou mesmo fora dela para atividades escolares. E após o retorno das atividades escolares, teve-se, como consequência, o medo, a desconfiança e a evasão que se instaurou nas escolas estaduais do Brasil, e, especificamente, do Maranhão, o que resultou no baixo número de estudantes que participaram da eletiva organizada para ensinar os estudantes a trabalharem com observações celestes através do uso das cartas celestes intitulada “Descobrimos o Universo”.

Como o tema sempre despertou muito a curiosidade de todos, as observações com as cartas celestes e o uso do programa Stellarium em ambientes externos possibilitou debates sobre Astronomia e Física, promovendo um papel educacional e motivador, tanto para os estudantes quanto para seus orientadores, pois desencadeou por parte de todos os envolvidos inúmeras perguntas sobre o movimento das estrelas, posição das estrelas no espaço, sistemas de coordenadas envolvidos, além da ideia de tempo envolvido nos fenômenos celestes.

Constatou-se que a utilização desse instrumental pedagógico (carta celeste) melhorou a relação dos estudantes com as Ciências Exatas, a partir do momento em que ele contextualizou os conhecimentos teóricos obtidos em sala de aula com as observações de campo.

Propôs-se, nesta pesquisa, uma disciplina específica de Astronomia que possa trabalhar contextualizada com as demais ciências, com a utilização das cartas celestes em momentos formativos fora da sala de aula, para que os estudantes possam se familiarizar com outros tipos de coordenadas não vistos no Ensino Básico, além de mais visitas a planetários ou palestras nas escolas de professores que trabalhem temas voltados ao estudo da Astronomia e divulgação da ciência no Brasil e, em especial, no Maranhão.

Por fim, propõe-se, em estudos futuros, um desenvolvimento maior de estudos sobre as cartas celestes a partir de São Luís do Maranhão, principalmente levando em conta o brilho das estrelas, no desenvolvimento das cartas, que é de fundamental importância para o estudo da

Astronomia de Posição. Esse tema não foi evidenciado nesta pesquisa, devido à impossibilidade de trabalhos nas escolas, em decorrência da pandemia por um determinado período, e da falta de tempo após a liberação das atividades escolares. Porém, serve como importante campo conceitual a ser desenvolvido em novos trabalhos, onde, a partir desta pesquisa, outros trabalhos para a região maranhense poderão surgir no futuro.

REFERÊNCIAS

- LONGHINI, M. D. **Educação em Astronomia: experiências e contribuições para a prática pedagógica**. Campinas, SP: Editora Átomo, 2010.
- JUSTINIANO, A.; BOTELHO, R. Construção de uma carta celeste: Um recurso didático para o ensino de Astronomia nas aulas de Física. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São José dos Campos, SP, v. 38, n. 4, p. 1-11, 2016. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbef/a/PHdnwSFMdLRJHK4CbZhM59N/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 14 jun. 2021.
- LANGHI, R. **Aprendendo a ler o céu: pequeno guia prático para a astronomia observacional**. 2^a ed. São Paulo: Livraria da Física, 2016.
- LONGHINI, M. D. **Educação em Astronomia: experiências e contribuições para a prática pedagógica**. Campinas, SP: Editora Átomo, 2010.
- OLIVEIRA FILHO, K. de S.; SARAIVA, M. F. O. **Astronomia e Astrofísica**. 4 ed. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2017.
- MINAYO, M. C. de S.; DESLANDES, S. F. **Pesquisa Social: teoria, método e criatividade**. Petrópolis, Rio de Janeiro (RJ): Vozes, 2016.
- MORÁN, J. Mudando a educação com metodologias ativas. **Coleção mídias contemporâneas. Convergências midiáticas, educação e cidadania: aproximações jovens**, v. 2, n. 1, p. 15-33, 2015. Disponível em: http://www2.eca.usp.br/moran/wp-content/uploads/2013/12/mudando_moran.pdf. Acesso em: 29 set. 2021.
- PINTO NETO, A. **Notas de aula da disciplina Mecânica Teórica 1**. São Luís: EDUFMA, 2003.
- YAMAMOTO, K. **Física para o Ensino Médio, vol. 1**. São Paulo: Saraiva, 2016.

APÉNDICES

APÊNDICE A – Cálculos da Carta Celeste

CÁLCULO PARA JANEIRO

Data: 08/01/2021

Tempo: 19:00 h

$$\begin{aligned}
 M &= M + 12 & A_{no} &= A_{no} - 1 \\
 M &= 1 + 12 & A_{no} &= 2021 - 1 \\
 M &= 13 & A_{no} &= 2020
 \end{aligned}$$

Cálculo de A_1 e B

$$A_1 = INT(A_{no}/100) = INT(2020/100) = 20$$

$$A_1 = 20$$

$$B = 2 - A_1 + INT(A_1/4)$$

$$B = 2 - 20 + INT(20/4)$$

$$B = 2 - 20 + 5 = -13$$

$$B = -13$$

1. Cálculo do Dia Juliano (JD)

$$JD = B + INT(365,25 * A_{no} - T) + INT[30,6001 * (M + 1)] + Dia + Hora/24 + 1720994,5$$

$$JD = -13 + INT(365,25 * 2021 - 0) + INT[30,6001 * (1 + 1)] + 8 + 22/24 + 1720994,5$$

$$JD = -13 + 738170 + 61 + 8 + 22/24 + 1720994,5$$

$$JD = 2459221,41667$$

2. Cálculo do Dia Juliano Zero (JD0) Sempre para a data: 00/01/2021

$$JD0 = B + INT(365,25 * Ano - T) + INT[30,6001 * (M + 1)] + Dia + Hora/24 + 1720994,5$$

$$JD = -13 + INT(365,25 * 2020) + INT[30,6001 * (13 + 1)] + 22/24 + 1720994,5$$

$$JD = 2459215,41667$$

3. Cálculo do número de dias (ndias)

$$ndias = JD - JD0$$

$$ndias = 2459223,41667 - 2459215,41667$$

$$ndias = 6 \text{ dias}$$

4. Cálculo do Século Juliano (S)

$$S = \frac{JD - 2415020}{36525} = \frac{2459215,41667 - 2415020}{36525} = 1,21000456318$$

$$S = 1,21000456318$$

5. Cálculo do Tempo Solar (TS)

$$TS = \frac{6,6938 * 3600 + 8640184,812866 * S + 0,093104 * S^2 - (6,2 \cdot 10^{-6} * S^3)}{3600}$$

Substituindo os valores de S da equação anterior e colocando na equação do TS, obtém-se o seguinte resultado:

$$TS = \frac{24097 + (10454663,0503) + 0,1363145945 - 0,0000109838}{3600}$$

$$TS = 2910,76690739$$

6. Cálculo do Tempo Sidereal em Greenwich (GST)

$$GST = 0,0657098 * dias - [24 - TSS + 24 * (Ano - 1900)] + 1,00273790935 * Hora$$

$$GST = 0,0657098 * 6 - [24 - 2910,76690739 + 24 * (2021 - 1900)] + 1,00273790935 * 22$$

$$GST = 0,3942588 - 17,23309261 + 22,0602340057$$

$$GST = 5,2214001957$$

7. Cálculo do Tempo Sidereal Local (TSL)

$$TSL = GST + \frac{Longitude}{15}$$

$$TSL = GST + \frac{-44,30666666667}{15}$$

$$TSL = 5,2214001957 - \frac{44,30666666667}{15}$$

$$TSL = 2,26762241792$$

8. Cálculo para a estrela Beta Cruz

$$AH = TSL - \alpha$$

$$AH = 2,26762241792 - 12,79537$$

$$AH = 13,4722524179$$

$$AH_{graus} = 202,083786268$$

$$\sin(202,083786268) = -0,3759620562$$

Se $\sin(AH) > 0 \rightarrow A_z = 360 - \text{Valor do } A_z \text{ encontrado.}$

9. Cálculo da altura

$$h = \text{sen}^{-1}[\text{sen}(\delta) \cdot \text{sen}(\varphi) + \cos(\delta) \cdot \cos(\varphi) \cdot \cos(AH)]$$

$$h = \text{sen}^{-1}[\text{sen}(-59,68873) \cdot \text{sen}(-2,5308333334) + \cos(-59,68873) \cdot \cos(-2,5308333334) \cdot \cos(202,083786268)]$$

$$h = \text{sen}^{-1}[-0,4290927844]$$

$$h = -25,4099997323$$

10. Cálculo do Azimute

$$Az = \cos^{-1} \left[\frac{\text{sen}(\delta) - \text{sen}(\varphi) \cdot \text{sen}(h)}{\cos(\varphi) \cdot \cos(h)} \right]$$

$$Az = \cos^{-1} \left[\frac{\text{sen}(-59,68873) - \text{sen}(-2,5308333334) \cdot \text{sen}(-25,4099997323)}{\cos(-2,5308333334) \cdot \cos(-25,4099997323)} \right]$$

$$Az = \cos^{-1} \left[\frac{(-0,8822437492)}{(0,9023793807)} \right]$$

$$Az = 167,8734693637$$

CÁLCULO PARA FEVEREIRO

Data: 08/02/2021

Tempo: 19:00 h

$$\begin{array}{ll} M = M + 12 & A_{no} = A_{no} - 1 \\ M = 2 + 12 & A_{no} = 2021 - 1 \\ M = 14 & A_{no} = 2020 \end{array}$$

Cálculo de A_1 e B

$$A_1 = INT(A_{no}/100) = INT(2020/100) = 20$$

$$A_1 = 20$$

$$B = 2 - A_1 + INT(A_1/4)$$

$$B = 2 - 20 + INT(20/4)$$

$$B = 2 - 20 + 5 = -13$$

$$B = -13$$

1. Cálculo do Dia Juliano (JD)

$$JD = B + INT(365,25 * Ano - T) + INT[30,6001 * (M + 1)] + Dia + Hora/24 + 1720994,5$$

$$JD = -13 + INT(365,25 * 2021 - 0) + INT[30,6001 * (2 + 1)] + 8 + 22/24 + 1720994,5$$

$$JD = -13 + 738170 + 91 + 8 + 22/24 + 1720994,5$$

$$JD = 2459251,41667$$

2. Cálculo do Dia Juliano Zero (JD0) Sempre para a data: 00/01/2021

$$JD0 = B + INT(365,25 * Ano - T) + INT[30,6001 * (M + 1)] + Dia + Hora/24 + 1720994,5$$

$$JD0 = -13 + INT(365,25 * 2020) + INT[30,6001 * (13 + 1)] + 22/24 + 1720994,5$$

$$JD0 = 2459215,41667$$

3. Cálculo do número de dias (ndias)

$$ndias = JD - JD0$$

$$ndias = 2459251,41667 - 2459215,41667$$

$$ndias = 36 \text{ dias}$$

4. Cálculo do Século Juliano (S)

$$S = \frac{JD - 2415020}{36525} = \frac{2459215,41667 - 2415020}{36525} = 1,21000456318$$

$$S = 1,21000456318$$

5. Cálculo do Tempo Solar (TS)

$$TS = \frac{6,6938 * 3600 + 8640184,812866 * S + 0,093104 * S^2 - (6,2 * 10^{-6} * S^3)}{3600}$$

Substituindo os valores de S da equação anterior e colocando na equação do TS, obtém-se o seguinte resultado:

$$TS = \frac{24097,68 + (10454663,0503) + 0,1363145945 - 0,0000109838}{3600}$$

$$TS = 2910,76690739$$

6. Cálculo do Tempo Sidereal em Greenwich (GST)

$$GST = 0,0657098 * ndias - [24 - TS + 24 * (Ano - 1900)] + 1,00273790935 * Hora$$

$$GST = 0,0657098 * 36 - [24 - 2910,76690739 + 24 * (2021 - 1900)] + 1,00273790935 * 22$$

$$GST = 2,3655528 - 17,23309261 + 22,0602340057$$

$$GST = 7,1926941957$$

7. Cálculo do Tempo Sidereal Local (TSL)

$$TSL = GST + \frac{Longitude}{15}$$

$$TSL = GST + \frac{-44,3066666667}{15}$$

$$TSL = 7,1926941957 - \frac{44,3066666667}{15}$$

$$TSL = 4,23891641792$$

8. Cálculo para a estrela Beta Cruz

$$AH = TSL - \alpha$$

$$AH = 4,23891641792 - 12,79537$$

$$AH = -8,55645358208 \quad (y)$$

$$AH = y + 24$$

$$AH = 15,4435464179$$

$$AH_{graus} = 231,653196268$$

Se $\sin(AH) > 0 \rightarrow A_z = 360 - \text{Valor do } A_z \text{ encontrado.}$

9. Cálculo da altura

$$h = \text{sen}^{-1}[\text{sen}(\delta) \cdot \text{sen}(\varphi) + \cos(\delta) \cdot \cos(\varphi) \cdot \cos(AH)]$$

$$h = \text{sen}^{-1}[\text{sen}(-59,68873) \cdot \text{sen}(-2,5308333334) + \cos(-59,68873) \cdot \cos(-2,53308333334) \cdot \cos(231,653196268)]$$

$$h = \text{sen}^{-1}[-0,274698328]$$

$$h = -15,9440372936$$

10. Cálculo do Azimute

$$Az = \cos^{-1} \left[\frac{\text{sen}(\delta) - \text{sen}(\varphi) \cdot \text{sen}(h)}{\cos(\varphi) \cdot \cos(h)} \right]$$

$$Az = \cos^{-1} \left[\frac{\text{sen}(-59,68873) - \text{sen}(-2,5308333334) \cdot \text{sen}(-15,9440372936)}{\cos(-2,5308333334) \cdot \cos(-15,9440372936)} \right]$$

$$Az = \cos^{-1} \left[\frac{(-0,8754261514)}{(0,9605925881)} \right]$$

$$Az = 155,691148235$$

CÁLCULO PARA MARÇO

Data: 08/03/2021

Tempo: 19:00 h

$$M = M \qquad A_{no} = A_{no}$$

$$M = 03 \qquad A_{no} = 2021$$

Cálculo de A_1 e B

$$A_1 = INT(A_{no}/100) = INT(2020/100) = 20$$

$$A_1 = 20$$

$$B = 2 - A_1 + INT(A_1/4)$$

$$B = 2 - 20 + INT(20/4)$$

$$B = 2 - 20 + 5 = -13$$

$$B = -13$$

1. Cálculo do Dia Juliano (JD)

$$JD = B + INT(365,25 * Ano - T) + INT[30,6001 * (M + 1)] + Dia + Hora/24 + 1720994,5$$

$$JD = -13 + INT(365,25 * 2021 - 0) + INT[30,6001 * (3 + 1)] + 8 + 22/24 + 1720994,5$$

$$JD = -13 + 738170 + 122 + 8 + 22/24 + 1720994,5$$

$$JD = 2459282,4166667$$

2. Cálculo do Dia Juliano Zero (JD0) Sempre para a data: 00/01/2021

$$JD0 = B + INT(365,25 * Ano - T) + INT[30,6001 * (M + 1)] + Dia + Hora/24 + 1720994,5$$

$$JD0 = -13 + INT(365,25 * 2020) + INT[30,6001 * (13 + 1)] + 22/24 + 1720994,5$$

$$JD0 = 2459215,4166667$$

3. Cálculo do número de dias (ndias)

$$ndias = JD - JD0$$

$$ndias = 2459282,4166667 - 2459215,4166667$$

$$ndias = 67 \text{ dias}$$

4. Cálculo do Século Juliano (S)

$$S = \frac{JD - 2415020}{36525} = \frac{2459215,4166667 - 2415020}{36525} = 1,21000456318$$

$$S = 1,21000456318$$

5. Cálculo do Tempo Solar (TS)

$$TS = \frac{6,6938 * 3600 + 8640184,812866 * S + 0,093104 * S^2 - (6,2 \cdot 10^{-6} * S^3)}{3600}$$

Substituindo os valores de S da equação anterior e colocando na equação do TS, obtém-se o seguinte resultado:

$$TS = \frac{24097,68 + (10454663,0503) + 0,1363145945 - 0,0000109838}{3600}$$

$$TS = 2910,76690739$$

6. Cálculo do Tempo Sideral em Greenwich (GST)

$$GST = 0,0657098 * dias - [24 - TSS + 24 * (Ano - 1900)] + 1,00273790935 * Hora$$

$$GST = 0,0657098 * 67 - [24 - 2910,76690739 + 24 * (2021 - 1900)] + 1,00273790935 * 22$$

$$GST = 4,4025566 - 17,23309261 + 22,0602340057$$

$$GST = 9,2296977988$$

7. Cálculo do Tempo Sideral Local (TSL)

$$TSL = GST + \frac{Longitude}{15}$$

$$TSL = GST + \frac{-44,30666666667}{15}$$

$$TSL = 9,2296977988 - \frac{44,30666666667}{15}$$

$$TSL = 6,275920021$$

8. Cálculo para a estrela Beta Cruz

$$AH = TSL - \alpha$$

$$AH = 6,275920021 - 12,79537$$

$$AH = -6,519449979 \quad (y)$$

$$AH = -6,519449979 + 24$$

$$AH = 17,48055021$$

$$AH_{\text{graus}} = 262,208250315$$

Se $\sin(AH) > 0 \rightarrow A_z = 360 - \text{Valor do } A_z \text{ encontrado.}$

9. Cálculo da altura

$$h = \text{sen}^{-1}[\text{sen}(\delta) \cdot \text{sen}(\varphi) + \cos(\delta) \cdot \cos(\varphi) \cdot \cos(AH)]$$

$$h = \text{sen}^{-1}[\text{sen}(-59,68873) \cdot \text{sen}(-2,5308333334) + \cos(-59,68873) \cdot \cos(-2,5308333334) \cdot \cos(262,208250315)]$$

$$h = \text{sen}^{-1}[-0,0302359754]$$

$$h = -1,7326578517$$

10. Cálculo do Azimute

$$Az = \cos^{-1} \left[\frac{\text{sen}(\delta) - \text{sen}(\varphi) \cdot \text{sen}(h)}{\cos(\varphi) \cdot \cos(h)} \right]$$

$$Az = \cos^{-1} \left[\frac{\text{sen}(-59,68873) - \text{sen}(-2,5308333334) \cdot \text{sen}(-1,7326578517)}{\cos(-2,5308333334) \cdot \cos(-1,7326578517)} \right]$$

$$Az = \cos^{-1} \left[\frac{(-0,8646311601)}{(0,9985678378)} \right]$$

$$Az = 149,9823$$

CÁLCULO PARA ABRIL

Data: 08/04/2021

Tempo: 19:00 h

$$M = M$$

$$A_{no} = A_{no}$$

$$M = 04$$

$$A_{no} = 2021$$

Cálculo de A_1 e B

$$A_1 = INT(A_{no}/100) = INT(2020/100) = 20$$

$$A_1 = 20$$

$$B = 2 - A_1 + INT(A_1/4)$$

$$B = 2 - 20 + INT(20/4)$$

$$B = 2 - 20 + 5 = -13$$

$$B = -13$$

1. Cálculo do Dia Juliano (JD)

$$JD = B + INT(365,25 * A_{no} - T) + INT[30,6001 * (M + 1)] + Dia + Hora/24 + 1720994,5$$

$$JD = -13 + INT(365,25 * 2021 - 0) + INT[30,6001 * (4 + 1)] + 8 + 22/24 + 1720994,5$$

$$JD = -13 + 738170 + 153 + 8 + 22/24 + 1720994,5$$

$$JD = 2459313,4166667$$

2. Cálculo do Dia Juliano Zero (JD0) Sempre para a data: 00/01/2021

$$JD0 = B + INT(365,25 * Ano - T) + INT[30,6001 * (M + 1)] + Dia + Hora/24 + 1720994,5$$

$$JD0 = -13 + INT(365,25 * 2020) + INT[30,6001 * (13 + 1)] + 22/24 + 1720994,5$$

$$JD0 = 2459215,4166667$$

3. Cálculo do número de dias (ndias)

$$ndias = JD - JD0$$

$$ndias = 2459313,4166667 - 2459215,4166667$$

$$ndias = 98 \text{ dias}$$

4. Cálculo do Século Juliano (S)

$$S = \frac{JD - 2415020}{36525} = \frac{2459215,4166667 - 2415020}{36525} = 1,21000456318$$

$$S = 1,21000456318$$

5. Cálculo do Tempo Solar (TS)

$$TS = \frac{6,6938 * 3600 + 8640184,812866 * S + 0,093104 * S^2 - (6,2 \cdot 10^{-6} * S^3)}{3600}$$

Substituindo os valores de S da equação anterior e colocando na equação do TS, obtém-se o seguinte resultado:

$$TS = \frac{24097,68 + (10454663,049595) + 0,1363145945 - 0,0000109838}{3600}$$

$$TS = 2910,7669071942$$

6. Cálculo do Tempo Sidereal em Greenwich (GST)

$$GST = 0,0657098 * dias - [24 - TSS + 24 * (Ano - 1900)] + 1,00273790935 * Hora$$

$$GST = 0,0657098 * 98 - [24 - 2910,766907142 + 24 * (2021 - 1900)] + 1,00273790935 * 22$$

$$GST = 6,4395604 - [24 - 2910,766907142 + 2904] + 22,0602340046$$

$$GST = 11,2667015466$$

11. Cálculo do Tempo Sidereal Local (TSL)

$$TSL = GST + \frac{Longitude}{15}$$

$$TSL = GST + \frac{-44,30666666667}{15}$$

$$TSL = 11,2667015466 - \frac{44,30666666667}{15}$$

$$TSL = 8,3129237688$$

12. Cálculo para a estrela Beta Cruz

$$AH = TSL - \alpha$$

$$AH = 8,3129237688 - 12,79537$$

$$AH = -4,4824462312 \quad (y)$$

$$AH = -4,4824462312 + 24$$

$$AH = 19,5175537688$$

$$AH_{\text{graus}} = 292,763306532$$

Se $\sin(AH) > 0 \rightarrow A_z = 360 - \text{Valor do } A_z \text{ encontrado.}$

13. Cálculo da altura

$$h = \text{sen}^{-1}[\text{sen}(\delta) \cdot \text{sen}(\varphi) + \cos(\delta) \cdot \cos(\varphi) \cdot \cos(AH)]$$

$$h = \text{sen}^{-1}[\text{sen}(-59,68873) \cdot \text{sen}(-2,5308333334) + \cos(-59,68873) \cdot \cos(-2,5308333334) \cdot \cos(292,763306532)]$$

$$h = \text{sen}^{-1}[0,2332102307]$$

$$h = 13,4861454512$$

14. Cálculo do Azimute

$$Az = \cos^{-1} \left[\frac{\text{sen}(\delta) - \text{sen}(\varphi) \cdot \text{sen}(h)}{\cos(\varphi) \cdot \cos(h)} \right]$$

$$Az = \cos^{-1} \left[\frac{\text{sen}(-59,68873) - \text{sen}(-2,5308333334) \cdot \text{sen}(13,486145412)}{\cos(-2,5308333334) \cdot \cos(13,486145412)} \right]$$

$$Az = \cos^{-1} \left[\frac{(-0,852998727)}{(0,9714778395)} \right]$$

$$Az = 151,4070756963$$

CÁLCULO PARA MAIO

Data: 08/05/2021

Tempo: 19:00 h

$$M = M$$

$$A_{no} = A_{no}$$

$$M = 05$$

$$A_{no} = 2021$$

Cálculo de A_1 e B

$$A_1 = INT(A_{no}/100) = INT(2020/100) = 20$$

$$A_1 = 20$$

$$B = 2 - A_1 + INT(A_1/4)$$

$$B = 2 - 20 + INT(20/4)$$

$$B = 2 - 20 + 5 = -13$$

$$B = -13$$

1. Cálculo do Dia Juliano (JD)

$$JD = B + INT(365,25 * Ano - T) + INT[30,6001 * (M + 1)] + Dia + Hora/24 + 1720994,5$$

$$JD = -13 + INT(365,25 * 2021 - 0) + INT[30,6001 * (5 + 1)] + 8 + 22/24 + 1720994,5$$

$$JD = -13 + 738170 + 183 + 8 + 22/24 + 1720994,5$$

$$JD = 2459343,4166667$$

2. Cálculo do Dia Juliano Zero (JD0) Sempre para a data: 00/01/2021

$$JD0 = B + INT(365,25 * Ano - T) + INT[30,6001 * (M + 1)] + Dia + Hora/24 + 1720994,5$$

$$JD0 = -13 + INT(365,25 * 2020) + INT[30,6001 * (13 + 1)] + 22/24 + 1720994,5$$

$$JD0 = 2459215,4166667$$

3. Cálculo do número de dias (ndias)

$$ndias = JD - JD0$$

$$ndias = 2459343,4166667 - 2459215,4166667$$

$n_{dias} = 128 \text{ dias}$

4. Cálculo do Século Juliano (S)

$$S = \frac{JD - 2415020}{36525} = \frac{2459215,4166667 - 2415020}{36525} = 1,21000456318$$

$$S = 1,21000456318$$

5. Cálculo do Tempo Solar (TS)

$$TS = \frac{6,6938 * 3600 + 8640184,812866 * S + 0,093104 * S^2 - (6,2 * 10^{-6} * S^3)}{3600}$$

Substituindo os valores de S da equação anterior e colocando na equação do TS, obtém-se o seguinte resultado:

$$TS = \frac{24097,68 + (10454663,049595) + 0,1363145945 - 0,0000109838}{3600}$$

$$TS = 2910,7669071942$$

6. Cálculo do Tempo Sidereal em Greenwich (GST)

$$GST = 0,0657098 * dias - [24 - TS + 24 * (Ano - 1900)] + 1,00273790935 * Hora$$

$$GST = 0,0657098 * 128 - [24 - 2910,7669071942 + 24 * (2021 - 1900)] + 1,00273790935 * 22$$

$$GST = 8,4108544 - [24 - 2910,7669071942 + 2904] + 22,0602340046$$

$$GST = 13,2379955988$$

7. Cálculo do Tempo Sidereal Local (TSL)

$$TSL = GST + \frac{Longitude}{15}$$

$$TSL = GST + \frac{-44,3066666667}{15}$$

$$TSL = 13,2379955988 - \frac{44,3066666667}{15}$$

$$TSL = 10,284217821$$

8. Cálculo para a estrela Beta Cruz

$$AH = TSL - \alpha$$

$$AH = 10,284217821 - 12,79537$$

$$AH = -2,511152179 \quad (y)$$

$$AH = -2,511152179 + 24$$

$$AH = 21,488847821$$

$$AH_{graus} = 322,332717315$$

Se $\sin(AH) > 0 \rightarrow A_z = 360 - \text{Valor do } A_z \text{ encontrado.}$

9. Cálculo da altura

$$h = \text{sen}^{-1}[\text{sen}(\delta) \cdot \text{sen}(\varphi) + \cos(\delta) \cdot \cos(\varphi) \cdot \cos(AH)]$$

$$h = \text{sen}^{-1}[\text{sen}(-59,68873) \cdot \text{sen}(-2,5308333334) + \cos(-59,68873) \cdot \cos(-2,53308333334) \cdot \cos(322,332717315)]$$

$$h = \text{sen}^{-1}[0,4372355769]$$

$$h = 25,9276326482$$

10. Cálculo do Azimute

$$Az = \cos^{-1} \left[\frac{\text{sen}(\delta) - \text{sen}(\varphi) \cdot \text{sen}(h)}{\cos(\varphi) \cdot \cos(h)} \right]$$

$$Az = \cos^{-1} \left[\frac{\text{sen}(-59,68873) - \text{sen}(-2,5308333334) \cdot \text{sen}(25,9276322482)}{\cos(-2,5308333334) \cdot \cos(25,9276326482)} \right]$$

$$Az = \cos^{-1} \left[\frac{(-0,8439892774)}{(0,8984697933)} \right]$$

$$Az = 159,9448537177$$

CÁLCULO PARA JUNHO

Data: 08/06/2021

Tempo: 19:00 h

$$M = M \qquad A_{no} = A_{no}$$

$$M = 06 \qquad A_{no} = 2021$$

Cálculo de A_1 e B

$$A_1 = INT(A_{no}/100) = INT(2020/100) = 20$$

$$A_1 = 20$$

$$B = 2 - A_1 + INT(A_1/4)$$

$$B = 2 - 20 + INT(20/4)$$

$$B = 2 - 20 + 5 = -13$$

$$B = -13$$

1. Cálculo do Dia Juliano (JD)

$$JD = B + INT(365,25 * Ano - T) + INT[30,6001 * (M + 1)] + Dia + Hora/24 + 1720994,5$$

$$JD = -13 + INT(365,25 * 2021 - 0) + INT[30,6001 * (6 + 1)] + 8 + 22/24 + 1720994,5$$

$$JD = -13 + 738170 + 214 + 8 + 22/24 + 1720994,5$$

$$JD = 2459374,4166667$$

2. Cálculo do Dia Juliano Zero (JD0) Sempre para a data: 00/01/2021

$$JD0 = B + INT(365,25 * Ano - T) + INT[30,6001 * (M + 1)] + Dia + Hora/24 + 1720994,5$$

$$JD0 = -13 + INT(365,25 * 2020) + INT[30,6001 * (13 + 1)] + 22/24 + 1720994,5$$

$$JD0 = 2459215,4166667$$

3. Cálculo do número de dias (ndias)

$$ndias = JD - JD0$$

$$ndias = 2459343,4166667 - 2459215,4166667$$

$$ndias = 159 \text{ dias}$$

4. Cálculo do Século Juliano (S)

$$S = \frac{JD - 2415020}{36525} = \frac{2459215,4166667 - 2415020}{36525} = 1,21000456318$$

$$S = 1,21000456318$$

5. Cálculo do Tempo Solar (TS)

$$TS = \frac{6,6938 * 3600 + 8640184,812866 * S + 0,093104 * S^2 - (6,2 \cdot 10^{-6} * S^3)}{3600}$$

Substituindo os valores de S da equação anterior e colocando na equação do TS, obtém-se o seguinte resultado:

$$TS = \frac{24097,68 + (10454663,049595) + 0,1363145945 - 0,0000109838}{3600}$$

$$TS = 2910,7669071942$$

6. Cálculo do Tempo Sideral em Greenwich (GST)

$$GST = 0,0657098 * dias - [24 - TSS + 24 * (Ano - 1900)] + 1,00273790935 * Hora$$

$$GST = 0,0657098 * 159 - [24 - 2910,7669071942 + 24 * (2021 - 1900)] + 1,00273790935 * 22$$

$$GST = 10,4478582 - [17,2330928058] + 22,060233877$$

$$GST = 15,2749992712$$

7. Cálculo do Tempo Sideral Local (TSL)

$$TSL = GST + \frac{Longitude}{15}$$

$$TSL = GST + \frac{-44,30666666667}{15}$$

$$TSL = 15,2749992712 - \frac{44,30666666667}{15}$$

$$TSL = 12,3212214934$$

8. Cálculo para a estrela Beta Cruz

$$AH = TSL - \alpha$$

$$AH = 12,3212214934 - 12,79537$$

$$AH = -0,4741485066 \quad (y)$$

$$AH = -0,4741485066 + 24$$

$$AH = 23,5258514934$$

$$AH_{\text{graus}} = 352,887772401$$

Se $\sin(AH) > 0 \rightarrow A_z = 360 - \text{Valor do } A_z \text{ encontrado.}$

9. Cálculo da altura

$$h = \text{sen}^{-1}[\text{sen}(\delta) \cdot \text{sen}(\varphi) + \cos(\delta) \cdot \cos(\varphi) \cdot \cos(AH)]$$

$$h = \text{sen}^{-1}[\text{sen}(-59,68873) \cdot \text{sen}(-2,5308333334) + \cos(-59,68873) \cdot \cos(-2,5308333334) \cdot \cos(352,887772401)]$$

$$h = \text{sen}^{-1}[0,5384461596]$$

$$h = 32,5779247171$$

10. Cálculo do Azimute

$$Az = \cos^{-1} \left[\frac{\text{sen}(\delta) - \text{sen}(\varphi) \cdot \text{sen}(h)}{\cos(\varphi) \cdot \cos(h)} \right]$$

$$Az = \cos^{-1} \left[\frac{\text{sen}(-59,68873) - \text{sen}(-2,5308333334) \cdot \text{sen}(32,5779247171)}{\cos(-2,5308333334) \cdot \cos(32,5779247171)} \right]$$

$$Az = \cos^{-1} \left[\frac{(-0,8395201205)}{(0,8418379879)} \right]$$

Az = 175,7472744164

CÁLCULO PARA JULHO

Data: 08/07/2021

Tempo: 19:00 h

$M = M$

$A_{no} = A_{no}$

$M = 07$

$A_{no} = 2021$

Cálculo de A_1 e B

$A_1 = INT(A_{no}/100) = INT(2020/100) = 20$

$A_1 = 20$

$B = 2 - A_1 + INT(A_1/4)$

$B = 2 - 20 + INT(20/4)$

$B = 2 - 20 + 5 = -13$

$B = -13$

1. Cálculo do Dia Juliano (JD)

$JD = B + INT(365,25 * A_{no} - T) + INT[30,6001 * (M + 1)] + Dia + Hora/24 + 1720994,5$

$JD = -13 + INT(365,25 * 2021 - 0) + INT[30,6001 * (7 + 1)] + 8 + 22/24 + 1720994,5$

$$JD = -13 + 738170 + 244 + 8 + 22/24 + 1720994,5$$

$$JD = 2459404,4166667$$

2. Cálculo do Dia Juliano Zero (JD0) Sempre para a data: 00/01/2021

$$JD0 = B + INT(365,25 * Ano - T) + INT[30,6001 * (M + 1)] + Dia + Hora/24 + 1720994,5$$

$$JD0 = -13 + INT(365,25 * 2020) + INT[30,6001 * (13 + 1)] + 22/24 + 1720994,5$$

$$JD0 = 2459215,4166667$$

3. Cálculo do número de dias (ndias)

$$ndias = JD - JD0$$

$$ndias = 2459404,4166667 - 2459215,4166667$$

$$ndias = 189 \text{ dias}$$

4. Cálculo do Século Juliano (S)

$$S = \frac{JD - 2415020}{36525} = \frac{2459215,4166667 - 2415020}{36525} = 1,21000456318$$

$$S = 1,21000456318$$

5. Cálculo do Tempo Solar (TS)

$$TS = \frac{6,6938 * 3600 + 8640184,812866 * S + 0,093104 * S^2 - (6,2 \cdot 10^{-6} * S^3)}{3600}$$

Substituindo os valores de S da equação anterior e colocando na equação do TS, obtém-se o seguinte resultado:

$$TS = \frac{24097,68 + (10454663,049595) + 0,1363145945 - 0,0000109838}{3600}$$

$$TS = 2910,7669071942$$

6. Cálculo do Tempo Sidereal em Greenwich (GST)

$$GST = 0,0657098 * dias - [24 - TSS + 24 * (Ano - 1900)] + 1,00273790935 * Hora$$

$$GST = 0,0657098 * 189 - [24 - 2910,7669071942 + 24 * (2021 - 1900)] + 1,00273790935 * 22$$

$$GST = 12,4191522 - [17,2330928058] + 22,060233877$$

$$GST = 17,2462932712$$

7. Cálculo do Tempo Sidereal Local (TSL)

$$TSL = GST + \frac{Longitude}{15}$$

$$TSL = GST + \frac{-44,30666666667}{15}$$

$$TSL = 17,2462932712 - \frac{44,30666666667}{15}$$

$$TSL = 14,2925154934$$

8. Cálculo para a estrela Beta Cruz

$$AH = TSL - \alpha$$

$$AH = 14,2925154934 - 12,79537$$

$$AH = 1,4971454934 \quad (y)$$

$$AH_{\text{graus}} = 22,457182401$$

Se $\sin(AH) > 0 \rightarrow A_z = 360 - \text{Valor do } A_z \text{ encontrado.}$

9. Cálculo da altura

$$h = \text{sen}^{-1}[\text{sen}(\delta) \cdot \text{sen}(\varphi) + \cos(\delta) \cdot \cos(\varphi) \cdot \cos(AH)]$$

$$h = \text{sen}^{-1}[\text{sen}(-59,68873) \cdot \text{sen}(-2,5308333334) + \cos(-59,68873) \cdot \cos(-2,53308333334) \cdot \cos(22,457182401)]$$

$$h = \text{sen}^{-1}[0,5040894785]$$

$$h = 30,2709285537$$

10. Cálculo do Azimute

$$Az = \cos^{-1} \left[\frac{\text{sen}(\delta) - \text{sen}(\varphi) \cdot \text{sen}(h)}{\cos(\varphi) \cdot \cos(h)} \right]$$

$$Az = \cos^{-1} \left[\frac{\text{sen}(-59,68873) - \text{sen}(-2,5308333334) \cdot \text{sen}(30,2709285537)}{\cos(-2,5308333334) \cdot \cos(30,2709285537)} \right]$$

$$Az = \cos^{-1} \left[\frac{(-0,8410372088)}{(0,8628090303)} \right]$$

$$Az = 167,1013231452$$

CÁLCULO PARA AGOSTO

Data: 08/08/2021

Tempo: 19:00 h

$$\begin{array}{l} M = M \\ M = 08 \end{array} \quad \begin{array}{l} A_{no} = A_{no} \\ A_{no} = 2021 \end{array}$$

Cálculo de A_1 e B

$$A_1 = INT(A_{no}/100) = INT(2020/100) = 20$$

$$A_1 = 20$$

$$B = 2 - A_1 + INT(A_1/4)$$

$$B = 2 - 20 + INT(20/4)$$

$$B = 2 - 20 + 5 = -13$$

$$B = -13$$

1. Cálculo do Dia Juliano (JD)

$$JD = B + INT(365,25 * Ano - T) + INT[30,6001 * (M + 1)] + Dia + Hora/24 + 1720994,5$$

$$JD = -13 + INT(365,25 * 2021 - 0) + INT[30,6001 * (8 + 1)] + 8 + 22/24 + 1720994,5$$

$$JD = -13 + 738170 + 275 + 8 + 22/24 + 1720994,5$$

$$JD = 2459435,4166667$$

2. Cálculo do Dia Juliano Zero (JD0) Sempre para a data: 00/01/2021

$$JD0 = B + INT(365,25 * Ano - T) + INT[30,6001 * (M + 1)] + Dia + Hora/24 + 1720994,5$$

$$JD0 = -13 + INT(365,25 * 2020) + INT[30,6001 * (13 + 1)] + 22/24 + 1720994,5$$

$$JD0 = 2459215,4166667$$

3. Cálculo do número de dias (ndias)

$$ndias = JD - JD0$$

$$ndias = 2459435,4166667 - 2459215,4166667$$

$$ndias = 220 \text{ dias}$$

4. Cálculo do Século Juliano (S)

$$S = \frac{JD - 2415020}{36525} = \frac{2459215,4166667 - 2415020}{36525} = 1,21000456318$$

$$S = 1,21000456318$$

5. Cálculo do Tempo Solar (TS)

$$TS = \frac{6,6938 * 3600 + 8640184,812866 * S + 0,093104 * S^2 - (6,2 * 10^{-6} * S^3)}{3600}$$

Substituindo os valores de S da equação anterior e colocando na equação do TS, obtém-se o seguinte resultado:

$$TS = \frac{24097,68 + (10454663,049595) + 0,1363145945 - 0,0000109838}{3600}$$

$$TS = 2910,7669071942$$

6. Cálculo do Tempo Sideral em Greenwich (GST)

$$GST = 0,0657098 * dias - [24 - TSS + 24 * (Ano - 1900)] + 1,00273790935 * Hora$$

$$GST = 0,0657098 * 220 - [24 - 2910,7669071942 + 24 * (2021 - 1900)] + 1,00273790935 * 22$$

$$GST = 14,456156 - [17,2330928058] + 22,060233877$$

$$GST = 19,2832970712$$

7. Cálculo do Tempo Sideral Local (TSL)

$$TSL = GST + \frac{Longitude}{15}$$

$$TSL = GST + \frac{-44,30666666667}{15}$$

$$TSL = 19,2832970712 - \frac{44,30666666667}{15}$$

$$TSL = 16,3295192934$$

8. Cálculo para a estrela Beta Cruz

$$AH = TSL - \alpha$$

$$AH = 16,3295192934 - 12,79537$$

$$AH = 3,5341492934 \quad (y)$$

$$AH = 3,5341492934 + 24$$

$$AH_{\text{graus}} = 53,012239401$$

Se $\sin(AH) > 0 \rightarrow A_z = 360 - \text{Valor do } A_z \text{ encontrado.}$

9. Cálculo da altura

$$h = \text{sen}^{-1}[\text{sen}(\delta) \cdot \text{sen}(\varphi) + \cos(\delta) \cdot \cos(\varphi) \cdot \cos(AH)]$$

$$h = \text{sen}^{-1}[\text{sen}(-59,68873) \cdot \text{sen}(-2,5308333334) + \cos(-59,68873) \cdot \cos(-2,53308333334) \cdot \cos(53,012239401)]$$

$$h = \text{sen}^{-1}[0,3414728007]$$

$$h = 19,9666304705$$

10. Cálculo do Azimute

$$Az = \cos^{-1} \left[\frac{\text{sen}(\delta) - \text{sen}(\varphi) \cdot \text{sen}(h)}{\cos(\varphi) \cdot \cos(h)} \right]$$

$$Az = \cos^{-1} \left[\frac{\text{sen}(-59,68873) - \text{sen}(-2,5308333334) \cdot \text{sen}(19,9666304705)}{\cos(-2,5308333334) \cdot \cos(19,9666304705)} \right]$$

$$Az = \cos^{-1} \left[\frac{(-0,8482178754)}{(0,9389748896)} \right]$$

$$Az = 154,6012403071$$

CÁLCULO PARA SETEMBRO

Data: 08/09/2021

Tempo: 19:00 h

$$M = M$$

$$A_{no} = A_{no}$$

$$M = 06$$

$$A_{no} = 2021$$

Cálculo de A_1 e B

$$A_1 = INT(A_{no}/100) = INT(2020/100) = 20$$

$$A_1 = 20$$

$$B = 2 - A_1 + INT(A_1/4)$$

$$B = 2 - 20 + INT(20/4)$$

$$B = 2 - 20 + 5 = -13$$

$$B = -13$$

1. Cálculo do Dia Juliano (JD)

$$JD = B + INT(365,25 * A_{no} - T) + INT[30,6001 * (M + 1)] + Dia + Hora/24 + 1720994,5$$

$$JD = -13 + INT(365,25 * 2021 - 0) + INT[30,6001 * (9 + 1)] + 8 + 22/24 + 1720994,5$$

$$JD = -13 + 738170 + 306 + 8 + 22/24 + 1720994,5$$

$$JD = 2459466,4166667$$

2. Cálculo do Dia Juliano Zero (JD0) Sempre para a data: 00/01/2021

$$JD0 = B + INT(365,25 * Ano - T) + INT[30,6001 * (M + 1)] + Dia + Hora/24 + 1720994,5$$

$$JD0 = -13 + INT(365,25 * 2020) + INT[30,6001 * (13 + 1)] + 22/24 + 1720994,5$$

$$JD0 = 2459215,4166667$$

3. Cálculo do número de dias (ndias)

$$ndias = JD - JD0$$

$$ndias = 2459466,4166667 - 2459215,4166667$$

$$ndias = 251 \text{ dias}$$

4. Cálculo do Século Juliano (S)

$$S = \frac{JD - 2415020}{36525} = \frac{2459215,4166667 - 2415020}{36525} = 1,21000456318$$

$$S = 1,21000456318$$

5. Cálculo do Tempo Solar (TS)

$$TS = \frac{6,6938 * 3600 + 8640184,812866 * S + 0,093104 * S^2 - (6,2 \cdot 10^{-6} * S^3)}{3600}$$

Substituindo os valores de S da equação anterior e colocando na equação do TS, obtém-se o seguinte resultado:

$$TS = \frac{24097,68 + (10454663,049595) + 0,1363145945 - 0,0000109838}{3600}$$

$$TS = 2910,7669071942$$

6. Cálculo do Tempo Sideral em Greenwich (GST)

$$GST = 0,0657098 * dias - [24 - TSS + 24 * (Ano - 1900)] + 1,00273790935 * Hora$$

$$GST = 0,0657098 * 251 - [24 - 2910,7669071942 + 24 * (2021 - 1900)] + 1,00273790935 * 22$$

$$GST = 16,4931598 - [17,2330928058] + 22,060233877$$

$$GST = 21,3203008712$$

7. Cálculo do Tempo Sideral Local (TSL)

$$TSL = GST + \frac{\textit{Longitude}}{15}$$

$$TSL = GST + \frac{-44,30666666667}{15}$$

$$TSL = 21,3203008712 - \frac{44,30666666667}{15}$$

$$TSL = 18,3665230934$$

8. Cálculo para a estrela Beta Cruz

$$AH = TSL - \alpha$$

$$AH = 18,3665230934 - 12,79537$$

$$AH = 5,5711530934 \quad (y)$$

$$AH_{\textit{graus}} = 83,567296401$$

Se $\sin(AH) > 0 \rightarrow A_z = 360 - \textit{Valor do } A_z \textit{ encontrado.}$

9. Cálculo da altura

$$h = \textit{sen}^{-1}[\textit{sen}(\delta) \cdot \textit{sen}(\varphi) + \cos(\delta) \cdot \cos(\varphi) \cdot \cos(AH)]$$

$$h = \textit{sen}^{-1}[\textit{sen}(-59,68873) \cdot \textit{sen}(-2,5308333334) + \cos(-59,68873) \cdot \cos(-2,53308333334) \cdot \cos(83,567296401)]$$

$$h = \textit{sen}^{-1}[0,0946097862]$$

$$h = 5,4288610513$$

10. Cálculo do Azimute

$$Az = \cos^{-1} \left[\frac{\text{sen}(\delta) - \text{sen}(\varphi) \cdot \text{sen}(h)}{\cos(\varphi) \cdot \cos(h)} \right]$$

$$Az = \cos^{-1} \left[\frac{\text{sen}(-59,68873) - \text{sen}(-2,5308333334) \cdot \text{sen}(5,4288610513)}{\cos(-2,5308333334) \cdot \cos(5,4288610513)} \right]$$

$$Az = \cos^{-1} \left[\frac{(-0,8591186085)}{(0,9945434126)} \right]$$

$$Az = 149,7496223054$$

$$Az = 360 - 149,7496223054$$

$$Az = 210,2503776946$$

CÁLCULO PARA OUTUBRO

Data: 08/10/2021

Tempo: 19:00 h

$$M = M$$

$$A_{no} = A_{no}$$

$$M = 06$$

$$A_{no} = 2021$$

Cálculo de A_1 e B

$$A_1 = INT(Ano/100) = INT(2020/100) = 20$$

$$A_1 = 20$$

$$B = 2 - A_1 + INT(A_1/4)$$

$$B = 2 - 20 + INT(20/4)$$

$$B = 2 - 20 + 5 = -13$$

$$B = -13$$

1. Cálculo do Dia Juliano (JD)

$$JD = B + INT(365,25 * Ano - T) + INT[30,6001 * (M + 1)] + Dia + Hora/24 + 1720994,5$$

$$JD = -13 + INT(365,25 * 2021 - 0) + INT[30,6001 * (10 + 1)] + 8 + 22/24 + 1720994,5$$

$$JD = -13 + 738170 + 336 + 8 + 22/24 + 1720994,5$$

$$JD = 2459496,4166667$$

2. Cálculo do Dia Juliano Zero (JD0) Sempre para a data: 00/01/2021

$$JD0 = B + INT(365,25 * Ano - T) + INT[30,6001 * (M + 1)] + Dia + Hora/24 + 1720994,5$$

$$JD0 = -13 + INT(365,25 * 2020) + INT[30,6001 * (13 + 1)] + 22/24 + 1720994,5$$

$$JD0 = 2459215,4166667$$

3. Cálculo do número de dias (ndias)

$$ndias = JD - JD0$$

$$ndias = 2459466,4166667 - 2459215,4166667$$

$$ndias = 281 \text{ dias}$$

4. Cálculo do Século Juliano (S)

$$S = \frac{JD0 - 2415020}{36525} = \frac{2459215,4166667 - 2415020}{36525} = 1,21000456318$$

$$S = 1,21000456318$$

5. Cálculo do Tempo Solar (TS)

$$TS = \frac{6,6938 * 3600 + 8640184,812866 * S + 0,093104 * S^2 - (6,2 * 10^{-6} * S^3)}{3600}$$

Substituindo os valores de S da equação anterior e colocando na equação do TS, obtém-se o seguinte resultado:

$$TS = \frac{24097,68 + (10454663,049595) + 0,1363145945 - 0,0000109838}{3600}$$

$$TS = 2910,7669071942$$

6. Cálculo do Tempo Sideral em Greenwich (GST)

$$GST = 0,0657098 * dias - [24 - TSS + 24 * (Ano - 1900)] + 1,00273790935 * Hora$$

$$GST = 0,0657098 * 281 - [24 - 2910,7669071942 + 24 * (2021 - 1900)] + 1,00273790935 * 22$$

$$GST = 18,4644538 - [24 - 2910,7669071942 + 2904] + 22,060233877$$

$$GST = 23,2915948712$$

7. Cálculo do Tempo Sideral Local (TSL)

$$TSL = GST + \frac{Longitude}{15}$$

$$TSL = GST + \frac{-44,30666666667}{15}$$

$$TSL = 23,29159487712 - \frac{44,30666666667}{15}$$

$$TSL = 20,3378170934$$

8. Cálculo para a estrela Beta Cruz

$$AH = TSL - \alpha$$

$$AH = 20,3378170934 - 12,79537$$

$$AH = 7,5424470934 \quad (y)$$

$$AH_{graus} = 113,136706401$$

Se $\sin(AH) > 0 \rightarrow A_z = 360 - \text{Valor do } A_z \text{ encontrado}$.

9. Cálculo da altura

$$h = \text{sen}^{-1}[\text{sen}(\delta) \cdot \text{sen}(\varphi) + \cos(\delta) \cdot \cos(\varphi) \cdot \cos(AH)]$$

$$h = \text{sen}^{-1}[\text{sen}(-59,68873) \cdot \text{sen}(-2,5308333334) + \cos(-59,68873) \cdot \cos(-2,53308333334) \cdot \cos(113,136706401)]$$

$$h = \text{sen}^{-1}[-0,159994893]$$

$$h = -9,206599793$$

10. Cálculo do Azimute

$$Az = \cos^{-1} \left[\frac{\text{sen}(\delta) - \text{sen}(\varphi) \cdot \text{sen}(h)}{\cos(\varphi) \cdot \cos(h)} \right]$$

$$Az = \cos^{-1} \left[\frac{\text{sen}(-59,68873) - \text{sen}(-2,5308333334) \cdot \text{sen}(-9,206599793)}{\cos(-2,5308333334) \cdot \cos(-9,206599793)} \right]$$

$$Az = \cos^{-1} \left[\frac{(-0,8703611904)}{(0,9861550107)} \right]$$

$$Az = 151,9552327144$$

$$Az = 360 - 151,9552327144$$

$$Az = 208,0447672856$$

CÁLCULO PARA NOVENBRO

Data: 08/11/2021

Tempo: 19:00 h

$$M = M$$

$$A_{no} = A_{no}$$

$$M = 11$$

$$A_{no} = 2021$$

Cálculo de A_1 e B

$$A_1 = INT(A_{no}/100) = INT(2020/100) = 20$$

$$A_1 = 20$$

$$B = 2 - A_1 + INT(A_1/4)$$

$$B = 2 - 20 + INT(20/4)$$

$$B = 2 - 20 + 5 = -13$$

$$B = -13$$

1. Cálculo do Dia Juliano (JD)

$$JD = B + INT(365,25 * A_{no} - T) + INT[30,6001 * (M + 1)] + Dia + Hora/24 + 1720994,5$$

$$JD = -13 + INT(365,25 * 2021 - 0) + INT[30,6001 * (11 + 1)] + 8 + 22/24 + 1720994,5$$

$$JD = -13 + 738170 + 367 + 8 + 22/24 + 1720994,5$$

$$JD = 2459527,4166667$$

2. Cálculo do Dia Juliano Zero (JD0) Sempre para a data: 00/01/2021

$$JD0 = B + INT(365,25 * Ano - T) + INT[30,6001 * (M + 1)] + Dia + Hora/24 + 1720994,5$$

$$JD0 = -13 + INT(365,25 * 2020) + INT[30,6001 * (13 + 1)] + 22/24 + 1720994,5$$

$$JD0 = 2459215,4166667$$

3. Cálculo do número de dias (ndias)

$$ndias = JD - JD0$$

$$ndias = 2459527,4166667 - 2459215,4166667$$

$$ndias = 312 \text{ dias}$$

4. Cálculo do Século Juliano (S)

$$S = \frac{JD0 - 2415020}{36525} = \frac{2459215,4166667 - 2415020}{36525} = 1,21000456318$$

$$S = 1,21000456318$$

5. Cálculo do Tempo Solar (TS)

$$TS = \frac{6,6938 * 3600 + 8640184,812866 * S + 0,093104 * S^2 - (6,2 \cdot 10^{-6} * S^3)}{3600}$$

Substituindo os valores de S da equação anterior e colocando na equação do TS, obtêm-se o seguinte resultado:

$$TS = \frac{24097,68 + (10454663,049595) + 0,1363145945 - 0,0000109838}{3600}$$

$$TS = 2910,7669071942$$

6. Cálculo do Tempo Sidereal em Greenwich (GST)

$$GST = 0,0657098 * dias - [24 - TSS + 24 * (Ano - 1900)] + 1,00273790935 * Hora$$

$$GST = 0,0657098 * 312 - [24 - 2910,7669071942 + 24 * (2021 - 1900)] + 1,00273790935 * 22$$

$$GST = 20,5014576 - [24 - 2910,7669071942 + 2904] + 22,060233877$$

$$GST = 25,3285986712$$

7. Cálculo do Tempo Sidereal Local (TSL)

$$TSL = GST + \frac{Longitude}{15}$$

$$TSL = GST + \frac{-44,3066666667}{15}$$

$$TSL = 5,3285986712 - \frac{44,3066666667}{15}$$

$$TSL = 22,3748208934$$

8. Cálculo para a estrela Beta Cruz

$$AH = TSL - \alpha$$

$$AH = 22,3748208934 - 12,79537$$

$$AH = 9,5794508934 \quad (y)$$

$$AH_{\text{graus}} = 143,691763401$$

Se $\sin(AH) > 0 \rightarrow A_z = 360 - \text{Valor do } A_z \text{ encontrado.}$

9. Cálculo da altura

$$h = \text{sen}^{-1}[\text{sen}(\delta) \cdot \text{sen}(\varphi) + \cos(\delta) \cdot \cos(\varphi) \cdot \cos(AH)]$$

$$h = \text{sen}^{-1}[\text{sen}(-59,68873) \cdot \text{sen}(-2,5308333334) + \cos(-59,68873) \cdot \cos(-2,5308333334) \cdot \cos(143,691763401)]$$

$$h = \text{sen}^{-1}[-0,3681897011]$$

$$h = -21,6040147079$$

10. Cálculo do Azimute

$$Az = \cos^{-1} \left[\frac{\text{sen}(\delta) - \text{sen}(\varphi) \cdot \text{sen}(h)}{\cos(\varphi) \cdot \cos(h)} \right]$$

$$Az = \cos^{-1} \left[\frac{\text{sen}(-59,68873) - \text{sen}(-2,5308333334) \cdot \text{sen}(-21,6040147079)}{\cos(-2,5308333334) \cdot \cos(-21,6040147079)} \right]$$

$$Az = \cos^{-1} \left[\frac{(-0,879554451)}{(0,9288438135)} \right]$$

$$Az = 161,2508172115$$

$$Az = 360 - 161,2508172115$$

$$Az = 198,7491827885$$

CÁLCULO PARA DEZEMBRO

Data: 08/12/2021

Tempo: 19:00 h

$$M = M$$

$$A_{no} = A_{no}$$

$$M = 12$$

$$A_{no} = 2021$$

Cálculo de A_1 e B

$$A_1 = INT(A_{no}/100) = INT(2020/100) = 20$$

$$A_1 = 20$$

$$B = 2 - A_1 + INT(A_1/4)$$

$$B = 2 - 20 + INT(20/4)$$

$$B = 2 - 20 + 5 = -13$$

$$B = -13$$

1. Cálculo do Dia Juliano (JD)

$$JD = B + INT(365,25 * Ano - T) + INT[30,6001 * (M + 1)] + Dia + Hora/24 + 1720994,5$$

$$JD = -13 + INT(365,25 * 2021 - 0) + INT[30,6001 * (12 + 1)] + 8 + 22/24 + 1720994,5$$

$$JD = -13 + 738170 + 397 + 8 + 22/24 + 1720994,5$$

$$JD = 2459557,4166667$$

2. Cálculo do Dia Juliano Zero (JD0) → Sempre para a data: 00/01/2021

$$JD0 = B + INT(365,25 * Ano - T) + INT[30,6001 * (M + 1)] + Dia + Hora/24 + 1720994,5$$

$$JD0 = -13 + INT(365,25 * 2020) + INT[30,6001 * (13 + 1)] + 22/24 + 1720994,5$$

$$JD0 = 2459215,4166667$$

3. Cálculo do número de dias (ndias)

$$ndias = JD - JD0$$

$$ndias = 2459557,4166667 - 2459215,4166667$$

$$ndias = 342 \text{ dias}$$

4. Cálculo do Século Juliano (S)

$$S = \frac{JD0 - 2415020}{36525} = \frac{2459215,4166667 - 2415020}{36525} = 1,21000456318$$

$$S = 1,21000456318$$

5. Cálculo do Tempo Solar (TS)

$$TS = \frac{6,6938 * 3600 + 8640184,812866 * S + 0,093104 * S^2 - (6,2 * 10^{-6} * S^3)}{3600}$$

Substituindo os valores de S da equação anterior e colocando na equação do TS, obtém-se o seguinte resultado:

$$TS = \frac{24097,68 + (10454663,049595) + 0,1363145945 - 0,0000109838}{3600}$$

$$TS = 2910,7669071942$$

6. Cálculo do Tempo Sideral em Greenwich (GST)

$$GST = 0,0657098 * dias - [24 - TSS + 24 * (Ano - 1900)] + 1,00273790935 * Hora$$

$$GST = 0,0657098 * 342 - [24 - 2910,7669071942 + 24 * (2021 - 1900)] + 1,00273790935 * 22$$

$$GST = 22,4727516 - [24 - 2910,7669071942 + 2904] + 22,060233877GST = 27,2998926712$$

7. Cálculo do Tempo Sideral Local (TSL)

$$TSL = GST + \frac{\text{Longitude}}{15}$$

$$TSL = GST + \frac{-44,306666666667}{15}$$

$$TSL = 27,2998926712 - \frac{44,30666666667}{15}$$

$$TSL = 24,3461148934$$

8. Cálculo para a estrela Beta Cruz

$$AH = TSL - \alpha$$

$$AH = 24,3461148934 - 12,79537$$

$$AH = 11,5507448934 \quad (y)$$

$$AH_{\text{graus}} = 173,261173401$$

Se $\sin(AH) > 0 \rightarrow A_z = 360 - \text{Valor do } A_z \text{ encontrado.}$

9. Cálculo da altura

$$h = \text{sen}^{-1}[\text{sen}(\delta) \cdot \text{sen}(\varphi) + \cos(\delta) \cdot \cos(\varphi) \cdot \cos(AH)]$$

$$h = \text{sen}^{-1}[\text{sen}(-59,68873) \cdot \text{sen}(-2,53308333334) + \cos(-59,68873) \cdot \cos(-2,53308333334) \cdot \cos(173,261173401)]$$

$$h = \text{sen}^{-1}[-0,4626012055]$$

$$h = -27,5550863323$$

10. Cálculo do Azimute

$$Az = \cos^{-1} \left[\frac{\text{sen}(\delta) - \text{sen}(\varphi) \cdot \text{sen}(h)}{\cos(\varphi) \cdot \cos(h)} \right]$$

$$Az = \cos^{-1} \left[\frac{\text{sen}(-59,68873) - \text{sen}(-2,5308333334) \cdot \text{sen}(-27,5550863323)}{\cos(-2,5308333334) \cdot \cos(-27,5550863323)} \right]$$

$$Az = \cos^{-1} \left[\frac{(-0,883723381)}{(0,8857017268)} \right]$$

$$Az = 176,1697611326$$

$$Az = 360 - 176,1697611326$$

$$Az = 183,8302388674$$