

**Jorge Emanuel de Oliveira Irineu**  
**Antonio José Silva Oliveira**  
**Artur Justiniano Roberto Junior**



EDLIFMA

**CARTA CELESTE  
DE  
SÃO LUÍS DO MARANHÃO**



UNIVERSIDADE FEDERAL DO MARANHÃO

Reitor Prof. Dr. Fernando Carvalho Silva  
Vice-Reitor Prof. Dr. Leonardo Silva Soares



EDUFMA EDITORA DA UFMA

Coordenadora Dra. Suênia Oliveira Mendes  
Conselho Editorial Prof. Dr. José Carlos Aragão Silva  
Prof. Dr. Luis Henrique Serra  
Prof<sup>a</sup>. Dra. Ana Caroline Amorim Oliveira  
Prof. Dr. Márcio José Celeri  
Prof<sup>a</sup>. Dra. Raimunda Ramos Marinho  
Prof<sup>a</sup>. Dra Débora Batista Pinheiro Sousa  
Prof. Dr. Edson Ferreira da Costa  
Prof. Dr. Marcos Nicolau Santos da Silva  
Prof. Dr. Carlos Delano Rodrigues  
Prof. Dr. Felipe Barbosa Ribeiro  
Prof<sup>a</sup>. Dra. Maria Aurea Lira Feitosa  
Prof. Dr. Flávio Luiz de Castro Freitas  
Prof. Dr. José Ribamar Ferreira Junior  
Bibliotecária Iole Costa Pinheiro



Associação Brasileira das Editoras Universitárias



All the contents of this work, except where otherwise noted, is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International license.

Todo o conteúdo deste trabalho, exceto quando houver ressalva, é publicado sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0.

Todo el contenido de esta obra, excepto donde se indique lo contrario, está bajo licencia de la licencia Creative Commons Reconocimiento 4.0.

**Jorge Emanuel de Oliveira Irineu  
Antonio José Silva Oliveira  
Artur Justiniano Roberto Junior**

**CARTA CELESTE  
DE  
SÃO LUÍS DO MARANHÃO**

SÃO LUÍS



EDLIFMA  
2025



## **AGRADECIMENTOS**

Ao Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF)

À Universidade Federal do Maranhão (UFMA)

Ao Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física da UFMA (PROFIS)

À Superintendência de Tecnologias na Educação (STED) da UFMA

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) –  
Código de Financiamento 001.

## DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho aos professores que, generosamente, destinaram seu precioso tempo para ler e criticar este trabalho em sua forma original. Em especial, ao 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 queridos amigos de faculdade, Samir Silva Coutinho, Welber de Jesus Lima e Heberval Moreira Nunes, que sempre me apoiaram e enriqueceram as discussões sobre astronomia e ciências afins.

Ao Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física da Universidade Federal do Maranhão, à Sociedade Brasileira de Física, ao Instituto de Educação, Ciência e Tecnologia do Maranhão (IEMA) e à Academia Maranhense de Ciências, por todo o apoio concedido durante a elaboração deste trabalho.

À minha esposa, Débora Vanessa de Oliveira Irineu, pela sua paciência e pelas valiosas correções, e aos meus filhos, Luís Gabriel da Costa Irineu e Davi Emanuel de Oliveira Irineu, por me inspirarem a buscar explicações para o céu durante longas noites de observação.

Finalmente, dedico este trabalho aos meus pais, Inácio Rodrigues Irineu Neto (in memoriam) e Raimunda Nonata de Oliveira Irineu (in memoriam), que me ensinaram a olhar para o céu com a curiosidade de uma criança e a tentar explicá-lo com a experiência de um astrônomo..

Jorge Emanuel de Oliveira Irineu

## APRESENTAÇÃO

Caro(a) Professor(a),

Neste e-book, 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 poderá explicar os movimentos de algumas constelações, além de se familiarizar com algumas das 88 constelações que compõem a esfera celeste. Estão representadas nestes mapas as 13 constelações zodiacais: 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 retornarem ao horizonte leste, iniciando o ciclo periódico de seus movimentos na esfera celeste.

Como produto educacional, elaboramos cartas celestes representativas do céu ao longo de cada mês. Foram construídas 12 cartas, que são mapas do céu, representando as estrelas visíveis de São Luís – MA em determinadas datas e horas escolhidas previamente. Essas cartas são fundamentais para que os alunos compreendam alguns conceitos 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, 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.

## SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	9
2	A CONSTRUÇÃO DE UMA CARTA CELESTE PARA O ENSINO DE FÍSICA ATRAVÉS DE CAMPOS CONCEITUAIS DA ASTRONOMIA .....	11
2.1	Desenvolvimento da Carta Celeste ao estudo da Astronomia em aulas de Física.....	12
2.2	Sistemas de Coordenadas Astronômicas .....	13
2.2.1	Sistema de Coordenadas Geográficas.....	13
2.2.2	Coordenadas Astronômicas .....	14
2.2.3	O Sistema de Contagem do Tempo .....	18
2.2.4	Sistemas de coordenadas para construção da carta celeste.....	21
2.2.5	Relação entre sistemas de coordenadas equatoriais e horários.....	21
2.2.6	Relação entre sistemas de coordenadas horárias para altazimutais .....	23
2.3	Considerações .....	25
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	Como a elaboração das cartas celestes auxiliou no meu desenvolvimento educacional e no dos meus alunos?.....	48
6	CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	50
	REFERÊNCIAS .....	51
	APÊNDICE – Cálculos da Carta Celeste .....	52

## 1 INTRODUÇÃO

O estudo da Astronomia é de extrema importância para o desenvolvimento cognitivo dos estudantes em diversas áreas do conhecimento científico. Ele leva o professor a repensar a didática de sua disciplina ao desenvolver nos alunos novas perspectivas sobre fenômenos astronômicos, utilizando a Física para explicá-los. A inclusão de conceitos de Astronomia no currículo do Ensino Médio não só motiva os estudantes, mas também permite que eles estabeleçam uma ligação entre os fenômenos celestes e suas aplicações na Física. Isso possibilita a observação prática de alguns desses fenômenos, utilizando equipamentos como lunetas, telescópios ou cartas celestes, superando as limitações da sala de aula e transformando a simples transmissão de conteúdo em uma oportunidade para desenvolver competências e habilidades significativas.

A construção de uma carta celeste pode ensinar estudantes de qualquer nível da educação básica a se situarem geograficamente e a localizarem planetas, satélites, estrelas ou constelações de maneira simples e alternativa ao uso de telescópios. Estudantes precisam estudar Astronomia de forma contextualizada com os conceitos de Física, dinamizando as aulas em ambientes além da sala de aula. O professor, por sua vez, precisa estar capacitado para corrigir eventuais equívocos presentes nos livros didáticos e atuar como mediador do processo de ensino-aprendizagem, facilitando a transformação de conceitos e proposições em algo realmente significativo através da variedade de situações que os estudantes enfrentarão.

A visualização de objetos astronômicos com o uso de cartas celestes pode proporcionar aulas completas, utilizando a Física e seus diversos campos conceituais, como gravitação, ondulatória, óptica e eletromagnetismo, como ferramentas de ensino-aprendizagem. A ideia fundamental é partir dos conceitos da Física para demonstrar fenômenos estudados na Astronomia de forma interdisciplinar, trazendo clareza e entendimento a esses fenômenos científicos, que muitas vezes são apresentados com equações abstratas e complexas, dificultando o entendimento dos interessados pela ciência.

Assim, integrar Astronomia e Física no currículo escolar de maneira prática e contextualizada promove não apenas o aprendizado teórico, mas também o desenvolvimento de habilidades e competências essenciais para a formação científica dos estudantes, despertando neles um interesse genuíno e duradouro pela ciência.

## **2 A CONSTRUÇÃO DE UMA CARTA CELESTE PARA O ENSINO DE FÍSICA ATRAVÉS DE CAMPOS CONCEITUAIS DA ASTRONOMIA**

Observar o céu provavelmente foi uma das primeiras atividades de lazer dos nossos antepassados mais antigos. Certamente, eles eram curiosos para descobrir o que eram aqueles astros luminosos que brilhavam no céu, seja durante o dia, seja à noite. Essas observações sempre despertaram um grande interesse no ser humano, que modernizou suas técnicas ao criar o primeiro telescópio, dando um enorme passo para a descoberta e o conhecimento de alguns fenômenos celestes. Embora ainda haja muito a ser descoberto atualmente, quando alguns desses fenômenos são anunciados nos meios de comunicação como ocorrendo em determinado dia ou noite, eles costumam atrair muitas pessoas, leigas ou não, ao redor de um telescópio, ou mesmo através de simples observações dos astros, 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 realizada por qualquer pessoa, com ou sem um telescópio. Mesmo que alguém não possua um telescópio, que geralmente é caro, ainda é possível, com alguns conhecimentos básicos em Astronomia e o uso de cartas celestes, fazer excelentes observações do céu noturno com um custo muito baixo e um potencial educacional elevadíssimo.

Um dos ensinamentos mais básicos que se pode compartilhar sobre o céu noturno é como reconhecer determinadas estrelas e algumas constelações, observar o movimento do céu ao longo de uma noite, perceber a mudança do céu ao longo dos meses e descobrir que, em determinado mês e a uma certa hora, o céu repete a aparência que tinha em outro mês e em outra hora.

Como referência de orientação noturna, os Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN) fornecem alguns exemplos de constelações que são demonstradas neste trabalho, como Cruzeiro do Sul, Órion e Escorpião. Eles afirmam que os alunos podem fazer observações a fim de entender o tipo de movimento que essas constelações fazem ao longo da abóbada celeste ou em relação ao horizonte durante um intervalo de três ou quatro horas à 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).

Portanto, este Recurso Educacional fornece um guia sobre como o orientador pode ensinar a identificação de constelações no céu. O tema está 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 a criação de 12 cartas celestes que representam o céu de São Luís do Maranhão ao longo do ano e a descrição das regras de seu uso, permitindo que leigos ou profissionais da educação reconheçam as estrelas mais brilhantes e suas respectivas constelações. Conhecendo os quatro ensinamentos mencionados anteriormente, esses 12 mapas do céu são suficientes para que, com certa precisão, possam ser usados em qualquer data e hora ao longo do ano ao observar o céu visível desde São Luís até seus arredores mais próximos. Na verdade, as cartas servem para qualquer observador na Terra que esteja em uma latitude geográfica próxima à de São Luís.

Vale ressaltar que os cálculos para a posição de uma estrela são os mesmos para qualquer outra estrela, com algumas alterações em sua declinação e ascensão reta. Escolheu-se elaborar os cálculos para uma estrela da constelação do Cruzeiro do Sul, conhecida como “Beta Crux”. A veracidade dos cálculos e das posições das constelações e de suas respectivas estrelas na abóbada celeste foi confirmada 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 das constelações a serem inseridas no mapa celeste foi feita com base nos conhecimentos mencionados pelos alunos, ou seja, as 13 constelações do zodíaco e algumas constelações mais conhecidas na região maranhense, como Órion (Caçador), Hydra, Cão Maior, Lebre, Forno, Perseu, Ofiúco, Vela, Oitante, Cruzeiro do Sul, Boieiro, entre outras.

Para construir a carta celeste, é necessário inserir informações como dados do astro, momento da observação e local da observação para produzir duas informações necessárias para comparação com o Stellarium: azimute e altura. Através do cálculo dessas coordenadas para cada uma das estrelas de cada constelação, o mapa ganhará forma de acordo com o céu de cada mês. O primeiro passo é calcular o Tempo Sideral Local

(TSL) e, em seguida, o ângulo horário (AH) de cada estrela. A partir dessas informações, e conhecendo as coordenadas equatoriais das estrelas e as coordenadas geográficas do observador, será possível calcular as coordenadas horizontais das estrelas e construir a carta celeste (JUSTINIANO; BOTELHO, 2016).

No entanto, para fornecer todas as informações necessárias sobre uma carta celeste, é essencial um conhecimento prévio sobre sistemas de coordenadas astronômicas e geolocalização antes de tratar efetivamente de sua construção.

## 2.2 Sistemas de Coordenadas Astronômicas

Para entender os Sistemas de Coordenadas Astronômicas, é fundamental primeiro compreender os Sistemas de Coordenadas Geográficas, usados para medir a posição na superfície da Terra. Esse sistema de coordenadas utiliza duas medidas, latitude e longitude, para geolocalizar um objeto na superfície terrestre. Além desse sistema, são necessários 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 ( $\lambda$ ) é o arco no plano do equador que se estende desde o meridiano de Greenwich até o meridiano do local. Varia de  $0^\circ$  a  $180^\circ$  para Leste ou Oeste de Greenwich. O sinal das longitudes é positivo quando a localização está a Leste desse meridiano e negativo quando está a Oeste. Outra forma de representar a longitude de um lugar é pela diferença entre a hora local e a hora de Greenwich. Nesse caso, as longitudes a Oeste de Greenwich variam de 0 a  $-12$  h, enquanto as longitudes a Leste de Greenwich variam de 0 a  $+12$  h. Isto é,

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

ou

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

Latitude geográfica ( $\varphi$ ) é o ângulo entre a linha do Equador e um ponto específico na superfície da Terra, medido ao longo do meridiano que passa por esse ponto. Ele varia entre  $-90^\circ$  e  $+90^\circ$ . Portanto,

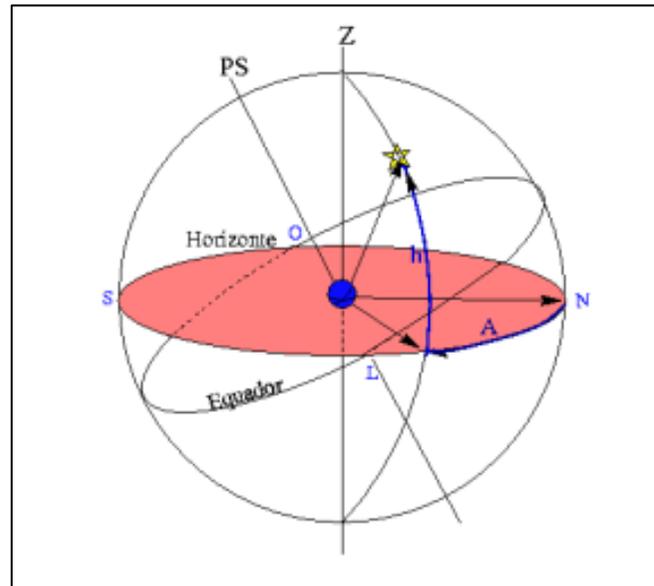
$$-90^\circ \leq \varphi \leq +90^\circ. \quad (3)$$

## 2.2.2 Coordenadas Astronômicas

### 2.2.2.1 O Sistema Horizontal

Como aponta Oliveira (2017, p. 14), o plano principal do sistema de coordenadas horizontais é definido como aquele que contém o horizonte do observador. Os dois ângulos que especificam a posição de um astro são a altura ( $h$ ) e o azimute ( $Az$ ), conforme ilustrado na Figura 1.

Figura 1 – Coordenadas do sistema horizontal: altura ( $h$ ) e azimute ( $Az$ )



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

O azimute é definido como um ângulo medido sobre o horizonte, no sentido horário a partir do Norte, crescendo em direção ao Leste até alcançar o meridiano do astro. Por definição, seu valor varia de  $0^\circ$  a  $360^\circ$ . Já a altura é um ângulo medido verticalmente em relação ao astro, com origem no horizonte. Sua variação está compreendida entre  $-90^\circ$  e  $+90^\circ$ . A parte angular acima do astro, iniciando do zênite, é conhecida como distância zenital ( $z$ ), a qual varia de  $0^\circ$  a  $180^\circ$ . Portanto,  $h + z = 90^\circ$ , tal que

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

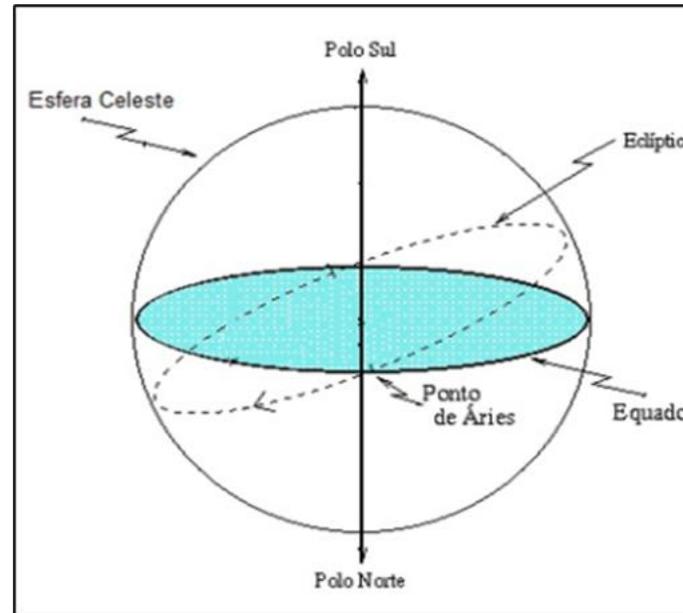
e

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

A representação simbólica do azimute e da altura está correspondida pelas linhas azuladas na Figura 1 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, é denominado de “ponto Áries” ou “Ponto Gama” ( $\gamma$ ).

Figura 2 – A esfera celeste e a trajetória do Sol ao longo do ano pela eclíptica

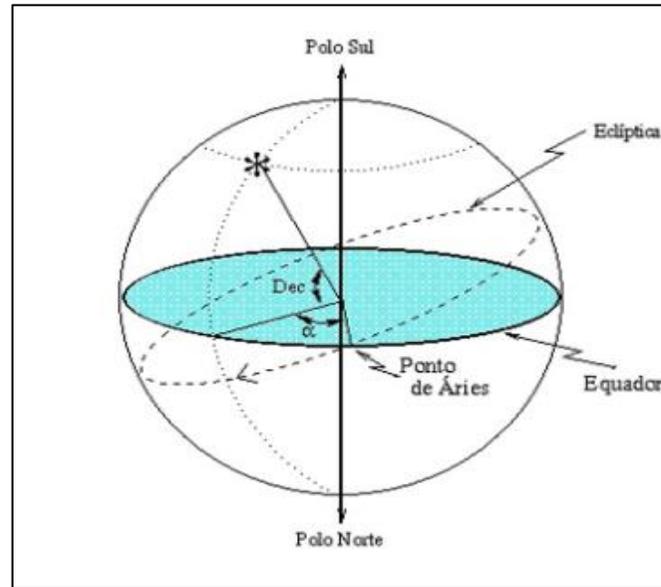


Fonte: Justiniano e Botelho (2016, p. e4311-3).

#### 2.2.2.2 O Sistema Equatorial Celeste

Esse sistema possui como plano fundamental o equador celeste. Suas coordenadas são ascensão reta ( $\alpha$ ) e declinação ( $\delta$ ). 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 varia entre zero e 24 h (ou entre  $0^\circ$  e  $360^\circ$ ), crescendo no sentido Leste (JUSTINIANO; BOTELHO, 2016).

Figura 3 – Sistema de coordenadas equatoriais: ascensão reta ( $\alpha$ ) e declinação ( $\delta$ )



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

O Ponto Áries, também conhecido como Ponto Gama ( $\gamma$ ) ou "Ponto Vernal", marca o ponto no Equador celeste onde o Sol está situado durante sua passagem do hemisfério sul celeste para o hemisfério norte celeste, definindo o equinócio de primavera no hemisfério norte, por volta de 20 de março. Este ponto é uma das intersecções do equador celeste com a eclíptica (OLIVEIRA, 2017, n. p.).

A segunda coordenada, a declinação ( $\delta$ ), representa o ângulo entre o astro e o equador celeste, medido sobre o meridiano do astro. A variação da declinação varia de  $-90^\circ$  a  $90^\circ$ . A declinação é positiva quando medida na direção do Polo Norte celeste ( $\delta \geq 0$ ) e negativa quando medida na direção oposta.

No sistema horizontal, as coordenadas das estrelas variam continuamente devido à rotação da Terra e apresentam valores diferentes para observadores em localidades distintas. Já no sistema equatorial, as coordenadas das estrelas não dependem da posição do observador na superfície da Terra e variam muito lentamente ao longo do tempo, sofrendo apenas pequenas correções ao longo dos anos.

### 2.2.3 O Sistema de Contagem do Tempo

Para realizar uma observação usando este modelo de carta celeste, é necessário inicialmente converter as coordenadas do momento da observação (data e hora) de calendário gregoriano para data juliana (JD), e então inserir os valores da longitude do local a ser observado para calcular o Tempo Sideral Local (TSL), que é uma medida do tempo baseada na posição das estrelas no céu.

A data juliana (JD) é um sistema de contagem de dias consecutivos sem meses ou anos. Foi criado para facilitar a contagem entre eventos astronômicos, com o dia zero começando ao meio-dia de segunda-feira, 1º de janeiro de 4713 a.C., em Greenwich. Para converter uma data solicitada em JD, é necessário realizar a conversão apropriada para cada mês.

Antes de calcular a Carta Celeste, há um procedimento prévio que explica como converter a data gregoriana para JD, essencial para os cálculos subsequentes.

O procedimento começa verificando se o mês (M) é janeiro ou fevereiro (ou seja, 1 ou 2). Se sim, ajusta-se M para  $M = M + 12$  e diminui-se o ano (Ano) em 1. Caso contrário, M permanece o mesmo e Ano também.

O próximo passo envolve 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, define-se que " $A_1 = 0$ " e " $B = 0$ ". Essas variáveis são cruciais para o cálculo do JD.

O último passo consiste em determinar o JD usando a Equação 6:

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

em que  $T = 0$ , se  $\text{Ano} > 0$ , ou seja, para datas depois de Cristo, e  $T = 0,75$  para  $\text{Ano} < 0$ , antes de Cristo.

A medição do tempo está diretamente vinculada ao movimento de rotação da Terra, que causa a rotação aparente da esfera celeste. A escala de tempo é baseada no dia, que representa uma rotação completa da Terra em torno de seu próprio eixo. Para realizar essa medição, foi estabelecido um objeto celeste como referência. Com base nesse objeto, existem 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. Cada meridiano terrestre possui uma hora sideral local, que está relacionada com a hora sideral em Greenwich pela seguinte relação:

$$\text{tempo sideral local (TSL)} = \text{tempo sideral de Greenwich (TSG)} + \text{longitude } (\lambda). \quad (7)$$

A longitude é positiva quando medida a Leste de Greenwich e negativa a Oeste. O valor da longitude deve ser convertido para unidades de tempo, dividindo-o por 15, para somá-lo ao tempo sideral em Greenwich. Assim, para um observador em Greenwich, onde seu ponto gama cruza o meridiano, o TSG será zero horas ou 24 horas siderais. Para um observador na cidade de São Luís do Maranhão, localizado a  $-44,3066666667^\circ$  de Greenwich, o TSL será  $24 \text{ h} + (-44,3066666667^\circ/15)$ .

Após calcular o JD para a data selecionada, que foi o dia 08 de cada mês do ano de 2021, e o  $JD_0$  para a data seguinte 00/01/ano, denominada data juliana zero, será possível calcular o TSG para a 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), conforme a equação abaixo:

$$N_{\text{dias}} = JD - JD_0. \quad (8)$$

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

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

O valor encontrado na equação (9) é necessário realizar os cálculos para o Tempo Solar (TS), conforme descrito abaixo:

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

$$\text{TSG} = 0,0657098 \times \text{dias} - [24 - \text{TS} + 24 \times (\text{Ano} - 1900)] + 1,00273790935 \times \text{Hora} . \quad (11)$$

- Para  $\text{TSG} < 0$ ,  $\text{TSG} = \text{TSG} + 24$

Quando o TSG é negativo, ele precisa ser ajustado para estar dentro do intervalo de 0 a 24 horas. Para fazer isso, você adiciona 24 horas ao TSG. Isso é necessário porque, em um sistema de tempo baseado em um ciclo de 24 horas, um valor negativo indica um tempo antes do início do ciclo atual, e adicionar 24 horas corrige isso. Exemplo:

Suponha que o cálculo do TSG resultou em -3 horas.

$$\text{TSG} = -3 \text{ h} . \quad (12)$$

Para ajustá-lo:

$$\text{TSG} = -3\text{h} + 24\text{h} = 21\text{h} . \quad (13)$$

Portanto, o TSG ajustado é 21 horas.

- Para  $\text{TSG} > 24$ ,  $\text{TSG} = \text{TSG} - 24$

Quando o TSG é maior que 24 horas, ele também precisa ser ajustado para estar dentro do intervalo de 0 a 24 horas. Para fazer isso, você subtrai 24 horas do TSG. Isso é necessário porque um valor maior que 24 horas indica um tempo além do final do ciclo de 24 horas atual, e subtrair 24 horas corrige isso. Exemplo:

Suponha que o cálculo do TSG resultou em 27 horas.

$$\text{TSG} = 27 \text{ h} . \quad (14)$$

Para ajustá-lo:

$$\text{TSG} = 27\text{h} - 24\text{h} = 3\text{h} . \quad (15)$$

Portanto, o TSG ajustado é 3 horas.

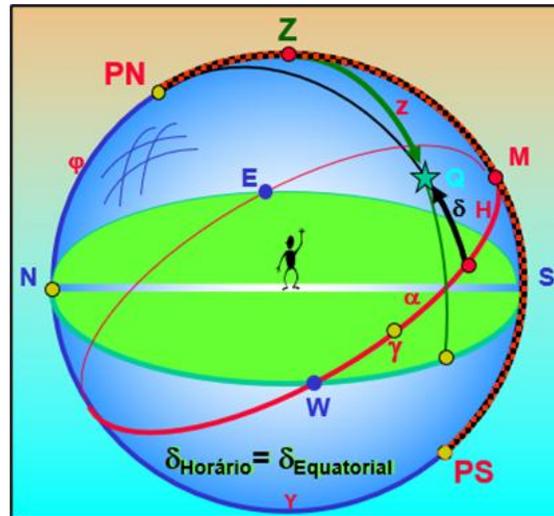
#### 2.2.4 Sistemas de coordenadas para construção da carta celeste

A concepção central que o estudante deve possuir é que ele partirá de um sistema equatorial, ou seja, ele utilizará a ascensão reta ( $\alpha$ ) e a declinação ( $\delta$ ) para calcular coordenadas horárias, como o ângulo horário, através da subtração do TSL e da ascensão reta. Isso definirá o valor da altura do astro, no caso, estrelas, e determinará se o astro estará acima ou abaixo do horizonte a partir desse resultado. Com o valor de sua ascensão reta, o estudante encontrará as coordenadas horizontais daquela estrela através das relações de altura ( $h$ ) e azimute ( $Az$ ).

#### 2.2.5 Relação entre sistemas de coordenadas equatoriais e horários

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, conforme mostra a Figura 4. 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 a 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.

Figura 4 – Esfera que relaciona coordenadas equatoriais e horárias



Fonte: Irineu (2022).

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

$$TS \equiv AH_{\gamma} \quad (16)$$

ou ainda

$$TS = \alpha + AH. \quad (17)$$

Tal que

$$AH = TS - \alpha. \quad (18)$$

Porém, se

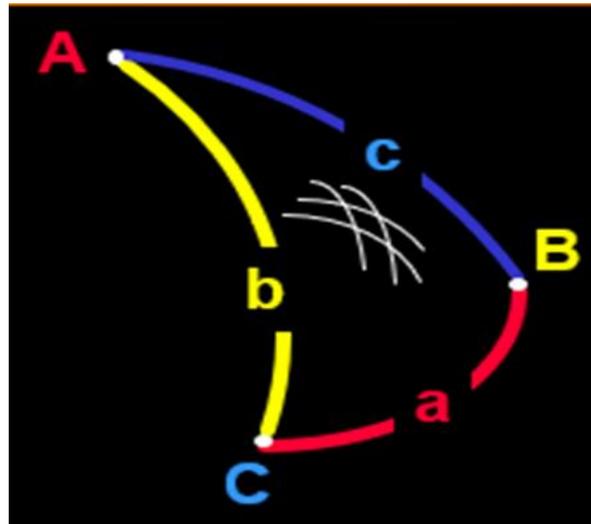
$$AH < 0 \rightarrow AH = AH + 24. \quad (19)$$

Assim, a partir do cálculo do TSL (Tempo Sideral Local), equação (7), para o momento em que se deseja construir a carta celeste, é possível encontrar o AH (Ângulo Horário) das estrelas e, conseqüentemente, determinar, através do cálculo da altura, quais estão acima ou abaixo do horizonte naquele TSL. Com essas informações em mãos, 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 transformação de coordenadas, permitindo a construção das cartas celestes.

### 2.2.6 Relação entre sistemas de coordenadas horárias para altazimutais

Como mostra a Figura 5, pode-se retirar um triângulo para extrair dele as relações necessárias.

Figura 5 – Representação de um triângulo esférico com vértices A, B e C



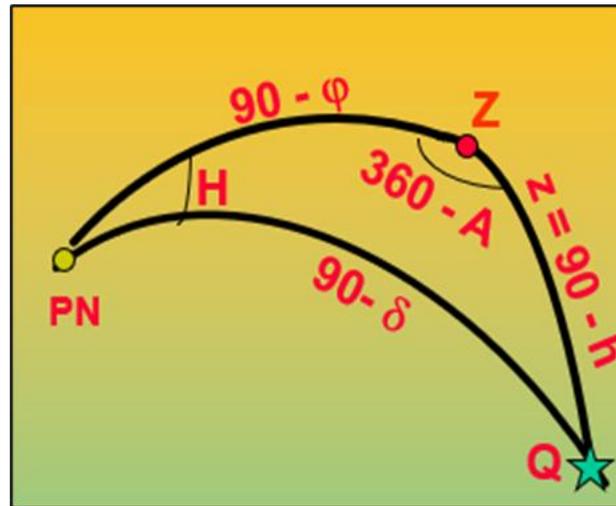
Fonte: Irineu (2022).

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

$$\cos(a) = \cos(c) \cos(b) + \text{sen}(c)\text{sen}(b) \cos(A) \quad (20)$$

Assim, ao analisar a fórmula acima e tomá-la como referência, é possível examinar o triângulo retirado da Figura 4. Desta forma, temos a Figura 6.

Figura 6 – Representação de um Triângulo Esférico com vértices PN, Q e Z



Fonte: Irineu (2022).

A equação (20) é reescrita como

$$\cos(90 - h) = \cos(90 - \varphi) \cos(90 - \delta) + \text{sen}(90 - \varphi)\text{sen}(90 - \delta) \cos(AH). \quad (21)$$

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

$$\text{sen}(h) = \text{sen}(\varphi)\text{sen}(\delta) + \cos(\varphi) \cos(\delta) \cos(AH). \quad (22)$$

Portanto,

$$h = \text{sen}^{-1}[\text{sen}(\delta)\text{sen}(\varphi) + \cos(\delta) \cos(\varphi) \cos(AH)]. \quad (23)$$

E assim, encontra-se a equação que representa, em coordenadas horizontais, a altura de cada uma das estrelas. Porém, ainda é necessário encontrar a coordenada do azimute. Baseando-se novamente no triângulo esférico da Figura 5, tem-se

$$\cos(a) = \cos(b) \cos(c) + \text{sen}(b)\text{sen}(c) \cos(\bar{A}), \quad (24)$$

que, a partir de outra perspectiva do triângulo esférico, deduz-se que

$$\cos(90^\circ - \delta) = \cos(90^\circ - \varphi) \cos(90^\circ - h) + \text{sen}(90^\circ - \varphi)\text{sen}(90^\circ - h) \cos(360^\circ - A) \quad (25)$$

ou ainda

$$\text{sen}(\delta) = \text{sen}(\varphi)\text{sen}(h) + \cos(\varphi) \cos(h) \cos(Az). \quad (26)$$

Isolando o  $\cos(Az)$ , obtém-se

$$Az = \cos^{-1} \left[ \frac{\text{sen}(\delta) - \text{sen}(\varphi)\text{sen}(h)}{\cos(\varphi) \cos(h)} \right]. \quad (27)$$

Para  $AH > 0$ , verifica-se que a estrela já passou pelo meridiano local e está se movendo para o oeste no céu. O valor do AH indica quanto tempo passou desde que a estrela cruzou o meridiano. Por exemplo, se  $AH = 3$  horas, isso significa que a estrela cruzou o meridiano local há 3 horas e está agora 45 graus a oeste do meridiano local. Na prática pode-se fazer o seguinte:

$$Az' = 360^\circ - Az, \quad (28)$$

Em termos astronômicos, monitorar o Ângulo Horário é essencial para entender a posição das estrelas e planejar observações, pois ele indica claramente o tempo desde que a estrela esteve na posição mais alta no céu em relação ao observador.

### 2.3 Considerações

- Obtenção das coordenadas equatoriais dessas estrelas. Vale lembrar que essas coordenadas são dadas para uma data específica. Como as estrelas possuem movimentos próprios e o sistema de coordenadas não é fixo (muda devido à precessão dos equinócios), essas coordenadas devem ser corrigidas por causa desses dois efeitos. No entanto, como esses 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 obter um resultado que se possa considerar realmente eficiente.

- Os efeitos da aberração anual, também pequenos, não são considerados, uma vez que uma carta celeste feita para um dado mês poderá ser usada em outro. Como a aberração anual depende da data do ano, sua aplicação seria comprometida pela multiplicidade de datas em que a carta celeste pode ser utilizada.
- Para representar as cartas celestes levando em conta a posição dos astros em relação ao horizonte visível, as coordenadas equatoriais precisam ser convertidas em coordenadas horárias, utilizando o Tempo Sideral Local (TSL) nas datas e horários escolhidos para representar o céu.
- A Terra precisa ser supostamente como esférica, o que permite uma aproximação suficiente para o posicionamento das estrelas no papel. Utilizando a latitude geográfica como uma boa aproximação da latitude astronômica, as coordenadas horárias são transformadas em coordenadas altazimutais, também conhecidas como "coordenadas locais". Essa conversão é realizada por meio de triângulos esféricos e trigonometria na esfera celeste.
- Devido à refração atmosférica, que desvia a posição aparente da estrela em função de sua altura angular, correções adequadas devem ser feitas para cada estrela. No entanto, devido à pequenez dessa correção, que não ultrapassa meio grau próximo ao horizonte, ela é desconsiderada por estar dentro da margem de erro da plotagem. Além disso, o cálculo desse desvio depende de fatores como temperatura, pressão e umidade locais, variáveis que não podem ser previstas para as condições meteorológicas específicas nas datas desejadas.
- Como sugestão, faça os cálculos utilizando tabelas no Excel para cada uma das estrelas visíveis naquele dia e hora. Utilizando o aplicativo Origin, é possível criar um gráfico polar centrado no zênite local, com o raio igual à distância zenital do astro representado e o deslocamento angular representando o azimute do astro. Esses procedimentos podem ser realizados para cada um dos 12 meses do ano, resultando em uma carta celeste para São Luís/MA às 19:00 do dia 08 de cada mês.

- Devido ao fato de que o período de rotação da Terra em torno de seu eixo (com relação às estrelas) é cerca de 3 minutos e 56 segundos mais curto que o dia solar médio, após aproximadamente um mês essa pequena diferença acumula-se para cerca de duas horas. Isso implica que, às 21:00 daquele dia do "mês x", o céu terá a mesma aparência que às 19:00 do mês seguinte, permitindo que apenas com as 12 cartas celestes construídas seja possível representar o céu local em qualquer hora de qualquer mês do ano. A Figura 7 abaixo foi adicionada para permitir ao usuário das cartas escolher aquela que melhor representa o céu com base na data e hora desejadas.

Figura 7 – Carta para o mês e a hora desejados



Fonte: Irineu (2022).

- A utilização das cartas celestes está baseada na data e nos locais específicos determinados. No entanto, isso não impede o estudante de utilizar outras cartas em horários ou meses diferentes. Por exemplo, se ele desejar observar o céu às 03 horas da manhã no dia 08 de maio, pode usar a carta do mês de setembro, que mostrará o mesmo céu. Da mesma forma, se quiser observar o céu às 23 horas em 08 de maio, pode usar a carta do mês de julho, equivalente ao céu de maio às 19 horas. Isso dinamiza o estudo do céu, mostrando que as cartas celestes são válidas e extremamente importantes para o entendimento de conceitos astronômicos explicados pela Física.
- Durante a construção das cartas celestes, selecionam-se as constelações zodiacais e outras bem conhecidas, como Cão Maior, que inclui a estrela Sírius, a mais brilhante do céu, embora não faça parte da faixa zodiacal.
- Para calcular as coordenadas horizontais  $Az$  e  $h$ , utiliza-se um software como o Origin, que permite construir as cartas celestes para qualquer região estudada. No entanto, esse método não considera as correções periódicas das coordenadas de cada estrela, como mostrado nas Figuras 8 a 19 (seção 4).

### **3 A FÍSICA COMO CAMPO CONCEITUAL PARA O ENSINO DE ORIENTAÇÕES ESPACIAIS E LOCALIZAÇÃO DE OBJETOS CELESTES**

As cartas celestes contêm as informações necessárias para que o professor possa introduzir em suas aulas de Física conteúdos de Astronomia, como o movimento dos astros, a contagem do tempo e os sistemas de coordenadas celestes, que raramente são abordados nas aulas de Física, e ainda menos como conteúdos programáticos de livros didáticos.

Para que qualquer pessoa, seja leiga ou não, possa compreender a arte das observações celestes, é necessário primeiro aprender a se orientar espacialmente na região, sabendo exatamente onde está o Norte, Sul, Leste e Oeste. Atualmente, aplicativos de celular já disponibilizam essa tecnologia aos estudantes, permitindo que, com apenas um clique, obtenham a Rosa dos Ventos na palma da mão. Uma vez que os estudantes aprendem a se orientar, podem direcionar a carta celeste conforme o eixo de orientação, ou seja, o lado Norte da carta deve apontar para o Norte, e o lado Sul da carta celeste deve apontar para o Sul da região, e assim por diante. É importante lembrar que o centro da carta celeste representa o zênite sobre a posição de observação na esfera celeste.

Ao construir ou observar utilizando uma carta celeste, seja em grupo ou sozinho em casa, o estudante deve informar o dia, a hora e o local da observação. Em seguida, selecionar a carta correspondente ao mês e identificar as constelações mais conhecidas como referência para pesquisas posteriores. Uma abordagem interessante é localizar as estrelas mais brilhantes e as constelações mais visíveis entre o zênite e o horizonte, conferindo-as no mapa. Depois, usando essas referências como ponto de partida, tentar reconhecer as outras constelações e localizar outros objetos celestes. Comparar o tamanho de uma constelação real no céu, já familiar ao estudante, com o seu tamanho representado no mapa é uma forma útil de aprendizado (LANGHI, 2016).

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

Para identificar a estação do ano atual, basta consultar uma carta celeste e localizar a constelação no céu estrelado. Em seguida, o estudante pode buscar outras constelações a partir da constelação identificada anteriormente, considerada principal. Outra constelação que pode ser usada 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 facilitam 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, mesmo diante de uma mudança no eixo de coordenadas do observador. Parte-se das coordenadas equatoriais de estrelas específicas até encontrar suas coordenadas horizontais, utilizando como referência a passagem por suas coordenadas horárias. Entende-se que essa mudança de sistemas de coordenadas é crucial para a elaboração de uma carta celeste.

Durante a análise de cada uma dessas constelações, observou-se que alguns campos conceituais da Física não tiveram relevância na elaboração das cartas celestes. No entanto, eles são extremamente importantes na análise mensal das cartas celestes e em suas variações no movimento relativo, perceptíveis durante a análise de cada uma delas. Portanto, o estudo de certos campos conceituais da Física é fundamental para compreendê-los no contexto da Astronomia.

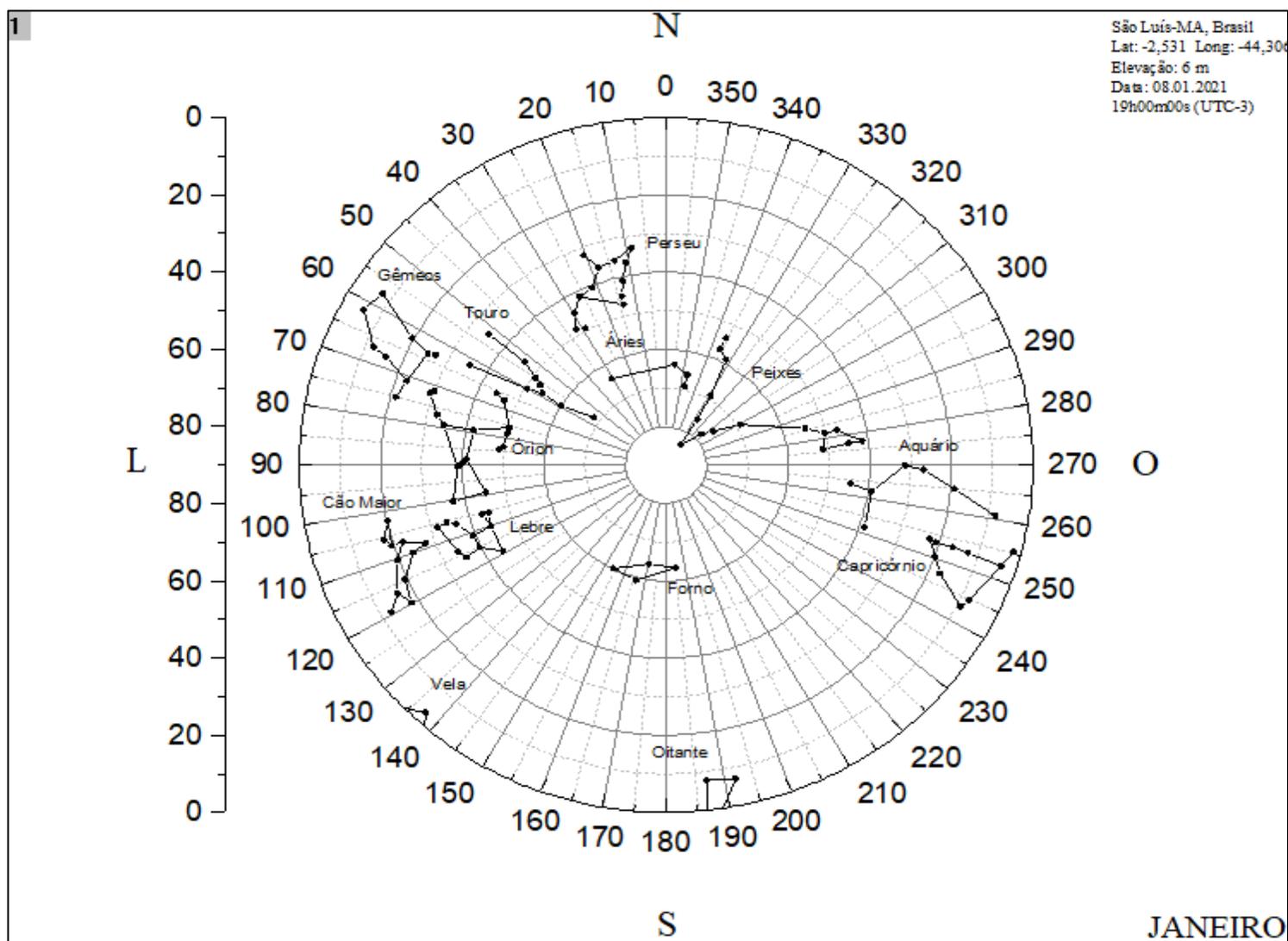
#### **4 UM DIÁLOGO NECESSÁRIO SOBRE AS CONSTELAÇÕES CELESTES**

A aparência do céu noturno varia conforme cada mês e época do ano, porque a Terra, em seu movimento ao redor do Sol, exhibe diferentes cenários estelares que se projetam na esfera celeste. Esse movimento também influencia as estações do ano, fazendo com que cada uma tenha seu próprio conjunto de constelações (LONGHINI, 2010). Assim, as estrelas surgem em horários diferentes a cada dia; por exemplo, se elas aparecem às 19 horas em um dia, no próximo será às 18h56min, resultando em uma variação no "cenário estelar" ao longo das estações, devido ao movimento de translação da Terra. Conseqüentemente, o céu apresenta diferentes configurações ao longo dos dias e estações do ano.

Para determinar a posição de um astro ou constelação no céu, é necessário estabelecer um sistema de coordenadas. Importante mencionar que a distância dos astros é irrelevante aqui, utilizando-se coordenadas angulares para localizá-los na esfera celeste, em relação ao sistema adotado a partir de um ponto central.

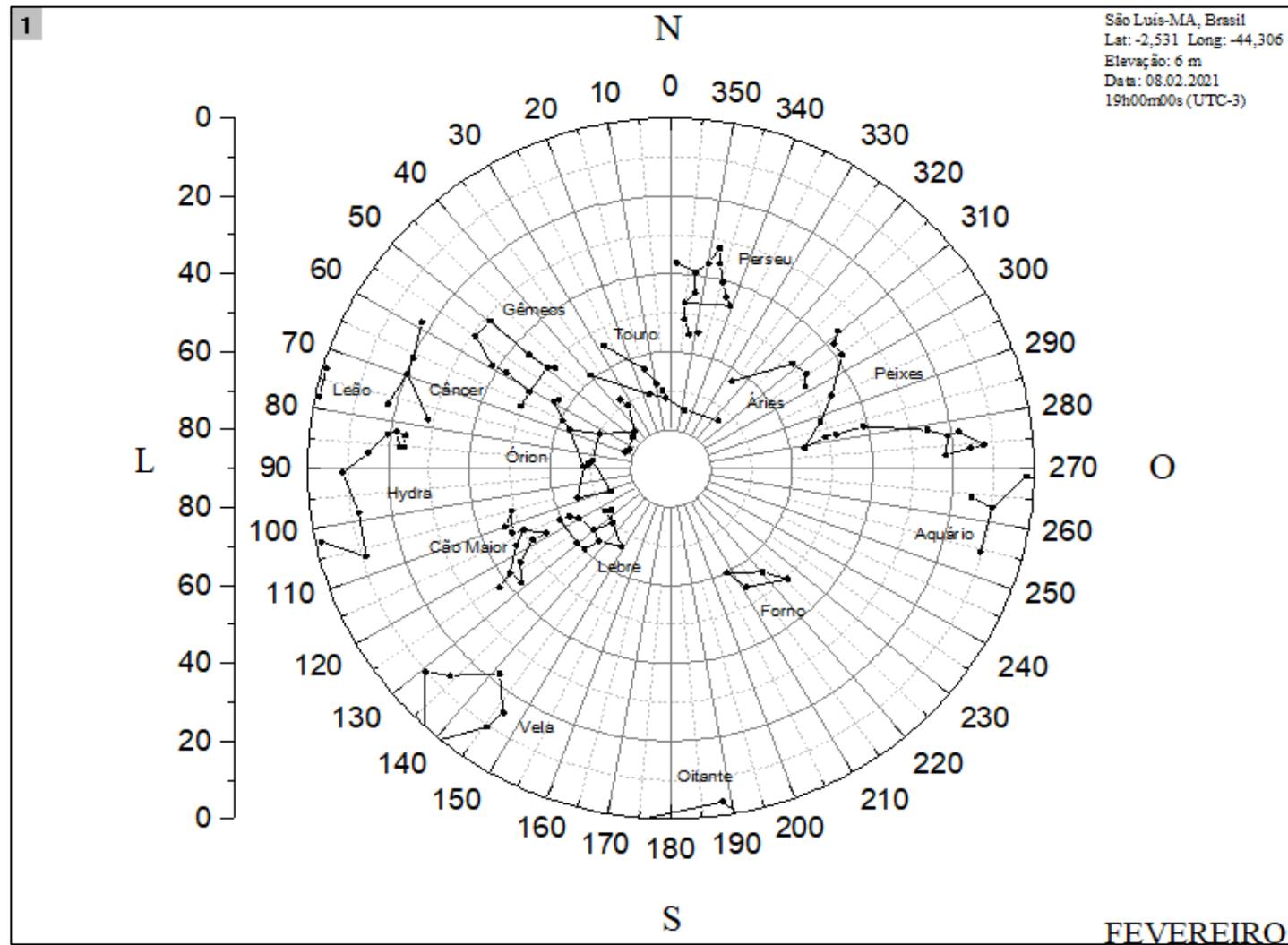
Para facilitar a visualização em cada estação, adota-se uma constelação principal como referência para localizar as demais. As constelações principais para cada estação são: Órion (céu de verão), Leão (céu de outono), Escorpião (céu de inverno) e Pégasus (céu de primavera) (LONGHINI, 2010, p. 29). Assim, são apresentadas as cartas celestes para a região de São Luís do Maranhão nas Figuras 8 a 19, seguindo cada mês do ano.

Figura 8 – Carta celeste do mês de janeiro



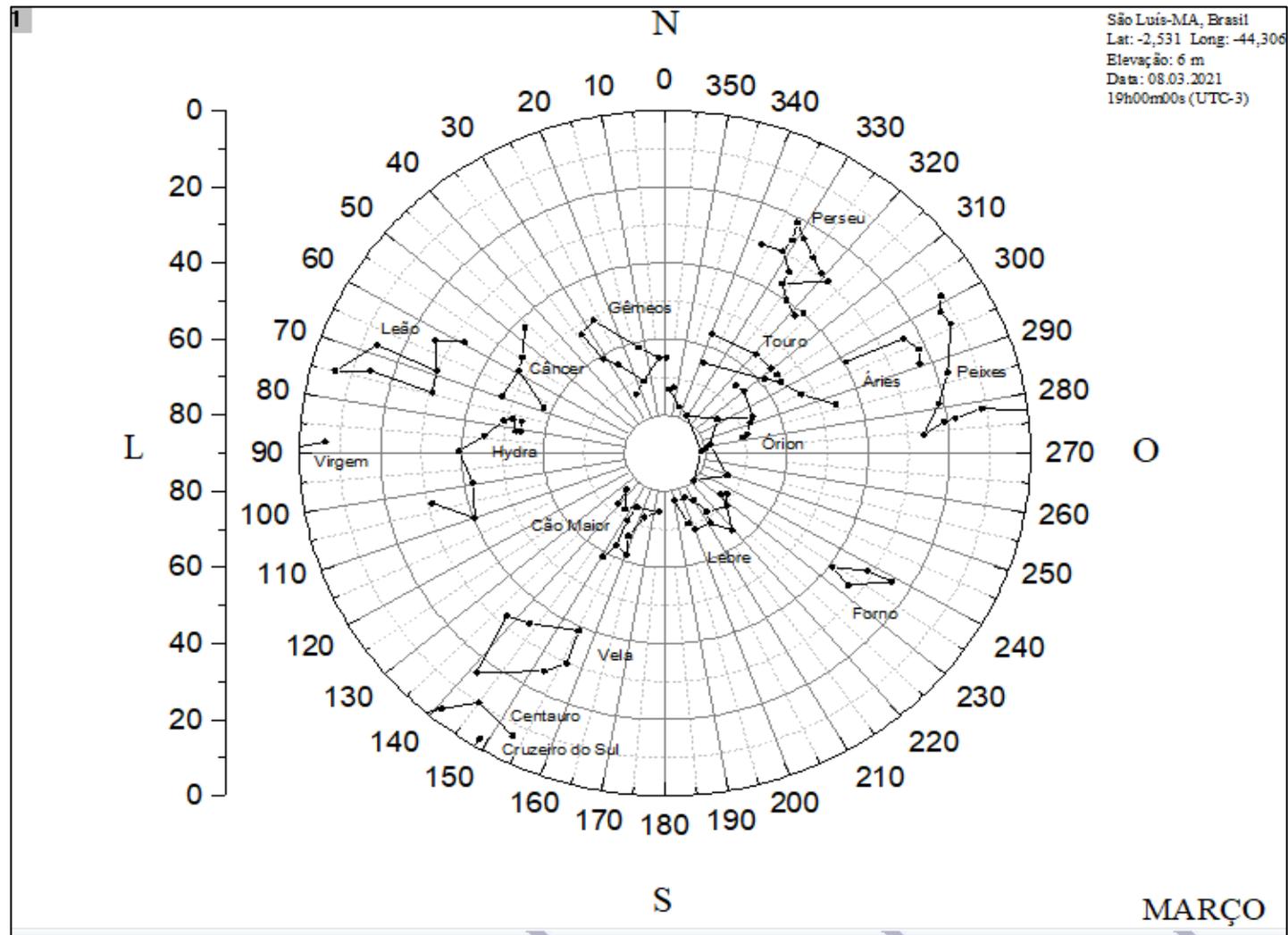
Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

Figura 9 – Carta celeste do mês de fevereiro



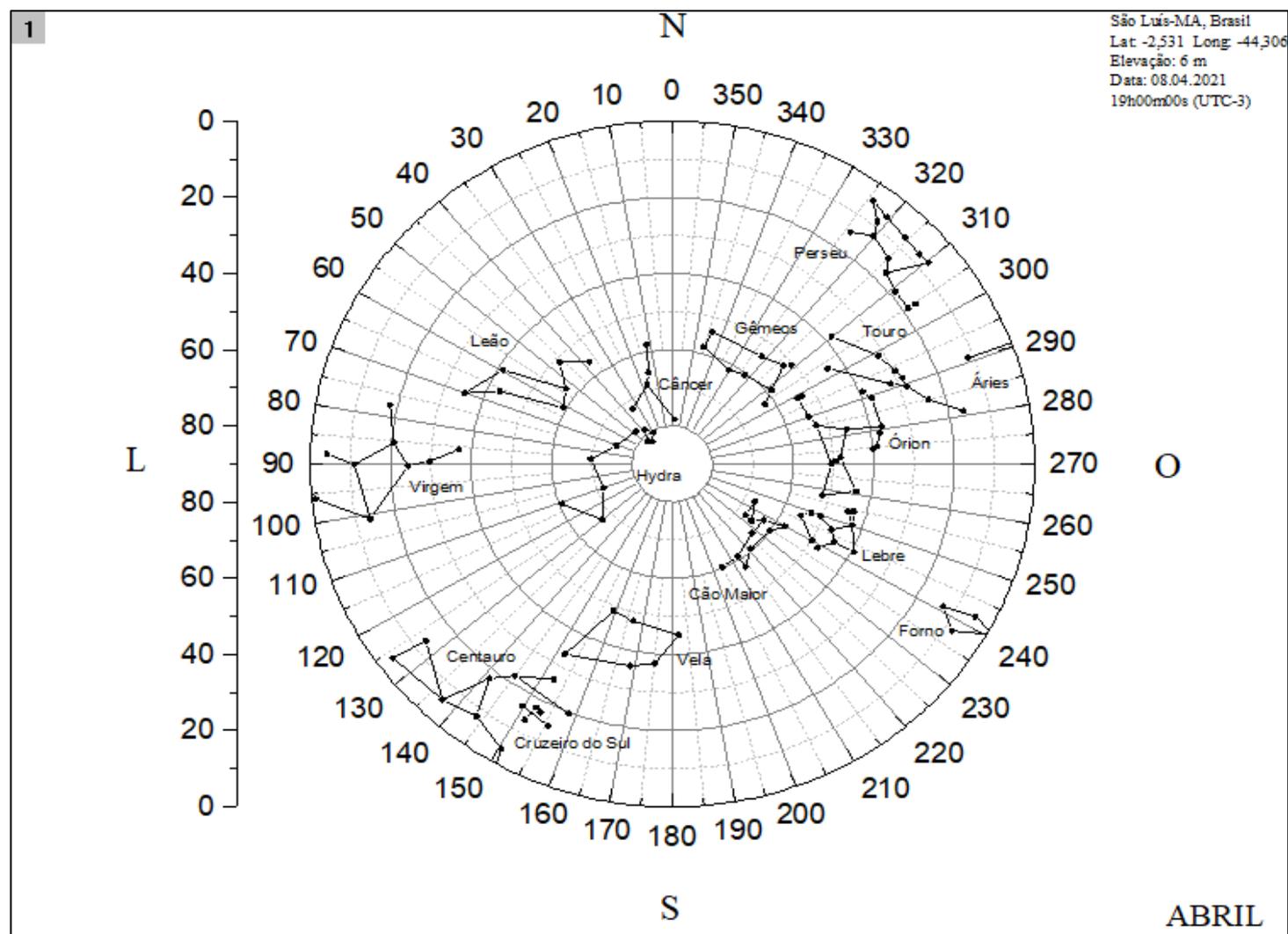
Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

Figura 10 – Carta celeste do mês de março



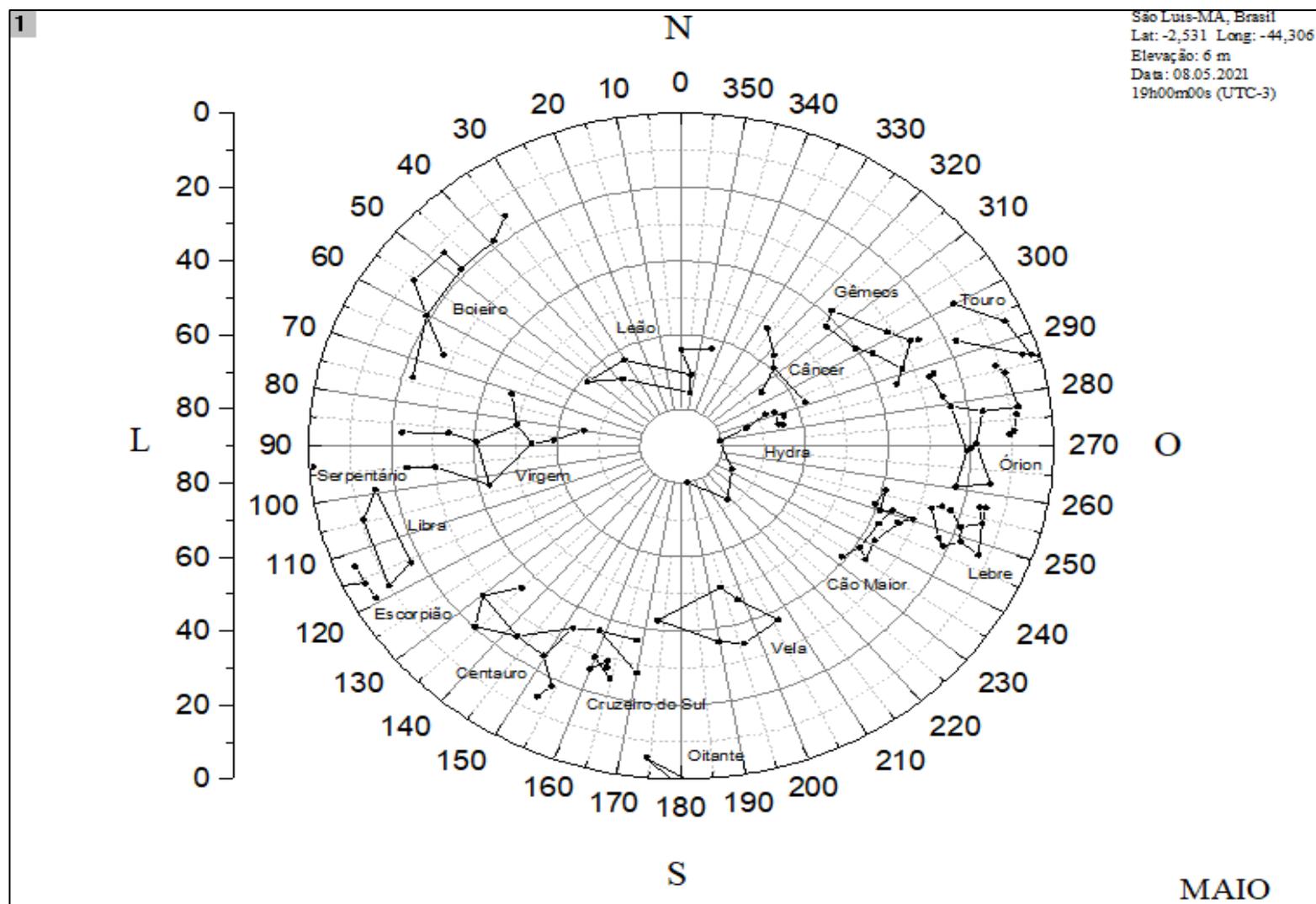
Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

Figura 11 – Carta celeste do mês de abril



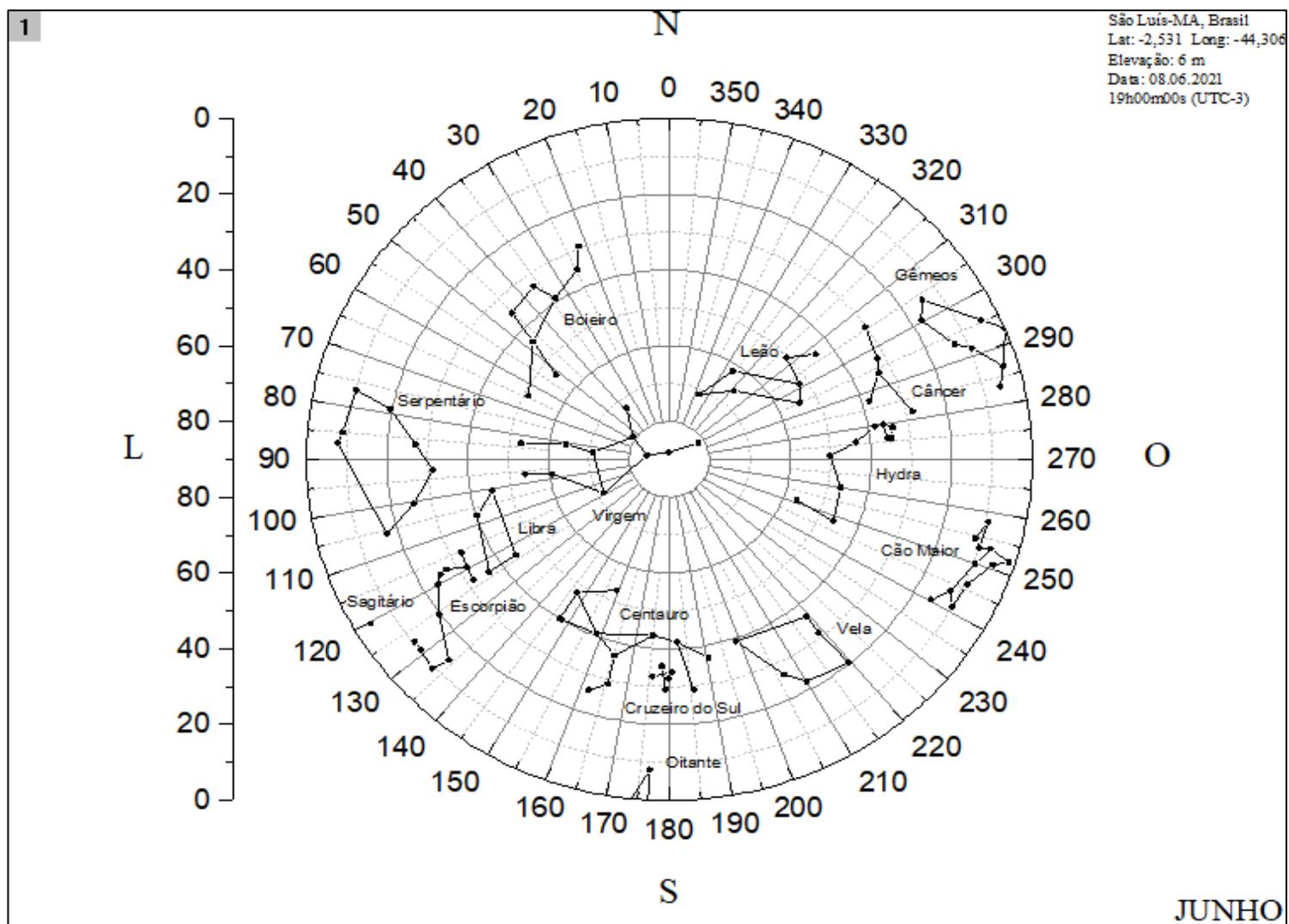
Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

Figura 12 – Carta celeste do mês de maio



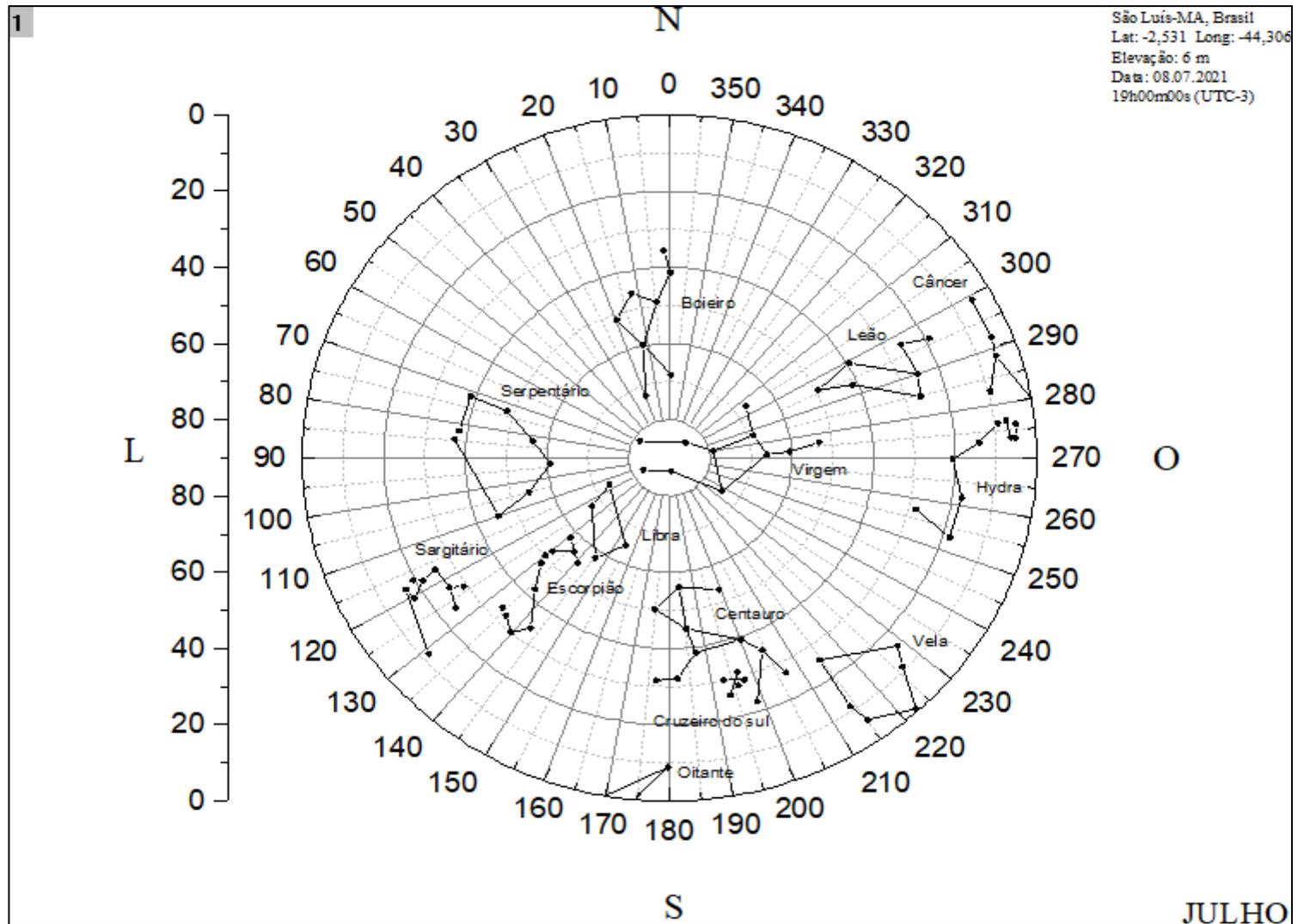
Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

Figura 13 – Carta celeste do mês de junho



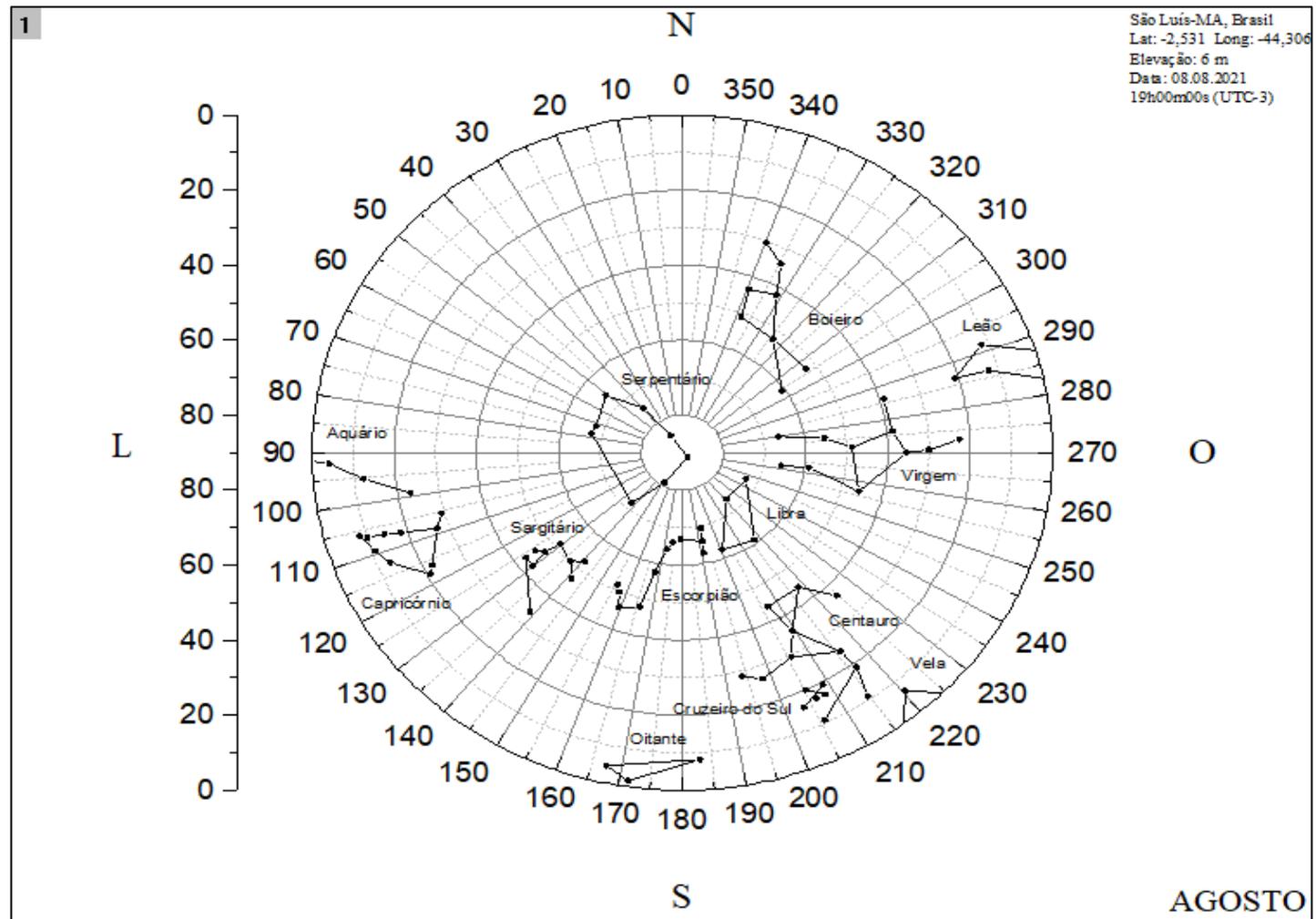
Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

Figura 14 – Carta celeste do mês de julho



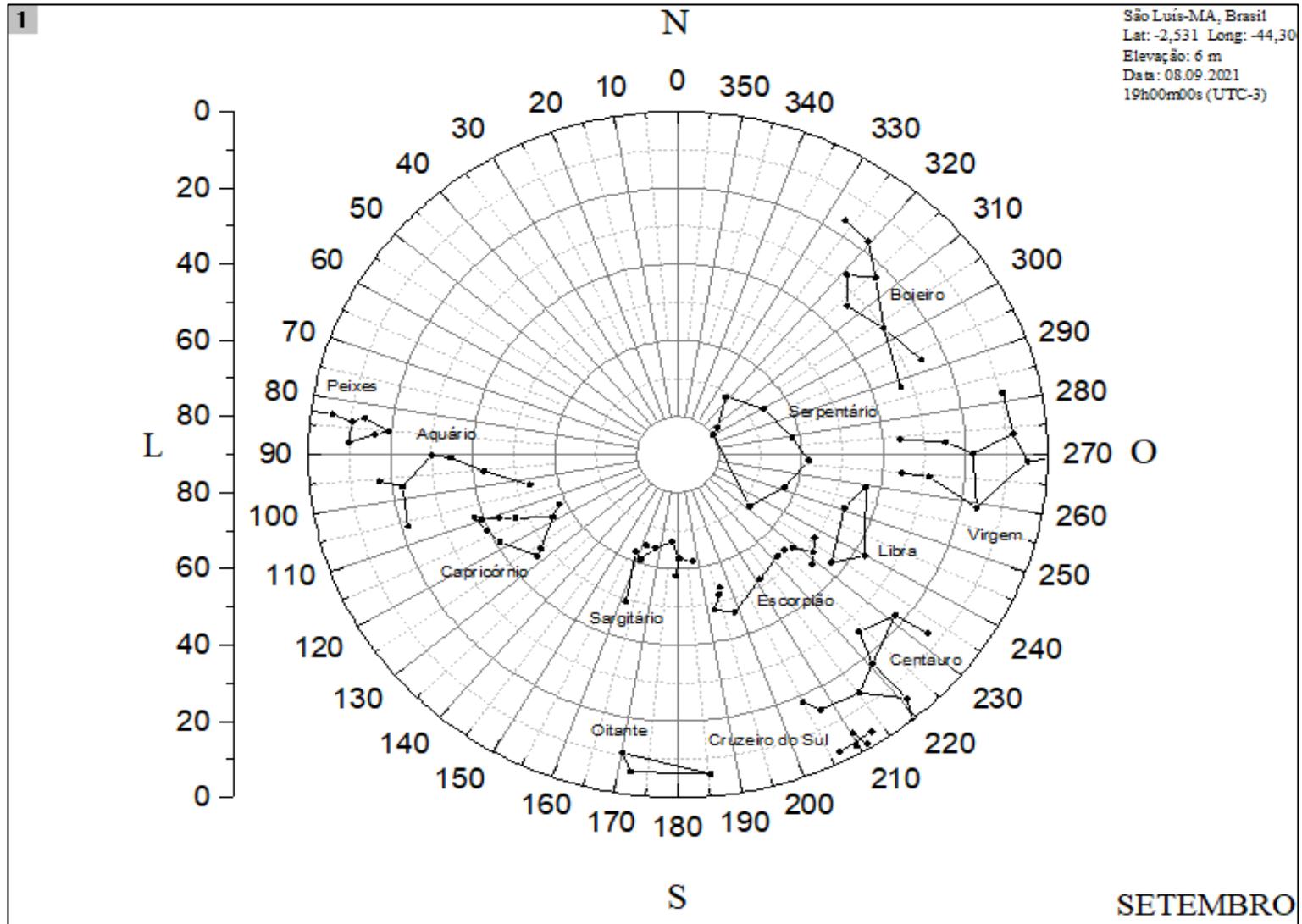
Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

Figura 15 – Carta celeste do mês de agosto



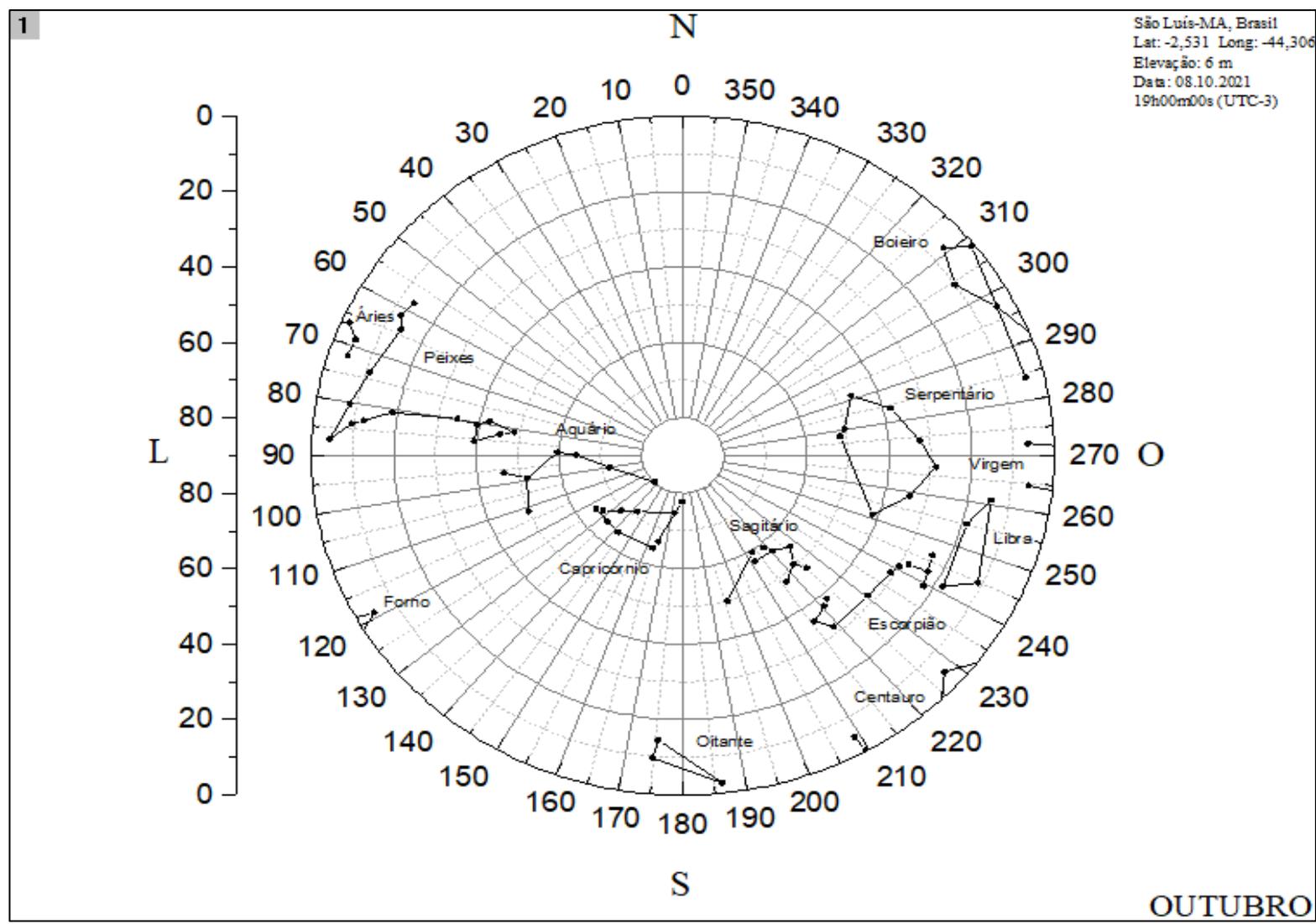
Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

Figura 16 – Carta celeste do mês de setembro



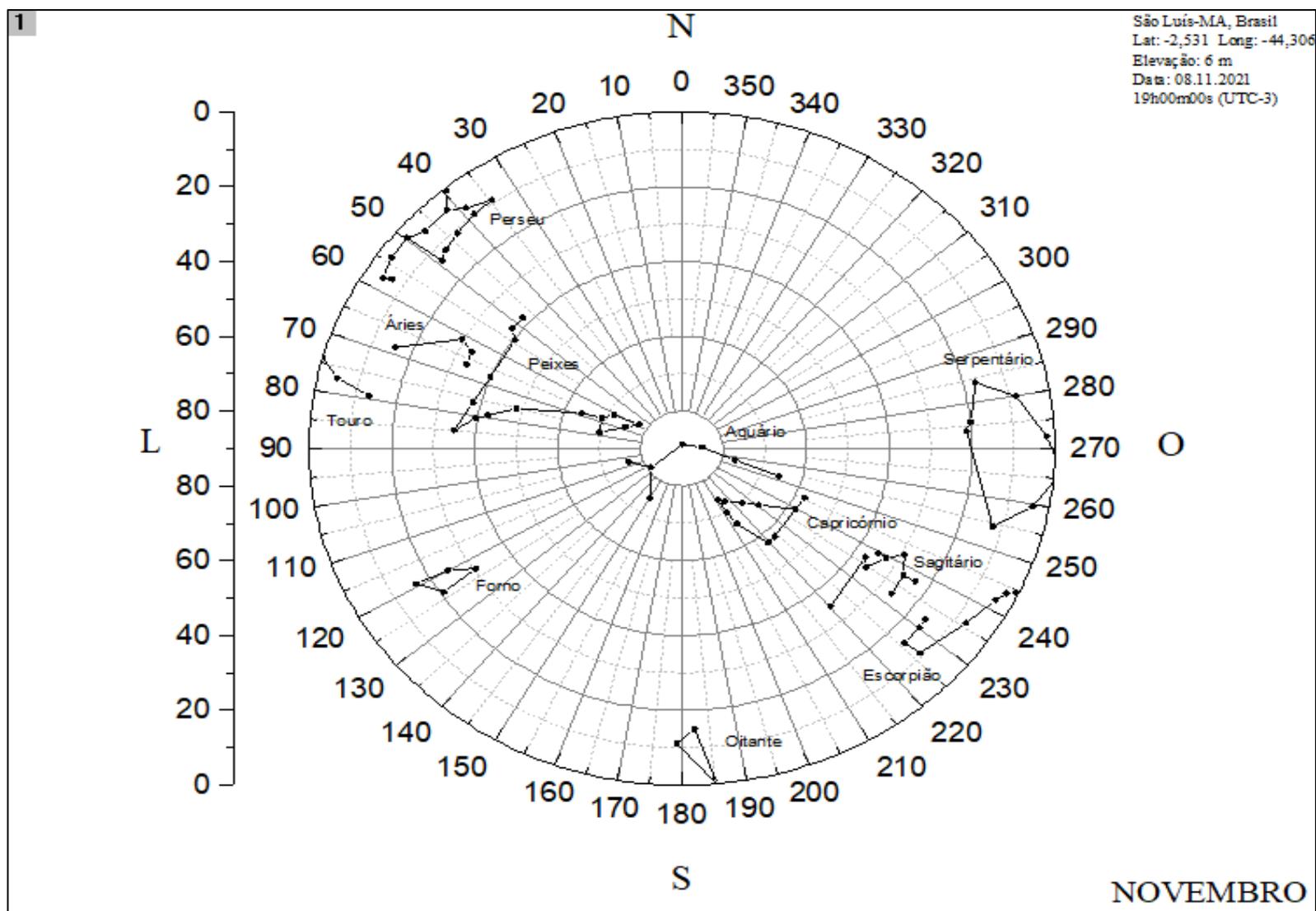
Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

Figura 17 – Carta celeste do mês de outubro



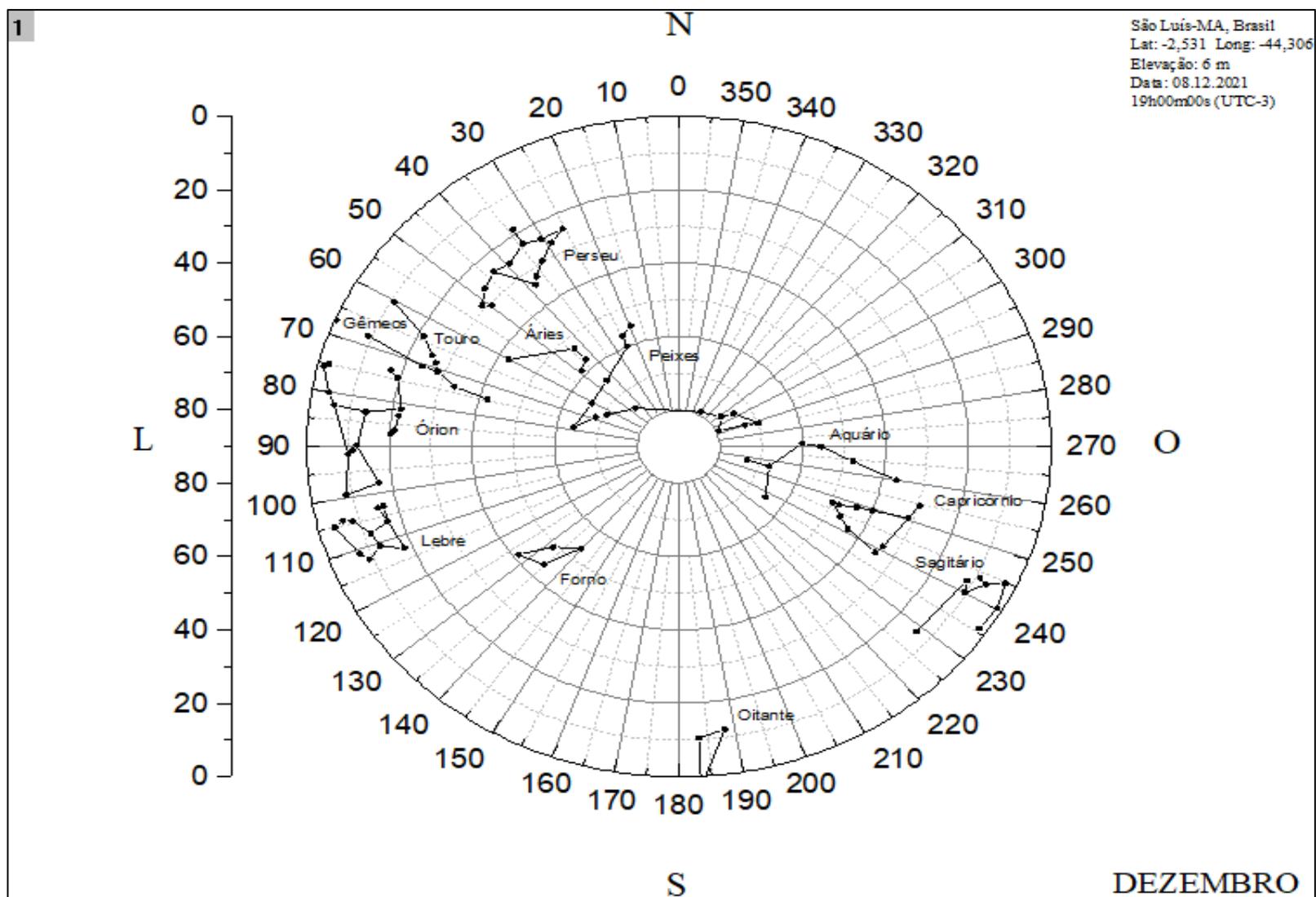
Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

Figura 18 – Carta celeste do mês de novembro



Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

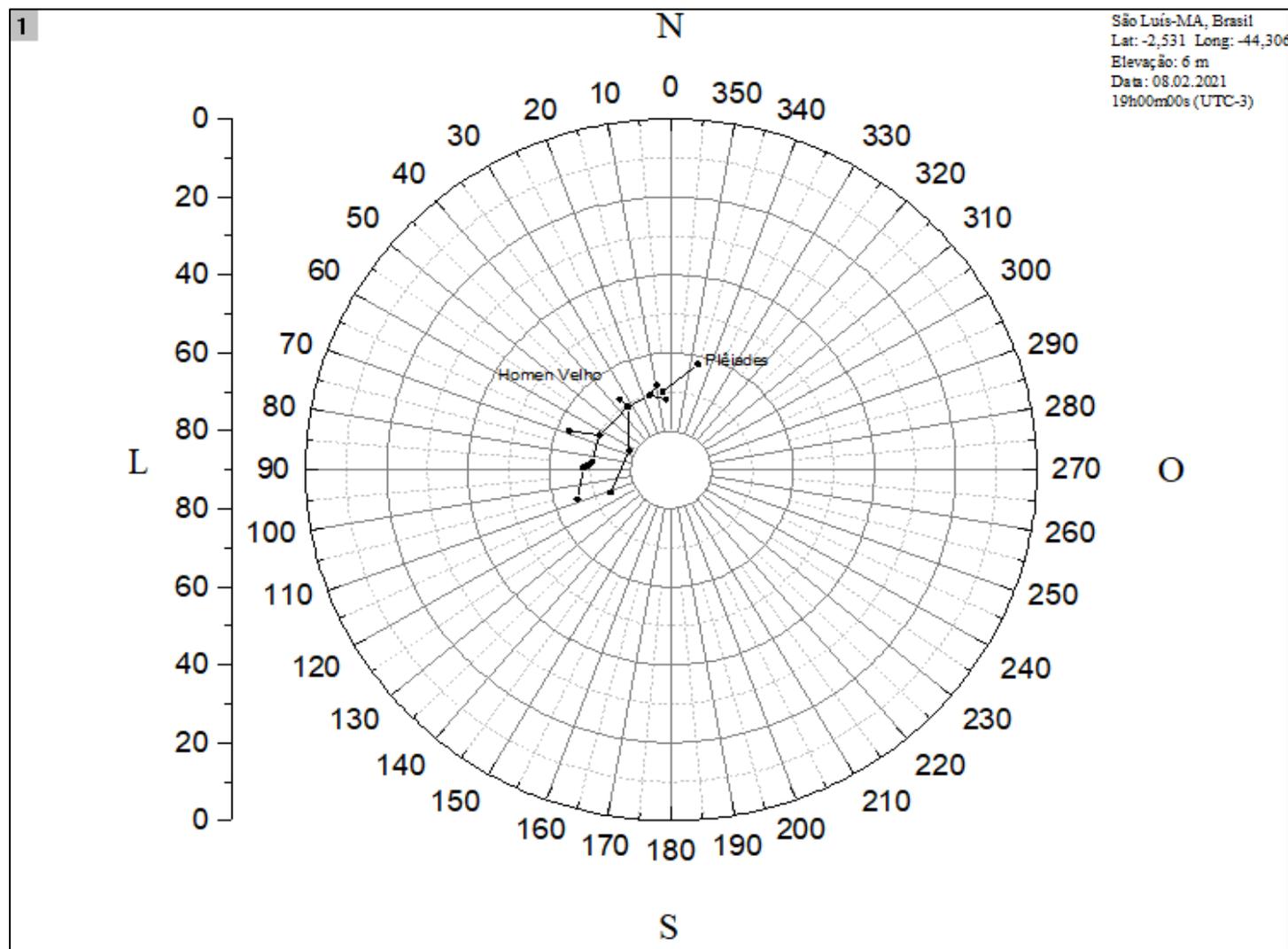
Figura 19 – Carta celeste do mês de dezembro



Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

Como um bônus foi elaborada a carta celeste contendo a "Constelação do Homem Velho", Figura 20, dos Índios Tupinambás do Maranhão. Optou-se por incluir apenas esta constelação devido à complexidade na construção das demais, que envolve a combinação de diferentes constelações, dificultando o processo. Portanto, seria necessário obter a ascensão reta ( $\alpha$ ) e a declinação ( $\delta$ ) de cada estrela que compunha esta constelação, montar a constelação original e, posteriormente, visualizar a conexão entre as estrelas correspondentes, para então criar a representação utilizando as coordenadas corretas de cada uma no programa Origin.

Figura 20 – Carta Celeste da constelação do Homem Velho



Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

## 5 METODOLOGIA E APLICAÇÃO DA CARTA CELESTE

A metodologia apresentada neste trabalho é de natureza qualitativa. Segundo Minayo (2008), o cerne da pesquisa qualitativa é a objetivação, pois durante a investigação científica é crucial reconhecer a complexidade do objeto de estudo, revisar criticamente as teorias pertinentes, estabelecer conceitos e teorias relevantes, utilizar técnicas de coleta de dados apropriadas e, por fim, analisar todo o material de maneira específica e contextualizada.

A objetivação ajuda a evitar a introdução excessiva de juízos de valor na pesquisa: são os métodos e técnicas adequados que possibilitam a produção de conhecimento aceitável e reconhecido (MINAYO, 2008).

Este trabalho emprega o método observacional, o qual, segundo Gil (2008), consiste na observação e análise de eventos que ocorreram ou estão em curso. Dessa forma, as cartas celestes elaboradas se caracterizam como observacionais, pois baseiam-se em observações das constelações celestes.

No que tange à natureza do problema, optou-se pela pesquisa qualitativa devido ao seu caráter crítico, utilizando técnicas adequadas para coletar os dados necessários, permitindo assim que os estudantes construam suas próprias cartas celestes e compreendam como utilizá-las conforme o dia e horário em sua região.

Na elaboração das cartas celestes, foram selecionadas estrelas pertencentes à faixa do zodíaco, como Peixes, Áries, Touro, Gêmeos, Câncer, Leão, Virgem, Libra, Ofiúco, Escorpião, Sagitário, Capricórnio e Aquário. Além dessas, foram escolhidas as constelações Órion, Forno, Perseu, Lebre, Cão Maior, Vela, Centauro, Serpentário, Boieiro, Oitante, Hydra e Cruzeiro do Sul, além de uma Carta Celeste separada para a constelação dos índios Tupinambás do Maranhão, conhecida como “Constelação do Homem Velho”.

É importante destacar que o cálculo para cada estrela é similar; assim, foi selecionada apenas a estrela “Beta Crux” (Mimosa), parte da constelação do “Cruzeiro do Sul”, para ilustrar o cálculo a partir da latitude de São Luís do Maranhão. Os cálculos para as demais estrelas seguem o mesmo padrão, com variações apenas na ascensão reta ( $\alpha$ ) e na declinação ( $\delta$ ), constantes ao longo de 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 calcular o ângulo horário através dessas coordenadas equatoriais. Este ângulo foi obtido pela soma da declinação com o tempo sideral local calculado para cada uma das estrelas presentes nesta Carta, concluindo com os cálculos das coordenadas altazimutais (azimute e altura).

A partir dos resultados das coordenadas horizontais para a estrela Beta Crux encontrados nesta pesquisa, realizou-se uma comparação com o programa Stellarium. De acordo com os resultados obtidos, observa-se que os valores de Az e h determinados neste estudo são compatíveis com os do software, apresentando uma diferença inferior a um grau tanto para o azimute quanto para a altura. Isso confirma a premissa de que, embora este método simplificado não leve em conta as correções periódicas das coordenadas, é possível construir uma carta celeste confiável.

Os valores de Az e h para a estrela Beta Crux, encontrados neste estudo, são  $155,691148235^{\circ}/15,9440372936^{\circ}$ , e ao compará-los com os valores obtidos no software Stellarium para o mesmo dia, tem-se  $155,4527777778^{\circ}/15,3083333333^{\circ}$ , resultando em uma diferença inferior a 1 (um) grau para ambas as coordenadas horizontais.

A aplicação desta sequência visa aprimorar o engajamento dos entusiastas da ciência dentro e fora da sala de aula ao explorar conceitos e teorias em Astronomia, que requerem o domínio da Física como ferramenta para esclarecer alguns fenômenos celestes. A ideia central era integrar o estudo do Universo ao ambiente escolar, utilizando esquemas desenvolvidos pelos alunos e explorando diversas situações que contribuem para a construção de conceitos e teoremas científicos ao longo do tempo.

Neste contexto, o que foi proposto neste trabalho é o aprimoramento das aulas de Física, tornando-as mais dinâmicas por meio da integração com o estudo da Astronomia. Os momentos pedagógicos incluíram aulas teóricas, atividades de observação celeste com o uso do programa Stellarium, orientações geográficas e o uso da carta celeste para localização e observação de estrelas e constelações no céu, além de incentivar a participação em olimpíadas de conhecimento científico.

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 de natureza observacional, focando na construção e observação de cartas celestes para tornar as aulas de Física significativas através do estudo da Astronomia. Para isso, foram utilizadas metodologias ativas, que segundo Morán (2015), são caminhos para aprofundar o conhecimento, desenvolver competências socioemocionais e explorar novas práticas como o ensino híbrido.

Este estudo proporcionou aos estudantes uma metodologia que, conforme Morán (2015), integrou aprendizagens presenciais durante o curso de Astronomia com aulas remotas quando a presença física na escola não foi possível. Isso permitiu aos alunos a flexibilidade de aprender online ou presencialmente com colegas, mediados pelo orientador no processo de ensino-aprendizagem.

Durante o desenvolvimento dos cálculos para elaboração das cartas celestes, o objetivo é incentivar os estudantes a dialogar sobre as atividades propostas de observação utilizando essas cartas, e sobre os métodos para realizá-las. A utilização da tecnologia possibilitou a observação do céu mesmo durante o dia, ressaltando a importância do acesso amplo à tecnologia para todos os alunos, independentemente de sua situação econômica. Segundo Morán (2015), um aluno não conectado e sem habilidades digitais perde oportunidades importantes de informação, acesso a materiais ricos, comunicação, visibilidade, publicação de ideias e de aumentar suas oportunidades na formação profissional futura.

### **5.1 Como a elaboração das cartas celestes auxiliou no meu desenvolvimento educacional e no dos meus alunos?**

A elaboração das cartas celestes foi um marco significativo no meu desenvolvimento educacional e no dos meus alunos. Durante todo o processo de criação deste Produto Educacional, enfrentei diversos momentos de dúvidas e incertezas, que gradualmente se transformaram em realizações e aprendizados através da experiência adquirida com muitas horas de pesquisa, aulas e formações em Astronomia aplicadas à contextualização com a Física em sala de aula.

Esses momentos de aprendizado possibilitaram uma nova abordagem na palavra "ensinar". Os estudantes tornaram-se protagonistas do seu próprio aprendizado, pois utilizamos uma metodologia ativa que vai além dos cálculos abstratos da Física, proporcionando uma compreensão

mais profunda das ciências naturais. Eles foram desafiados a sair de suas zonas de conforto, refletindo e encontrando soluções para os fenômenos observados durante as aulas de Astronomia, o que reforçou a ideia de que tudo está interligado dentro dessas disciplinas.

Para utilizar as cartas celestes, os estudantes primeiramente precisaram aprender a se localizar geograficamente. Durante esse processo, perceberam que ao longo do tempo, o céu observado assumia formas diferentes das anteriores. Os astros e constelações pareciam mover-se em um sentido contrário ao da Terra, revelando o fluxo constante do tempo e as variações causadas pelo movimento de rotação do planeta. Ao comparar o céu com a carta celeste, tentaram identificar as constelações visíveis e acompanharam como o céu se comportava em relação ao chão local. Notaram que, após cerca de duas horas, o céu se assemelhava mais à próxima carta celeste do que à anteriormente utilizada. Com o tempo, entenderam em conjunto com os colegas que ao longo dos meses o céu assume diferentes aparências, resultantes da translação da Terra em torno do Sol, conforme as Leis de Kepler e a Gravitação de Newton. Essa compreensão foi reforçada pela explicação de que esse fenômeno só pôde ser explicado e comprovado no século XIX com a aberração das estrelas.

Consequentemente, tanto estudantes quanto professores perceberam que esse movimento aparente pode ser explicado por Leis Físicas que são evidenciadas por cálculos matemáticos. O que inicialmente era apenas uma observação se tornou tangível para os alunos, facilitando sua compreensão dos fenômenos celestes e proporcionando uma educação mais enriquecedora e contextualizada.

## 6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A elaboração da primeira carta celeste de São Luís do Maranhão surgiu da necessidade de superar desafios educacionais significativos, especialmente a falta de formações contínuas para capacitação de professores e a integração da Astronomia com outras ciências. Este projeto revelou as dificuldades cognitivas dos estudantes na assimilação de conceitos astronômicos fundamentais, frequentemente ligados ao ensino de Física.

Desenvolver a capacidade dos alunos de criar esquemas conceituais foi essencial para compreender aspectos como a esfera celeste, associando seu movimento à rotação da Terra em torno de seu eixo durante um dia sideral. Adicionalmente, eles adquiriram noções de latitude astronômica e geográfica, coordenadas altazimutais, sistemas horários e equatoriais, escalas de tempo e trigonometria esférica. A familiarização com aplicativos computacionais para cálculos e geração de gráficos foi crucial para elaborar 12 cartas celestes abrangentes ao longo do ano.

A incorporação das cartas celestes como recurso pedagógico demonstrou melhorar significativamente o interesse e a compreensão dos estudantes nas Ciências Exatas, integrando teoria e prática de maneira eficaz. Este recurso educacional pode ser aplicado para a investigação do céu celeste em qualquer lugar, seguindo o procedimento adotado, o que amplia seu potencial de utilização e impacto.

Para estudos futuros, é essencial aprofundar o desenvolvimento das cartas celestes em São Luís, considerando aspectos como a luminosidade das estrelas para o estudo avançado da Astronomia de Posição. Embora não tenha sido possível explorar este tema devido às circunstâncias da pandemia e ao tempo limitado após o retorno das atividades escolares, ele representa um campo promissor para novas pesquisas na região. Tal aprofundamento contribuirá para o avanço do conhecimento astronômico local e educacional, promovendo uma melhor compreensão dos fenômenos celestes em diferentes contextos geográficos.

## REFERÊNCIAS

- IRINEU, J. E. de O. Construção de uma carta celeste para o ensino de Astronomia: Uma sequência de ensino investigativa fundamentada na Teoria dos Campos Conceituais de Gerard Vergnaud. 2022. 314 f. Dissertação (Programa de Pós-graduação em Rede - Ensino de Física em Rede Nacional/CCET) - Universidade Federal do Maranhão, São Luís, 2022.
- 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. 2ª 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.
- LONGHINI, M. D. **Educação em Astronomia**: experiências e contribuições para a prática pedagógica. Campinas, SP: Editora Átomo, 2010.
- 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](http://www2.eca.usp.br/moran/wp-content/uploads/2013/12/mudando_moran.pdf). Acesso em: 29 set. 2021.
- 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.
- YAMAMOTO, K. **Física para o Ensino Médio, vol. 1**. São Paulo: Saraiva, 2016.

## APÊNDICE – Cálculos da 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  $B$ 

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

$$A_1 = 20$$

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

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

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

$$B = -13$$

**1. Cálculo do Dia Juliano (JD)**

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

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

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

$$JD = 2459221,41667$$

**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 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

$$AH = TSL - \alpha$$

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

$$AH = 13,4722524179$$

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

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

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)

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

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

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

$$JD = 2459251,41667$$

### 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 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

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

$$h = \text{sen}^{-1}[\text{sen}(-59,68873) \cdot \text{sen}(-2,5308333334) + \cos(-59,68873) \cdot \cos(-2,53308333334) \cdot \cos(231,653196268)]$$

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

$$h = -15,9440372936$$

### 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 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

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

$$h = \text{sen}^{-1}[\text{sen}(-59,68873) \cdot \text{sen}(-2,5308333334) + \cos(-59,68873) \cdot \cos(-2,53308333334) \cdot \cos(262,208250315)]$$

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

$$h = -1,7326578517$$

### 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)

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

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)

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

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

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

$$GST = 11,2667015466$$

### 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

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

$$h = \text{sen}^{-1}[\text{sen}(-59,68873) \cdot \text{sen}(-2,5308333334) + \cos(-59,68873) \cdot \cos(-2,53308333334) \cdot \cos(292,763306532)]$$

$$h = \text{sen}^{-1}[0,2332102307]$$

$$h = 13,4861454512$$

#### 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)

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

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)

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

$$GST = 0,0657098 * 128 - [24 - 2910,7669071942 + 24 * (2021 - 1900)] + 1,00273790935 * 22$$

$$GST = 8,4108544 - [24 - 2910,7669071942 + 2904] + 22,0602340046$$

$$GST = 13,2379955988$$

### 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

$$AH = TSL - \alpha$$

$$AH = 10,284217821 - 12,79537$$

$$AH = -2,511152179 \quad (y)$$

$$AH = -2,511152179 + 24$$

$$AH = 21,488847821$$

$$AH_{\text{graus}} = 322,332717315$$

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)

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

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)

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

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

$$TSL = 15,2749992712 - \frac{44,3066666667}{15}$$

$$TSL = 12,3212214934$$

### 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

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

$$h = \text{sen}^{-1}[\text{sen}(-59,68873) \cdot \text{sen}(-2,5308333334) + \cos(-59,68873) \cdot \cos(-2,53308333334) \cdot \cos(352,887772401)]$$

$$h = \text{sen}^{-1}[0,5384461596]$$

$$h = 32,5779247171$$

### 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

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

$$h = \text{sen}^{-1}[\text{sen}(-59,68873) \cdot \text{sen}(-2,5308333334) + \cos(-59,68873) \cdot \cos(-2,53308333334) \cdot \cos(22,457182401)]$$

$$h = \text{sen}^{-1}[0,5040894785]$$

$$h = 30,2709285537$$

### 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

$$M = M$$

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

$$M = 08$$

$$A_{no} = 2021$$

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)

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

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

$$JD = -13 + 738170 + 275 + 8 + 22/24 + 1720994,5$$

$$JD = 2459435,4166667$$

### 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)

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

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)

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

$$GST = 0,0657098 * 220 - [24 - 2910,7669071942 + 24 * (2021 - 1900)] + 1,00273790935 * 22$$

$$GST = 14,456156 - [17,2330928058] + 22,060233877$$

$$GST = 19,2832970712$$

## 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

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

$$h = \text{sen}^{-1}[\text{sen}(-59,68873) \cdot \text{sen}(-2,5308333334) + \cos(-59,68873) \cdot \cos(-2,53308333334) \cdot \cos(53,012239401)]$$

$$h = \text{sen}^{-1}[0,3414728007]$$

$$h = 19,9666304705$$

### 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)

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

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

$$TSL = 21,3203008712 - \frac{44,3066666667}{15}$$

$$TSL = 18,3665230934$$

### 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)

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

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)

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

$$GST = 0,0657098 * 281 - [24 - 2910,7669071942 + 24 * (2021 - 1900)] + 1,00273790935 * 22$$

$$GST = 18,4644538 - [24 - 2910,7669071942 + 2904] + 22,060233877$$

$$GST = 23,2915948712$$

## 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

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

$$h = \text{sen}^{-1}[\text{sen}(-59,68873) \cdot \text{sen}(-2,5308333334) + \cos(-59,68873) \cdot \cos(-2,53308333334) \cdot \cos(113,136706401)]$$

$$h = \text{sen}^{-1}[-0,159994893]$$

$$h = -9,206599793$$

### 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 NOVEMBRO

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)

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

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)

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

$$GST = 0,0657098 * 312 - [24 - 2910,7669071942 + 24 * (2021 - 1900)] + 1,00273790935 * 22$$

$$GST = 20,5014576 - [24 - 2910,7669071942 + 2904] + 22,060233877$$

$$GST = 25,3285986712$$

## 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

$$AH = TSL - \alpha$$

$$AH = 22,3748208934 - 12,79537$$

$$AH = 9,5794508934 \quad (y)$$

$$AH_{\text{graus}} = 143,691763401$$

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

### 9. Cálculo da altura

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

$$h = \text{sen}^{-1}[\text{sen}(-59,68873) \cdot \text{sen}(-2,53083333334) + \cos(-59,68873) \cdot \cos(-2,53308333334) \cdot \cos(143,691763401)]$$

$$h = \text{sen}^{-1}[-0,3681897011]$$

$$h = -21,6040147079$$

### 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

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

$$h = \text{sen}^{-1}[\text{sen}(-59,68873) \cdot \text{sen}(-2,5308333334) + \cos(-59,68873) \cdot \cos(-2,53308333334) \cdot \cos(173,261173401)]$$

$$h = \text{sen}^{-1}[-0,4626012055]$$

$$h = -27,5550863323$$

### 10. Cálculo do Azimute

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

$$Az = \cos^{-1} \left[ \frac{\text{sen}(-59,68873) - \text{sen}(-2,5308333334) \cdot \text{sen}(-27,5550863323)}{\cos(-2,5308333334) \cdot \cos(-27,5550863323)} \right]$$

$$Az = \cos^{-1} \left[ \frac{(-0,883723381)}{(0,8857017268)} \right]$$

$$Az = 176,1697611326$$

$$Az = 360 - 176,1697611326$$

$$Az = 183,8302388674$$

Realizado o Depósito legal na Biblioteca Nacional conforme a Lei nº 10.994, de 14 de dezembro de 2004.

TÍTULO	CARTA CELESTE DE SÃO LUÍS DO MARANHÃO
AUTOR	Jorge Emanoel de Oliveira Irineu Antonio José Silva de Oliveira Artur Justiniano Roberto Junior
ORGANIZAÇÃO	Edson Firmino Viana de Carvalho
PROJETO GRÁFICO E CAPA	Jorge Emanuel de Oliveira Irineu
PÁGINAS	109
FORMATO	155 x 240 mm
TIPOGRAFIA	Times New Roman   CORPO Times New Roman   TÍTULOS

APOIO



**MNPEF**  
Mestrado Nacional  
Profissional em  
Ensino de Física



**iema**  
Instituto de Educação, Ciência  
e Tecnologia do Maranhão