

32

O DIA DA NAVEGAÇÃO ASTRONÔMICA

32.1 PROVIDÊNCIAS PRELIMINARES E DE CARÁTER GERAL

A Navegação Astronômica é um método de determinação da posição do navio e de controle de seus movimentos, normalmente utilizado quando se pratica a Navegação Oceânica, isto é, quando se navega afastado da costa, além do alcance das marcas visuais e do radar (ver a figura 32.1).

Figura 32.1 - Requisitos dos Diversos Tipos de Navegação

REQUISITOS	TIPOS DE NAVEGAÇÃO		
	EM ÁGUAS RESTRITAS	NAVEGAÇÃO COSTEIRA	NAVEGAÇÃO OCEÂNICA
DISTÂNCIA À COSTA OU AO PERIGO MAIS PRÓXIMO	MENOR QUE 3 MILHAS	DE 3 A 50 MILHAS	MAIOR QUE 50 MILHAS
PROFUNDIDADE MÉDIA	20 METROS (E MENORES)	DE 20 A 200 METROS	SUPERIOR A 200 METROS
PRECISÃO REQUERIDA PARA AS POSIÇÕES	MÁXIMA (MELHOR QUE 0,05 DA MILHA OU 100 JARDAS)	DA ORDEM DE 0,1 DA MILHA OU 200 JARDAS	1 A 2 MILHAS EM MÉDIA
FREQÜÊNCIA DE DETERMINAÇÃO DA POSIÇÃO	CADA 3 MINUTOS EM MÉDIA	10 A 30 MINUTOS	3 VEZES AO DIA NO MÍNIMO

Antes de suspender, o navegante deve tomar uma série de providências destinadas a garantir a segurança da navegação no decorrer da viagem (ver o Capítulo 39). Lembre-se sempre: “quem vai ao mar apresta-se em terra”. No que se refere, especificamente, à Navegação Astronômica, é relevante:

a. Preparar uma tabela com as alturas sobre o nível do mar, em metros e em pés, dos diversos locais de bordo de onde poderão ser realizadas observações, para a correção de alturas medidas com o sextante.

b. Efetuar um estudo minucioso da derrota e seu traçado na carta, verificando se estão disponíveis a bordo todas as Cartas Náuticas (de pequena, média e grande escalas) e Publicações de Segurança da Navegação (Roteiros, Lista de Faróis, Lista de Auxílios-Rádio, Tábuas das Marés, Cartas-Piloto, Cartas de Correntes de Maré, Carta 12.000 – Símbolos e Abreviaturas, Catálogo de Cartas e Publicações, etc.) a serem usadas na viagem (incluindo as Cartas Náuticas e publicações referentes a portos ou lugares abrigados que, embora não estejam previstos como locais de escala, possam servir como pontos de arribada, em caso de necessidade).

c. Verificar se todas as Cartas Náuticas e Publicações de Segurança da Navegação estão atualizadas.

d. Verificar a existência a bordo de Almanaque Náutico do ano, Tábuas para Navegação Astronômica (Publicação DN4-2, Tábuas para Navegação Astronômica, contendo as Tábuas de Azimute A, B e C de Norie, Tábuas Extra-Meridiana I e II e Tábua Radler para Navegação Astronômica; Tábuas PUB.229, “Sight Reduction Tables for Marine Navigation”; e Tábuas PUB.249, “Sight Reduction Tables for Air Navigation” – Volume I e Volume II), Identificador de Astros (“Star Finder and Identifier nº 2102-D”) completo, calculadora eletrônica de navegação, material de desenho e plotagem (régua de paralelas, compasso de navegação, lápis, borracha, etc.) e de todos os modelos, formulários e tipos de cálculo empregados em Navegação Astronômica.

e. Verificar as condições dos sextantes existentes a bordo, determinar os seus erros instrumentais e proceder à retificação dos instrumentos, se necessário (quando o erro instrumental for superior a 3', recomenda-se que a retificação do sextante seja refeita).

f. Verificar as condições de funcionamento dos cronômetros e comparadores, o valor do Estado Absoluto e da marcha de cada um. Relembra-se que a operação de dar corda diariamente nos cronômetros e a recepção de sinais horários para determinar o seu Estado Absoluto e sua marcha não são interrompidas com o navio no porto, devendo ser mantido o preenchimento do “Livro dos Cronômetros e Comparadores”.

32.2 ROTINA DIÁRIA DE OBSERVAÇÕES E DE TRABALHOS DA NAVEGAÇÃO ASTRONÔMICA

Um dia típico de trabalho na Navegação Astronômica deve incluir, no mínimo, a seguinte rotina de observações e cálculos:

a. Cálculo da hora do início do crepúsculo civil matutino, do nascer do Sol e do período favorável para observações com o sextante; preparo do céu para observação no crepúsculo matutino, isto é, organização de uma lista de estrelas e planetas em posições favoráveis para

observação, com o Azimute Verdadeiro e a altura aproximada de cada astro (estas tarefas são, normalmente, realizadas na véspera, com base na navegação estimada prevista).

b. Observações de estrelas e planetas no crepúsculo matutino, para determinação da posição do navio; cálculo e plotagem da posição observada.

c. Observação do Azimute do Sol, nas proximidades do nascer, para determinação do desvio da agulha; cálculo do desvio.

d. Corda nos cronômetros e recepção de sinais horários para determinação do Estado Absoluto e da marcha dos instrumentos.

e. Observação do Sol para o traçado da reta da manhã, em circunstâncias favoráveis para obtenção de uma reta de Longitude; cálculo e plotagem da reta da manhã (observação simultânea de Vênus e/ou da Lua, se possível).

f. Previsão da hora da passagem meridiana do Sol.

g. Observação do Sol na passagem meridiana ou nas proximidades desta (observação meridiana ou circumeridiana do Sol); cálculo da Latitude meridiana; determinação da posição do navio pelo cruzamento da Latitude meridiana com a reta da manhã transportada (alternativamente, se as condições permitirem, a posição meridiana do navio pode ser determinada pelo **método das alturas iguais**, anteriormente explicado; ademais, quando a Latitude do observador e a Declinação do Sol são de mesmo nome e de valores muito próximos um do outro, a posição ao meio dia pode ser determinada pela observação de **alturas circunzenitais** do Sol, conforme visto).

h. Estima da posição do navio às 12 horas (quando a posição meridiana não corresponde exatamente ao meio dia); cômputo da distância navegada em 24 horas, desde a posição ao meio dia anterior, até a posição atual.

i. Observação do Sol para o traçado da reta da tarde, em circunstâncias favoráveis para obtenção de uma reta de Longitude; cálculo e plotagem da reta de posição; determinação da posição do navio pelo cruzamento da reta da tarde com a meridiana transportada (observação de Vênus e/ou da Lua, se possível).

j. Cálculo da hora do pôr-do-Sol, do término do crepúsculo civil vespertino e do período favorável para observações com o sextante; preparo do céu para observação no crepúsculo vespertino, ou seja, organização de uma lista de estrelas e planetas em posições favoráveis para observação, com o Azimute Verdadeiro e a altura aproximada de cada astro.

k. Observação do Azimute do Sol nas proximidades do ocaso, para determinação do desvio de agulha; cálculo do desvio.

l. Observação de estrelas, de planetas e da Lua no crepúsculo vespertino, para determinação da posição do navio; cálculo e plotagem da posição observada (se, por problemas de visibilidade, apenas um ou dois astros podem ser observados, a reta da tarde pode ser transportada e cruzada com as observações efetuadas, para obtenção de uma posição por LDP sucessivas no crepúsculo vespertino).

m. Cálculo da hora do início do crepúsculo civil matutino, da hora do nascer do Sol e do período favorável para observações com o sextante no dia seguinte, com base na navegação estimada prevista; preparo do céu para observação no crepúsculo matutino do dia seguinte, com a determinação dos Azimutes e alturas aproximadas das estrelas e dos planetas possíveis de serem observados no decorrer do referido crepúsculo.

32.3 A PRÁTICA DA NAVEGAÇÃO ASTRONÔMICA

Ao afastar-se do porto de saída, o navio estará praticando navegação costeira, com todos os cuidados exigidos por este tipo de navegação, principalmente no que se refere ao intervalo de tempo entre posições e à precisão requerida para os pontos determinados. Quando as marcas de terra alagarem, ou estiverem prejudicadas na sua visibilidade, e quando além do alcance radar, deve ser iniciada a navegação oceânica, utilizando-se os métodos disponíveis para determinação da posição do navio (Navegação Estimada, Astronômica ou Eletrônica), conforme se apresentem as condições do tempo ou as possibilidades técnicas dos equipamentos de bordo. Em qualquer caso, deve ser sempre mantida uma cuidadosa Navegação Estimada, em paralelo com os outros métodos em uso (astronômicos ou eletrônicos).

Sempre que houver oportunidade, deve ser praticada a Navegação Astronômica. Somente um observador com prática pode obter resultados que inspiram confiança. Esta é a principal razão pela qual as ocasiões não devem ser perdidas ou desperdiçadas e, mesmo que não seja essencial à segurança da navegação, recomenda-se que a posição do navio seja determinada sempre que possível. A prática fará com que um observador reduza o seu erro pessoal de colimação (equação pessoal do observador), adquira autoconfiança e alcance melhores resultados nas suas observações.

É conveniente que o Encarregado de Navegação estabeleça uma rotina de observações, conforme recomendado no item anterior, o que, além de diminuir as possibilidades de esquecimentos e omissões, cria um clima de segurança e confiança a bordo.

Conforme visto, o trabalho típico de um dia de Navegação Astronômica começa, na realidade, na noite anterior, pois, para que a observação de estrelas e planetas no crepúsculo matutino seja feita fácil e rapidamente, é necessário organizar, de véspera, o programa de observações (“preparo do céu”), com base na navegação estimada prevista.

No preparo do céu, selecionar sempre um número maior de estrelas do que aquele que, realmente, vai ser observado, pois alguns astros poderão estar encobertos por nuvens. Sobre critérios de seleção, é conveniente ter sempre presente que:

- As estrelas de primeira magnitude (primeira grandeza) são sempre mais fáceis de observar;
- a posição relativa dos astros, em Azimute, deve ser tal que as retas de altura se cruzem com um ângulo de interseção maior que 30°;
- os astros selecionados devem ter alturas situadas entre 15° e 65° (alturas fora destes limites só devem ser observadas quando não houver outros astros); e
- a disposição ideal seria um astro pela proa ou popa, um pelo través, um no corte do 1º vertical e outro na passagem meridiana, o que daria, respectivamente, uma reta de avanço (ou atraso), uma de caimento, uma de Longitude e outra de Latitude.

Os astros mais favoráveis para determinação da posição podem ser marcados com um asterisco na lista que consta do preparo do céu. Tais astros devem proporcionar uma boa distribuição em Azimute, além de estarem todos em alturas convenientes para observação.

No crepúsculo matutino, observar logo que o horizonte estiver suficientemente nítido, começando sempre pelos astros de menor brilho, pois desaparecem primeiro. Ademais, o navegante deve ter em mente que os astros a Leste desaparecerão primeiro, com o clarear do dia.

De fato, durante o crepúsculo matutino o horizonte a Leste torna-se bem definido primeiro e, como uma regra geral, os astros a Leste devem ser observados inicialmente. Entretanto, este procedimento pode ser modificado pelo brilho de um determinado astro, que pode mantê-lo visível a Leste por algum tempo, depois que todos os outros astros desaparecerem pelo clarear do dia que se aproxima. Da mesma forma, pode ser necessário observar um astro de pequena grandeza a Oeste, tão logo o horizonte esteja claro naquele setor, para evitar que desapareça antes da observação. Em geral, quanto mais tarde uma estrela ou planeta for observado no crepúsculo matutino mais precisa será a linha de posição obtida, pois a observação será feita com o horizonte melhor definido. Contudo, o observador pouco experiente não deve esperar muito, pois os astros podem desaparecer antes da observação. Assim, logo que o horizonte estiver suficientemente nítido devem ser iniciadas as tomadas de altura com o sextante.

A boa prática recomenda a observação de um mínimo de cinco astros; seis ou sete garantem maior segurança para determinação da posição. Destes, serão calculadas três ou quatro LDP para definição do ponto astronômico.

Dependendo do intervalo entre as observações e da velocidade do navio, o odômetro deverá ser tomado para cada observação, ou para a hora média de todas as observações feitas. Um observador com prática e em condições favoráveis poderá observar 4 a 5 astros em 3 a 4 minutos, tempo em que, normalmente, um navio não percorre mais de uma milha, servindo a mesma posição estimada para o cálculo de todas as retas. Caso, no entanto, a observação se prolongue por qualquer motivo, o transporte das retas deve ser feito, para que seja obtido um resultado mais exato.

A presença de um astro facilmente observável e que não conste do “preparo do céu” leva a crer tratar-se de um planeta, que necessita ser identificado, caso seja observado. Para isso, proceder do seguinte modo: tomar o Azimute do astro e plotá-lo, a lápis, no Identificador, obtendo seus elementos (ARV e Dec). Com estes elementos, entrar no Almanaque Náutico e identificar o planeta observado. No caso de observação de uma estrela que não conste do preparo do céu, anotar o Azimute e a altura e proceder conforme explicado no capítulo 30, para sua identificação.

Devem ser usadas para o cálculo as tábuas distribuídas pela DHN, bem como os respectivos “modelos de cálculos”, ou calculadoras eletrônicas. A Tábua Radler de Aquino é simples, rápida e suficientemente precisa, bastando uma leitura cuidadosa de suas instruções para que possa ser usada com eficiência. Tem a grande vantagem de ser reduzida a um único volume, abrangendo todas as combinações possíveis de Latitude, Declinação e Ângulo Horário. Ademais, representa uma importante contribuição brasileira à técnica da Navegação Astronômica.

O uso de calculadoras eletrônicas programáveis ou, preferencialmente, programadas, permite muito maior rapidez de cálculo. As instruções contidas em seus manuais são suficientes para operá-las. Entretanto, elas não devem dispensar a existência de tábuas e almanaque, por serem sujeitas a defeitos ou avarias.

O emprego do modelo DHN-0620, “Gráfico para Retas de Altura e Série de Observações”, para plotagem da posição astronômica, é recomendado, principalmente quando utilizando Cartas Náuticas de pequena escala, onde é difícil avaliar décimos e, às vezes, até mesmo milhas. Além disso, o uso do gráfico contribui para conservar a carta mais limpa e evitar rasuras.

A observação do Azimute do Sol para determinação do desvio da agulha é feita, como vimos, nas proximidades do nascer e do ocaso do astro.

Na realidade, qualquer astro se presta para a determinação do desvio da agulha, desde que esteja em condições favoráveis para observação e cálculo do Azimute. No entanto, na prática, o astro normalmente utilizado é o Sol, cuja observação é muito mais fácil e cujos resultados inspiram mais confiança.

As observações mais precisas, conforme explicado no Capítulo anterior, ocorrem quando o centro do Sol está no horizonte celeste do observador, isto é, no nascer e pôr verdadeiros do astro (a posição aparente correspondente se dá quando o limbo inferior do Sol está a $2/3$ do diâmetro do astro acima do horizonte visual do observador), pois o Sol, então, move-se lentamente em Azimute e o erro introduzido por qualquer inclinação no círculo azimutal ou na hora será mínimo (observação em Amplitude). Entretanto, boas observações também são obtidas nas proximidades do nascer e do ocaso do astro.

De qualquer forma, os seguintes cuidados devem ser tomados na observação do Azimute do Sol para determinação do desvio da agulha, a fim de que o resultado seja satisfatório:

- Fazer a observação nas proximidades do nascer e do pôr-do-Sol ou, então, com a altura do astro menor que 30° ;
- fazer a observação com o navio estabilizado no rumo; e
- garantir a horizontalidade do instrumento de marcar (círculo azimutal, espelho azimutal ou alidade telescópica), pela verificação do nível de bolha do instrumento.

Esta observação deve ser repetida à tarde, no caso da Agulha Giroscópica. Quando a navegação é feita pela Agulha Magnética, toda vez que se mudar de rumo o desvio deve ser determinado por observação do Sol, desde que as condições o permitam. A determinação do desvio deve ser feita depois que o navio estiver estabilizado no novo rumo há, pelo menos, 4 a 5 minutos.

O cálculo do Azimute em função da hora poderá ser feito pelas Tábuas A, B e C de Norie, pela Tábua Radler, pelas Tábuas PUB.229, pela “Red Table”, ou por calculadora eletrônica.

A observação do Sol pela manhã destina-se a fornecer uma reta de altura para ser transportada e cruzada com a meridiana. É conveniente observar o Sol tão próximo quanto possível do corte do 1° vertical, em máxima digressão ou no afastamento máximo do meridiano do observador, desde que o astro já esteja na altura conveniente, isto é, maior que 15° , para obtenção de uma reta de Longitude.

Sabe-se que a observação meridiana fornecerá uma reta de Latitude e que a reta da manhã transportada deverá cruzar com a meridiana com um ângulo de interseção de 45° , ou maior. Assim, na prática, observa-se o Sol pela manhã quando o astro já estiver com uma altura suficiente para eliminar as incertezas da refração em alturas baixas, evitando-se, também, observar muito cedo, para reduzir os erros no transporte da LDP até a hora da passagem meridiana. De todo modo, conquanto o Almanaque Náutico forneça elementos para correção de qualquer altura medida, observações com menos de 15° só devem ser feitas quando a necessidade de uma linha de posição é premente, embora com um erro possível de umas poucas milhas.

Para a reta da manhã, é recomendável tomar uma série de alturas do Sol, o que permitirá ao observador verificar a coerência de suas observações (de manhã, com o Sol a Leste, as alturas sucessivas devem ir aumentando).

Conforme visto, Vênus e a Lua devem ser observados sempre que possível, em conjunto com o Sol, para obtenção de uma posição pela manhã, no intervalo entre o crepúsculo matutino e a passagem meridiana. Vênus pode, freqüentemente, ser observado pela manhã, quando está bem a Oeste e, em conseqüência, mais alto que o Sol. De maneira semelhante, este planeta também pode ser observado à tarde, se estiver bem a Leste e, por esta razão, consideravelmente mais alto que o Sol.

A observação meridiana ou circumeridiana do Sol deve ser sempre realizada, como uma tarefa de rotina, a bordo de todos os navios. Ela proporciona uma LDP astronômica muito precisa, pois na passagem meridiana a variação de altura do Sol é muito lenta e o horizonte, normalmente, está muito bem definido.

A observação meridiana do Sol é clássica na navegação e sua fama vem da época em que a dificuldade em manter a hora, quando no mar, fazia desta observação a de maior precisão a bordo. Tratando-se de um caso particular do triângulo de posição, no qual o Ângulo Horário se anula, tinham os antigos razão em transformar a observação meridiana na cúpula do trabalho diário do navegante, pois fornecia a Latitude do navio com exatidão e, na impossibilidade de determinar a Longitude precisamente, pelo menos uma das coordenadas geográficas da posição do navio ficava bem definida.

O cálculo da meridiana é, inegavelmente, fácil e rápido, mas a sua observação é, por vezes, demorada e cansativa. Partindo da posição observada pela manhã, o navegante deve fazer a previsão da hora da passagem meridiana do Sol e do tempo limite para observação da circumeridiana.

Qualquer um dos métodos de previsão da Hora Legal da passagem meridiana pode ser adotado: o da Hora Verdadeira Local (12:00 horas) e da Equação do Tempo (ET); o do Ângulo Horário em Greenwich do Sol (igual à Longitude); ou o método aproximado, baseado na Hora Média Local da passagem meridiana do Sol (HML pmd), fornecida pelo Almanaque Náutico.

Alguns minutos antes da hora prevista, o navegante já deve estar preparado e acompanhando o Sol no seu movimento ascendente. É necessário sempre alguma antecedência, pois a hora da passagem meridiana é prevista de forma aproximada.

Em determinadas ocasiões, uma nuvem impede que seja levada a cabo a observação meridiana. Surge, então, a necessidade da circumeridiana, cujo cálculo para redução ao meridiano, conquanto menos simples que o da meridiana, é muito facilitado pelas tábuas de Norie (Tábuas I e II Extra-Meridiana), constantes da publicação DN4-2, "Tábuas para Navegação Astronômica", editada pela DHN.

Com relação, ainda, à meridiana, por causa da imprecisão não só do instante da passagem mas, também, da própria observação, a tendência atual é observar o astro nas proximidades do meridiano e calcular a reta pelo processo comum, sem mesmo cogitar se a observação pode ou não ser reduzida ao meridiano. O importante é obter uma reta que forneça a Latitude, não sendo obrigatório que o Azimute do astro seja precisamente 000° ou 180° . Uma observação deste gênero pode ser feita, simplesmente, na hora em que foi prevista a passagem ou, tão-somente, quando, com auxílio da agulha, for verificado que o Azimute do Sol indique que a situação já é favorável para obter uma reta de Latitude. A reta calculada pela manhã é transportada para o instante da observação meridiana e, ao ser cruzada com a nova reta traçada, dará a posição meridiana do navio.

Apenas um caso particular, que é de observação difícil em qualquer situação, merece especial atenção. Trata-se da observação meridiana, ou nas proximidades do meridiano,

quando a Declinação do Sol tem valor próximo e de mesmo nome que o da Latitude do observador. A observação a ser feita é para altura próxima de 90° , podendo mesmo atingir este valor, quando a Latitude e a Declinação forem iguais. O cuidado que se deve ter prende-se, principalmente, à variação muito rápida do Azimute e à dificuldade de definir o vertical do astro quando nas proximidades da passagem meridiana. Um auxiliar preciso nesta hora será a agulha, a fim de se acompanhar aproximadamente a variação do vertical do Sol. De fato, é problemático medir com o sextante alturas maiores que 80° , devido à dificuldade de definir o vertical do astro. Um procedimento que traz bons resultados consiste em instalar sobre a repetidora da giro, no bordo do Passadiço no qual o Sol cruzará o meridiano, um círculo azimutal com os seus dispositivos de visada alinhados com a linha Norte–Sul (000° – 180°) da rosa da repetidora. O observador, então, ajusta no sextante a altura prevista para a passagem meridiana e posiciona-se próximo ao peloro, alinhado com os dispositivos de visada do círculo azimutal, ou seja, com a linha Norte–Sul. Quando a imagem refletida do astro estiver em contacto com o horizonte neste alinhamento, o observador balanceia o sextante, conclui a colimação e lê no instrumento, com precisão, a altura do Sol.

Quando a altura do Sol na passagem meridiana for da ordem de 87° , ou maior, podem ser obtidas excelentes posições pelo método das alturas circunzenitais, observadas um pouco antes e um pouco depois da passagem meridiana, pois a variação de Azimute do Sol nas proximidades do meridiano será muito rápida (ver o Capítulo 29).

Ademais, é oportuno recordar o método que permite obter a Longitude por ocasião da passagem meridiana do Sol, na mesma ocasião da observação para determinação da Latitude (**método das alturas iguais**), o que nos possibilita obter um ponto observado completo, situado no intervalo entre os crepúsculos, sem as imprecisões decorrentes do transporte de uma reta de altura.

A observação do Sol para o traçado da reta da tarde é, em tudo, semelhante à observação da reta da manhã, devendo apenas ser considerado que o Sol estará se aproximando do horizonte, o que, normalmente, ainda facilita mais a observação. Tal como no caso da reta da manhã, o Sol deve ser observado em circunstâncias favoráveis para obtenção de uma reta de Longitude. Além disso, é também recomendável realizar uma série de observações, para verificar a coerência das alturas medidas (à tarde, com o Sol a Oeste, as alturas sucessivas devem ir diminuindo).

Na discussão acima, considerou-se que prevalecem boas condições meteorológicas, de modo que o navegante pode observar o Sol no momento que escolher. Entretanto, se o céu estiver encoberto, o navegante não deve ignorar a possibilidade de observar o Sol em qualquer instante em que o astro se tornar visível. Nestas condições, deverá ficar atento com o seu sextante, pronto para obter uma LDP sem nenhum atraso. Com prática e com o uso apropriado dos vidros corados, o Sol muitas vezes pode ser observado mesmo por trás de uma camada fina de cirrus, com um pequeno erro, que raramente excede 1 minuto de arco.

O ponto astronômico será obtido pelo cruzamento da reta da tarde com a meridiana transportada. Esta posição será útil, também, para determinar a hora do pôr-do-Sol, do término do crepúsculo civil vespertino e do período favorável para observações com o sextante, com o que poderá ser organizado o preparo do céu para as observações vespertinas.

Como vimos, na observação da posição do navio durante o dia, o Encarregado de Navegação pode ainda utilizar a Lua e Vênus, para cruzamento com o Sol. Salvo na ocasião de Lua Nova e 6 ou 7 dias na época de Lua Cheia, ela poderá ser observada sempre que a sua altura e o seu Azimute forem convenientes para a determinação da posição por

cruzamento com a reta do Sol. Também Vênus pode ser observado, quando sua Ascensão Reta difere de mais de duas horas (30°) da do Sol. Em algumas situações, uma ótima posição é obtida em pleno dia, pela observação do Sol, Lua e Vênus. A observação de Vênus requer, para ser facilmente feita, o conhecimento aproximado da altura e do Azimute, que podem ser obtidos, com a necessária precisão, com o auxílio do Identificador de Astros (“Star Finder and Identifier”). Deve-se ajustar no sextante a altura aproximada e procurar no Azimute do astro, na hora para a qual tiver sido usado o Identificador. Este trabalho preparatório pode ser muito diminuído se Vênus for observado nas proximidades da passagem meridiana, cuja hora já é dada pelo Almanaque Náutico, sendo obtida a altura aproximada pela combinação da Latitude com a Declinação, e o Azimute (000° ou 180°) pelo nome ou valor da Declinação, com relação à Latitude.

Na observação da Lua, ter especial cuidado na escolha do limbo com o qual deve ser feita a tangência. Como vimos, a Lua, durante o dia, pode fornecer excelentes retas de posição.

Desde que seja praticável e as condições do tempo permitam, é sempre preferível determinar a posição do navio, durante o dia, por observações simultâneas do Sol e da Lua; Sol e Vênus; ou Sol, Lua e Vênus, fugindo, assim, dos erros possíveis na determinação da Latitude exclusivamente por observação meridiana do Sol, ou dos erros inerentes a uma posição por retas de altura sucessivas, em razão da imprecisão resultante do transporte de LDP.

A observação do Azimute do Sol à tarde, nas proximidades do ocaso, para determinação do desvio da agulha, é semelhante à que se faz nas proximidades do nascer do astro.

O cálculo da hora do pôr-do-Sol, para a cerimônia da bandeira, deve ser feito com antecedência, a fim de ser informado ao Oficial de Quarto. É importante que tal efeméride seja determinada com toda a precisão.

Para observação de estrelas e planetas no crepúsculo vespertino, deve, também, ser previamente organizado, como já foi descrito, o programa de observações (“preparo do céu”). A observação de estrelas e planetas no crepúsculo vespertino deve ser feita o mais cedo possível, de modo a se dispor de um horizonte mais nítido. Para isso, utilizando o “preparo do céu”, ajustar no sextante a altura prevista para o astro e, no seu Azimute aproximado, iniciar a busca com o sextante. Em geral, o astro é descoberto muito antes do que seria encontrado com a vista desarmada (a “olho nu”). O navegante deve ter em mente que, no crepúsculo vespertino, há pouco tempo para identificar os astros antes da observação pois, especialmente nos trópicos, escurece muito rápido e o horizonte logo desaparecerá. Nestas condições, a altura aproximada e o Azimute dos astros são particularmente úteis na localização e identificação dos mesmos. O Azimute de um astro observado, mas não positivamente reconhecido, deve ser sempre anotado, junto com a altura, para sua posterior identificação.

No crepúsculo vespertino, as estrelas e os planetas a Leste são, normalmente, observados primeiro, conforme sua magnitude, pois este setor do céu escurece primeiro, desaparecendo o horizonte, com o cair da noite.

Como vimos, a Lua também deve ser observada nos crepúsculos, sempre que possível.

Em noites claras, podem ser feitas observações de alturas de estrelas e planetas, desde que a visão do observador esteja adaptada à escuridão e possa distinguir o horizonte. Nas observações noturnas, é vital que o observador permaneça em ambiente escuro até que possa adaptar sua visão à escuridão e, então, distinguir o horizonte. Além disso, é

necessário que a luz de leitura do arco graduado do sextante e a lanterna do anotador tenham lâmpadas ou filtros encarnados, para não ofuscar a visão do observador (o que ocorre com a luz branca).

Na determinação do ponto astronômico, se o triângulo resultante do cruzamento de três retas de altura for de dimensões apreciáveis, tomar como posição do navio o ponto de interseção das bissetrizes de altura (que pode estar situado fora do triângulo). Convém lembrar que as bissetrizes de altura são independentes dos erros sistemáticos de que podem estar afetadas as alturas e, conseqüentemente, as linhas de posição (LDP) obtidas (para pontos determinados por cruzamento de mais de três retas, ver o Capítulo 29).

Ademais, na prática da Navegação Astronômica, lembrar-se sempre que:

a. O conhecimento das principais estrelas, obtido pelo estudo das constelações, suas formas e posições relativas e de alinhamentos notáveis no céu, é muito útil para o bom desempenho das funções de Encarregado de Navegação.

b. Uma verificação rápida do erro instrumental do sextante deve preceder todas as observações. Ela pode ser feita usando uma estrela ou, mais comumente, o horizonte. Caso necessário, o instrumento deve ser retificado pelo Encarregado de Navegação (recomenda-se nova retificação do sextante sempre que o erro instrumental for maior que 3').

c. Ao tomar alturas de astros com horizonte curto (cerração, nevoeiro, névoa seca, etc.), situar-se o mais baixo possível, para aproximar o horizonte do observador. Com horizonte amplo, porém mal definido (mar grosso, etc.), situar-se o mais alto possível para as observações de altura com o sextante.

d. Já vimos que, normalmente, não devem ser observadas alturas menores que 15°, em virtude da incerteza dos efeitos da refração em baixas alturas. Se, entretanto, for necessário observar alturas menores que o valor acima, as correções da altura instrumental para obtenção da altura verdadeira devem ser feitas com muito cuidado. Para alturas menores que 10°, deve ser aplicada a correção adicional para pressão e temperatura fornecida pelo Almanaque Náutico.

e. O fator que tem o maior efeito sobre a precisão de uma observação é, normalmente, o erro acidental. A confiabilidade de uma linha de posição pode ser consideravelmente aumentada fazendo diversas observações sucessivas do mesmo astro e tomando as médias das alturas e das horas, antes de calcular a LDP. Isto tende a eliminar os erros acidentais. Além disso, a observação de uma série de alturas em rápida sucessão permite verificar a precisão e coerência das medidas, pela comparação da variação da altura do astro entre duas observações. Se a razão de variação da altura permanecer constante para as várias visadas sucessivas, as observações estão precisas (podendo-se, até mesmo, selecionar uma delas para cálculo da LDP, sem fazer a média). Ademais, o navegante deve manter em mente que, se o astro estiver a Leste, as alturas sucessivas devem ir aumentando gradativamente; se estiver a Oeste, as alturas sucessivas devem ir diminuindo. Cada visada (observação de altura) deve ser feita rapidamente, para evitar cansar a vista.

f. Em complemento às informações da Navegação Astronômica, o navegante deverá lançar mão de quaisquer dados que lhe permitam determinar ou estimar a posição do navio, tais como sondagens, marcações radiogoniométricas, radar, informações dos demais equipamentos de Navegação Eletrônica ou algum outro auxílio à navegação. O ecobatímetro, por exemplo, constitui um recurso essencial para a segurança da navegação. Na ausência de qualquer outra informação externa ao navio e na impossibilidade de obtenção de uma linha de posição, o ecobatímetro pode fornecer dados para orientar a

navegação ou confirmar uma posição estimada. Deve-se manter o ecobatímetro permanentemente ligado, sempre que a profundidade estiver dentro do alcance do equipamento, e prestar atenção contínua às suas indicações, comparando-as com as sondagens representadas na Carta Náutica.

g. O Encarregado de Navegação deve organizar cuidadosamente todos os registros da Navegação Astronômica, arquivando os cálculos efetuados, programas de observação preparados, registros das observações de alturas e Azimutes, etc. Este material terá enorme valor para adestramento, no futuro, além de servir para reconstituir a navegação e a derrota percorrida.

32.4 EXEMPLO COMPLETO DE UM DIA DE TRABALHO NA NAVEGAÇÃO ASTRONÔMICA

1. O NE “BRASIL”, regressando ao Rio de Janeiro após mais uma Viagem de Instrução de Guardas-Marinha, determinou sua posição por observações astronômicas, no crepúsculo vespertino do dia 07/11/93, tendo obtido as seguintes coordenadas geográficas: Latitude 35° 30,0 S e Longitude 050° 30,0' W (Hleg=1925P).

O Rumo Verdadeiro do navio é 025° e a velocidade 15,0 nós. Sabendo-se que o navio permanecerá no mesmo rumo e velocidade durante todo o período noturno, calcular a Hora Legal do início do crepúsculo civil matutino e do nascer do Sol, e determinar o período favorável para observações com o sextante no crepúsculo matutino do dia 08/11/93.

SOLUÇÃO:

a. Inicialmente verifica-se, no Almanaque Náutico, a HML do início do crepúsculo civil matutino, no dia 08/11/93, na Latitude 35° S:

08/11/93 – HML (início do crepúsculo civil matutino) = 0425 (Latitude 35° S);

b. Em seguida, plota-se uma posição estimada para esse instante, usando a HML como se fosse Hleg:

Posição estimada às 0425 horas: Latitude 33°28,0' S, Longitude 049°21,0' W (ver a figura 32.2);

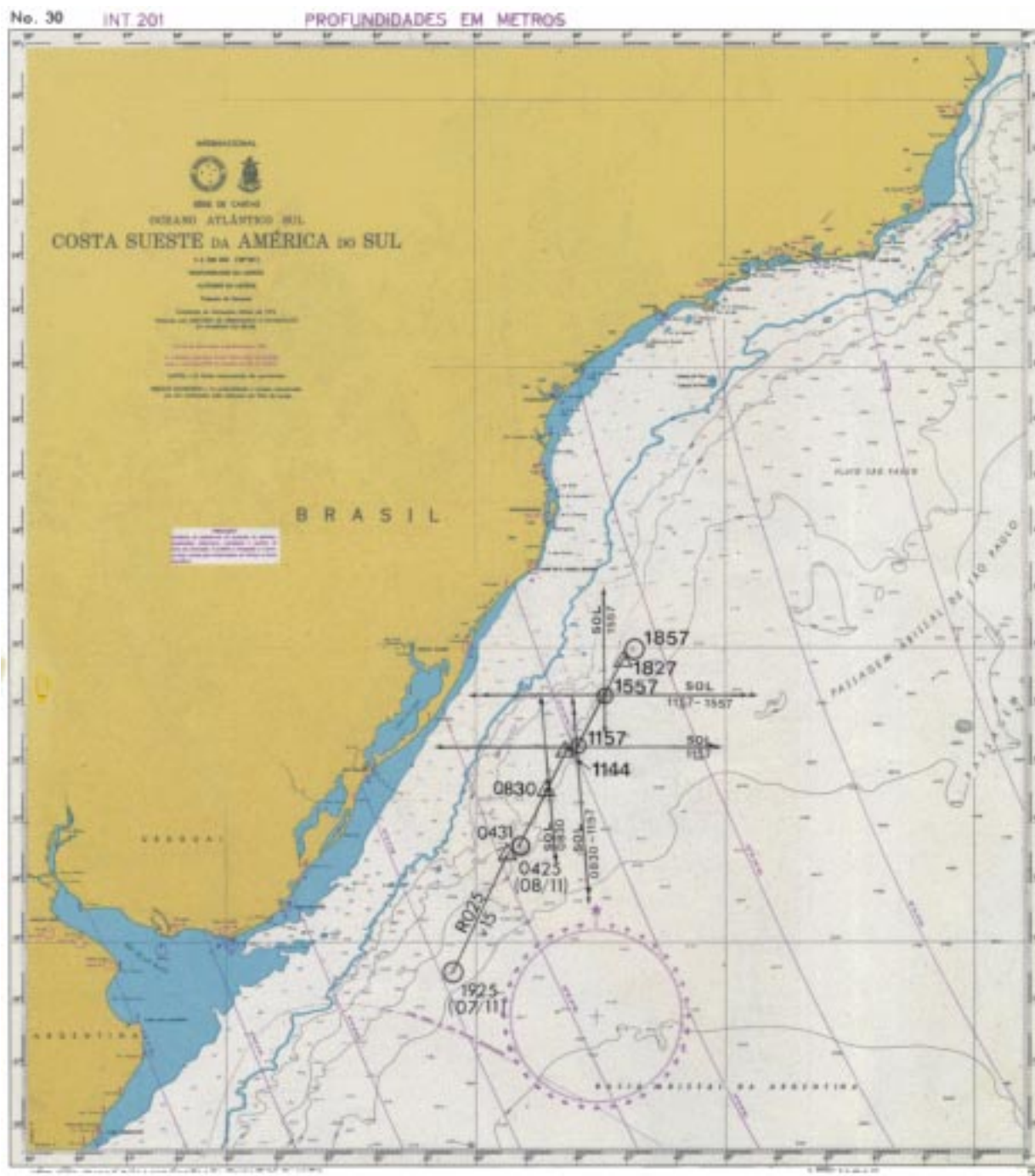
c. Para esta posição estimada, transformam-se as HML do início do crepúsculo civil matutino e do nascer do Sol em Hora Legal:

08/11/93 – HML (crep civil) = 04 ^h 25 ^m	HML (nascer do Sol) = 04 ^h 52 ^m
Longitude = 03 ^h 17 ^m W	Longitude = 03 ^h 17 ^m W
HMG = 07 ^h 42 ^m	HMG = 08 ^h 09 ^m
Fuso = 03 ^h	Fuso = 03 ^h
Hleg (crep civil) = 04 ^h 42 ^m	Hleg (nascer do Sol) = 05 ^h 09 ^m

d. Para determinar o período favorável para observações com o sextante no crepúsculo matutino de 08/11/93, faz-se:

Início do crepúsculo civil	: Hleg = 04 42
Nascer do Sol	: Hleg = 05 09
Duração do crepúsculo	: (ΔT) = 27 ^m

Figura 32.2 – O Dia da Navegação Astronômica



e. O período favorável para observações com o sextante terá uma duração igual a ΔT , centrado no instante do crepúsculo civil matutino:

$$\begin{array}{rcl}
 \Delta T & = & 27^m \\
 \Delta T/2 & \cong & 13^m \\
 H_{leg} & = & 04^h 42^m \\
 \Delta T/2 & = & - 13^m \\
 H_1 & = & 04^h 29^m \\
 H_2 & = & 04^h 56^m
 \end{array}$$

Período favorável: das Hleg 0429 às Hleg 0456. O navegante, portanto, deverá estar pronto para iniciar as observações no crepúsculo matutino de 08/11/93 às Hleg 0429.

2. Organizar o programa de observações (preparo do céu) para o crepúsculo matutino de 08/11/93.

SOLUÇÃO:

a. Cálculo do AHL_{γ} no instante do início do crepúsculo civil matutino:

$$\begin{array}{r}
 \text{Hleg (crepúsculo civil matutino)} = 04^{\text{h}} 42^{\text{m}} \\
 \text{Fuso} = 03^{\text{h}} \\
 \hline
 \text{HMG (crepúsculo civil matutino)} = 07^{\text{h}} 42^{\text{m}} \\
 08/11/93 - \text{HMG} = 07^{\text{h}} \rightarrow \text{AHG}_{\gamma} = 152^{\circ} 28,8' \\
 \text{Acréscimo para } 42^{\text{m}} 00^{\text{s}} = 10^{\circ} 31,7' \\
 \hline
 \text{HMG} = 07^{\text{h}} 42^{\text{m}} \rightarrow \text{AHG}_{\gamma} = 163^{\circ} 00,5' \\
 \text{Longitude} = 49^{\circ} 21,0' \text{ W} \\
 \hline
 \text{AHL}_{\gamma} = 113^{\circ} 39,5'
 \end{array}$$

b. Com o valor $AHL_{\gamma} = 113^{\circ} 39,5'$ e o “template” (diagrama de Latitude) de 35° S, entra-se no “Star Finder and Identifier” e prepara-se a lista de estrelas em posições favoráveis para observação, com o Azimute e a altura aproximada de cada uma:

ESTRELA	MAGNITUDE	AZIMUTE	ALTURA PREVISTA
PROCYON	1 ^a	001°	50°
POLLUX	1 ^a	003°	28°
REGULUS	1 ^a	044°	31°
ACRUX	1 ^a	146°	38°
RIGIL KENT.	1 ^a	149°	22°
CANOPUS	1 ^a	210°	67°
ACHERNAR	1 ^a	218°	28°
RIGEL	1 ^a	300°	48°
ALDEBARAN	1 ^a	312°	23°
SIRIUS	1 ^a	324°	68°
BETELGEUSE	1 ^a	325°	42°

NOTAS:

I. Em virtude do grande número de estrelas de primeira grandeza, não foi necessário selecionar astros de 2^a ou 3^a grandeza.

II. SIRIUS e CANOPUS estarão muito altas no crepúsculo matutino de 08/11/93, na posição estimada do NE “BRASIL”. Mas, como são as estrelas mais brilhantes do céu, foram selecionadas no programa de observações, pois poderão auxiliar a localizar e identificar outros astros. Ademais, em caso de necessidade, poderão ser observadas, mesmo estando muito elevadas.

III. O preparo do céu para o crepúsculo matutino do dia 08/11/93 está plotado na figura 32.3.

3. Quais os planetas que também poderiam ser observados no crepúsculo matutino de 08/11/93?

SOLUÇÃO:

a. Consultando as NOTAS SOBRE OS PLANETAS – 1993, no início do Almanaque Náutico (ver o Capítulo 30), verifica-se que, na data considerada (08/11/93), VÊNUS e JÚPITER poderiam estar em condições de serem observados no crepúsculo matutino.

Figura 32.3 - Preparo do Céu (Crepúsculo Matutino)

OBSERVAÇÃO DO CREPÚSCULO

Matutino / Vespertino

Navio NE "BRASIL" Data 08 / 11 / 93

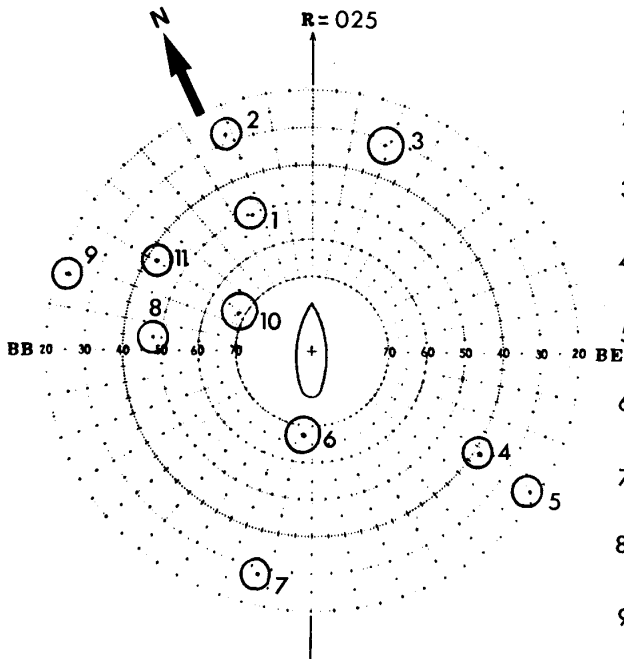
Estrélas

HML	04 ^h 25 ^m 0
λ_e	03 17 0 W
HMG	07 42 0
h	152° 28' 8
AHG γ	10 31 7
AHG γ	163 00 5
λ_e	049 21 0 W
AHL γ	113° 39.5
φ_e	33° 28.0 S

Posição estimada φ 33° 28' 0 S
 λ 049° 21' 0 W = 03^h 17^m W

Planetas

Nome	VÊNUS		JÚPITER	
	359° 60' 0	359° 60' 0	359° 60' 0	359° 60' 0
ARV	154 02.7		152 23.1	
α (astro)	205° 57' 3	°	207° 36' 9	°
δ (astro)	09° 46' 4 S		10° 19' 1 S	



	Astro	Previsão		Observação		Odômetro
		A	se	Δt	ai	
1	PROCYON	001	50			
2	POLLUX	003	28			
3	REGULUS	044	31			
4	ACRUX	146	38			
5	RIGILKENT	149	22			
6	CANOPUS	210	67			
7	ACHERNAR	218	28			
8	RIGEL	300	48			
9	ALDEBARAN	312	23			
10	SIRIUS	324	68			
11	BETELGEUSE	325	42			

DHN - 0623

Calculado por

Alt. Silva

b. Determinam-se, então, os elementos destes planetas (AR e Dec), para plotá-los na placa base do “Star Finder and Identifier”:

NOME	VÊNUS	JÚPITER
ARV	359° 60,0'	359° 60,0'
AR(α)	154° 02,7'	152° 23,1'
Dec	205° 57,3'	207° 36,9'
	09° 46,4' S	10° 19,1' S

c. Plotam-se os planetas no lado S (SUL) da placa base e, usando o “template” (diagrama de Latitude) de 35° S, obtêm-se o Azimute e a altura prevista dos astros no crepúsculo matutino de 08/11/93:

PLANETA	MAGNITUDE	AZIMUTE	ALTURA PREVISTA
VÊNUS	- 3,9	100°	03°
JÚPITER	- 1,7	103°	02°

d. Verifica-se, assim, que ambos os planetas (VÊNUS e JÚPITER) estarão muito baixos para observação no crepúsculo matutino de 08/11/93, na posição onde estará o nosso navio.

4. No crepúsculo matutino de 08/11/93, o Encarregado de Navegação do NE “BRASIL” observa 6 estrelas para obtenção do ponto astronômico e escolhe 3 observações para cálculo das retas de altura, cujos dados são:

ASTRO	ALTURA INSTRUMENTAL	HORA DO CRONÔMETRO
REGULUS	30° 07,3'	07 ^h 30 ^m 15,0 ^s
ACRUX	35° 58,7'	07 ^h 31 ^m 08,0 ^s
RIGEL	50° 43,6'	07 ^h 31 ^m 48,0 ^s

Sabendo-se que o erro instrumental do sextante é $e_i = + 2,0'$, que o Estado Absoluto do Cronômetro (determinado no dia anterior) é $E_a = + 00^h 00^m 09,0^s$ e que a elevação do olho do observador é de 10,0 m, calcular as retas de altura, plotar a posição do navio e determinar suas coordenadas geográficas.

SOLUÇÃO:

a. Os cálculos das retas de altura pela Tábua Radler encontram-se no modelo DHN-0607 que constitui a figura 32.4. Os elementos determinativos das LDP são:

ASTRO	POSIÇÃO ASSUMIDA	DIFERENÇA DE ALTURA (Δa)	AZIMUTE	HORA LEGAL
REGULUS	Lat 33° 16,0' S, Long 049° 03,0' W	- 10,5'	047,9°	0430
ACRUX	Lat 32° 59,2' S, Long 049° 45,6' W	+ 37,8'	147,4°	0431
RIGEL	Lat 33° 45,0' S, Long 048° 55,3' W	+ 20,8'	302,4°	0432

b. A posição astronômica do navio está plotada no modelo DHN-0620 que constitui a figura 32.5. As coordenadas geográficas da posição são:

Latitude 33° 25,5' S, Longitude 049° 10,0' W (Hleg 0431)

Figura 32.4 - Cálculo das Retas de Altura

RETA DE ALTURA PELA TÁBUA RADLER



NAVIO NE "BRASIL"
 DATA 08/11/93
 φ 33° 28.0' S λ 049° 21.0' W

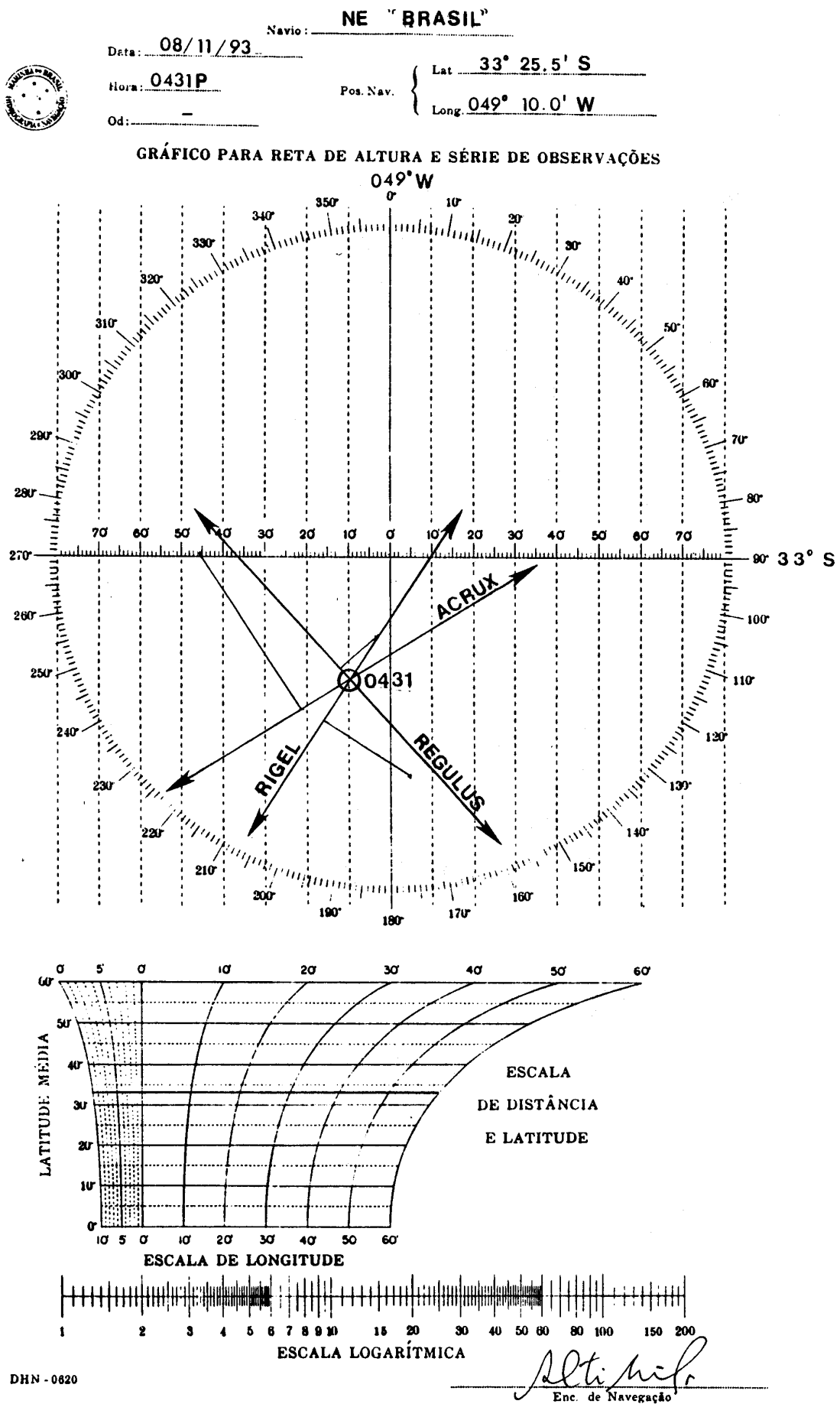
ASTRO =	REGULUS	ACRUX	RIGEL	
H leg =	0430P	0431P	0432P	
R =	025°	025°	025°	
od =	—	—	—	
Elev =	10.0 m	10.0 m	10.0 m	
H Cp =	—	—	—	
Ea =	+00 -00-09.0	+00 -00-09.0	+00 -00-09.0	
H Cr =	07-30-15.0	07-31-08.0	07-31-48.0	
comp =	—	—	—	
HMG =	07-30-24.0	07-31-17.0	07-31-57.0	
tG : h =	152° 28.8'	152° 28.8'	152° 28.8'	
tG : m/s =	07° 35.0'	07° 50.5'	08° 00.6'	
v =	—	—	—	
ARV =	207° 59.2'	173° 26.3'	281° 25.9'	
tG/HMG =	008° 03.0'	333° 45.6'	081° 55.3'	
λ_{aux} =	049° 03.0' W	049° 45.6' W	048° 55.3' W	
t =	319°	284°	033°	
t ₁ =	041° E	076° E	033° W	
Primeira entrada na tábua	δ = 11° 59.8' N	63° 03.8' S	08° 12.4' S	
	t ₁ = 041° E	076° E	033° W	
Elementos fornecidos pela tábua	a = 39° 55.0'	26° 05.2'	32° 36.8'	
	b = 15° 44.0'	82° 59.2'	09° 45.0'	
	φ_{aux} = 33° 16.0' S	32° 59.2' S	33° 45.0' S	
	c = 49°	50°	24°	
Segunda entrada na tábua	c = 49°	50°	24°	
	a = 39° 55.0'	26° 05.2'	32° 36.8'	
Elementos fornecidos pela tábua	Aqd = 47.9° NE	32.6° SE	57.6° NW	
	ae = 30° 12.5'	35° 16.0'	50° 18.4'	
Correções da altura	ai = 30° 07.3'	35° 58.7'	50° 43.6'	
	ei = + 02.0'	+ 02.0'	+ 02.0'	
	ao = 30° 09.3'	36° 00.7'	50° 45.6'	
	c ₁ = - 05.6'	- 05.6'	- 05.6'	
	c ₂ = - 01.7'	- 01.3'	- 00.8'	
	c ₃ = —	—	—	
	a = 30° 02.0'	35° 53.8'	50° 39.2'	
	ae = 30° 12.5'	35° 16.0'	50° 18.4'	
a-ae = - 10.5'	+ 37.8'	+ 20.8'		
Elementos para plotagem da reta	a-ae = - 10.5'	+ 37.8'	+ 20.8'	
	A = 047.9°	147.4°	302.4°	
	φ_{aux} = 33° 16.0' S	32° 59.2' S	33° 45.0' S	
	λ_{aux} = 049° 03.0' W	049° 45.6' W	048° 55.3' W	

DHN - 0607

Calculado por

Alt. Mifr

Figura 32.5 - Plotagem da Posição (Crepúsculo Matutino)



Após a determinação, a posição foi plotada na Carta Náutica da figura 32.2.

5. O navio prossegue no mesmo rumo e velocidade. Às HCr 08^h 12^m 13,0^s, o Encarregado de Navegação observa o Azimute do Sol para determinação do Desvio da Giro, obtendo A gi = 111,0°. Calcular o desvio da giro (D gi).

SOLUÇÃO:

a. Posição estimada às Hleg 0512:

Latitude 33° 16,0' S, Longitude 049° 05,0' W

b. Calculam-se, então, as Coordenadas Horárias do Sol no instante da observação:

$$\begin{array}{r} \text{Hcr} = 08^{\text{h}} 12^{\text{m}} 13,0^{\text{s}} \\ \text{Ea} = + 00^{\text{h}} 00^{\text{m}} 09,0^{\text{s}} \\ \hline \text{HMG} = 08^{\text{h}} 12^{\text{m}} 22,0^{\text{s}} \quad (\text{Hleg } 0512) \end{array}$$

08/11/93 – HMG = 08^h → AHG = 304° 03,4' ; Dec = 16° 36,4' S (d=+0,7')

$$\begin{array}{r} \text{Acréscimo para } 12^{\text{m}} 22,0^{\text{s}} = 03^{\circ} 05,5' ; \quad c = + 0,1' \\ \hline \text{HMG} = 08^{\text{h}} 12^{\text{m}} 22,0^{\text{s}} \rightarrow \text{AHG} = 307^{\circ} 08,9' ; \text{Dec} = 16^{\circ} 36,5' \text{ S} \\ \text{Long} = 049^{\circ} 05,0' \text{ W} \\ \hline \text{AHL} = 258^{\circ} 03,9' \end{array}$$

c. Com estes elementos, calcula-se o Azimute do Sol pelas Tábuas A, B e C de Norie:

$$\begin{array}{r} \text{A} = 0,14 \text{ S} \\ \text{B} = 0,30 \text{ S} \\ \hline \text{C} = 0,44 \text{ S} \end{array} \qquad \begin{array}{r} \text{C} = 0,44 \text{ S} \\ \varphi = 33^{\circ} 16,0' \text{ S} \\ \text{Aqd} = 69,8^{\circ} \text{ SE} \\ \text{Az} = 110,2^{\circ} \end{array}$$

d. Determina-se, então, o desvio da giro (Dgi):

$$\begin{array}{r} \text{A gi} = 111,0^{\circ} \\ \text{Az} = 110,2^{\circ} \\ \hline \text{D gi} = 0,8^{\circ} \text{ W} \cong 1^{\circ} \text{ W} \end{array}$$

6. Às Hleg 0730, foi sintonizada uma emissora, para recepção de sinal horário, a fim de determinar o Estado Absoluto (Ea) e a marcha do Cronômetro (m), obtendo-se:

$$\text{Hleg} = 07^{\text{h}} 30^{\text{m}} 00,0^{\text{s}} \rightarrow \text{HCr} = 10^{\text{h}} 29^{\text{m}} 50,0^{\text{s}}$$

Calcular Ea e m.

SOLUÇÃO:

$$\begin{array}{r} \text{Hleg} = 07^{\text{h}} 30^{\text{m}} 00,0^{\text{s}} \text{ (Hora Oficial Brasileira)} \\ \text{Fuso} = + 03^{\text{h}} \\ \hline \text{HMG} = 10^{\text{h}} 30^{\text{m}} 00,0^{\text{s}} \\ \text{HCr} = 10^{\text{h}} 29^{\text{m}} 50,0^{\text{s}} \\ \hline \text{Ea} = + 00^{\text{h}} 00^{\text{m}} 10,0^{\text{s}} \text{ (08/11/93)} \\ \text{Ea}' = + 00^{\text{h}} 00^{\text{m}} 09,0^{\text{s}} \text{ (07/11/93)} \\ \hline \text{m} = + 1,0^{\text{s}} \end{array}$$

7. Às Hleg 0830, foi feita a observação do Sol (limbo inferior) para o traçado da reta da manhã, obtendo-se:

$$\begin{array}{r} \text{HCr} = 11^{\text{h}} 30^{\text{m}} 20,0^{\text{s}} \\ \text{ai} = 40^{\circ} 30,6' \end{array}$$

Sabendo-se que o erro instrumental do sextante é $e_i = + 2,0'$, que o Estado Absoluto do Cronômetro é $E_a = + 00^h 00^m 10,0^s$ e que a elevação do olho do observador é 10,0 m, calcular e plotar a reta da manhã.

SOLUÇÃO:

a. Inicialmente plota-se na Carta Náutica a posição estimada de 0830P e retiram-se suas coordenadas geográficas:

Latitude $32^\circ 31,0' S$, Longitude $048^\circ 40,0' W$ (Hleg 0830)

b. Calcula-se, então, a reta de altura observada, obtendo-se os seguintes elementos determinativos:

ASTRO	POSIÇÃO ESTIMADA	DIFERENÇA DE ALTURA (Δa)	AZIMUTE
-------	------------------	------------------------------------	---------

SOL	Lat $32^\circ 31,0' S$, Long $048^\circ 40,0' W$	+ 3,0'	084,3°
-----	---	--------	--------

c. Em seguida plota-se a reta da manhã na Carta Náutica (ver a figura 32.2).

8. Calcular a Hleg da passagem meridiana e o tempo limite para as observações circumeridianas.

SOLUÇÃO:

a. Inicialmente entra-se no Almanaque Náutico, para obter a HML da passagem meridiana do Sol:

08/11/93 – HML pmd = $11^h 44^m$

b. Plota-se, então, na Carta Náutica, uma posição estimada para este instante (considerando a HML como Hleg):

Posição estimada de 11:44 horas: Latitude $31^\circ 47,0' S$, Longitude $048^\circ 16,0' W$ (ver a figura 32.2)

c. Para esta posição estimada, transforma-se a HML em Hleg:

$$\begin{array}{r}
 \text{HML pmd} = 11^h 44^m \\
 \text{Long } 048^\circ 16,0' W = + 03^h 13^m W \\
 \hline
 \text{HMG pmd} = 14^h 57^m \\
 \text{Fuso} = 03^h \\
 \hline
 \text{Hleg pmd} = 11^h 57^m
 \end{array}$$

d. Calcula-se finalmente o **tempo limite** para as observações circumeridianas (processo aproximado):

$$\begin{array}{r}
 \text{Lat} \cong 32^\circ S \quad (\text{aproximada ao grau inteiro}) \\
 - \text{Dec} \cong 17^\circ S \quad (\text{aproximada ao grau inteiro}) \\
 \hline
 t \text{ lim} = 15 \text{ minutos}
 \end{array}$$

9. Utilizando os dados anteriores, efetuar a previsão da altura do Sol por ocasião da sua passagem meridiana.

SOLUÇÃO:

a. A altura do Sol por ocasião da passagem meridiana pode ser prevista conhecendo-se:

– a HMG da passagem meridiana do Sol;

- a Declinação do Sol para esta HMG;
- a elevação do olho do observador no local da observação;
- o erro instrumental do sextante a ser empregado na observação; e
- a Latitude estimada para a hora da observação.

b. Neste caso:

$$\begin{aligned} \text{HMG pmd} &= 14^{\text{h}} 57^{\text{m}} \\ \text{Declinação do Sol} &= 16^{\circ} 41,4' \text{ S} \\ \text{Elev} &= 10,0 \text{ m} \\ \text{ei} &= + 2,0' \\ \varphi_e &= 31^{\circ} 44,5' \text{ S (Hleg 1157)} \end{aligned}$$

c. Faz-se, então:

$$\begin{array}{r} \varphi_e = 31^{\circ} 44,5' \text{ S} \\ \text{Dec} = 16^{\circ} 41,4' \text{ S} \\ \hline z \text{ md} = 15^{\circ} 03,1' \\ \\ a \text{ md} = 74^{\circ} 56,9' \\ - c = - 15,9' \quad (\text{limbo inferior}) \\ \hline a \text{ ap} = 74^{\circ} 41,0' \\ - \text{dp ap} = + 05,6' \\ \hline a_o = 74^{\circ} 46,6' \\ \\ - \text{ei} = - 2,0' \\ \hline a_i = 74^{\circ} 44,6' \quad (\text{limbo inferior}) \end{array}$$

d. Assim, a altura instrumental prevista para o Sol no instante da passagem meridiana será $a_i = 74^{\circ} 44,6'$ (limbo inferior).

e. O conhecimento de mais este dado auxilia a observação meridiana do Sol. De posse da Hora Legal da passagem meridiana e da altura prevista do Sol nesse instante, estará o navegante habilitado a proceder à observação meridiana em tempo e com segurança.

10. Qual será o Azimute Verdadeiro do Sol no instante da passagem meridiana?

SOLUÇÃO:

a. O Azimute Verdadeiro de qualquer astro no instante da passagem meridiana é 000° ou 180° pois, nesta situação, o centro do astro está sobre o meridiano do observador, que marca a direção Norte-Sul (000° - 180°). A única exceção ocorre quando o astro passa exatamente no Zênite do observador ($\text{Lat} = \text{Dec}$), sendo o seu Azimute indeterminado.

b. No presente caso, a Latitude estimada do navio por ocasião da passagem meridiana do Sol é $\text{Lat } 31^{\circ} 44,5' \text{ S}$ e a Declinação do Sol é $\text{Dec } 16^{\circ} 41,4' \text{ S}$. Assim, o Sol estará exatamente ao Norte do observador na passagem meridiana, e seu Azimute Verdadeiro será 000° .

11. Às HCr $14^{\text{h}} 56^{\text{m}} 58,0^{\text{s}}$, o navegante observou a altura do Sol na passagem meridiana, obtendo $a_i = 74^{\circ} 42,9'$ (limbo inferior). Sabendo que: $\text{ei} = + 2,0'$; $\text{Ea} = + 00^{\text{h}} 00^{\text{m}} 10,0^{\text{s}}$; e $\text{Elev} = 10,0\text{m}$, calcular a Latitude meridiana.

SOLUÇÃO:

$$\begin{array}{r} a_i = 74^{\circ} 42,9' \\ \text{ei} = + 2,0' \\ \hline a_o = 74^{\circ} 44,9' \end{array}$$

$$\begin{array}{r}
 \text{ao} = 74^\circ 44,9' \quad (\text{transporte}) \\
 \text{dp ap} = - \quad 5,6' \\
 \hline
 \text{a ap} = 74^\circ 39,3' \quad (\text{limbo inferior}) \\
 \text{c} = + \quad 15,9' \\
 \hline
 \text{a md} = 74^\circ 55,2' \\
 \\
 \text{z md} = 15^\circ 04,8' \\
 \text{Dec} = 16^\circ 41,4' \text{ S} \quad (\text{HMG} = 14^{\text{h}} 57^{\text{m}} 08^{\text{s}}) \\
 \hline
 \varphi \text{ md} = 31^\circ 46,2' \text{ S} \quad (\text{Hleg } 1157)
 \end{array}$$

12. Determinar a posição ao meio dia verdadeiro, por cruzamento da Latitude meridiana com a reta da manhã transportada.

SOLUÇÃO:

a. A reta da manhã tem que ser transportada das Hleg = 0830 para às Hleg = 1157, isto é, numa distância de 51,8' (considerando a velocidade de 15 nós), no Rumo 025°.

b. O transporte da LDP e o seu cruzamento com a Latitude meridiana estão mostrados na figura 32.2. As coordenadas da posição meridiana são: Latitude 31° 46,2' S, Longitude 048° 03,0' W.

13. O navio prossegue no Rumo Verdadeiro 025°, velocidade 15,0 nós. Às HCr 18^h 57^m 13^s, o navegante observa o limbo inferior do Sol para o traçado da reta da tarde, obtendo ai = 32° 59,0'.

Com os dados do problema para ei, Ea e Elev, calcular e plotar a reta de altura.

SOLUÇÃO:

a. Inicialmente plota-se na Carta Náutica (figura 32.2) uma posição estimada para o instante da observação:

Latitude 30° 50,0' S, Longitude 047° 33,0' W (Hleg 1557)

b. Calcula-se, então, a reta de altura, obtendo-se os seguintes elementos determinativos.

ASTRO	POSIÇÃO ESTIMADA	DIFERENÇA DE ALTURA (Δa)	AZIMUTE
SOL	Lat 30° 50,0' S, Long 047° 33,0' W	- 5,0'	269,4°

c. A plotagem da reta da tarde (que é, praticamente, uma reta de Longitude) está mostrada na figura 32.2.

14. Determinar a posição do navio, pelo cruzamento da reta da tarde com a Latitude meridiana transportada.

SOLUÇÃO:

a. Ver a Carta Náutica (figura 32.2).

b. As coordenadas da posição da tarde são:

Latitude 30° 50,0' S, Longitude 047° 28,0' W (Hleg 1557).

15. Calcular a Hora Legal do pôr-do-Sol e do término do crepúsculo civil vespertino, bem como o período favorável para observações com o sextante no crepúsculo vespertino do dia 08/11/93.

SOLUÇÃO:

a. Obtêm-se, no Almanaque Náutico, para o dia 08/11/93:

Latitude 30°S: HML (pôr-do-Sol) = 18^h 27^m ; HML (crep civil) = 18^h 53^m

b. Plota-se na Carta Náutica uma posição estimada para 1853 horas:

Latitude 30° 17,0' S, Longitude 047° 05,0' W (03^h 08^m W)

c. Para esta Longitude, transformam-se as HML em Hleg:

$$\begin{array}{rcl}
 \text{HML (pôr-do-Sol)} = 18^h 27^m & ; & \text{HML (crep. civil)} = 18^h 53^m \\
 \text{Long} = 03^h 08^m \text{ W} & ; & \text{Long} = 03^h 08^m \text{ W} \\
 \hline
 \text{HMG (pôr-do-Sol)} = 21^h 35^m & ; & \text{HMG(crep. civil)} = 22^h 01^m \\
 \text{Fuso} = 03^h & ; & \text{Fuso} = 03^h \\
 \hline
 \text{Hleg (pôr-do-Sol)} = 18^h 35^m & ; & \text{Hleg (crep. civil)} = 19^h 01^m
 \end{array}$$

d. A duração do crepúsculo civil (ΔT) é:

$$\begin{array}{r}
 \text{Hleg (crep. civil)} = 19^h 01^m \\
 \text{Hleg (pôr-do-sol)} = 18^h 35^m \\
 \hline
 \Delta T = 26^m
 \end{array}$$

e. Portanto, o período favorável para observações com o sextante no crepúsculo vespertino será.

$$\begin{array}{rcl}
 \Delta T = 26^m & \text{Hleg (crep. civil)} = 19^h 01^m & H_1 = 18^h 48^m \\
 \Delta T/2 = 13^m & - \Delta T/2 = - 13^m & + \Delta T = 26^m \\
 \hline
 & H_1 = 18^h 48^m & H_2 = 19^h 14^m
 \end{array}$$

Período favorável para observações: das Hleg 1848 às Hleg 1914.

16. Às Hleg 1830, observa-se o Azimute do Sol para determinação do desvio da giro, obtendo-se: A gi = 252° ; HCr = 21^h 30^m 05,0^s

Calcular o D gi.

SOLUÇÃO:

a.

$$\begin{array}{r}
 \text{HCr} = 21^h 30^m 05,0^s \\
 \text{Ea} = + 00^h 00^m 10,0^s \\
 \hline
 \text{HMG} = 21^h 30^m 15,0^s \rightarrow \text{Dec} = 16^\circ 46,2' \text{ S} \\
 \text{AHG} = 146^\circ 36,6'
 \end{array}$$

b. Calculando o Azimute Verdadeiro do Sol, obtêm-se: A = 250,8°.

c. Faz-se, então:

$$\begin{array}{r}
 \text{A gi} = 252,0^\circ \\
 \text{A} = 250,8^\circ \\
 \hline
 \text{D gi} = 1,2^\circ \text{ W} \cong 1^\circ \text{ W}
 \end{array}$$

17. Organizar o programa de observações (“preparo do céu”) para o crepúsculo vespertino de 08/11/93:

SOLUÇÃO:

$$\begin{aligned} \text{a. HMG (crep. civil)} &= 22^{\text{h}} 01^{\text{m}} \rightarrow \text{AHG}_{\gamma} = 018^{\circ} 20,8' \\ &\quad \text{Long} = 047^{\circ} 05,0' \text{ W} \\ &\quad \text{AHL}_{\gamma} = 331^{\circ} 15,8' \end{aligned}$$

b. Entrando no “Star Finder and Identifier” com o valor do AHL_{γ} e o “template” (diagrama de Latitude) de 35° S, obtêm-se:

ASTRO	MAGNITUDE	AZIMUTE	ALTURA PREVISTA
Alpheratz	2 ^a	028°	20°
Diphda	2 ^a	074°	52°
ACHERNAR	1 ^a	140°	49°
RIGIL KENT.	1 ^a	209°	20°
Peacock	2 ^a	211°	62°
ANTARES	1 ^a	251°	18°
Nunki	2 ^a	268°	48°
ALTAIR	1 ^a	317°	35°
Enif	3 ^a	352°	45°

c. O preparo do céu está mostrado na figura 32.6.

18. Verificar se existe algum planeta em posição conveniente para observação no crepúsculo vespertino.

SOLUÇÃO:

a. Consultando as NOTAS SOBRE OS PLANETAS – 1993, no início do Almanaque Náutico, verifica-se que somente Saturno poderá ser visto no céu vespertino.

b. Determinam-se, então, seus elementos (AR e Dec), para plotagem no “Star Finder” (ver a figura 32.6):

$$\text{AR} = 326^{\circ} 32,8' ; \text{Dec} = 15^{\circ} 00,3' \text{ S}$$

c. Plota-se o planeta no lado S (Sul) da placa-base do “Star Finder” e, com o “template” de 35° S, obtêm-se seus Azimute e altura previstos:

PLANETA	MAGNITUDE	AZIMUTE	ALTURA PREVISTA
SATURNO	+ 0,7	350°	70°

d. Verifica-se assim que, embora visível, Saturno estará muito alto para observação no crepúsculo vespertino de 08/11/93, para a posição do nosso navio.

19. Durante o crepúsculo vespertino de 08/11/93, o Encarregado de Navegação do NE “BRASIL” observa 6 estrelas para obtenção do ponto astronômico e seleciona as 3 observações abaixo para o cálculo das retas de altura:

ASTRO	ALTURA INSTRUMENTAL	HORA DO CRONÔMETRO
ACHERNAR	44° 10,2'	21 ^h 56 ^m 12,0 ^s
Alpheratz	23° 51,4'	21 ^h 57 ^m 07,0 ^s
ANTARES	18° 15,1'	21 ^h 57 ^m 49,0 ^s

Figura 32.6 - Preparo do Céu (Crepúsculo Vespertino)

OBSERVAÇÃO DO CREPÚSCULO

Matutino / Vespertino

Navio **NE "BRASIL"** Data **08/11/93**

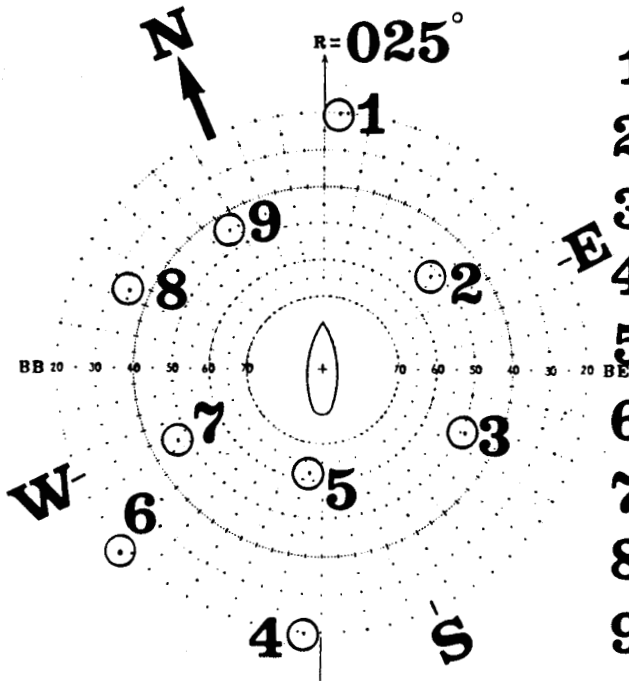
Estrélas

HML	18 ^h	53 ^m	0
λ_e	03	08	0 W
HMG	22	01	0
h	018 ^o	05	8
AHG γ	00	15	0
AHG γ	018	20	8
λ_e	047	05	0 W
AHL γ	331 ^o	15	8
φ_e	30 ^o	17	0 S

Posição estimada φ 30^o 17' 0 S
 λ 047^o 05' 0 W = 03^h 08^m W

Planetas

Nome	SATURNO			
ARV	359° 60' 0	359° 60' 0	359° 60' 0	359° 60' 0
α (astro)	033° 27' 2	o	o	o
δ (astro)	326° 32' 8			
	15° 00' 3 S			



	Astro	Previsão		Observação		Odômetro
		A	ae	Δt	ai	
1	Alpheratz	028	20			
2	Diphda	074	52			
3	ACHERNAR	140	49			
4	RIGIL KENT	209	20			
5	Peacock	211	62			
6	ANTARES	251	18			
7	Nunki	268	48			
8	ALTAIR	317	35			
9	Enif	352	45			

DHN - 0623

Calculado por

Alt. Silva

Sabendo-se que: $e_i = + 2,0'$; $E_a = + 00^h 00^m 10,0^s$; $Elev = 10,0$ m, calcular as retas de altura, plotar a posição astronômica e determinar suas coordenadas geográficas:

SOLUÇÃO:

a. Os cálculos das retas de altura fornecem os seguintes elementos determinativos para as LDP, para a posição estimada Latitude $30^\circ 08,0' S$, Longitude $046^\circ 55,0' W$ (Hleg 1857):

ASTRO	DIFERENÇA DE ALTURA	AZIMUTE
ACHERNAR	- 3,0'	142,4°
Alpheratz	+ 6,5'	029,9°
ANTARES	- 2,9'	249,5°

b. A posição astronômica do navio está plotada no modelo DHN-0620 que constitui a figura 32.7. As coordenadas geográficas da posição são:

Latitude $30^\circ 02,5' S$, Longitude $046^\circ 53,5' W$ (Hleg 1857).

Após a determinação, a posição foi plotada na Carta Náutica da figura 32.2.

Antes de terminar o dia da Navegação Astronômica, o navegante deverá calcular, baseado na navegação estimada prevista para o período noturno, a Hora Legal do início do crepúsculo civil matutino e do nascer do Sol, assim como o período favorável para observações com o sextante no crepúsculo matutino do dia seguinte (09/11/93). Ademais, fará, também, o preparo do céu para as referidas observações.

32.5 PROBLEMAS, PERGUNTAS E RESPOSTAS SOBRE NAVEGAÇÃO ASTRONÔMICA

Os problemas, perguntas e respostas seguintes cobrem o programa do exame para Capitão Amador:

1. No dia 27 de setembro de 1993, o veleiro "ALDEBARAN" navega no Rumo Verdadeiro 060° , velocidade 3,5 nós. A posição estimada às Hleg 0815 é Latitude $25^\circ 30,0' S$, Longitude $045^\circ 15,0' W$.

No instante HCr $11^h 15^m 45,0^s$, você observa o limbo inferior do Sol, obtendo a seguinte altura instrumental: $a_i = 32^\circ 46,7'$. Sabendo que o erro instrumental do sextante é $e_i = - 1,6'$, que o Estado Absoluto do Cronômetro é $E_a = - 00^h 00^m 30,0^s$ e que a elevação do olho do observador é $Elev = 4,0$ m:

a. Calcular e plotar a reta de altura obtida.

b. Supondo que a embarcação mantém o Rumo e a velocidade, calcular a Hora Legal prevista para a passagem meridiana superior (pmd) do Sol.

c. Às HCr $14^h 51^m 05,0^s$, o navegante observou o Sol (limbo inferior) na pmd, obtendo $a_i = 66^\circ 17,2'$. Calcular a Latitude meridiana e traçar a reta meridiana.

d. Determinar a posição meridiana, pelo cruzamento da reta meridiana com a reta da manhã transportada.

SOLUÇÃO:

a. O cálculo da reta da manhã pela Tábua Radler encontra-se no modelo DHN-0607 que constitui a figura 32.8. Os elementos determinativos da LDP são:

Figura 32.7 - Plotagem da Posição (Crepúsculo Vespertino)

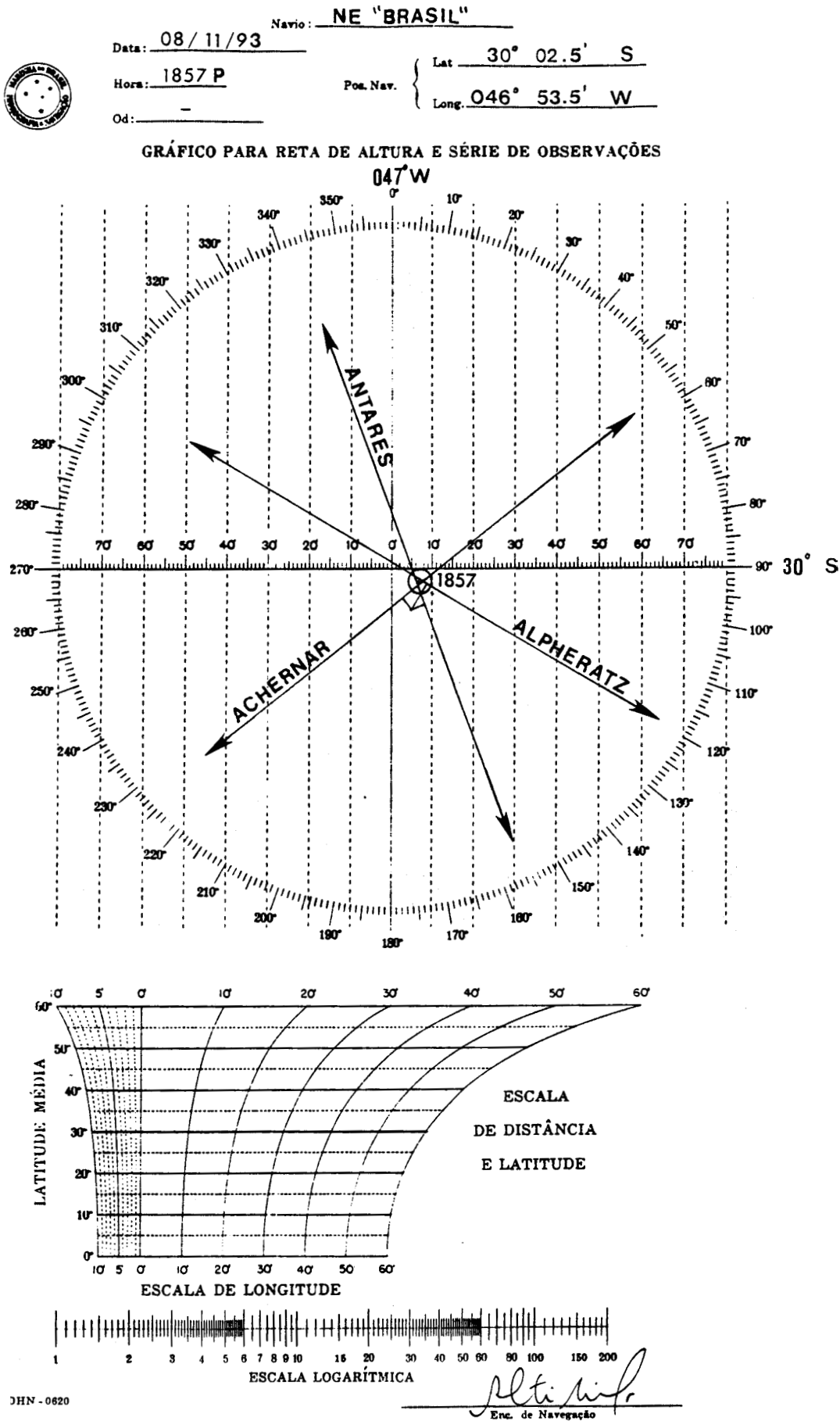


Figura 32.8 - Cálculo da Reta do Sol (Reta da Manhã)

RETA DE ALTURA PELA TÁBUA RADLER



NAVIO VO "ALDEBARAN"
 DATA 27/09/93
 φ_0 25° 30.0' S λ_0 045° 15.0' W

ASTRO =	SOL (LI)			
H leg =	0815			
R =	060°			
od =	-			
Elev =	4.0 m			
H Cp =	-			
Ea =	-00-00-30.0			
H Cr =	11-15-45.0			
comp =	-			
HMG =	11-15-15.0			
tG : h =	347° 15.2'			
tG : m/s =	03° 48.8'			
v =	-			
ARV =	-			
tG/HMG =	351° 04.0'			
λ_{aux} =	045° 04.0' W			
t =	306°			
t_1 =	54° E			
Primeira entrada na tábua	δ = 01° 44.1' S			
	t_1 = 54° E			
Elementos fornecidos pela tábua	a = 53° 58.0'			
	b = 02° 57.0'			
	b = 02° 57.0'			
	φ_{aux} = 25° 57.0' S			
	c = 23°			
Segunda entrada na tábua	c = 23°			
	a = 53° 58.0'			
Elementos fornecidos pela tábua	Aqd = 074.1° NE			
	ae = 32° 46.8'			
Correções da altura	ai = 32° 46.7'			
	ei = - 1.6'			
	ao = 32° 45.1'			
	c ₁ = - 3.5'			
	c ₂ = + 14.5'			
	c ₃ = -			
	a = 32° 56.1'			
	ae = 32° 46.8'			
a-ae = + 9.3'				
Elementos para plotagem da reta	a-ae = + 9.3'			
	A = 074.1°			
	φ_{aux} = 25° 57.0' S			
	λ_{aux} = 045° 04.0' W			

DHN - 0607

Calculado por *Alti*

ASTRO	POSIÇÃO ASSUMIDA	DIFERENÇA DE ALTURA (Δa)	AZIMUTE
-------	------------------	------------------------------------	---------

SOL	Lat 25° 57,0' S, Long 045° 04,0' W	+ 9,3'	074,1°
-----	------------------------------------	--------	--------

A reta de altura do Sol está plotada no modelo DHN-0620 que constitui a figura 32.9.

b. 27/09/93 : HML (pmd) = 11^h 51^m (dado do Almanaque Náutico)

Posição estimada às 1151 horas: Latitude 25° 25,5' S, Longitude 045° 03,5' W

$$\begin{array}{r}
 \text{HML (pmd)} = 11^{\text{h}} 51^{\text{m}} \\
 \text{Long} = 03^{\text{h}} 00^{\text{m}} \text{ W} \\
 \hline
 \text{HMG (pmd)} = 14^{\text{h}} 51^{\text{m}} \\
 \text{Fuso} = 03^{\text{h}} \\
 \hline
 \text{Hleg (pmd)} = 11^{\text{h}} 51^{\text{m}}
 \end{array}$$

NOTA:

A HML coincidiu com a Hleg por estar a embarcação praticamente no centro do Fuso Horário + 3^h (P).

c.

$$\begin{array}{r}
 \text{HCr} = 14^{\text{h}} 51^{\text{m}} 05,0^{\text{s}} \\
 \text{Ea} = - 00^{\text{h}} 00^{\text{m}} 30,0^{\text{s}} \\
 \hline
 \text{HMG} = 14^{\text{h}} 50^{\text{m}} 35,0^{\text{s}} \rightarrow \text{Dec} = 01^{\circ} 47,5' \text{ S}
 \end{array}$$

$$\begin{array}{r}
 \text{ai} = 66^{\circ} 17,2' \\
 \text{ei} = - 1,6' \\
 \hline
 \text{ao} = 66^{\circ} 15,6' \\
 \text{dp ap} = - 3,5' \\
 \hline
 \text{a ap} = 66^{\circ} 12,1' \\
 \text{c} = + 15,5' \\
 \hline
 \text{a md} = 66^{\circ} 27,6' \\
 \text{z md} = 23^{\circ} 32,4' \\
 \hline
 \text{Dec} = 01^{\circ} 47,5' \text{ S} \\
 \hline
 \varphi \text{ md} = 25^{\circ} 19,9' \text{ S}
 \end{array}$$

O traçado da reta meridiana está mostrado na figura 32.9.

d. O transporte da reta da manhã para cruzamento com a Latitude meridiana está mostrado na figura 32.9. As coordenadas da posição ao meio dia verdadeiro são:

Latitude 25° 19,9' S, Longitude 044° 50,0' W (Hleg 1151).

2. Organizar o programa de observações (“preparo do céu”) para as observações no crepúsculo civil matutino do dia 27 de setembro de 1993, na posição Latitude 35° S, Longitude 042° 17,0' W.

a. Calcule o período favorável para as observações;

b. Relacione as estrelas a serem observadas, com os respectivos Azimutes e alturas previstos, utilizando a PUB.249 Volume I; e

c. Informe, entre as estrelas relacionadas, qual definiria o avanço do navio, sabendo-se que o Rumo Verdadeiro é 040°.

SOLUÇÃO:

a. 27/09/93 – Lat 35° S:

HML (crep. civil) = 05 ^h 19 ^m ;	HML (nascer do Sol) = 05 ^h 44 ^m
Long 042° 17' W = 02 ^h 49 ^m W ;	Long 042° 17' W = 02 ^h 49 ^m W
HMG (crep. civil) = 08 ^h 08 ^m	HMG (nascer do Sol) = 08 ^h 33 ^m
Fuso = 03 ^h	Fuso = 03 ^h
Hleg (crep. civil) = 05 ^h 08 ^m	Hleg (nascer do Sol) = 05 ^h 33 ^m
	Hleg (crep. civil) = 05 ^h 08 ^m
	Duração do crepúsculo = 25 ^m (ΔT)

$$\Delta T/2 \cong 13^m$$

Hleg (crep. civil) = 05 ^h 08 ^m	H ₁ = 04 ^h 55 ^m
- ΔT/2 = - 13 ^m	+ ΔT = 25 ^m
H ₁ = 04 ^h 55 ^m	H ₂ = 05 ^h 20 ^m

Período favorável: das Hleg 0455 às Hleg 0520

b. HMG (crep civil) = 08^h 08^m → AHG_γ = 128° 07,8'
 Long = 042° 17,0' W
 AHL_γ = 085° 50,8'

Entrando na PUB.249 Volume I com Latitude 35° S e AHL_γ = 086° (valor inteiro mais próximo do valor encontrado para o AHL_γ), obtêm-se:

ASTRO	MAGNITUDE	ALTURA PREVISTA	AZIMUTE VERDADEIRO
BETELGEUSE	1 ^a	47° 32'	004°
♦ PROCYON	1 ^a	41° 35'	040°
Suhail	2 ^a	50° 22'	118°
♦ ACRUX	1 ^a	26° 22'	150°
ACHERNAR	1 ^a	43° 48'	221°
♦ Diphda	2 ^a	22° 02'	263°
ALDEBARAN	1 ^a	35° 58'	339°

c. A estrela PROCYON, cujo Azimute previsto (040°) é igual ao Rumo do navio. A reta de altura calculada da observação desse astro será, portanto, perpendicular ao Rumo, definindo o avanço (ou atraso) do navio (sendo, por isso, denominada de reta de velocidade).

3. No dia 27/09/93, tomou-se o Azimute do Sol pela Agulha Magnética, na posição Latitude 19° 30,0' S e Longitude 044° 47,1' W, às HMG 20^h 50^m 00,0^s, com a embarcação no Rumo da Agulha R ag = 270°, obtendo-se: Azimute da Agulha Magnética A ag = 288°. Sabendo-se que a Declinação Magnética, no local e data considerados, tem o valor de Dec mg = 21,5° W, calcular o Desvio da Agulha Magnética (D ag).

SOLUÇÃO:

a. HMG = 20^h 50^m 00,0^s (27/09/93):

Sol – HMG 20 ^h → AHG = 122° 17,1'	; Dec = 01° 52,6' S (d = + 1,0')
Acréscimo para 50 ^m 00,0 ^s = 12° 30,0'	; c = + 0,8'
HMG 20 ^h 50 ^m 00,0 ^s → AHG = 134° 47,1'	; Dec = 01° 53,4' S
Long = 044° 47,1' W	
AHL = 090°	

b. Cálculo do Azimute Verdadeiro pelas Tábuas A, B e C de Norie:

$$\begin{array}{r}
 A = 0,00 \\
 B = 0,03 \text{ S} \\
 \hline
 C = 0,03 \text{ S}
 \end{array}
 \qquad
 \begin{array}{r}
 C = 0,03 \text{ S} \\
 \varphi = 19^\circ 30,0' \text{ S} \\
 A \text{ qd} = 88,4^\circ \text{ SW} \\
 A = 268,4^\circ \text{ (Azimute Verdadeiro)}
 \end{array}$$

c.

$$\begin{array}{r}
 A = 268,4^\circ \\
 \text{Dec mg} = 21,5^\circ \text{ W} \\
 \hline
 A \text{ mg} = 289,9^\circ \\
 A \text{ ag} = 288,0^\circ \\
 \hline
 D \text{ ag} = 1,9^\circ
 \end{array}
 \qquad
 E \cong 2^\circ \text{ E (R ag} = 270^\circ)$$

4. No dia 25 de setembro de 1993, na posição estimada Latitude $10^\circ 00,0' \text{ S}$ e Longitude $000^\circ 10,0' \text{ W}$, você observou o Sol (reta da tarde) às HMG $16^{\text{h}} 45^{\text{m}} 00,0^{\text{s}}$, tendo obtido $ai = 16^\circ 38,1'$ (limbo inferior). Logo em seguida, aproveitando que a Lua estava, também, visível, observou o limbo inferior do astro, às HMG $16^{\text{h}} 45^{\text{m}} 45,0^{\text{s}}$, obtendo $ai = 38^\circ 10,2'$. Sabendo que $ei = + 2,0'$ e Elev = 3,0 m, calcular as retas de altura do Sol e da Lua e determinar a posição astronômica pela interseção das 2 LDP.

SOLUÇÃO:

a. O cálculo das duas retas de altura pela Tábua Radler encontra-se no modelo DHN-0607 que constitui a figura 32.10. Os elementos determinativos das LDP são:

ASTRO	POSIÇÃO ASSUMIDA (AP)	DIFERENÇA DE ALTURA (Δa)	AZIMUTE	HORA LEGAL
SOL	Lat $09^\circ 34,2' \text{ S}$, Long $000^\circ 21,0' \text{ W}$	- 6,1'	$271,8^\circ$	1645
LUA	Lat $09^\circ 34,9' \text{ S}$, Long $000^\circ 16,8' \text{ W}$	+ 5,7'	$100,8^\circ$	1646

b. A posição astronômica determinada está plotada no modelo DHN-0620 que constitui a figura 32.11. Suas coordenadas gráficas são:

$$\text{Latitude } 09^\circ 50,5' \text{ S, Longitude } 000^\circ 14,0' \text{ W (Hleg 1645)}$$

5. No dia 27/09/93 observou-se a estrela CANOPUS com altura instrumental $ai = 47^\circ 14,0'$ e Azimute 180° . Estando o observador com uma elevação de 3,0 metros, com um sextante sem erro instrumental, qual será a Latitude do lugar da observação?

SOLUÇÃO:

a. Se o Azimute Verdadeiro é 180° , o astro foi observado na passagem meridiana, ao Sul do observador, e a Latitude será obtida por combinação da distância zenital meridiana (zmd) com a Declinação do astro. Neste caso, então: $\varphi_{\text{md}} = \text{Dec}^* - \text{Zmd}$.

b. Portanto:

$$\begin{array}{r}
 ai = 47^\circ 14,0' \\
 ei = \text{Zero} \\
 \hline
 ao = 47^\circ 14,0' \\
 dp \text{ ap} = - 3,0' \\
 \hline
 a \text{ ap} = 47^\circ 11,0' \\
 c = - 0,9' \\
 \hline
 a \text{ md} = 47^\circ 10,1' \\
 z \text{ md} = 42^\circ 49,9' \\
 \hline
 \text{Dec}^* = 52^\circ 41,3' \text{ S (obtida no Almanaque Náutico)} \\
 \hline
 \text{Lat} = 09^\circ 51,4' \text{ S}
 \end{array}$$

Figura 32.10 - Cálculo das Retas de Altura do Sol e da Lua

RETA DE ALTURA PELA TÁBUA RADLER



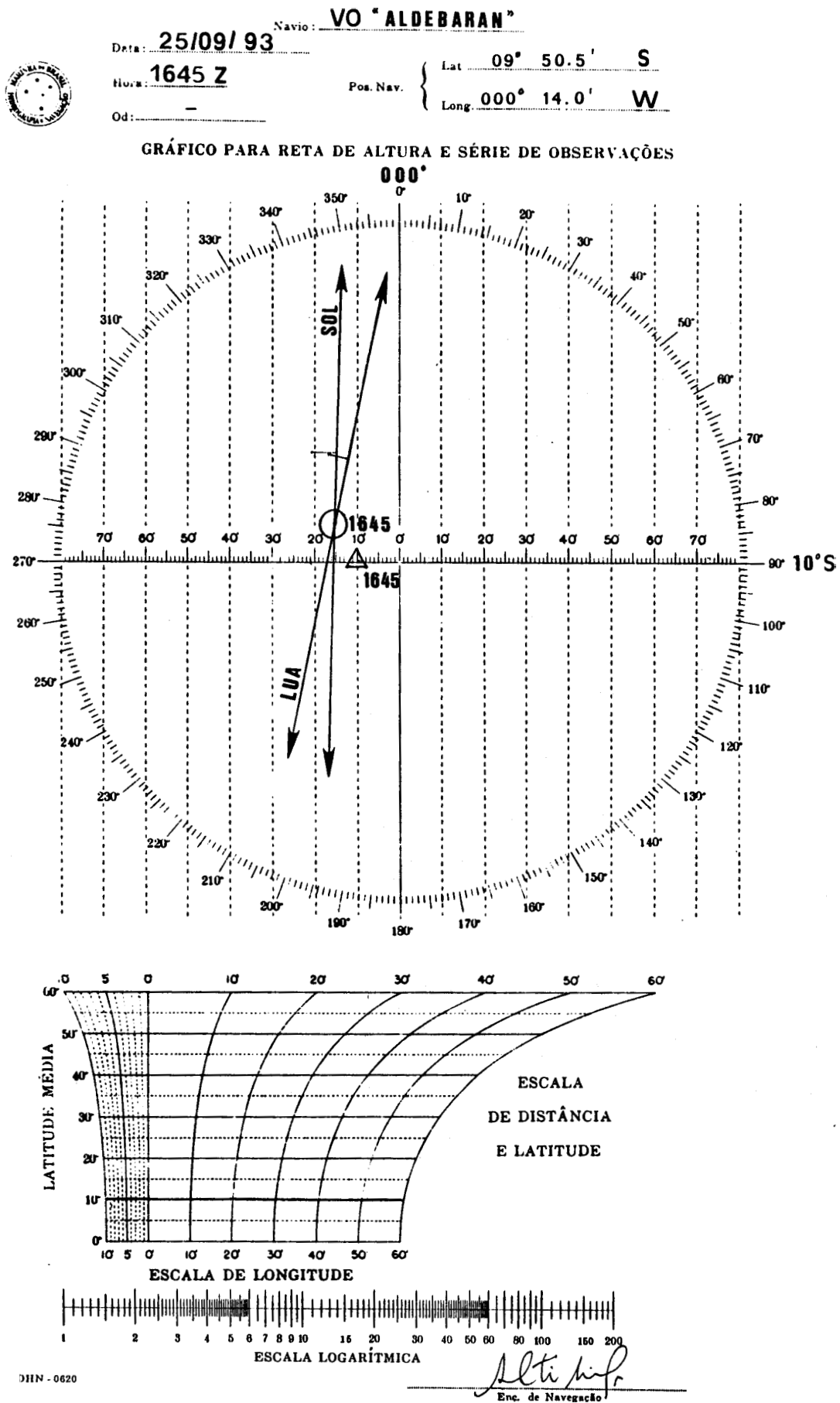
NAVIO ... VO "ALDEBARAN"
 DATA ... 25/09/93
 φ_0 ... 10° 00.0' S λ_0 ... 000° 10.0' W

ASTRO =	SOL (LI)	LUA (LI)		
H leg =	1645	1646		
R =	-	-		
od =	-	-		
Elev =	3.0 m	3.0 m		
H Cp =	-	-		
Ea =	-	-		
H Cr =	-	-		
comp =	-	-		
HMG =	16-45-00.0	16-45-45.0		
tG : h =	062° 06.0'	297° 11.9'		
tG : m/s =	11° 15.0'	10° 55.0'		
v =	-	+ 9.9'		
ARV =	-	-		
tG/HMG =	073° 21.0'	308° 16.8'		
λ_{aux} =	000° 21.0' W	000° 16.8' W		
t =	073°	308°		
t ₁ =	073° W	052° E		
Primeira entrada na tábu	δ = 01° 02.7' S	14° 21.9' S	Pl = 55.2'	
	t ₁ = 73° W	52° E		
Elementos fornecidos pela tábu	a = 72° 58.0'	49° 45.4'		
	b = 03° 34.2'	22° 34.9'		
	$\tilde{\varphi}_{aux}$ = 09° 34.2' S	09° 34.9' S		
	c = 06°	13°		
Segunda entrada na tábu	c = 06°	13°		
	a = 72° 58.0'	49° 45.4'		
Elementos fornecidos pela tábu	Aqd = 88.2° NW	79.2° SE		
	ae = 16° 56.0'	39° 00.6'		
Correções da altura	ai = 16° 38.1'	38° 10.2'		
	ei = + 2.0'	+ 2.0'		
	ao = 16° 40.1'	38° 12.2'		
	c ₁ = - 3.0'	- 3.0'		
	c ₂ = + 12.8'	+ 57.1'		
	c ₃ = -	-		
	a = 16° 49.9'	39° 06.3'		
	ae = 16° 56.0'	39° 00.6'		
Elementos para plotagem da reta	a-ae = - 06.1'	+ 05.7'		
	a-ae = - 6.1'	+ 5.7'		
	A = 271.8°	100.8°		
	φ_{aux} = 09° 34.2' S	09° 34.9' S		
	λ_{aux} = 000° 21.0' W	000° 16.8' W		

DHN - 0607

Calculado por *Alti prof.*

Figura 32.11 - Plotagem da Posição



6. Complete o quadro abaixo, considerando o Pólo Sul como pólo elevado.

	VERDADEIRO (A) (OU CIRCULAR)	NÁUTICO (Z) (SEMICIRCULAR)	QUADRANTAL (Aqd)	AMPLITUDE (Amp)
AZIMUTE	130°			
AZIMUTE		S 084° W		
AZIMUTE			75° NW	
AZIMUTE				45° WS
AZIMUTE	215°			
AZIMUTE		S 125° E		

SOLUÇÃO:

	VERDADEIRO (A) (OU CIRCULAR)	NÁUTICO (Z) (SEMICIRCULAR)	QUADRANTAL (Aqd)	AMPLITUDE (Amp)
AZIMUTE	130°	S 050° E	50° SE	40° ES
AZIMUTE	264°	S 084° W	84° SW	06° WS
AZIMUTE	285°	S 105° W	75° NW	15° WN
AZIMUTE	225°	S 045° W	45° SW	45° WS
AZIMUTE	215°	S 035° W	35° SW	55° WS
AZIMUTE	055°	S 125° E	55° NE	35° EN

7. Sendo a Hora Verdadeira Local (HVL) igual a 09^h 17^m 50,0^s, no dia 27/09/93, na Longitude 050° 32,0' W, qual será a Hora Legal (Hleg) correspondente?

SOLUÇÃO:

$$\begin{array}{r}
 \text{HVL} = 09^{\text{h}} 17^{\text{m}} 50,0^{\text{s}} \\
 \text{Long } 050^{\circ} 32,0' \text{ W} = 03^{\text{h}} 22^{\text{m}} 08,0^{\text{s}} \text{ W} \\
 \hline
 \text{HVG} = 12^{\text{h}} 39^{\text{m}} 58,0^{\text{s}} \\
 \text{ET} = 09^{\text{m}} 01,0^{\text{s}} \quad (27/09/93 ; 12^{\text{h}}) \\
 \hline
 \text{HMG} = 12^{\text{h}} 30^{\text{m}} 57,0^{\text{s}} \\
 \text{Fuso} = 03^{\text{h}} \\
 \hline
 \text{Hleg} = 09^{\text{h}} 30^{\text{m}} 57,0^{\text{s}} \cong \text{Hleg } 0931
 \end{array}$$

8. Qual a distância polar (p) do Sol por ocasião dos equinócios? Qual a distância polar (p) do Sol no solstício de verão no Hemisfério Sul, para um observador localizado no Hemisfério Norte?

SOLUÇÃO:

a. Por ocasião dos equinócios, o centro do Sol encontra-se no Equador Celeste. Sua Declinação, portanto, é igual a zero. Assim, a distância polar (p) será igual a 90°.

b. Por ocasião do solstício de verão no Hemisfério Sul (21/22 de dezembro), o Sol alcança o seu afastamento máximo do Equador Celeste no Hemisfério Sul e sua Declinação é igual a 23° 26,3' S. Se o observador está no Hemisfério Norte, o pólo elevado é o Pólo Norte Celeste e a distância polar do Sol será $p = 90^{\circ} + 23^{\circ} 26,3' \text{ S} = 113^{\circ} 26,3' \cong 113,5^{\circ}$.

9. Considerando a Latitude do observador e a Declinação do astro, quais as condições necessárias para o astro cortar o 1° vertical acima do horizonte?

SOLUÇÃO:

– Latitude e Declinação de mesmo nome.

– Latitude maior que a Declinação.

10. Calcular a Ascensão Reta Versa (ARV) do Sol, no dia 27 de setembro de 1993, às HMG 10^h 00^m 00,0^s.

SOLUÇÃO:

a. Para qualquer astro, vale a equação:

$$AHG^* = AHG_{\gamma} + ARV^*$$

Portanto:

$$ARV^* = AHG^* - AHG_{\gamma}$$

b. Então:

27/09/93 – HMG 10^h 00^m 00,0^s

$$\begin{array}{r} AHG (\text{Sol}) = 332^{\circ} 15,0' \\ AHG_{\gamma} = 156^{\circ} 12,4' \\ \hline ARV (\text{Sol}) = 176^{\circ} 02,6' \end{array}$$

11. Calcular o ângulo no pólo (t_1) da estrela SIRIUS no dia 27/09/93, às Hleg 1827, na Longitude 047° 38,0' E.

SOLUÇÃO:

a. Longitude 047° 38,0' E → Fuso Horário = – 3^h (C)

b.

$$\begin{array}{r} Hleg = 18^h 27^m 00,0^s \\ Fuso = - 03^h \\ \hline HMG = 15^h 27^m 00,0^s \end{array}$$

c.

$$\begin{array}{r} HMG 15^h \rightarrow AHG_{\gamma} = 231^{\circ} 24,7' \\ \text{Acréscimo para } 27^m 00,0^s = 06^{\circ} 46,1' \\ \hline HMG 15^h 27^m 00,0^s \rightarrow AHG_{\gamma} = 238^{\circ} 10,8' \\ \hline ARV = 258^{\circ} 46,7' \\ \hline AHG = 136^{\circ} 57,5' \\ \hline Long = 047^{\circ} 38,0' E \\ \hline AHL = 184^{\circ} 35,5' \\ t = 184^{\circ} 35,5' \\ t_1 = 175^{\circ} 24,5' E \end{array}$$

12. Um navio partiu do Rio de Janeiro (Latitude 23° 00,0' S, Longitude 043° 10,0' W), para Capetown (Latitude 33° 54,0' S, Longitude 018° 25,0' E), às HML 07^h 17^m 30,0^s, do dia 08/11/93.

Sabendo-se que o tempo de viagem até o porto de destino foi de 247 horas, determinar qual a data e Hora Legal da chegada a Capetown.

SOLUÇÃO:

a. Partida do Rio de Janeiro:

$$\begin{array}{r} HML = 07^h 17^m 30,0^s \\ Long = 02^h 52^m 40,0^s W \\ \hline HMG = 10^h 10^m 10,0^s \end{array} \quad 08/11/93 \text{ (Hleg 0710P)}$$

b. Duração do trajeto = 247 horas = $10^d 07^h 00,0^m$

c.

$$\begin{array}{r} 08^d 10^h 10^m 10,0^s \\ 10^d 07^h 00^m 00,0^s \\ \hline 18^d 17^h 10^m 10,0^s \end{array}$$

d. Então, a chegada a Capetown ocorreu no dia 18/11/93, às HMG $17^h 10^m 10,0^s$

e.

$$\begin{array}{r} \text{HMG} = 17^h 10^m 10,0^s \\ \text{Fuso} = 01^h \quad \quad \quad (\text{A}) \\ \hline \text{Hleg} = 18^h 10^m 10,0^s \end{array}$$

f. Chegada a Capetown:

Data: 18/11/93

Hora Legal: $18^h 10^m 10,0^s$ (Hleg 1810 A)

13. Em um triângulo de posição, têm-se:

- Distância polar (p) = 90°
- Colatitude (c) = 90°
- Distância zenital (z) = 90°

Qual a Hora Verdadeira Local (HVL) do pôr-do-Sol?

SOLUÇÃO:

a. Têm-se: $\text{Dec}_\odot = 0^\circ$

$$\text{Lat} = 0^\circ$$

$$a = 0^\circ$$

b. Então: $\text{AHL}_\odot = 90^\circ$

$$\text{HVL} = 270^\circ = 18 \text{ horas}$$

c. $\text{HVL} = 18^h 00^m 00,0^s$

14. Um veleiro partiu da posição Latitude $00^\circ 00,0'$ e Longitude $178^\circ 00,0' \text{ E}$, com rumo Leste (090° Verdadeiro), velocidade de 6,0 nós, no dia 26/09/1993, às Hleg 0800, tendo navegado durante 22 horas no mesmo rumo e velocidade. Pedem-se a posição de chegada, a data e a Hora Legal correspondentes.

SOLUÇÃO:

a. Partida: $\text{Hleg} = 08^h 00^m 00,0^s - 26/09/93$

b. Longitude $178^\circ 00,0' \text{ E} \rightarrow$ Fuso Horário: $- 12(\text{M})$

c. Portanto:

$$\begin{array}{r} \text{Hleg} = 08^h 00^m 00,0^s \quad - 26/09/93 \\ \text{Fuso} = 12^h \quad \quad \quad (\text{M}) \\ \hline \text{HMG} = 20^h 00^m 00,0^s \quad - 25/09/93(\text{data-hora da partida, em HMG}) \end{array}$$

d. Distância navegada: $d = v \cdot t = 6,0' \times 22 = 132'$

$$\Delta\lambda = ap \cdot \sec \varphi = 132' \cdot \sec 0^\circ = 132' = 02^\circ 12' \text{ E}$$

$$\Delta\varphi = 0^\circ \text{ (pois o Rumo é } 090^\circ)$$

e. Posição de chegada:

$$\begin{aligned} \text{Latitude} &= 00^\circ 00,0' \\ \text{Longitude} &= 179^\circ 48,0' \text{ W} \end{aligned}$$

f. Data e hora da chegada:

$$\begin{array}{r} \text{Partida: 25/09/93} - \quad \text{HMG} = 20^{\text{h}} 00^{\text{m}} 00,0^{\text{s}} \\ \text{Duração do trajeto} = 22^{\text{h}} \\ \hline \text{Chegada: 26/09/93} - \quad \text{HMG} = 18^{\text{h}} 00^{\text{m}} 00,0^{\text{s}} \\ \text{Fuso} = 12^{\text{h}} \quad \quad \quad (\text{Y}) \\ \hline \text{Hleg} = 06^{\text{h}} 00^{\text{m}} 00,0^{\text{s}} \end{array}$$

g. Portanto \rightarrow chegada: 26/09/93 – Hleg = 0600.

NOTA:

No trajeto, a embarcação cruzou a linha internacional de mudança de data (meridiano de 180°) do hemisfério E para o W, tendo, portanto, que atrasar de 24^{h} (1 dia) os relógios de bordo.

15. Ao meio dia verdadeiro em Greenwich qual será o AHL do Sol no Rio de Janeiro ($\lambda = 043^\circ 10,0' \text{ W}$)

SOLUÇÃO:

a. Ao meio dia verdadeiro (pmd) em Greenwich, temos:

$$\begin{array}{r} \text{AHG}_{\odot} = 000^\circ 00,0' \\ \lambda = 043^\circ 10,0' \text{ W} \\ \hline \text{AHL}_{\odot} = 316^\circ 50,0' \end{array}$$

b. Portanto, AHL_{\odot} (Rio de Janeiro) = $316^\circ 50,0'$.