

b. CARTAS CELESTES DO ALMANAQUE NÁUTICO

O Almanaque Náutico apresenta 4 Cartas Celestes, duas na Projeção Polar Azimutal Eqüidistante, centradas, respectivamente, no Pólo Norte e no Pólo Sul Celeste e abrangendo até a Declinação de 10° em cada hemisfério, e duas na Projeção de Mercator, apresentando as **estrelas equatoriais**, situadas na faixa de Declinação de 30°N a 30°S , sendo uma de ARV 000° a 180° e a outra de ARV 180° a 360° .

Tais cartas, apresentadas nas páginas 275 e 276, são destinadas à identificação de estrelas. Elas apresentam as posições relativas das estrelas no céu, como vistas da Terra e as configurações das principais constelações. As estrelas de cada constelação são ligadas por linhas pontilhadas. As constelações são identificadas por seus nomes e as estrelas principais por seus nomes e número de referência. As cartas são baseadas no sistema de Coordenadas Equatoriais Uranográficas, usando Declinação e Ascensão Reta Versa.

O Zênite do observador pode ser localizado nas Cartas Celestes do Almanaque Náutico conforme anteriormente mencionado, isto é, sua Latitude é plotada com relação aos paralelos de Declinação e o meridiano local a qualquer instante pode ser localizado nas cartas por meio de sua Ascensão Reta Versa ($ARV = 360^\circ - AHL\gamma$). Com estes dados, pode-se plotar a posição do Zênite em qualquer das 4 Cartas.

Do Zênite ao Horizonte Verdadeiro são 90° . Num globo que represente a Esfera Celeste, com centro no Zênite do observador e raio esférico de 90° , traçando uma circunferência, em seu interior se encontram todos os astros visíveis no momento. Numa carta, devido às distorções, não podemos fazer isso. Como vimos, os círculos se apresentam como ovais distorcidos numa Projeção Azimutal Eqüidistante e, na Projeção de Mercator, poderão ser mostrados como uma elipse, uma parábola ou uma senóide. Temos de recorrer a artifícios para limitar, de modo prático, nosso horizonte nas cartas do Almanaque Náutico.

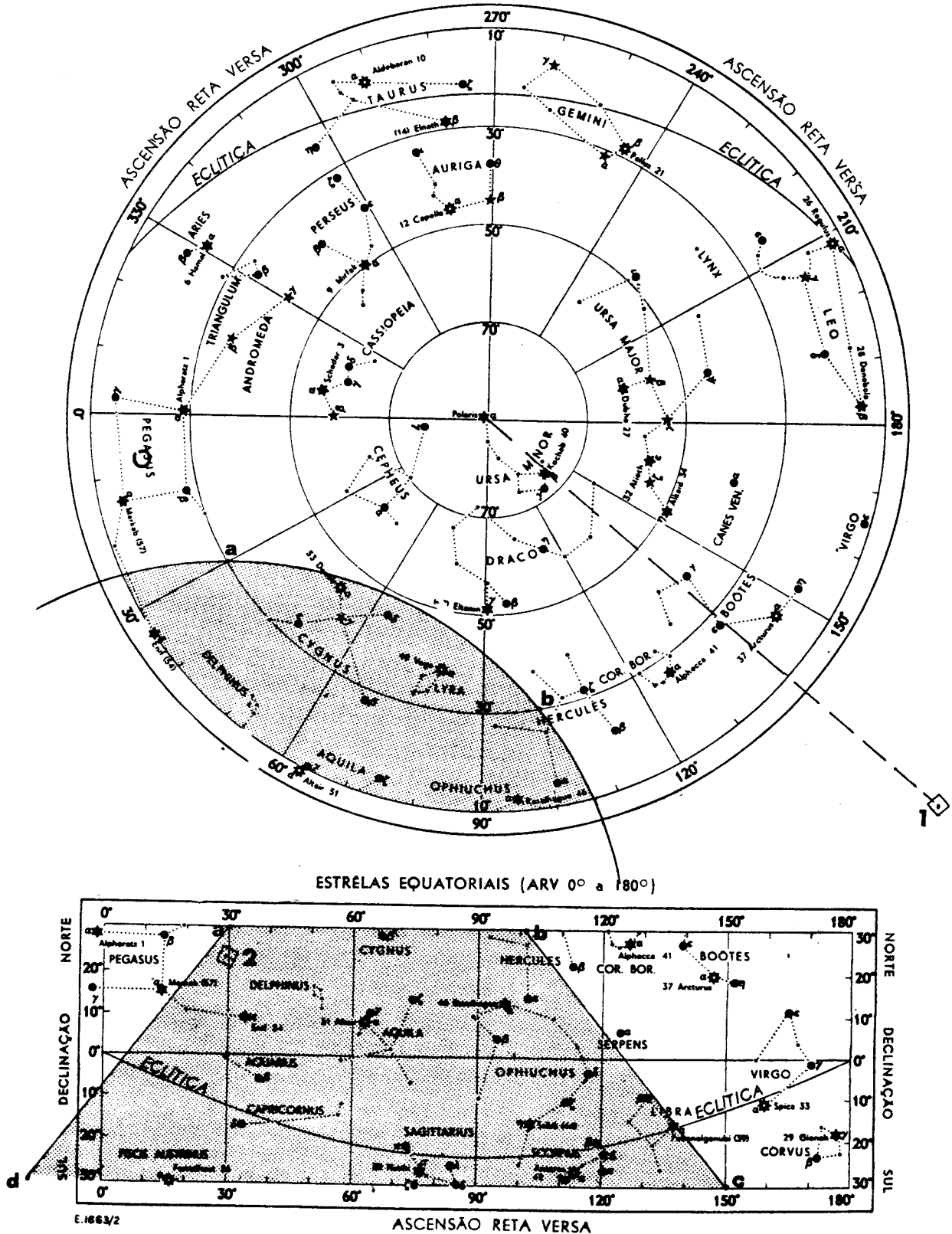
As deformações na Projeção Azimutal Eqüidistante são no sentido dos paralelos de Declinação, pois a projeção é **eqüidistante meridiana**. E, ainda mais, há aumento linear conforme o Zênite se afasta do centro da projeção, e não diminuição. Se, portanto, traçarmos, com centro no Zênite, um círculo de 90° de raio, medido na escala dos meridianos de ARV, estaremos errando para menos, isto é, na verdade não estaremos abrangendo todo o horizonte. Na prática, limitaremos ainda mais, traçando o círculo com 80° de raio, pois, assim, já excluiremos as estrelas que não devemos observar, devido aos efeitos indesejáveis da refração astronômica nas baixas alturas.

Contudo, devemos plotar essa circunferência em ambos os hemisférios, ou seja, tanto no hemisfério do mesmo nome da Latitude, como no de nome contrário. Para isso, prolongamos o raio traçado através da ARV do Zênite além dos limites da carta, e sobre ele, a partir do pólo, tomamos a distância angular entre o pólo considerado e a Latitude do observador, medindo-a na escala radial. Suponhamos, por exemplo, que a ARV do Zênite é 140° e a Declinação 30°S , e queremos plotar essa posição na carta cujo centro é o Pólo Norte: traçamos o raio através de 140° de ARV prolongando-o além do limite da Carta sobre esse raio e, a partir do pólo, medimos 120° (90° do pólo ao Equador e 30° do Equador até a Latitude do observador); o ponto assim determinado é o Zênite. Isso está mostrado na figura 30.16 em linha tracejada, o Zênite sendo indicado por um ponto envolvido por um quadrado e marcado pelo algarismo 1.

Figura 30.16 – Cartas Celestes do Almanaque Náutico (as Seções Sombreadas Representam as Partes do Céu Visíveis no Exemplo Apresentado)

CARTA CELESTE

ESTRELAS DO HEMISFÉRIO NORTE



Com centro no Zênite do observador e com raio de 80° medido na escala radial, traçamos um círculo; dentro desse círculo se encontrarão todas as estrelas que o observador poderá visar, com segurança.

Devido às deformações, nem as distâncias nem as direções azimutais podem ser obtidas. Podemos dizer apenas se o astro está a Leste ou a Oeste do observador, pois:

- Se $ARV^* < ARV$ do Zênite \rightarrow o astro está a E do observador; e
- Se $ARV^* > ARV$ do Zênite \rightarrow o astro está a W do observador,

ou se está ao Norte ou ao Sul, facilmente determinado pelos valores e nomes das respectivas Declinações. Se ambos estão no mesmo meridiano (mesma ARV), a direção azimutal será N-S; se ambos estão no mesmo paralelo de Declinação, ela será E-W.

Falta determinar, ainda, os astros que estão na faixa de Declinação de 10° N a 10° S, que não é abrangida pelas cartas na Projeção Azimutal Eqüidistante. Para estes, teremos que trabalhar nas cartas na Projeção de Mercator. Quando traçadas as duas circunferências de 80° de raio, elas cortarão os paralelos de 30° N e 30° S (limites das cartas na Projeção de Mercator) em dois pontos em cada um. Transportam-se estes 4 pontos, por suas coordenadas (ARV e Dec), para as cartas na Projeção de Mercator e, unindo-os por retas, forma-se um quadrilátero: os astros dentro desse quadrilátero estarão acima do horizonte e poderão ser observados. Se a Latitude do observador for menor que 30° , seu Zênite poderá ser plotado na carta celeste na Projeção de Mercator, o que torna mais interessante o estudo. Tal como no caso anterior, devido ao fato de as direções azimutais serem círculos máximos, também não poderemos obter nem as distâncias zenitais (alturas), nem os Azimutes nesta projeção, sendo possível, apenas, determinar que astros estarão acima do horizonte e, portanto, passíveis de observação.

EXEMPLO:

Determinar, pelas Cartas Celestes do Almanaque Náutico, as estrelas que poderiam ser observadas no crepúsculo vespertino do dia 27/09/93 (Hleg 1927), na posição Lat $32^\circ 00,0' S$, Long $018^\circ 23,2' W$.

SOLUÇÃO:

1.
$$\begin{array}{r} \text{Hleg} = 19^{\text{h}} 27^{\text{m}} 00,0^{\text{s}} \\ \text{fuso} = + 01^{\text{h}} \quad (\text{N}) \\ \hline \text{HMG} = 20^{\text{h}} 27^{\text{m}} 00,0^{\text{s}} \end{array}$$
2.
$$\begin{array}{r} \text{AHG}_\gamma (\text{HMG } 20^{\text{h}}) = 306^\circ 37,1' \\ \text{acrécimo } 27^{\text{m}} 00,0^{\text{s}} = 06^\circ 46,1' \\ \hline \text{AHG}_\gamma (\text{HMG}) = 313^\circ 23,2' \\ \lambda = 018^\circ 23,2' W \\ \hline \text{AHL}_\gamma = 295^\circ \end{array}$$

3. Assim, as coordenadas uranográficas do Zênite do observador são:

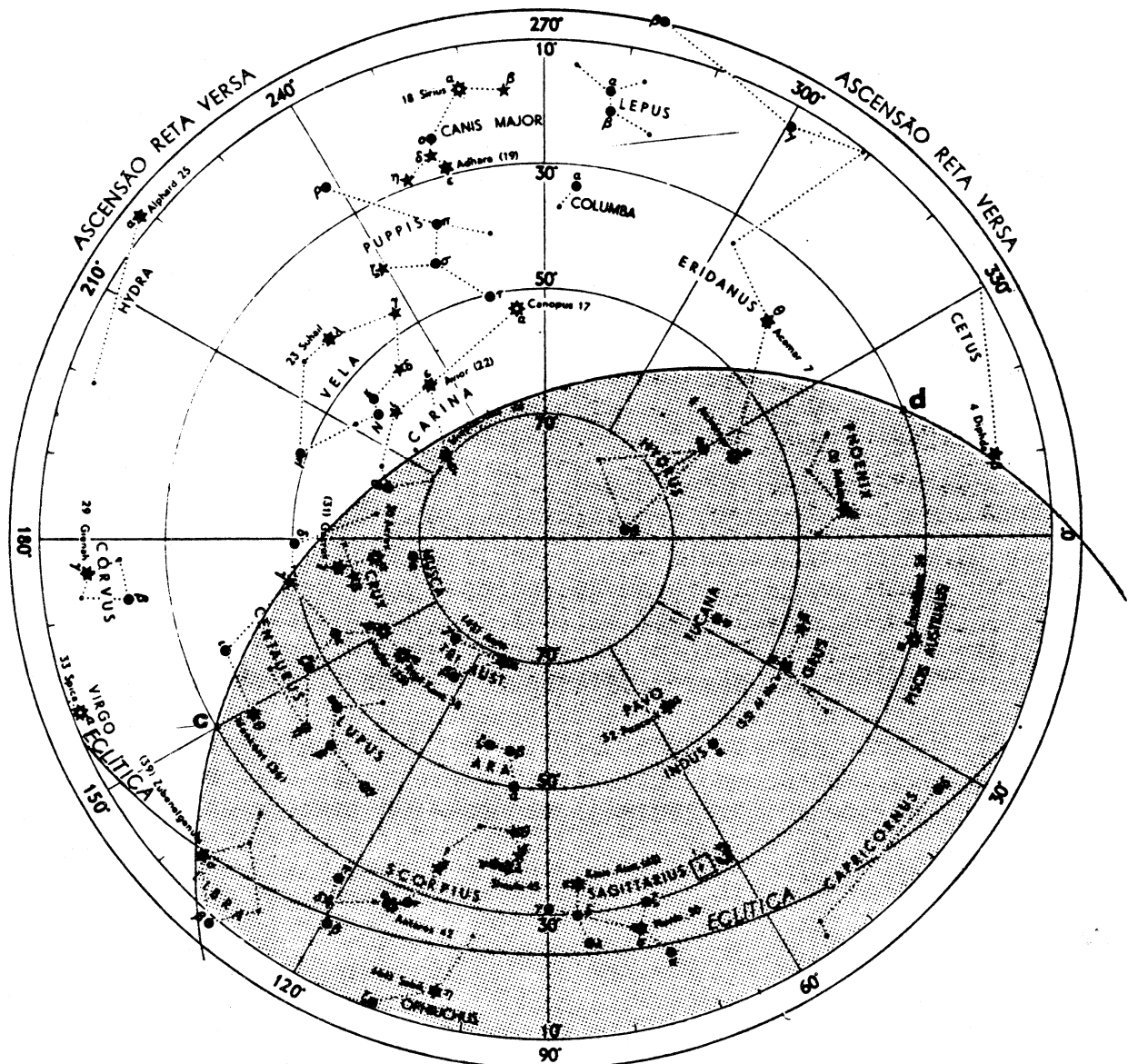
$$\begin{aligned} \text{Dec} &= \text{Lat} = 32^\circ S \\ \text{ARV} &= 360^\circ - \text{AHL}_\gamma = 360^\circ - 295^\circ = 065^\circ \end{aligned}$$

4. Inicialmente, plota-se o Zênite do observador na Carta Celeste na Projeção Polar Azimutal Eqüidistante que tem como centro o Pólo Sul Celeste (pólo elevado), obtendo-se o ponto **3** na figura 30.17. Então, com o compasso com abertura igual a 80° ,

medida na escala radial de Declinação da carta, e com centro no ponto **3**, traça-se o arco de circunferência que delimita o espaço do céu que contém as estrelas visíveis para o observador naquele instante. Para melhor definição, esta parte é mostrada sombreada na figura 30.17.

Figura 30.17 - Carta Celeste do Almanaque Náutico (a Seção Sombreada Representa a Parte do Céu Visível no Exemplo Apresentado)

**CARTA CELESTE
ESTRELAS DO HEMIFÉRIO SUL**



5. Em seguida, plota-se, também, o Zênite do observador na Carta Celeste na Projeção Polar Azimutal Equidistante com centro no Pólo Norte (pólo abaixado). Para isso, como vimos, usa-se a ARV = 065° e uma distância angular do pólo igual a 122° ($90^\circ + \text{Lat} = 90^\circ + 32^\circ = 122^\circ$), determinando-se o ponto **2** (figura 30.16). Então, com centro no ponto **2** e a mesma abertura de 80° , traça-se um arco de circunferência sobre a Carta Celeste do Hemisfério Norte. A parte limitada por esse arco de circunferência, mostrada em tom mais escuro na figura 30.16, é visível ao observador.

6. Na figura 30.16, a circunferência traçada corta o paralelo de declinação de 30° N nos pontos **a** e **b**. Na figura 30.17, a circunferência traçada corta o paralelo de 30° S nos pontos **c** e **d**. Tomam-se as coordenadas uranográficas desses pontos (ARV e Dec) e efetuam-se suas plotagens na Carta Celeste na Projeção de Mercator (ver a figura 30.16). Fica, assim, formado um quadrilátero **abcd** (neste caso, um trapézio), mostrado sombreado na parte inferior da figura 30.16, que delimita a seção do céu visível para o observador, onde poderão ser escolhidas estrelas para observação.

7. Selecionam-se, então, as estrelas visíveis, convenientes para observação: Achernar, Fomalhaut, Antares, Peacock, Rigil Kent., Acrux (figura 30.17), Deneb, Enif, Vega, Altair e Rasalhague (figura 30.16).

30.5 IDENTIFICADOR DE ESTRELAS ("STAR FINDER AND IDENTIFIER")

a. DESCRIÇÃO DO IDENTIFICADOR

O "Star Finder and Identifier" N^o 2102-D, normalmente denominado apenas de "Star Finder", é o meio mais comum utilizado em Navegação Astronômica para auxiliar o navegante a identificar os astros e fazer o planejamento das observações.

O Identificador é projetado para permitir a determinação dos valores aproximados do **Azimute Verdadeiro** e da **altura** de todas as **57 estrelas** listadas no **Almanaque Náutico** e de quaisquer outros astros que possam ser plotados na **placa base** (inclusive os **4 planetas** utilizados em **Navegação Astronômica**), desde que estejam acima do horizonte do observador, para um determinado local e hora.

A precisão dos dados obtidos no "Star Finder" é geralmente considerada ser de $\pm 3^\circ$ a 5° , em **altura** e **Azimute Verdadeiro**, o que é o bastante para permitir a correta identificação dos astros a serem observados ou a identificação posterior de um astro de oportunidade.

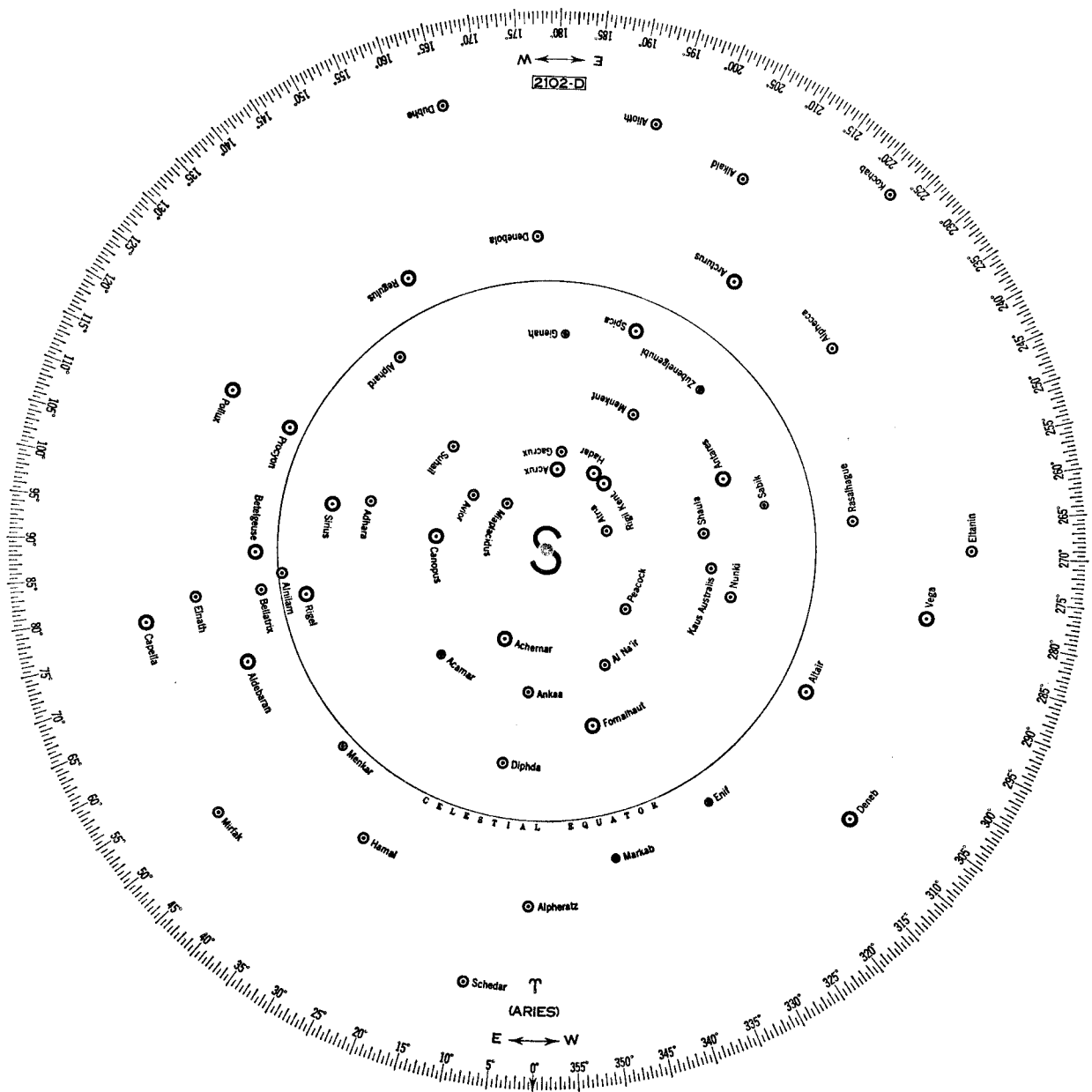
A unidade completa consiste de:

- Uma **placa base** ("base plate" ou "star base"), de forma circular, construída em plástico branco, opaco, com um pino no centro, tendo impressa nos dois lados as posições das 57 estrelas usadas em Navegação Astronômica;
- nove diagramas de Latitude, ou "templates" circulares de Altura–Azimute, em plástico transparente, com as linhas impressas em azul;
- um "template" circular de Ângulo no Pólo–Declinação, em plástico transparente, com as linhas impressas em vermelho; e
- uma folha de instruções.

O conjunto é armazenado em uma capa de plástico.

A **placa base** ("base plate" ou "star base"), impressa nas duas faces (uma para cada hemisfério), é, na realidade, um conjunto de **2 Cartas Celestes**, uma para o **Hemisfério Norte Celeste** (tendo o Pólo Norte Celeste como seu centro) e outra para o **Hemisfério Sul Celeste** (tendo o **Pólo Sul Celeste** como centro). Estas **Cartas Celestes** são construídas na **Projeção Polar Azimutal Equidistante** (figura 30.18).

Figura 30.18 - Placa Base do “Star Finder” (Lado Centrado no Pólo Sul Celeste)



As 57 estrelas utilizadas em **Navegação Astronômica** são plotadas nas **Cartas Celestes da Placa Base** por suas **coordenadas equatoriais uranográficas, Ascensão Reta (AR) e Declinação (Dec)**.

Como vimos, as **coordenadas equatoriais uranográficas** das **estrelas** variam muito pouco. Desta forma, elas podem ser plotadas nas **Cartas Celestes da Placa Base** de uma forma permanente, o que não ocorre com os outros astros usados em navegação astronômica (planetas, Sol e Lua), que estão em constante movimento entre as estrelas.

Todas as **57** estrelas tabuladas no Almanaque Náutico são plotadas em cada lado da **placa base**, nas suas posições em relação ao **Pólo Celeste** representado no centro da placa (**Pólo Norte**, em um lado; **Pólo Sul**, no outro). Na projeção cartográfica utilizada na construção da **placa base** (Projeção Polar Azimutal Equidistante), a posição

de uma estrela em relação ao **Pólo Celeste** do centro da carta é correta, mas sua posição em relação às outras estrelas é distorcida. Desta forma, as posições relativas das estrelas representadas no “Star Finder” não correspondem às posições aparentes das mesmas, conforme são vistas no firmamento ou aparecem em Cartas Celestes construídas em outras projeções. Assim, o “Star Finder” não pode ser comparado diretamente com o céu.

Nas **Cartas Celestes** impressas na placa base, a graduação da periferia é uma escala de **Ascensões Retas (AR)**, expressas em **unidades de arco** (000° a 360° , de meio em meio grau). O **Equador Celeste** é representado por uma circunferência traçada em linha cheia, com centro no **pólo elevado** (centro da Carta Celeste). As estrelas plotadas dentro do círculo delimitado pelo **Equador Celeste** têm **Declinação** de mesmo nome que o **pólo celeste** representado no centro da carta. As estrelas fora do círculo delimitado pelo **Equador Celeste** têm **Declinação** de nome contrário ao do **pólo celeste** do centro da carta.

Cada estrela é designada pelo nome e tem sua **magnitude** (grandeza) indicada pelo tamanho de seu símbolo: as de **primeira magnitude** são representadas por um círculo maior, em traço grosso; as de **segunda grandeza** por um círculo de tamanho intermediário; e as de **terceira grandeza** por um círculo pequeno e com traço fino. Como exemplo, notar, na **Carta Celeste** com centro no **Pólo Sul Celeste**, os símbolos que representam (figura 30.18):

- As estrelas de **primeira magnitude** Sirius, Canopus, Achernar e Fomalhaut;
- as estrelas de **segunda grandeza** Alpheratz, Hamal, Diphda e Alphard; e
- as estrelas de **terceira grandeza** Markab, Menkar, Sabik e Acamar.

Os **9 “templates” de Latitude**, impressos em azul sobre plástico transparente, são projetados para possibilitar a determinação dos **Azimuths** e **alturas** dos astros. Há um “template” para cada **10°** de Latitude, **Norte** ou **Sul**, de **5°** até **85°**. Cada “template” é impresso nos dois lados: um para a **Latitude Norte**, outro para a **Latitude Sul**.

Cada **“template” de Latitude** apresenta um conjunto de **curvas ovais de altura**, a intervalos de **5°**, com a curva mais de fora representando o **horizonte celeste** (altura zero), e um conjunto de **curvas radiais de Azimute**, também a intervalos de **5°** (figura 30.19).

O **“template” vermelho**, usado normalmente para plotar um planeta na **placa base**, apresenta um conjunto de curvas concêntricas, uma para cada **10°** de Declinação, e um conjunto de linhas radiais de Ângulo no Pólo (figura 30.20).

b. USO DO “STAR FINDER AND IDENTIFIER” PARA PLANEJAMENTO DAS OBSERVAÇÕES NOS CREPÚSCULOS (“PREPARO DO CÉU”)

O uso mais comum do Identificador N° 2102-D é para o **planejamento das observações de estrelas nos crepúsculos**, ou seja, para determinar quais, dentre as **57** estrelas usadas em **Navegação Astronômica**, estarão acima do horizonte e em posição favorável para observação em uma dada posição e hora.

Para isto, é necessário localizar na **placa base** (“star base” ou “base plate”) do “Star Finder”, no lado correspondente ao **pólo elevado (Norte ou Sul)**, a posição do nosso **Zênite** e a orientação do nosso **meridiano**, no instante correspondente ao **crepúsculo civil** (vespertino ou matutino) em que iremos observar.

Figura 30.19 - Diagrama de Latitude para 15° (Lado Correspondente a 15°S)

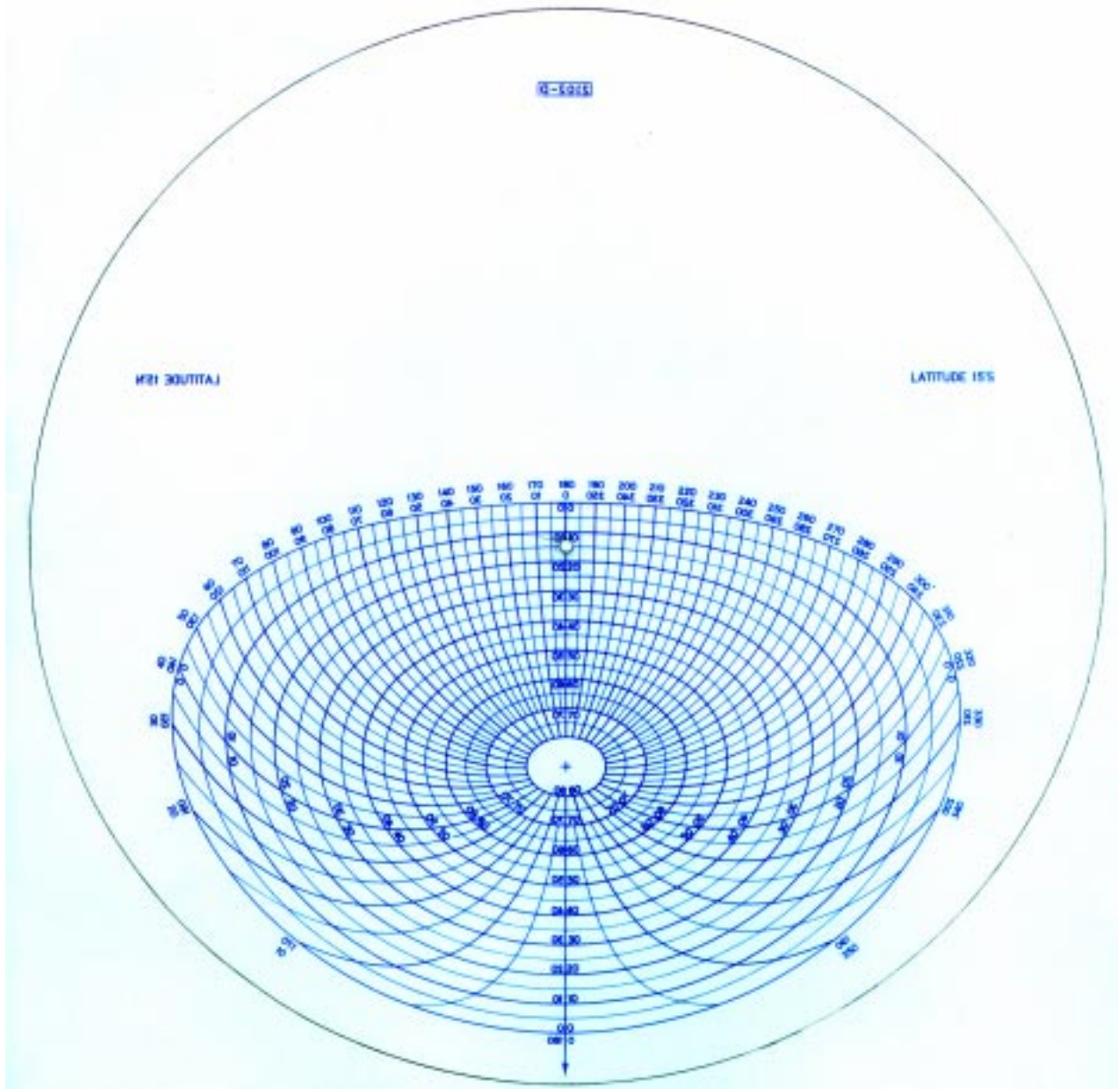
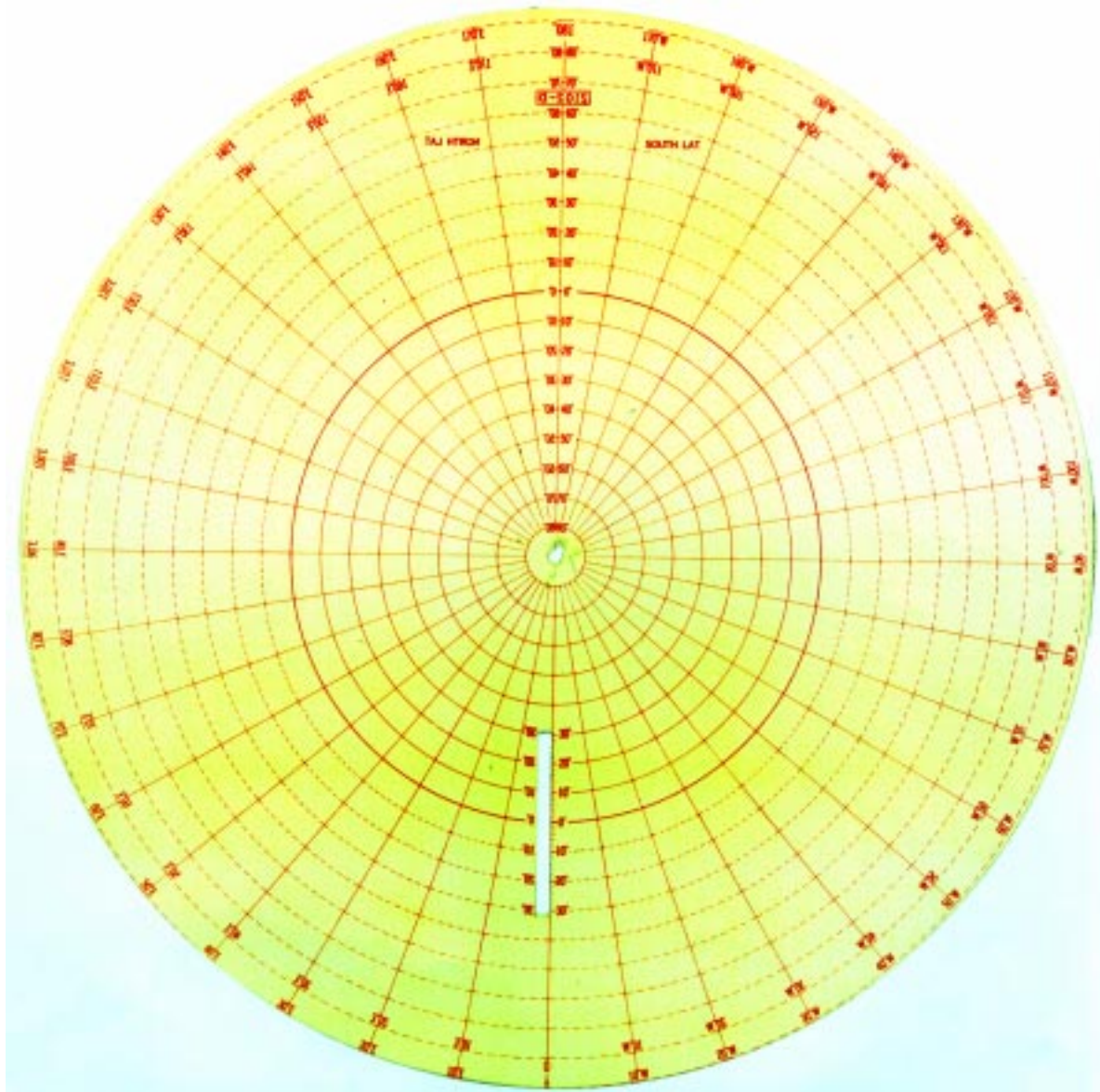


Figura 30.20 - Diagrama de Declinação - Ângulo no Pólo



A posição do **Zênite** do observador e a orientação do seu **meridiano** são obtidas usando como **argumentos de entrada** no “Star Finder” o **Ângulo Horário Local do Ponto Vernal (AHL_{γ})** no instante planejado para as observações e a **Latitude estimada** do observador na mesma ocasião.

Se recordamos os conceitos de **Ascensão Reta** (comprimento do arco do Equador Celeste, ou **Ângulo no Pólo**, entre o **círculo horário do Ponto Vernal** e outro círculo horário, ou **meridiano**, medido para **Leste**, de 000° a 360°) e de **Ângulo Horário Local do Ponto Vernal** (comprimento de arco do Equador Celeste, ou **Ângulo no Pólo**, entre o **meridiano do observador** e o **círculo horário do Ponto Vernal**, medido para Oeste, de 000° a 360°) veremos que o **Ângulo Horário Local do Ponto Vernal (AHL_{γ})** é igual à **Ascensão Reta** do meridiano do observador. Na realidade, portanto, quando calculamos o AHL_{γ} estamos, de fato, calculando a **Ascensão Reta** do observador, para plotá-lo na **placa base** do “Star Finder”, cuja graduação periférica é, como vimos, uma escala de **Ascensão Reta**, graduada de 000° a 360°, de meio em meio grau.