

29

EMPREGO DAS RETAS DE ALTURA PARA DETERMINAÇÃO DO PONTO. A POSIÇÃO ASTRONÔMICA NO MAR

29.1 NAVEGAÇÃO POR RETAS DE ALTURA SUCESSIVAS DO SOL

a. INTRODUÇÃO

Como vimos em capítulos anteriores, no intervalo de tempo entre os crepúsculos matutino e vespertino faz-se a **Navegação Astronômica** pela observação do Sol. Normalmente, observa-se o Sol pela manhã, em circunstâncias favoráveis para determinação da Longitude (corte do primeiro vertical, máxima digressão ou afastamento máximo do meridiano do observador). Posteriormente, observa-se o Sol na **passagem meridiana** (circunstância favorável para determinação da Latitude), calcula-se a **Latitude meridiana** e, então, transporta-se a **reta da manhã** para o instante da **passagem meridiana**, a fim de obter a **posição ao meio dia verdadeiro**, pela interseção da reta de **Latitude meridiana** com a **reta da manhã** transportada.

À tarde, quando se repetem as condições favoráveis para determinação da Longitude, observa-se novamente o Sol (**reta da tarde**) e, depois de calculada e plotada a LDP, obtém-se nova **posição astronômica**, pelo cruzamento da **reta da tarde** com a **reta de Latitude meridiana** transportada (para o instante da observação da **reta da tarde**).

Esta é uma breve descrição dos casos mais comuns de **navegação por retas de altura sucessivas do Sol**, que estudaremos a seguir.

b. TRANSPORTE DAS RETAS DE POSIÇÃO

O transporte de uma **linha de posição (LDP)** já foi estudado no Volume I deste Manual, no Capítulo 5, que aborda os conceitos da Navegação Estimada, e no Capítulo 6, que descreve a determinação da posição por LDP sucessivas na Navegação Costeira.

O transporte de uma **reta de altura** utiliza os mesmos conceitos. A única diferença notável refere-se aos tempos envolvidos. Enquanto que, na Navegação Costeira, recomenda-se que o intervalo de tempo máximo para transporte de uma LDP seja de 30 minutos, na Navegação Astronômica transporta-se uma **reta de posição** em intervalos de tempo normalmente da ordem de 3 ou, até mesmo, 4 horas.

Tal como na Navegação Costeira, o transporte de uma **reta de posição** na Navegação Astronômica é baseado na Navegação Estimada do navio entre o instante de determinação da LDP e o instante para o qual ela é transportada.

O transporte de uma **reta de altura** pode ser realizado pelo processo analítico ou pelo método gráfico.

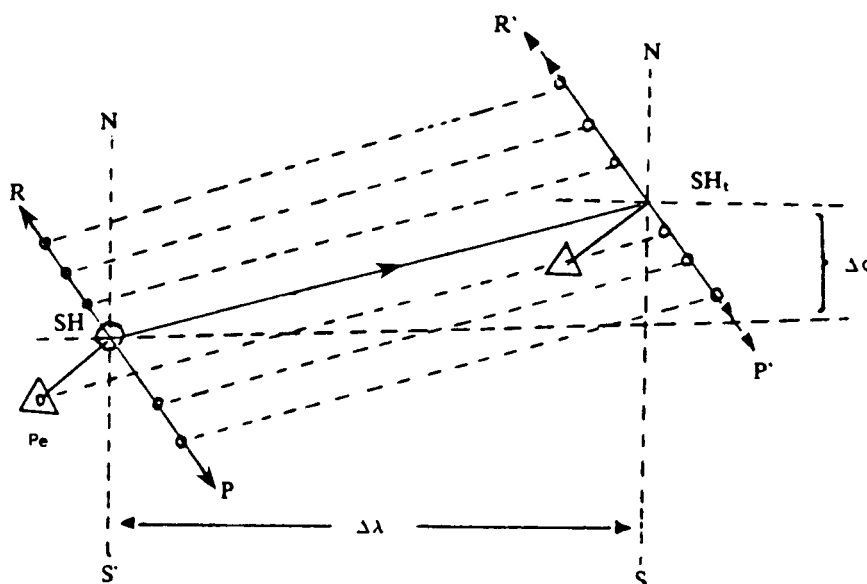
O processo analítico utiliza a **Tábua do Ponto** ou as equações da **derrota loxodrômica** ($\Delta \varphi = d \cdot \cos R$; $ap = d \cdot \sin R$ e $\Delta \lambda = ap \cdot \sec \varphi_m$) e pode ser descrito da seguinte maneira (ver a figura 29.1):

– Tomam-se as **coordenadas geográficas** (φ e λ) do ponto determinativo **SH** da reta de altura **RP** como ponto de partida;

– com o rumo e a distância navegada no intervalo de tempo em que deve ser transportada a LDP, determinam-se, pela Tábua do Ponto ou pelas equações da derrota loxodrômica, a **diferença de Latitude** ($\Delta \varphi$) e a **diferença de Longitude** ($\Delta \lambda$), que, aplicadas às coordenadas do ponto determinativo SH, fornecem o ponto SH transportado (SH_t); e

– pelo ponto SH_t, traça-se a reta de altura transportada, paralelamente à primeira reta.

Figura 29.1 - Transporte de Retas de Posição



EXEMPLO:

O Encarregado de Navegação do NDD "RIO DE JANEIRO" observou a **reta da manhã** às Hleg 0812, calculou os **elementos determinativos** e plotou a LDP na Carta Náutica, obtendo as seguintes coordenadas geográficas para o **ponto determinativo SH** da **reta de altura**:

Latitude $27^{\circ} 18,0' S$, Longitude $025^{\circ} 43,0' W$

O navio prosseguiu no rumo 030° , velocidade de 16,0 nós. Às Hleg 1142, o Encarregado de Navegação observou o Sol na passagem meridiana.

Calcular as coordenadas geográficas do **ponto determinativo transportado (SHt)**, pelo qual deve ser traçada a **reta da manhã** transportada (paralelamente à primeira reta), a fim de ser cruzada com a **reta de Latitude meridiana**, para definir a posição do navio ao meio dia verdadeiro.

SOLUÇÃO:

a. Determinação do intervalo de tempo no qual deve ser transportada a **reta da manhã**:

$$\begin{array}{r} \text{Hleg (passagem meridiana)} = 11^{\text{h}} 42^{\text{m}} \\ \text{Hleg (reta da manhã)} = 08^{\text{h}} 12^{\text{m}} \\ \hline \text{intervalo de tempo} = 03^{\text{h}} 30^{\text{m}} = 3,5 \text{ horas} \end{array}$$

b. Determinação da distância navegada no referido intervalo de tempo:

$$d = v \cdot t = 16,0 \times 3,5 = 56,0 \text{ milhas}$$

c. Determinação de $\Delta\varphi$ e $\Delta\lambda$:

$$\begin{array}{l} \Delta\varphi = d \cdot \cos R = 56 \cdot \cos 30^{\circ} = 48,5' N \\ \text{ap} = d \cdot \sin R = 56 \cdot \sin 30^{\circ} = 28,0' E \\ \Delta\lambda = \text{ap} \cdot \sec \varphi_m = 28 \cdot \sec 26^{\circ} 53,75' = 31,4' E \end{array}$$

d. Determinação das coordenadas do **ponto determinativo transportado (SHt)**:

$$\begin{array}{r} \varphi_{SH} = 27^{\circ} 18,0' S \\ \Delta\varphi = 48,5' N \\ \hline \varphi_{SHt} = 26^{\circ} 29,5' S \end{array} \qquad \begin{array}{r} \lambda_{SH} = 025^{\circ} 43,0' W \\ \Delta\lambda = 31,4' E \\ \hline \lambda_{SHt} = 025^{\circ} 11,6' W \end{array}$$

e. Plotando o ponto SHt e traçando por ele uma paralela à **reta da manhã**, teremos transportado essa LDP (observada às Hleg 0812) para o instante da observação da **Latitude meridiana** (Hleg 1142). Podemos, então, cruzar a Latitude meridiana calculada com a **reta da manhã** transportada, obtendo a **posição ao meio dia verdadeiro**.

O **método gráfico** é o normalmente utilizado a bordo para o transporte de uma **reta de altura**, pois dispensa os cálculos ou entradas na Tábua do Ponto requeridos pelo processo analítico, sendo totalmente resolvido sobre a Carta Náutica, folha de plotagem ou gráfico para reta de altura e série de observações.

Para transportar uma **reta de posição** pelo método gráfico basta marcar, a partir de qualquer ponto da LDP, uma distância igual à distância navegada pelo navio no intervalo de tempo referente ao transporte desejado, sobre uma direção igual ao rumo do navio, obtendo, assim, um ponto da reta transportada (ver a figura 29.1). Por este ponto, então, traçar a **reta de altura transportada**, paralelamente à **reta de altura** inicial.

Conforme mostrado na figura 29.1, uma **reta de altura transportada** é assinalada por dupla flecha nas extremidades.

Tanto pelo processo analítico, como pelo método gráfico, o transporte de uma **reta de posição** é baseado na Navegação Estimada realizada pelo navio no intervalo de tempo referente ao transporte. Assim sendo, é essencial que se mantenha uma estima precisa, especialmente quando houver mudanças de rumo, de velocidade, ou de ambos, no intervalo de tempo relativo ao transporte. Neste caso, as mudanças de rumo e/ou de velocidade e os instantes correspondentes devem ser cuidadosamente anotados (na folha N-2 – Registro de Ocorrências da Navegação) e considerados quando do transporte da **reta de altura**.

Havendo mudança de rumo e/ou de velocidade no intervalo, faz-se o transporte da **reta de altura** unindo por uma linha reta as posições estimadas correspondentes aos instantes inicial e final e avançando a LDP numa direção paralela a esta linha, de uma distância igual à distância entre as duas posições estimadas acima citadas, como ilustrado no seguinte exemplo:

O Encarregado de Navegação da F “UNIÃO” navegando no rumo 110° , velocidade de 18,0 nós, observou a **reta da manhã** às Hleg 0807, na posição estimada Latitude $35^\circ 20,0' S$ e Longitude $030^\circ 43,0' W$, obtendo os seguintes **elementos determinativos da reta de altura**:

$\Delta a = -5,1'$; $Az = 085^\circ$; Posição Assumida (AP) : Lat $35^\circ 00,0' S$, Long $030^\circ 35,0' W$.

Às Hleg 0900, o navio guina para o rumo 150° e reduz a velocidade para 13,0 nós, a fim de lançar aeronave. Às Hleg 0930, o navio guina BB para o rumo 070° , velocidade 18,0 nós. Às Hleg 1015, guina para o rumo 130° , velocidade 15,0 nós, para recolher a aeronave. Às Hleg 1045, o navio guina para o rumo 010° e aumenta a velocidade para 18,0 nós. Às Hleg 1203, o Encarregado de Navegação observa o Sol na **passagem meridiana**. Efetuado o cálculo, obtém, para a **Latitude meridiana**, o valor Lat md = $35^\circ 04,5' S$.

Determinar a **posição ao meio dia verdadeiro**, pelo cruzamento da **Latitude meridiana** com a **reta da manhã** transportada (para o instante da **passagem meridiana**).

SOLUÇÃO:

a. Inicialmente, com os **elementos determinativos da reta de altura** e a **posição assumida** correspondente, traça-se a **reta da manhã**, conforme mostrado na figura 29.2;

b. plota-se, então, a navegação estimada do navio, com todas as mudanças de rumo e/ou de velocidade ocorridas no período;

c. traça-se a reta meridiana, correspondente à **Latitude meridiana** calculada, resultante da observação meridiana do Sol;

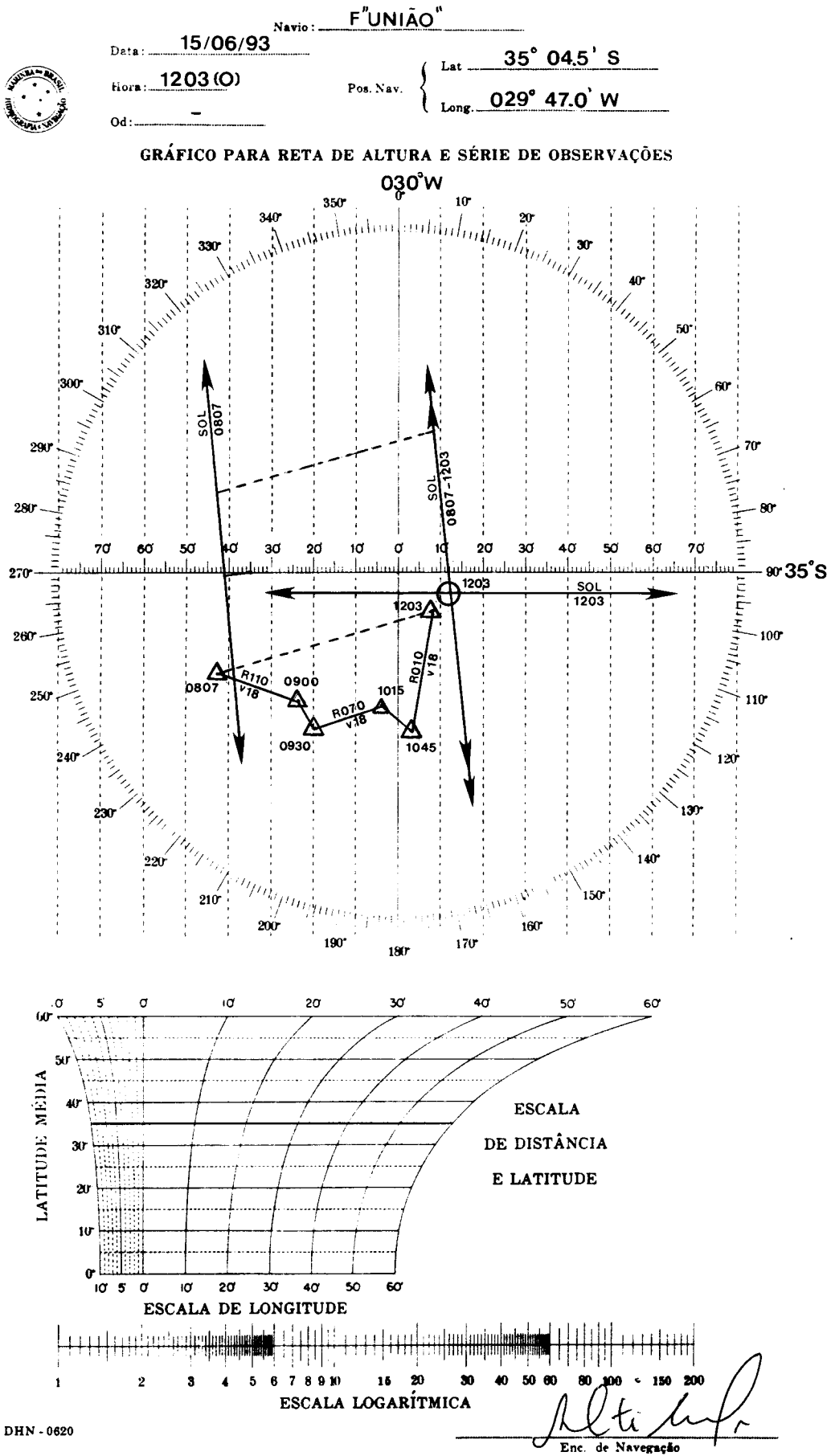
d. une-se por uma linha reta a posição estimada correspondente ao instante de observação da **reta da manhã** (Hleg 0807) e a posição estimada correspondente ao instante da **Latitude meridiana** (Hleg 1203);

e. transporta-se, então, a **reta da manhã**, em uma direção paralela à linha acima definida, de uma distância igual à distância entre as posições estimadas de 0807 e de 1203; e

f. a posição ao **meio dia verdadeiro** estará na interseção da **Latitude meridiana** com a **reta da manhã** transportada. Suas coordenadas geográficas, no presente exemplo, são:

Latitude $35^\circ 04,5' S$, Longitude $029^\circ 47,0' W$

Figura 29.2 – Transporte da Reta de Altura



c. ERROS NO TRANSPORTE DE UMA RETA DE ALTURA

Conforme vimos, o transporte de uma **reta de posição** é baseado na navegação estimada realizada pelo navio no intervalo de tempo referente ao transporte. Nesse transporte, normalmente, considera-se que o navio percorreu exatamente o rumo verdadeiro ordenado, mantendo rigorosamente a mesma velocidade. Assim, não são levados em conta vários fatores que podem alterar o movimento do navio, tais como:

- Correntes marítimas;
- correntes de Maré;
- efeito do vento;
- estado do mar (ação das vagas e marulho, fazendo a proa tomar direções diferentes do rumo desejado);
- mau governo (efeito das guinadas que o timoneiro faz para manter o rumo);
- pequenas diferenças de velocidade entre eixos (para navios com mais de um eixo) ou erro na indicação do odômetro ou velocímetro;
- banda e trim; e
- desvio da agulha de governo não detectado ou mal determinado.

O efeito combinado de todos esses fatores (que, na prática, denominamos de **corrente**) pode alterar o movimento do navio com relação à estima, introduzindo, então, um erro no transporte da **reta de posição**.

Seja, na figura 29.3, RP a reta de altura obtida pela observação e SH seu ponto determinativo. SH–Pe é o caminho que se supõe tenha o navio percorrido no intervalo dentro do qual se deseja transportar a reta; esse caminho se deduz de uma estima errada (devido à corrente, governo, distância, vento, mar, etc.). Pec é a posição estimada correta; R'P' é a reta transportada, afetada dos erros de transporte; e R" P" é a reta transportada corretamente.

Se o erro da estima é conhecido em grandeza e direção (segmento PePec), a reta R" P" poderá ser facilmente traçada, como se vê na figura 29.3.

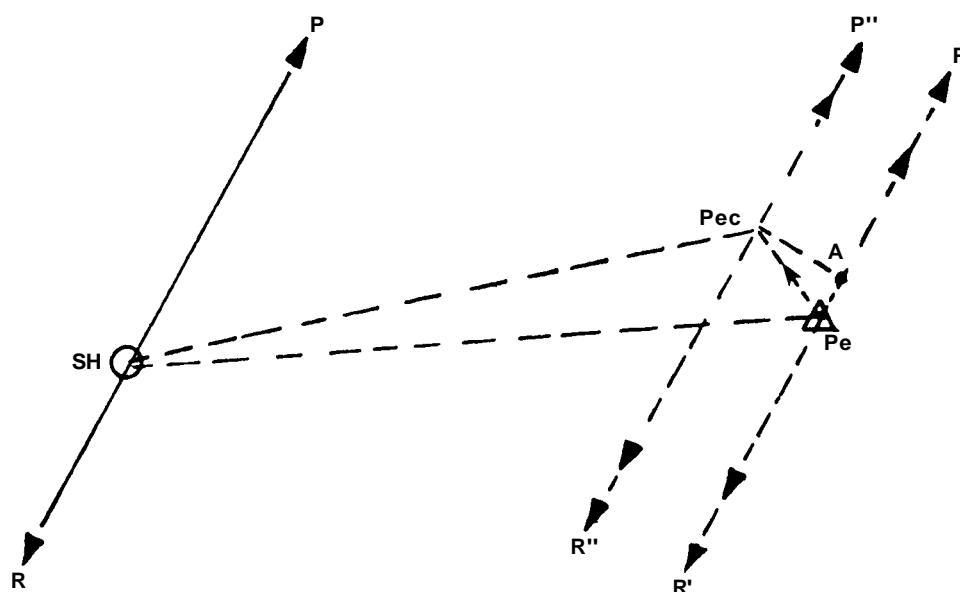
Decompondo o segmento PePec em duas partes: PecA normal à reta de altura e PeA segundo a direção da reta, vê-se que essa última componente nenhum erro produz no transporte da reta, enquanto que a primeira representa o deslocamento lateral da reta transportada devido à estima errada.

Quando se conhecem os elementos da **corrente** (direção e velocidade), pode-se estimar o seu efeito sobre o movimento do navio no intervalo de tempo referente ao transporte e plotar, a partir da **posição estimada (Pe)**, um **posição estimada corrigida (Pec)**, considerando esta última posição para o transporte da **reta de altura**, conforme mostrado na figura 29.3 e ilustrado no exemplo abaixo.

O Encarregado de Navegação do CT “PARANÁ”, às Hleg 0807, na posição estimada Latitude 15° 05,0' S e Longitude 032° 17,5' W, observa a **reta da manhã**, obtendo do cálculo os seguintes **elementos determinativos**:

$$\Delta a = + 11,0' ; Az = 102,0^\circ ; \text{Posição Assumida (AP)} : \text{Lat } 15^\circ 00,0' \text{ S, Long } 032^\circ 43,0' \text{ W.}$$

Figura 29.3 - Erro no Transporte de uma Reta de Posição



O navio prossegue no rumo 260° , velocidade de 16,0 nós. Às Hleg 1147, o encarregado de Navegação observa o Sol na **passagem meridiana** e calcula a **Latitude meridiana**, obtendo o valor $\text{Lat md} = 15^\circ 23,0' \text{ S}$.

Determinar a posição ao meio dia verdadeiro pela interseção da reta de Latitude meridiana com a reta da manhã transportada, sabendo-se que os elementos da **corrente** presente na área são direção (rumo) 230° , velocidade 2,0 nós.

SOLUÇÃO:

- Plota-se a **posição estimada** correspondente à Hleg 0807 (ver a figura 29.4);
- com os **elementos determinativos** e a **posição assumida**, traça-se a **reta da manhã**, conforme mostrado na figura 29.4;
- com o rumo e a distância navegada, plota-se a **posição estimada** da Hleg 1147. Neste caso, $R = 260^\circ$;

$$d = 16,0 \times 3,67 = 58,7 \text{ milhas};$$

- conhecendo-se os elementos da **corrente** (rumo 230° , velocidade 2,0 nós), plota-se a **posição estimada corrigida (Pec)** de 1147, conforme mostrado na figura 29.4;

e. transporta-se, então, a **reta da manhã** paralelamente à linha que une a posição estimada de 0807 com a **posição estimada corrigida** de 1147, de uma distância igual à distância entre as referidas posições; e

f. plota-se a **reta de Latitude meridiana** e define-se a **posição ao meio dia verdadeiro**, na interseção da **Latitude meridiana** com a **reta da manhã** transportada. No presente exemplo, as **coordenadas geográficas** da posição são (ver a figura 29.4):

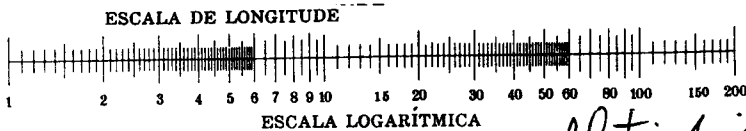
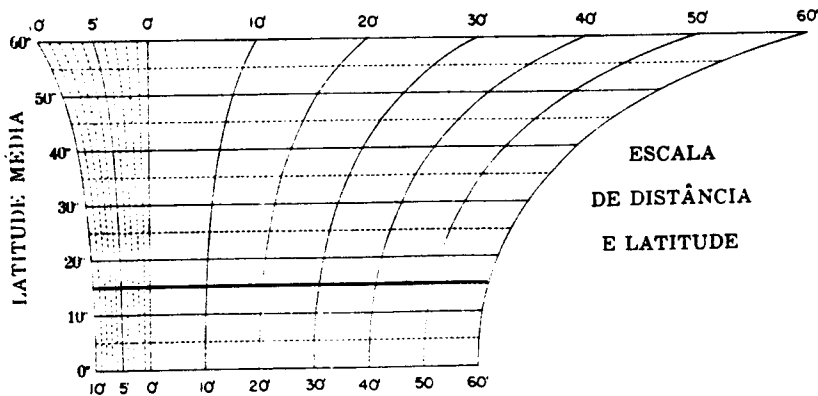
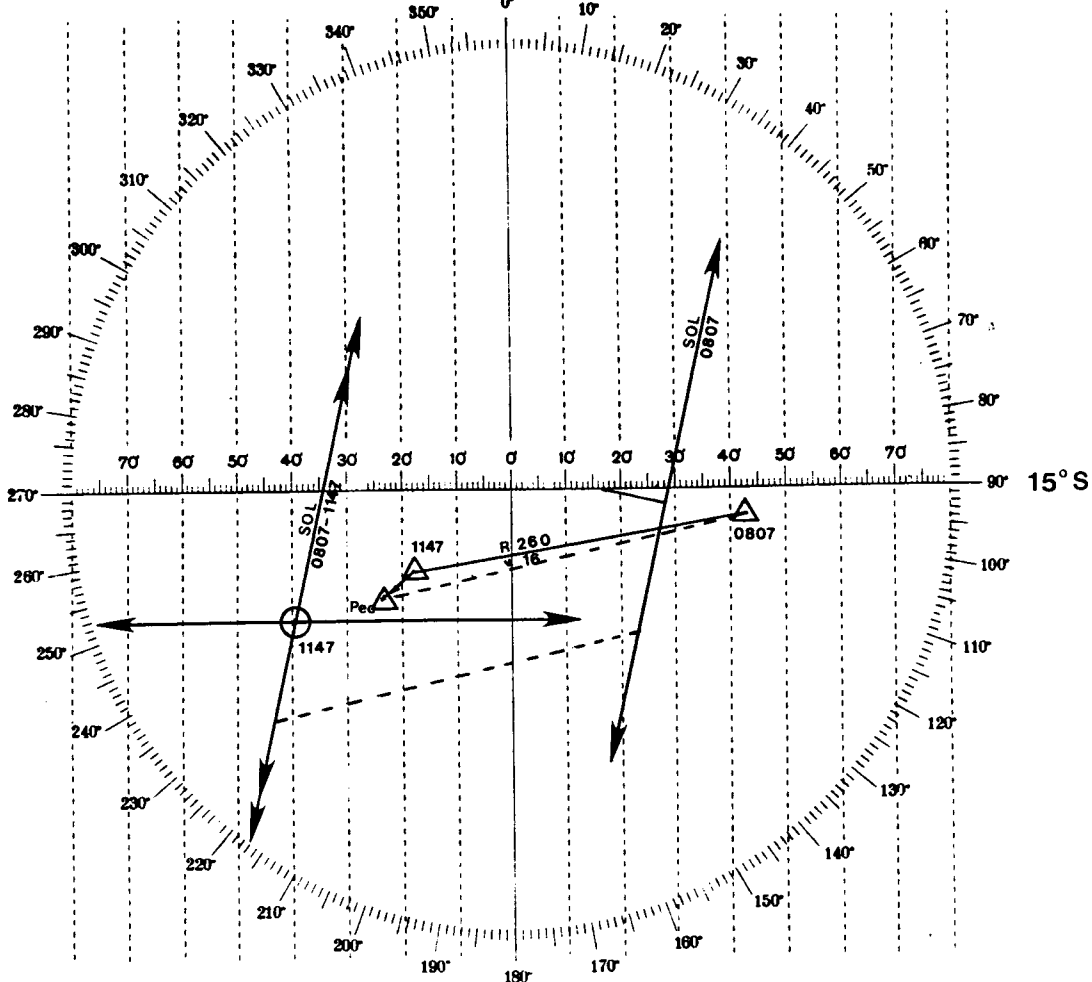
$$\text{Latitude } 15^\circ 23,0' \text{ S, Longitude } 033^\circ 39,0' \text{ W (Hleg 1147).}$$

Figura 29.4 - Ponto por Retas Sucessivas do Sol



Navio: CT "PARANÁ"
 Data: 17/11/93
 Hora: 1147 O
 Od: -
 Pos. Nav. { Lat. 15° 23.0' S
 Long. 033° 39.0' W

GRÁFICO PARA RETA DE ALTURA E SÉRIE DE OBSERVAÇÕES
 033° W

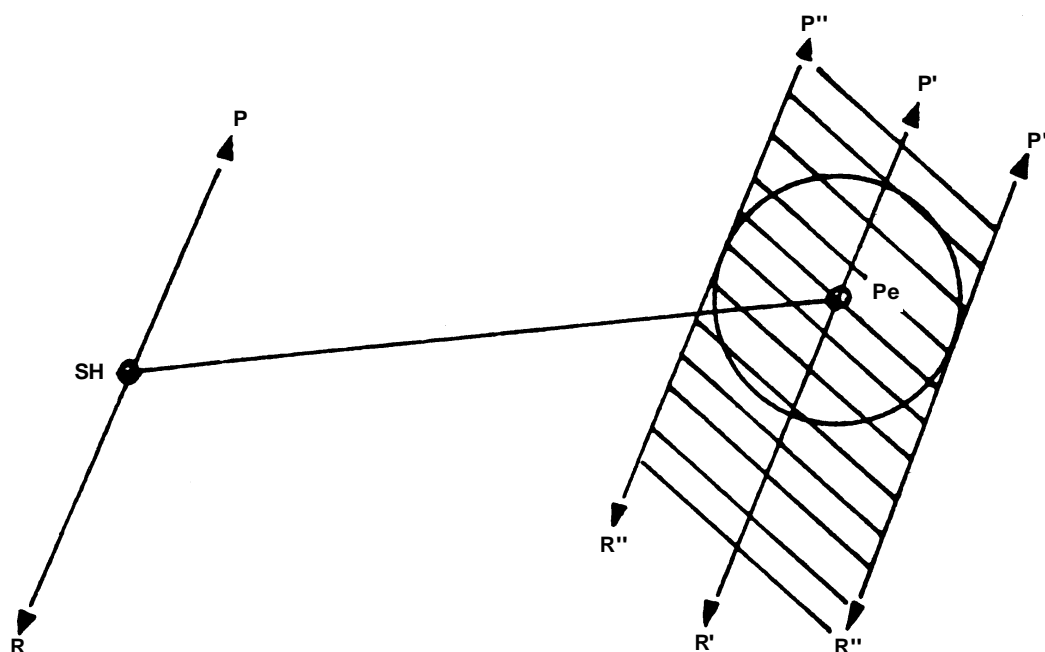


DHN - 0620

Altini
 Enc. de Navegação

Quando a **corrente** não for conhecida, pode-se, como boa norma, traçar o círculo de incerteza de estima, com centro em P_e (figura 29.5) e com raio igual a $\frac{1}{16}$ da distância estimada ($SH-P_e$) para boas condições de tempo e de mar, e $\frac{1}{8}$ da referida distância, em caso contrário. Paralelamente à reta transportada $R'P'$ traçam-se as duas retas tangentes à circunferência de incerteza; essas retas limitam uma faixa, tracejada na figura 29.5, que representa uma **zona de incerteza** da posição do navio.

Figura 29.5 - Zona de Incerteza no Transporte da Reta



Na prática da Navegação Astronômica, entretanto, raramente se aplica o conceito de **zona de incerteza** de posição. Normalmente, o navegante transporta a **reta de altura** utilizando os conceitos básicos de Navegação Estimada (rumo e distância navegada na superfície, no intervalo de tempo referente ao transporte) e obtém, ao **meio dia verdadeiro** e no instante de observação da **reta da tarde**, a posição por retas de altura sucessivas do Sol. Nos crepúsculos, então, verifica e atualiza sua navegação, determinando a **posição por retas de altura** “simultâneas”.

Na realidade, as **retas de posição** observadas nos crepúsculos não são exatamente simultâneas, pois, em geral, um único observador efetua as diversas medições de alturas dos astros. Contudo, sendo pequeno o intervalo de tempo entre as visadas, tais LDP podem ser, na prática, consideradas simultâneas. Se, porém, o navio percorrer uma distância apreciável entre as observações, será necessário fazer o transporte das retas de posição, conforme explicado.

Ademais, como veremos adiante, o navegante, eventualmente, também pode obter, durante o dia, a posição por **retas de altura** simultâneas, pela observação do Sol e da Lua, do Sol e Vênus, ou do Sol, Lua e Vênus.

e. Em seguida, entra-se na Tábua “ALTURA DO ASTRO NO CORTE DO 1º VERTICAL” (figura 26A.5), com a Latitude estimada e a Declinação do Sol, obtendo:

$$\text{altura aproximada (corte do 1º vertical)} = 42^\circ 50'.$$

3. Às Hleg 0816, observa-se o Sol (limbo inferior) para cálculo da **reta da manhã**, obtendo:

$$\text{HCr} = 11^{\text{h}} 16^{\text{m}} 14,0^{\text{s}}; \text{ai} = 41^\circ 34,0'.$$

Sabendo que:

$$\text{ei} = + 1,6'; \text{Ea} = + 00^{\text{h}} 00^{\text{m}} 12,0^{\text{s}}; \text{Elev} = 14,0^{\text{m}}$$

Calcular e plotar a **reta da manhã**.

SOLUÇÃO:

a. Plota-se uma **posição estimada** para Hleg 0816, obtendo as seguintes coordenadas (ver a figura 29.6):

$$\text{Latitude } 25^\circ 21,5' \text{ S, Longitude } 044^\circ 27,0' \text{ W}$$

b. Calcula-se, então, a **reta de altura** observada. O cálculo da reta de altura, utilizando a Tábua Radler, está mostrado no modelo de cálculo DHN-0607 reproduzido na figura 29.7. Os **elementos determinativos** obtidos são:

$$\Delta a = - 8,8'; \text{Az} = 090^\circ; \text{Posição Auxiliar: } \varphi \text{ aux} = 25^\circ 24,3' \text{ S}, \lambda \text{ aux} = 044^\circ 09,8' \text{ W}.$$

c. A plotagem da **reta da manhã** está mostrada na figura 29.6.

4. Às Hleg 0900, o navio guina para o rumo 340° e aumenta a velocidade para 17,0 nós. Determinar a Hleg prevista para a **passagem meridiana** do Sol .

SOLUÇÃO:

a. Plota-se a **posição estimada** de 0900 e, a partir daí, traça-se o novo rumo 340° e considera-se, na plotagem estimada, a nova velocidade de 17,0 nós.

b. Entra-se, então, no Almanaque Náutico, obtendo:

$$08/11/93 - \text{HML (pmd Sol)} = 11^{\text{h}} 44^{\text{m}}.$$

c. Em seguida, plota-se uma posição estimada para esta hora (ver a figura 29.6), obtendo:

$$\text{Latitude } 24^\circ 36,0' \text{ S, Longitude } 044^\circ 56,0' \text{ W}$$

d. Para esta nova Longitude estimada, transforma-se a HML em Hleg:

$$\begin{array}{r} 08/11/93 - \qquad \qquad \qquad \text{HML (pmd Sol)} = 11^{\text{h}} 44^{\text{m}} \\ \text{Longitude } 044^\circ 56,0' \text{ W} \cong 03^{\text{h}} \qquad \text{W} \\ \hline \text{HMG (pmd Sol)} = 14^{\text{h}} 44^{\text{m}} \\ \qquad \qquad \qquad \text{fuso} = 03^{\text{h}} \qquad \text{(P)} \\ \hline \text{Hleg (pmd Sol)} = 11^{\text{h}} 44^{\text{m}} \end{array}$$

5. Às Hleg 1143, observa-se o Sol na passagem meridiana, obtendo:

$$\text{HCr} = 14^{\text{h}} 43^{\text{m}} 17,0^{\text{s}}; \text{ai} = 81^\circ 58,4' \text{ (limbo inferior)}$$

Calcular a **Latitude meridiana**.

Figura 29.6 - Navegação por Retas Sucessivas do Sol

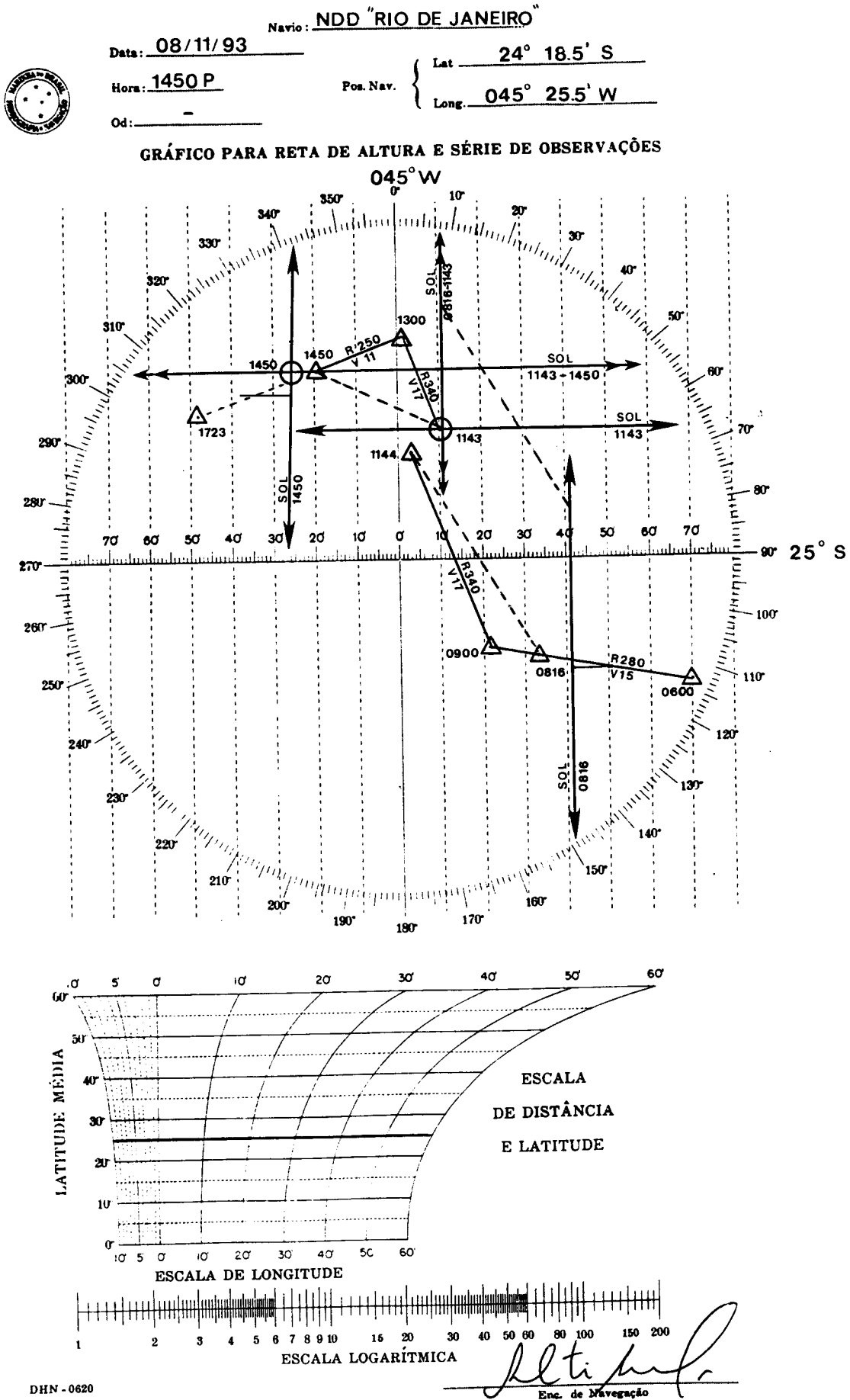


Figura 29.7 - Cálculo das Retas de Altura



RETA DE ALTURA PELA TÁBUA RADLER

NAVIO ... NDD "RIO DE JANEIRO"

DATA 08/11/93

φ ... 25° 21.5' S

λ ... 044° 27.0' W (H leg 0816)

ASTRO =	SOL (L.I.)	SOL (L.I.)	
H leg =	0816	1450	
R =	280°	250°	
od =	-	-	
Elev =	14.0 m	14.0 m	
H Cp =	-	-	
Ea =	+00-00-12.0	+00-00-12.0	
H Cr =	11-16-14.0	17-50-03.0	
comp =	-	-	
HMG =	11-16-26.0	17-50-15.0	
tG : h	349-03.3	079-03.0	
tG : m/s	04-06.5	12-33.8	
v	-	-	
ARV =	-	-	
tG/HMG =	353-09.8	091-36.8	
λ_{aux} =	044-09.8W	045-36.8W	
t =	309°	046°	
t_1 =	51° E	46° W	
Primeira entrada na tábuas	δ = 16° 38.8' S	16° 43.5' S	
	t_1 = 51° E	46° W	
Elementos fornecidos pela tábuas	a = 48° 07.0'	43° 33.0'	
	b = 25° 24.3'	23° 23.6'	
	b = 25° 24.3'	23° 23.6'	
	φ_{aux} = 25° 24.3' S	24° 23.6' S	
	c = 0°	1°	
Segunda entrada na tábuas	c = 0°	1°	
	a = 48° 07.0'	43° 33.0'	
Elementos fornecidos pela tábuas	Aqd = 90° NE	88° 57' NW	
	ae = 41° 53.0'	46° 26.0'	
	ai = 41° 34.0'	46° 03.2'	
	ei = + 1.6'	+ 1.6'	
	ao = 41° 35.6'	46° 04.8'	
	c ₁ = - 6.6'	- 6.6'	
	c ₂ = + 15.2'	+ 15.3'	
	c ₃ = -	-	
	a = 41° 44.2'	46° 13.5'	
	ae = 41° 53.0'	46° 26.0'	
	a-ae = - 8.8'	- 12.5'	
Elementos para plotagem da reta	a-ae = - 8.8'	- 12.5'	
	A = 090°	271.1°	
	φ_{aux} = 25° 24.3' S	24° 23.6' S	
	λ_{aux} = 044° 09.8' W	045° 36.8' W	

DHN - 0607

Calculado por

Altif

SOLUÇÃO:

ai = 81° 58,4'	HCr = 14 ^h 43 ^m 17,0 ^s
ei = + 1,6'	Ea = + 00 ^h 00 ^m 12,0 ^s
ao = 82° 00,0'	HMG = 14 ^h 43 ^m 29,0 ^s
dp ap (14m) = - 6,6'	08/11/93–HMG 14 ^h : Dec (Sol) = 16° 40,7' S (d=+0,7')
a ap = 81° 53,4'	Acréscimo m/s = + 0,5'
c = + 16,0'	HMG = 14 ^h 43 ^m 29,0 ^s : Dec (Sol) = 16° 41,2' S
a md = 82° 09,4'	z md = 07° 50,6'
z md = 07° 50,6'	φ md = 24° 31,8' S

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

SOLUÇÃO:

A plotagem da **Latitude meridiana** e o transporte da **reta da manhã** estão mostrados na figura 29.6. As coordenadas da **posição meridiana** são:

Latitude 24° 31,8' S, Longitude 044° 49,0' W (Hleg 1143).

7. Às Hleg 1300, o navio guina para o rumo 250° e reduz a velocidade para 11,0 nós. Determinar a hora e a altura em que deve ser observada a reta da tarde, em circunstância favorável para determinação da Longitude.

SOLUÇÃO:

a. Tal como na **reta da manhã**, a circunstância favorável para determinação da Longitude à tarde será o **corte do 1º vertical**.

b. Calcula-se, então, a Hleg do pôr-do-Sol e plota-se uma **posição estimada** para 1 hora antes do instante determinado:

08/11/93 –	Lat. 25°S: HML (pôr-do-Sol) = 18 ^h 19 ^m
	Longitude 045° 58,0' W = 03 ^h 04 ^m W
	HMG (pôr-do-Sol) = 21 ^h 23 ^m
	fuso = 03 ^h (P)
	Hleg (pôr-do-Sol) = 18 ^h 23 ^m

- 1 hora antes do pôr-do-Sol: Hleg 17^h 23^m
- posição estimada às Hleg 1723:

Latitude 24° 27,5' S, Longitude 045° 48,0' W

c. Calcula-se, então, a **Declinação** do Sol para a hora acima:

08/11/93 –	Hleg = 17 ^h 23 ^m
	fuso = + 03 ^h (P)
	HMG = 20 ^h 23 ^m → Dec (Sol) = 16° 45,4' S

d. Com os valores de Latitude e Declinação, entra-se na Tábua “HORA MAIS FAVORÁVEL PARA OBSERVAÇÃO DA LONGITUDE” (figura 26A.3), obtendo $t_1 = 03^h 05^m W$.

e. Faz-se, então:

$$\begin{array}{r}
 08/11/93 - \qquad \qquad \qquad \text{HML (pmd Sol)} = 11^{\text{h}} 44^{\text{m}} \\
 \qquad \qquad \qquad \qquad \qquad \qquad \qquad \qquad \qquad \qquad \qquad \qquad \qquad t_1 = 03^{\text{h}} 05^{\text{m}} \text{ W} \\
 \hline
 \text{HML (corte 1}^{\circ} \text{ vertical)} = 14^{\text{h}} 49^{\text{m}} \\
 \qquad \qquad \qquad \qquad \qquad \qquad \qquad \qquad \qquad \qquad \qquad \qquad \qquad \qquad \lambda = 03^{\text{h}} 01^{\text{m}} \text{ W} \\
 \hline
 \text{HMG (corte 1}^{\circ} \text{ vertical)} = 17^{\text{h}} 50^{\text{m}} \\
 \qquad \qquad \qquad \qquad \qquad \qquad \qquad \qquad \qquad \qquad \qquad \qquad \qquad \qquad \text{fuso} = 03^{\text{h}} \quad (\text{P}) \\
 \hline
 \text{Hleg (corte 1}^{\circ} \text{ vertical)} = 14^{\text{h}} 50^{\text{m}}
 \end{array}$$

c. Em seguida, entra-se na Tábua “ALTURA DO ASTRO NO CORTE DO 1º VERTICAL” (figura 26A.5), obtendo a altura aproximada (corte do 1º vertical) 46° 35'.

8. Às Hleg 1450, o Encarregado de Navegação observa o Sol (limbo inferior), para o cálculo da **reta da tarde**, obtendo:

$$\text{HCr} = 17^{\text{h}} 50^{\text{m}} 03,0^{\text{s}} ; \text{ai} = 46^{\circ} 03,2'$$

Determinar a **posição astronômica** às Hleg 1450, pela interseção da **reta da tarde** com a **Latitude meridiana** transportada.

SOLUÇÃO:

a. Inicialmente, plota-se uma **posição estimada** para Hleg 1450. Suas coordenadas são (ver a figura 29.6).

$$\text{Latitude } 24^{\circ} 18,5' \text{ S, Longitude } 045^{\circ} 19,0' \text{ W}$$

b. Calculam-se, então, os **elementos determinativos da reta de altura** (ver a figura 29.7), obtendo:

$$\Delta a = -12,5' ; \text{Az} = 271,1^{\circ} ; \text{Posição Auxiliar: } \varphi \text{ aux} = 24^{\circ} 23,6' \text{ S, } \lambda \text{ aux} = 045^{\circ} 36,8' \text{ W.}$$

c. Plota-se a **reta da tarde** e transporta-se a **Latitude meridiana** para o instante de observação da **reta da tarde**, obtendo a posição às Hleg 1450 (ver a figura 29.6).

$$\text{Latitude } 24^{\circ} 18,5' \text{ S, Longitude } 045^{\circ} 25,5' \text{ W}$$

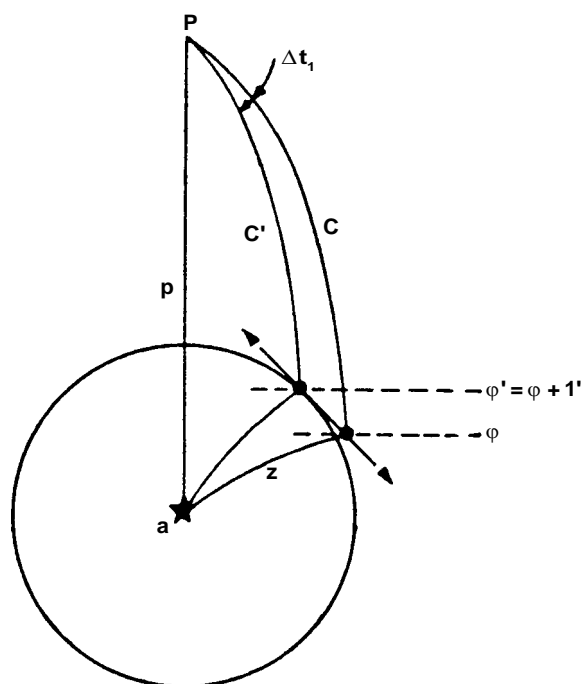
e. COEFICIENTE E CORREÇÃO PAGEL: DETERMINAÇÃO PELO CÁLCULO DA POSIÇÃO AO MEIO DIA VERDADEIRO

A **CORREÇÃO PAGEL (pg)** é usada quando se determina, **pelo cálculo**, o ponto ao meio dia (verdadeiro), pelo cruzamento da meridiana com a reta da manhã transportada.

O **COEFICIENTE PAGEL** representa a variação do **ângulo no pólo** (Δt_1) correspondente à variação de 1' na Latitude ($\Delta \varphi = 1'$), sendo dado pela fórmula:

$$\Delta t_1 = \text{cotg } A \cdot \text{sec } \varphi$$

A figura 29.8 mostra a variação Δt_1 do ângulo no pólo, correspondente à variação de 1' de Latitude.

Figura 29.8 - Variação do Ângulo no Pólo (Δt_1) para a Variação de 1' na Latitude

No caso da determinação, pelo cálculo, da posição do meio dia pelo cruzamento da meridiana com a reta da manhã transportada, utilizando a **CORREÇÃO PAGEL**, a Latitude do observador será a **Latitude meridiana**. Calcula-se a **diferença de Latitude** ($\Delta \varphi$) entre a meridiana e o ponto SH transportado (SHt). Obtém-se o **COEFICIENTE PAGEL**, entrando na Tábua **C** das **Tábuas de Azimute A, B e C** de Norie (reproduzidas na publicação DN4-2, Tábuas para Navegação Astronômica), com o Azimute Quadrantal da **reta da manhã** e com a **Latitude meridiana**.

Multiplicando o **COEFICIENTE PAGEL** pela diferença de Latitude acima citada ($\Delta \varphi$ entre a meridiana e a Latitude do ponto SH transportado) obtém-se a **CORREÇÃO PAGEL (pg)**, que se aplica à Longitude do ponto SHt, para se obter a Longitude do ponto de cruzamento da **reta da manhã** transportada com a **meridiana** (isto é, a Longitude da posição ao meio dia verdadeiro).

O sinal da **CORREÇÃO PAGEL (pg)** pode ser graficamente deduzido ou, então, obtido pela seguinte regra prática:

Escreve-se a denominação do Azimute Quadrantal e por baixo, em correspondência, a denominação contrária. Conforme a Latitude meridiana for mais N ou S que a Latitude estimada, tira-se uma diagonal de uma dessas letras. A letra indicada dará o sinal da correção.

Assim, se, por exemplo, o Azimute tiver sido NE e a Latitude meridiana mais norte, tira-se uma diagonal do N, sobre a denominação contrária, que seria SW, e a correção seria para W.

N E
 S **W**

EXEMPLO:

A observação e o cálculo da **reta da manhã**, às Hleg 0844, produziram os seguintes **elementos determinativos**:

$\Delta a = + 1,0'$; $Az = 120^\circ$ (60° SE) ; Posição Assumida (AP) Lat 40° 41,0' N, Long 092° 12,1' E

O rumo do navio é 120° e a velocidade 12,0 nós.

Na passagem meridiana, às Hleg 1209, observou-se o Sol e calculou-se a Latitude meridiana:

Lat md = 40° 13,0' N.

Determinar, **pelo cálculo**, a posição do navio ao meio dia verdadeiro, pelo cruzamento da **meridiana** com a **reta da manhã** transportada.

SOLUÇÃO (acompanhar pela figura 29.9):

a. Pode-se obter, pela Tábua do Ponto, ou pelas equações da **derrota loxodrômica**, as coordenadas dos pontos SH e SHt:

– para o ponto SH:

$$\begin{aligned} \Delta\phi &= 1'. \cos 120^\circ = 0,5' \text{ S} \\ \text{ap} &= 1'. \sin 120^\circ = 0,9' \text{ E} \\ \Delta\lambda &= 1,1' \text{ E} \end{aligned}$$

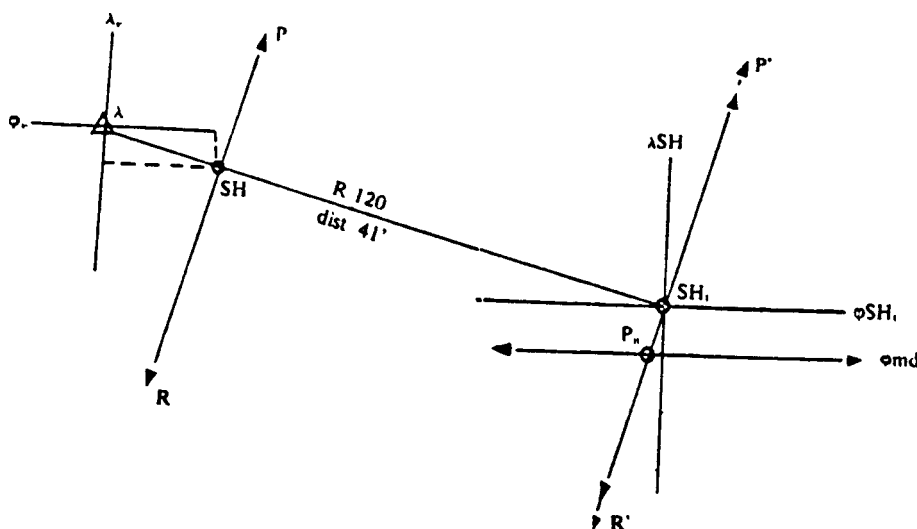
– coordenadas do ponto SH:

Latitude 40° 40,5' N , Longitude 092° 13,2' E

– para o ponto SHt:

$$\begin{aligned} R &= 120^\circ \\ d &= v \cdot t = 12 \times 3,417 = 41,0' \\ \Delta\phi &= 41'. \cos 120^\circ = 20,5' \text{ S} \\ \text{ap} &= 41'. \sin 120^\circ = 35,5' \text{ E} \\ \Delta\lambda &= 35,5'. \sec 40^\circ 30,25' = 46,8' \text{ E} \end{aligned}$$

Figura 29.9 - Cálculo da Posição ao Meio Dia Verdadeiro



– coordenadas do ponto SHt:

Latitude $40^{\circ} 20,0' N$, Longitude $093^{\circ} 00,0' E$

b. Determinação do COEFICIENTE PAGEL:

Entra-se na Tábua **C** das **Tábuas de Azimute A, B e C**, de Norie, com a **Latitude meridiana** ($\varphi_{md} = 40^{\circ} 13,0' N$) e o Azimute Quadrantal da **reta da manhã** ($A_{qd} = 60^{\circ} SE$), obtendo:

COEFICIENTE PAGEL = $0,75'$

O COEFICIENTE PAGEL também poderia ser obtido pela fórmula:

COEFICIENTE PAGEL = $\cotg A_{qd} \cdot \sec \varphi_{md} = \cotg 60^{\circ} \cdot \sec 40^{\circ} 13' = 0,75'$

c. Cálculo da CORREÇÃO PAGEL (pg):

$$\begin{array}{r} \varphi_{md} = 40^{\circ} 13,0' N \\ \varphi_{SHt} = 40^{\circ} 20,0' N \\ \hline \Delta\varphi = \quad 07,0' \end{array}$$

$$pg = 0,75' \times 7,0' = 5,3'$$

Para determinar o sinal da CORREÇÃO PAGEL (pg) usa-se a regra prática mencionada. Como o Azimute Quadrantal da **reta da manhã** é SE e a **Latitude meridiana** está ao Sul da Latitude do SHt, tem-se:



Assim, o sinal da CORREÇÃO PAGEL é W:

$$pg = 5,3' W$$

d. Então:

$$\begin{array}{r} \text{Long SHt} = 093^{\circ} 00,0' E \\ \quad \quad \quad pg = \quad \quad 5,3' W \\ \hline \text{Long md} = 092^{\circ} 54,7' E \end{array}$$

e. Logo, as coordenadas da posição ao meio dia verdadeiro são:

Latitude meridiana = $40^{\circ} 13,0' N$, Longitude = $092^{\circ} 54,7' E$ (Hleg 1209)

f. OBSERVAÇÃO DO SOL NAS PROXIMIDADES DO MERIDIANO

Quando algum contratempo (como, por exemplo, nuvens obscurecendo o Sol ou mascarando o horizonte) impede a observação do Sol exatamente na **passagem meridiana** (cujo instante é normalmente determinado pela medição de uma série de alturas do Sol, para definir com precisão a **altura meridiana**), observa-se o astro nas proximidades do meridiano. Se estiver dentro do **tempo limite**, pode-se considerar a altura medida como uma observação circumeridiana e aplicar a correção para redução ao meridiano, como vimos no Capítulo 25. Entretanto, na prática da navegação, mesmo dentro do **tempo limite**, trata-se uma observação nessas condições como uma

extra-meridiana, isto é, calcula-se a **reta de altura** pelo processo comum, para obter os seus **elementos determinativos**, que permitirão a plotagem da LDP, a partir da **posição assumida (AP)**.

EXEMPLO:

No dia 27 de setembro de 1993, o Encarregado de Navegação do NDD “RIO DE JANEIRO”, às Hleg 1126 observou o Sol nas proximidades da **passagem meridiana**, na posição estimada Latitude 23° 17,0' S, Longitude 025° 00,0' W, obtendo os seguintes dados:

$$HCr = 13^h 26^m 13,0^s ; ai = 68^\circ 12,6' \text{ (limbo inferior)}$$

Logo depois, o Sol foi obscurecido por nuvens, que impediram a observação do astro na **passagem meridiana**. Sabendo-se que:

$$ei = - 2,6' ; Elev = 14,0^m ; Ea = - 00^h 00^m 03,0^s$$

Calcular e plotar a **reta de altura**.

SOLUÇÃO:

a. Inicialmente, vamos verificar qual a Hleg prevista para a **passagem meridiana**, em 27/09/93, na **posição estimada** dada no problema:

27/09/93 –	HML (pmd Sol) = 11 ^h 51 ^m	
	Longitude 025° 00,0' W = 01 ^h 40 ^m W	
	HMG (pmd Sol) = 13 ^h 31 ^m	
	fuso = 02 ^h (O)	
	Hleg (pmd Sol) = 11 ^h 31 ^m	

b. O tempo limite para as observações circumeridianas, em minutos, poderia, neste caso, ser aproximadamente obtido pela diferença entre os valores da Latitude estimada e da Declinação do Sol, aproximados ao grau inteiro. Então:

Latitude estimada	≅ 23° S	}	mesmo nome
Declinação do Sol	≅ 02° S		
tempo limite = 21 minutos			

c. Portanto, a observação do Sol às Hleg 1126 constitui uma **observação circumeridiana**, que poderia ser reduzida ao meridiano. Entretanto, conforme mencionado, na prática da navegação é mais comum, nestes casos, tratar a observação como uma **extra-meridiana**, e calcular a **reta de altura** normalmente, a fim de obter seus **elementos determinativos (Δa e Az)**, que permitirão a plotagem da LDP, a partir da **posição assumida (AP)**. O cálculo da **reta de altura** pela **Tábua Radler** está mostrado na figura 29.10. Os **elementos determinativos** obtidos são:

Δa	Az	Posição Auxiliar (Assumida)
+ 20,0'	002,7°	φ aux 23° 46,2' S, λ aux 024° 48,2' W

d. A plotagem da **reta de altura** está mostrada na figura 29.11. O Azimute Verdadeiro do astro (Az = 002,7°) comprova que a observação foi feita nas proximidades do meridiano (na **passagem meridiana** o Az seria 000°). A **reta de altura**, perpendicular ao Azimute, tem uma direção 092,7°–272,7°, sendo, portanto, quase uma **reta de Latitude** (090°–270°), que é o que se busca na observação meridiana (ver a figura 29.11).

Figura 29.10 - Cálculo da Reta do Sol

RETA DE ALTURA PELA TÁBUA RADLER



NAVIO N.D.D "RIO DE JANEIRO"

DATA 27/09/93

φ 23° 17.0' S

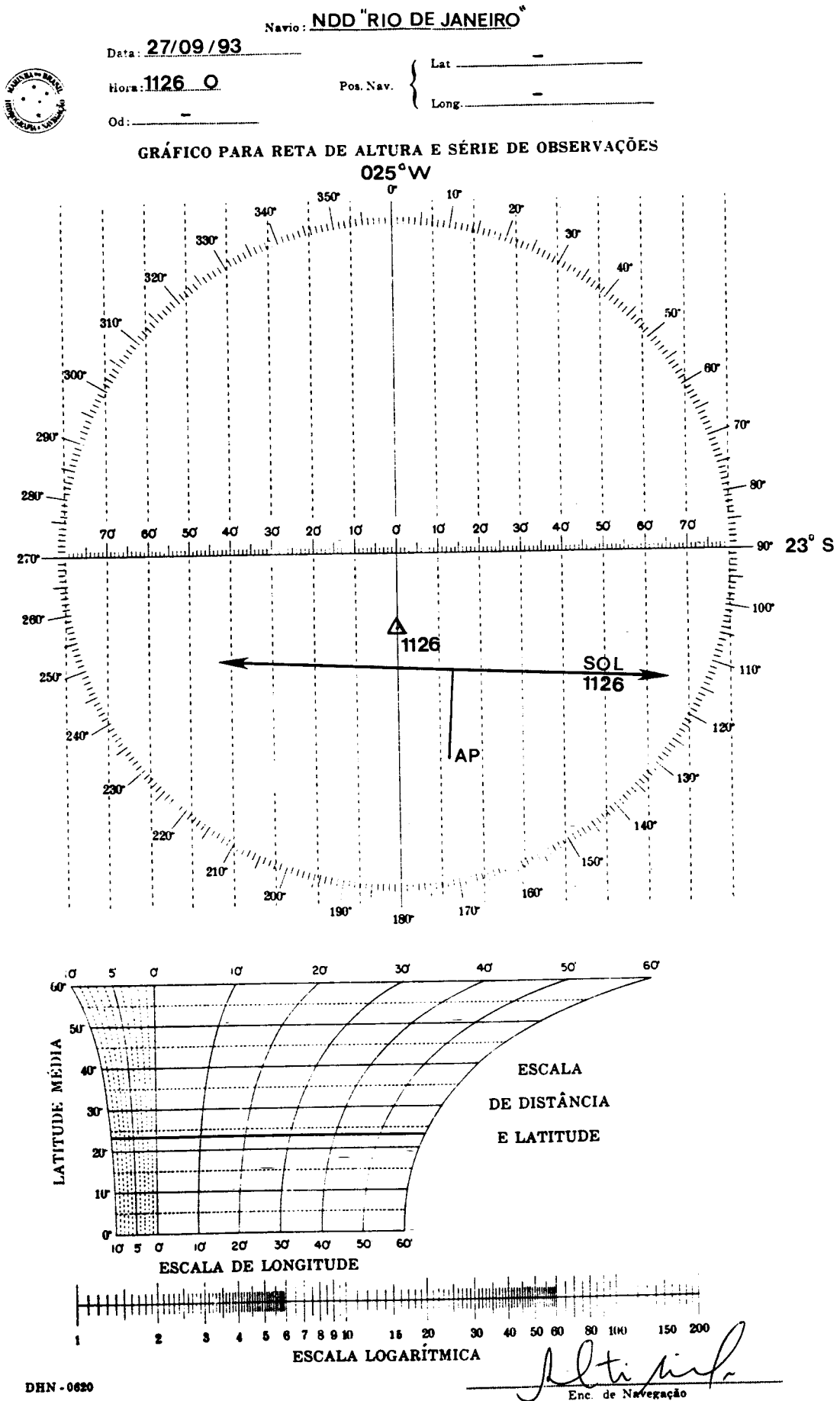
λ 025° 00.0' W

ASTRO =		SOL (L.I.)			
H leg =		1126			
R =		—			
od =		—			
Elev =		14.0 m			
H Cp =		—			
Ea =		-00-00-03.0			
H Cr =		13-26-13.0			
comp =		—			
HMG =		13-26-10.0			
tG : h		17-15.7			
tG : m/s		06-32.5			
v		—			
ARV =		—			
tG/HMG =		023-48.2			
λ_{aux} =		024-48.2W			
t =		359°			
t ₁ =		1° E			
Primeira entrada na tábua	δ =	01° 46.2' S			
	t ₁ =	1° E			
Elementos fornecidos pela tábua	a =	1° 00.0'			
	b =	1° 46.2'			
	b =	1° 46.2'			
	φ_{aux} =	23° 46.2' S			
	c =	22°			
Segunda entrada na tábua	c =	22°			
	a =	1° 00.0'			
Elementos fornecidos pela tábua	Aqd =	02° 40' NE			
	ae =	67° 59.0'			
Correções da altura	ai =	68° 12.6'			
	ei =	— 2.6'			
	ao =	68° 10.0'			
	c ₁ =	— 6.6'			
	e ₂ =	+ 15.6'			
	c ₃ =	—			
	a =	68° 19.0'			
	ae =	67° 59.0'			
	a-ae =	+ 20.0'			
	Elementos para plotagem da reta	a-ae =	+ 20.0'		
A =		002.7°			
φ_{aux} =		23° 46.2' S			
λ_{aux} =		024° 48.2' W			

DHN - 0607

Calculado por *Alti. Nif.*

Figura 29.11 - Plotagem da Reta do Sol



29.2 OBSERVAÇÃO DO SOL NAS PROXIMIDADES DO ZÊNITE (ALTURAS CIRCUNZENITAIS DO SOL)

a. LINHAS DE POSIÇÃO RESULTANTES DA OBSERVAÇÃO DE ASTROS NAS PROXIMIDADES DO ZÊNITE

Como vimos, na Navegação Astronômica uma linha de posição (denominada **reta de altura**) é um pequeno segmento de uma circunferência (**circunferência de posição** ou **circunferência de alturas iguais**) que representa a distância, em milhas náuticas, do **ponto subastral**, ou **posição geográfica (GP)**, do astro observado. Ademais, vimos, também, em capítulos anteriores, que o raio da **circunferência de posição** é igual à **distância zenital** do astro ($z = 90^\circ - a$).

Se um astro for observado em alturas muito elevadas, a **distância zenital** (e, conseqüentemente, o raio da circunferência de posição) será pequena e a **circunferência de posição** poderá ser traçada diretamente na Carta Náutica ou folha de plotagem. O centro da LDP será o **ponto subastral**, ou **posição geográfica (GP)**, do astro e o raio igual à **distância zenital** ($z = 90^\circ - a$). Na prática, traça-se apenas o segmento da **circunferência de posição** nas proximidades da **posição estimada** do navio.

Para alturas muito elevadas, a **distância zenital** ($z = 90^\circ - a$), raio da **circunferência de posição**, será suficientemente pequena e a distorção, por se considerar, na Carta Náutica (ou em uma folha de plotagem), a LDP como uma circunferência, será desprezível. Embora não haja um limite exato de altura observada acima da qual a LDP pode ser plotada com precisão diretamente na Carta (como uma circunferência centrada no GP e com raio igual à **distância zenital** do astro), considera-se que as observações de alturas iguais ou maiores que 87° podem ser tratadas dessa maneira, com as LDP resultantes plotadas diretamente na Carta, como circunferências de posição.

EXEMPLO:

A posição estimada do observador às Hleg 1137 é Latitude $05^\circ 30,5' N$ e Longitude $139^\circ 57,7' E$. Neste instante, observa-se o Sol e determina-se sua **altura verdadeira** $a = 88^\circ 14,5'$. As **coordenadas horárias** do Sol são AHG = $219^\circ 33,8'$, Dec = $07^\circ 14,9' N$. Plotar a LDP de 1137.

SOLUÇÃO (ver a figura 29.12):

a. Coordenadas geográficas do **ponto subastral (GP)**:

$$\begin{aligned} \text{Lat} & 07^\circ 14,9' N \\ \text{Long} & 140^\circ 26,2' E (360^\circ - \text{AHG}) \end{aligned}$$

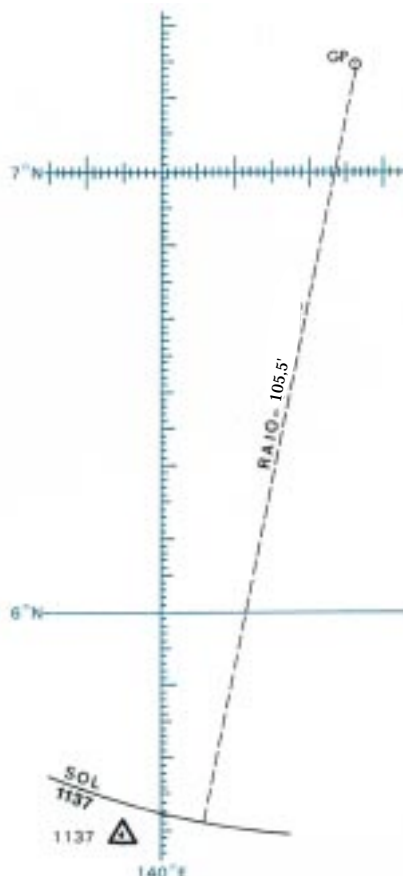
b. Então, plotam-se a **posição estimada** de Hleg 1137 e o **ponto subastral (GP)** do Sol (ver a figura 29.12).

c. Determina-se a **distância zenital** do Sol, que será o raio da **circunferência de posição**.

$$\begin{array}{r} 90^\circ = 89^\circ 60,0' \\ - a = 88^\circ 14,5' \\ \hline z = 01^\circ 45,5' = 105,5 \text{ milhas náuticas} \end{array}$$

d. Usando o raio de 105,5' e com o centro no GP, traça-se um arco de circunferência nas proximidades da posição estimada e identifica-se a LDP, como mostrado na figura 29.12.

Figura 29.12 - Plotagem Direta da LDP Astronômica (Observação de Altura Elevada)



Na prática, é difícil obter observações precisas de alturas muito elevadas, pois, quando o sextante é balanceado, o astro observado desloca-se quase paralelamente ao longo do horizonte, tornando difícil identificar o seu vertical (no qual deve ser feita a observação). Entretanto, nos trópicos, nas imediações da **passagem meridiana**, muitas vezes o navegante terá que observar o Sol nas proximidades do Zênite, podendo usar o método descrito para traçado da LDP. Assim, na prática só se observam alturas circunzenitais do Sol. Para observação de alturas próximas de 90° , um cuidado que se deve ter prende-se à variação muito rápida do Azimute quando nas vizinhanças do Zênite. Um auxiliar precioso nesta situação será a agulha, que deve ser usada para ajudar a identificar o vertical do astro.

b. POSIÇÃO POR DUAS OBSERVAÇÕES DO SOL NAS PROXIMIDADES DO ZÊNITE (PONTO POR ALTURAS CURCUNZENITAIS DO SOL)

Quando o Sol for transitar muito próximo do Zênite na **passagem meridiana**, pode-se determinar a posição do navio por duas observações nas imediações do meridiano, uma antes e outra depois da **passagem meridiana**, plotando-se as **circunferências de**

posição diretamente na carta (ou folha de plotagem), conforme anteriormente explicado. Neste caso, a LDP anterior à passagem meridiana teria que ser transportada para o instante da segunda observação. Entretanto, como o intervalo de tempo é normalmente pequeno, em vez de transportar a LDP transporta-se o **ponto subastral**, ou **posição geográfica (GP)** do astro, correspondente à primeira observação, para o instante da segunda visada, a fim de preservar a clareza da plotagem, evitando-se o excesso de linhas.

EXEMPLOS:

1. A **posição estimada** do navio às Hleg 1200 é Latitude 23° 20,0' N e Longitude 075° 08,4' W, rumo 270°, velocidade 20,0 nós. Antes e depois da **passagem meridiana** o navegante observa o Sol nas proximidades do Zênite, obtendo:

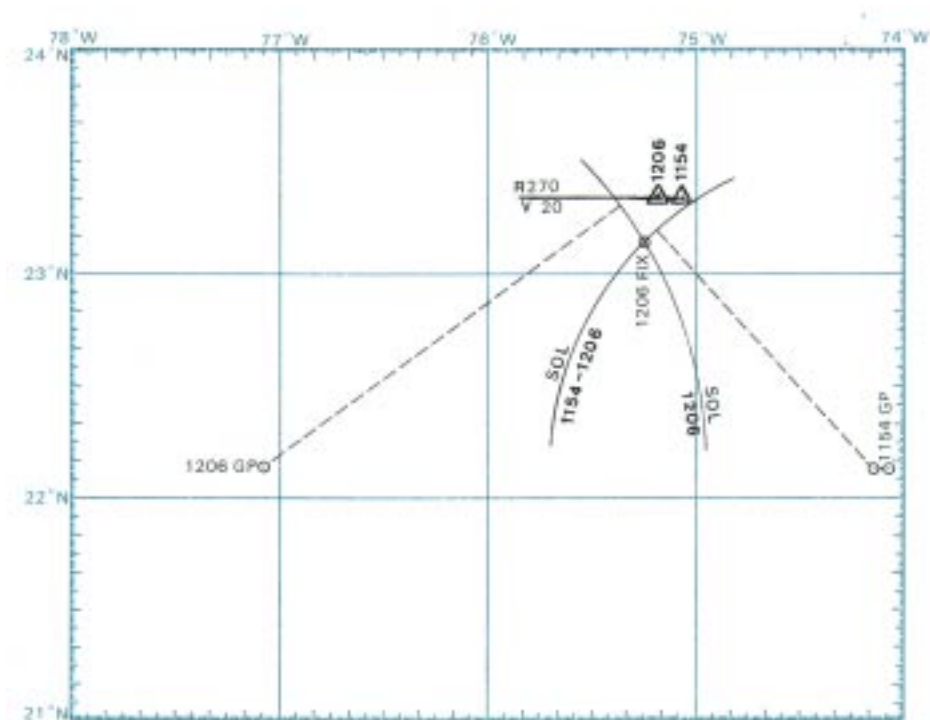
ASTRO:	SOL	SOL
Hleg:	1154	1206
altura verdadeira:	88° 33,6'	88° 00,8'
Lat GP:	22° 07,7' N	22° 07,7' N
Long GP:	074° 04,2' W	077° 04,2' W

Plotar a **posição astronômica** de Hleg 1206.

SOLUÇÃO (ver a figura 29.13):

a. Plotar a **posição estimada** de 1200 e as de 1154 e de 1206;

Figura 29.13 – Posição Usando Alturas Elevadas do Sol



b. Plotar, por suas coordenadas geográficas, as posições do **ponto subastral (GP)** às 1154 e 1206;

c. Transportar a posição do **ponto subastral** às 1154 para 1206, considerando o **rumo** e a **velocidade** do navio. Neste caso, tem-se $R = 270^\circ$, $vel = 20$ nós e intervalo de

tempo = 12 minutos. Assim, transporta-se a posição do GP de 1154 na distância de 4,0 milhas, na direção 270°;

d. Calcular os raios das **circunferências de posição** de 1154 e de 1206:

$\begin{array}{r} \text{LDP DE 1154} \\ 90^\circ = 89^\circ 60,0' \\ - a = 88^\circ 33,6' \\ \hline z = 01^\circ 26,4' = 86,4 \text{ milhas} \end{array}$	$\begin{array}{r} \text{LDP DE 1206} \\ 90^\circ = 89^\circ 60,0' \\ - a = 88^\circ 00,8' \\ \hline z = 01^\circ 59,2' = 119,2 \text{ milhas} \end{array}$
---	--

e. Traçar as **circunferências de posição** com os raios acima e tendo como centros a posição transportada do GP de 1154 e a posição de 1206 do GP. Como vimos, traçam-se apenas pequenos segmentos das **circunferências de posição** nas vizinhanças da **posição estimada** do navio;

f. A interseção das duas LDP é a posição de 1206. Note que há duas interseções possíveis das duas **circunferências de posição**, embora somente uma seja mostrada na figura 29.13. Em circunstâncias normais, a interseção mais próxima da posição estimada é a posição do navio. Na situação ilustrada na figura 29.13, por exemplo, não há dúvida quanto à interseção correta, pois o Sol passou ao Sul do observador e, assim, a interseção ao Norte do GP é a posição do navio. Quando houver dúvidas e o navegante não puder identificar qual interseção corresponde à sua posição, recomenda-se adotar a interseção menos favorável para o navio e, a partir dela, iniciar uma nova plotagem estimada, até que se obtenha uma confirmação posterior.

2. No dia 06/11/93, às Hleg 1140, com o NHi “SIRIUS” na **posição estimada** Latitude 15° 00,0' S e Longitude 030° 15,0' W, no rumo 120°, velocidade 12,0 nós, o Encarregado de Navegação observa o Sol (limbo inferior), obtendo:

$$\text{HCr} = 13^{\text{h}} 40^{\text{m}} 18,0^{\text{s}} ; \text{ai} = 88^\circ 29,8'$$

Às Hleg 1148, o Sol (limbo inferior) é novamente observado, obtendo-se:

$$\text{HCr} = 13^{\text{h}} 48^{\text{m}} 37,0^{\text{s}} ; \text{ai} = 88^\circ 16,0'$$

Sabendo que:

$$\text{ei} = + 1,0' ; \text{Elev} = 10,0^{\text{m}} ; \text{Ea} = - 00^{\text{h}} 00^{\text{m}} 12,0^{\text{s}}$$

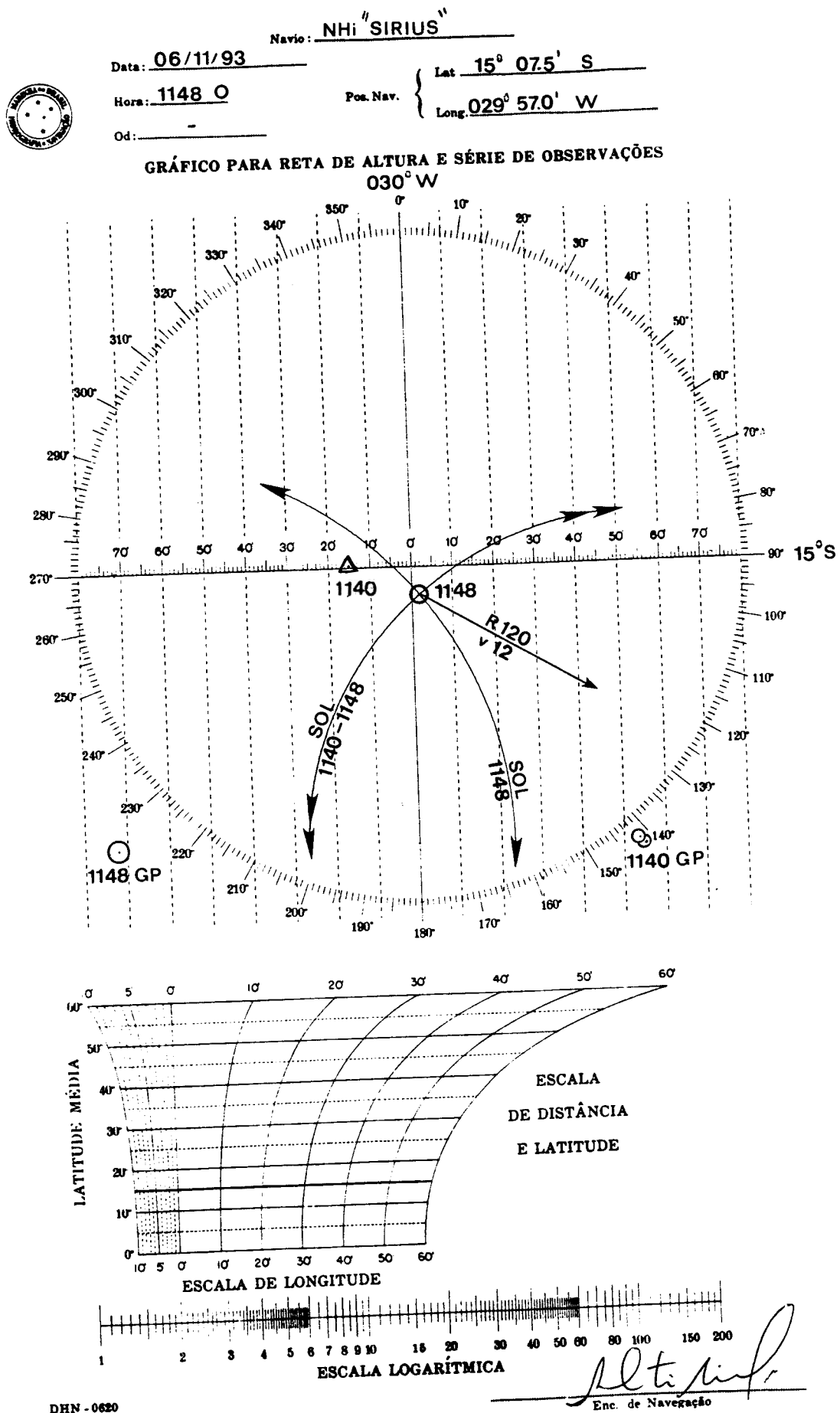
Determinar a posição do navio às Hleg 1148, pela plotagem direta das circunferências de posição (ponto por alturas circunzenitais do Sol).

SOLUÇÃO (ver a figura 29.14):

a. Cálculo das coordenadas geográficas do **ponto subastral (GP)** do Sol às 1140 e 1148:

	1140 GP	1148 GP
06/11/93 –	$\begin{array}{r} \text{HCr} = 13^{\text{h}} 40^{\text{m}} 18,0^{\text{s}} \\ \text{Ea} = - 00^{\text{h}} 00^{\text{m}} 12,0^{\text{s}} \\ \hline \text{HMG} = 13^{\text{h}} 40^{\text{m}} 06,0^{\text{s}} \end{array}$	$\begin{array}{r} 13^{\text{h}} 48^{\text{m}} 37,0^{\text{s}} \\ - 00^{\text{h}} 00^{\text{m}} 12,0^{\text{s}} \\ \hline 13^{\text{h}} 48^{\text{m}} 25,0^{\text{s}} \end{array}$
	$\text{AHG Sol (13h)} = 19^\circ 05,0'$	$19^\circ 05,0'$
	$\text{Acréscimo (m/s)} = 10^\circ 01,5'$	$12^\circ 06,3'$
	$\text{AHG Sol (h/m/s)} = 29^\circ 06,5'$	$31^\circ 11,3'$
	$\text{Dec Sol (13h)} = 16^\circ 04,8' \text{ S (d} = + 0,7')$	$16^\circ 04,8' \text{ S}$
	$\text{Correção} = + 0,5'$	$+ 0,6'$
	$\text{Dec Sol (h/m/s)} = 16^\circ 05,3' \text{ S}$	$16^\circ 05,4' \text{ S}$
	$\text{Lat GP} = 16^\circ 05,3' \text{ S}$	$16^\circ 05,4' \text{ S}$
	$\text{Long GP} = 029^\circ 06,5' \text{ W}$	$031^\circ 11,3' \text{ W}$

Figura 29.14 - Posição por Alturas Circunzenitais



b. Plotam-se, então, a **posição estimada** de Hleg 1140 e as posições do GP do Sol às 1140 e 1148. Além disso, transporta-se a posição do GP às 1140 para 1148, considerando o rumo e a velocidade do navio (ver a figura 29.14). Neste caso, a distância navegada será:

$$d = v \cdot t = \frac{12 \times 8}{60} = 1,6 \text{ milha}$$

O rumo é 120°.

c. Calculam-se, então, as alturas verdadeiras do Sol às 1140 e 1148 e as respectivas distâncias zenitais (que serão os raios das **circunferências de posição**):

Hleg 1140	Hleg 1148
ai = 88° 29,8'	88° 16,0'
ei = + 1,0'	+ 1,0'
<hr style="width: 50%; margin: 0 auto;"/> ao = 88° 30,8'	<hr style="width: 50%; margin: 0 auto;"/> 88° 17,0'
dp ap (10,0m) = - 5,6'	- 5,6'
<hr style="width: 50%; margin: 0 auto;"/> a ap = 88° 25,2'	<hr style="width: 50%; margin: 0 auto;"/> 88° 11,4'
c = + 16,1'	+ 16,1'
<hr style="width: 50%; margin: 0 auto;"/> a = 88° 41,3'	<hr style="width: 50%; margin: 0 auto;"/> a = 88° 27,5'
z = 1° 18,7' = 78,7 milhas ;	z = 01° 32,5' = 92,5 milhas

d. Traçam-se as circunferências de posição e determina-se a posição do navio às Hleg 1148 (ver a figura 29.14):

Latitude 15° 07,5' S , Longitude 029° 57,0' W

Neste exemplo, tal como no anterior, também não há dúvida sobre qual interseção das **circunferências de posição** representa a posição do navio.

29.3 OBSERVAÇÃO SIMULTÂNEA DO SOL E DA LUA PARA DETERMINAÇÃO DA POSIÇÃO

a. POSIÇÃO PELO CRUZAMENTO DE RETAS DE ALTURA DO SOL E DA LUA

Na determinação da posição do navio durante o dia, pode, ainda, o Encarregado de Navegação utilizar a Lua e o planeta Vênus, para cruzamento com o Sol. Salvo na ocasião de Lua Nova e no período de 6 ou 7 dias na época de Lua Cheia, a Lua poderá ser observada sempre que a sua altura e o seu Azimute forem convenientes para a determinação da posição por cruzamento com a reta de altura do Sol. Também Vênus pode ser observado durante o dia, como veremos adiante. Em algumas situações, uma ótima posição pode ser obtida pela observação do Sol, Lua e Vênus.

Quando a Lua, durante o dia, é ofuscada pelo brilho do Sol, pode-se inverter o sextante e trazer o horizonte até a Lua. Então, retorna-se o sextante à sua posição normal, conclui-se a colimação e mede-se a altura do astro.

A HML da passagem meridiana superior da Lua em Greenwich, fornecida nas “páginas diárias” do Almanaque Náutico, pode ser tomada, aproximadamente, como a HML da passagem meridiana do astro em qualquer Longitude, com o propósito de planejar a observação simultânea do Sol e da Lua em condições favoráveis.

b. EXEMPLO

O NDD “RIO DE JANEIRO”, no dia 08/11/93, na posição estimada Latitude $20^{\circ} 00,0' S$ e Longitude $030^{\circ} 00,0' W$, no rumo 270° e velocidade 15,0 nós, às Hleg 0728 observa o Sol (limbo inferior) e a Lua (limbo superior), obtendo:

ASTRO	HCr	ai
SOL (L.I.)	$09^h 26^m 03,0^s$	$29^{\circ} 09,7'$
LUA (L.S.)	$09^h 27^m 57,0^s$	$61^{\circ} 51,7'$

Determinar a **posição astronômica** do navio, sabendo-se que $e_i = + 1,0'$; Elev = 14,0 m ; $E_a = ZERO$.

SOLUÇÃO:

a. O cálculo das **retas de altura** pela Tábua Radler está mostrado na figura 29.15. Os **elementos determinativos** obtidos são:

ASTRO	Δa	Az	POSIÇÃO AUXILIAR (ASSUMIDA)
SOL (L.I.)	$- 14,1'$	$098,1^{\circ}$	φ aux $20^{\circ} 15,6' S$, λ aux $029^{\circ} 34,2' W$
LUA (L.S.)	$- 38,5'$	$340,2^{\circ}$	φ aux $19^{\circ} 30,8' S$, λ aux $029^{\circ} 57,9' W$

b. A plotagem da **posição astronômica** está mostrada na figura 29.16. As coordenadas são:

Latitude $20^{\circ} 08,5' S$, Longitude $029^{\circ} 48,0' W$ (Hleg 0728)

29.4 POSIÇÃO POR OBSERVAÇÃO SIMULTÂNEA DO SOL E DE VÊNUS

Conforme citado, Vênus também pode ser utilizado durante o dia, sempre que a sua altura e Azimute forem convenientes para a determinação da posição do navio, por cruzamento com a reta do Sol.

Vênus pode ser observado quando sua Ascensão Reta difere de mais de duas horas (30°) da AR do Sol. Em algumas situações, uma ótima posição é obtida, em pleno dia, pela observação do Sol, Lua e Vênus.

Mesmo estando Vênus acima do horizonte durante o dia, esse planeta não é sempre visível, por causa das partículas sólidas (poeiras) e do vapor d'água na atmosfera, que dão ao céu uma aparência leitosa, freqüentemente observada nas Latitudes temperadas. Entretanto, um céu claro e azul, comumente encontrado nos trópicos, provê o melhor contraste para observação de Vênus durante o dia. Outra condição favorável é ter o planeta maior altura que o Sol.

Figura 29.15 - Cálculo das Retas do Sol e da Lua

RETA DE ALTURA PELA TÁBUA RADLER



NAVIO ... NDD "RIO DE JANEIRO"

DATA ... 08/11/93

φ ... 20° 00.0' S

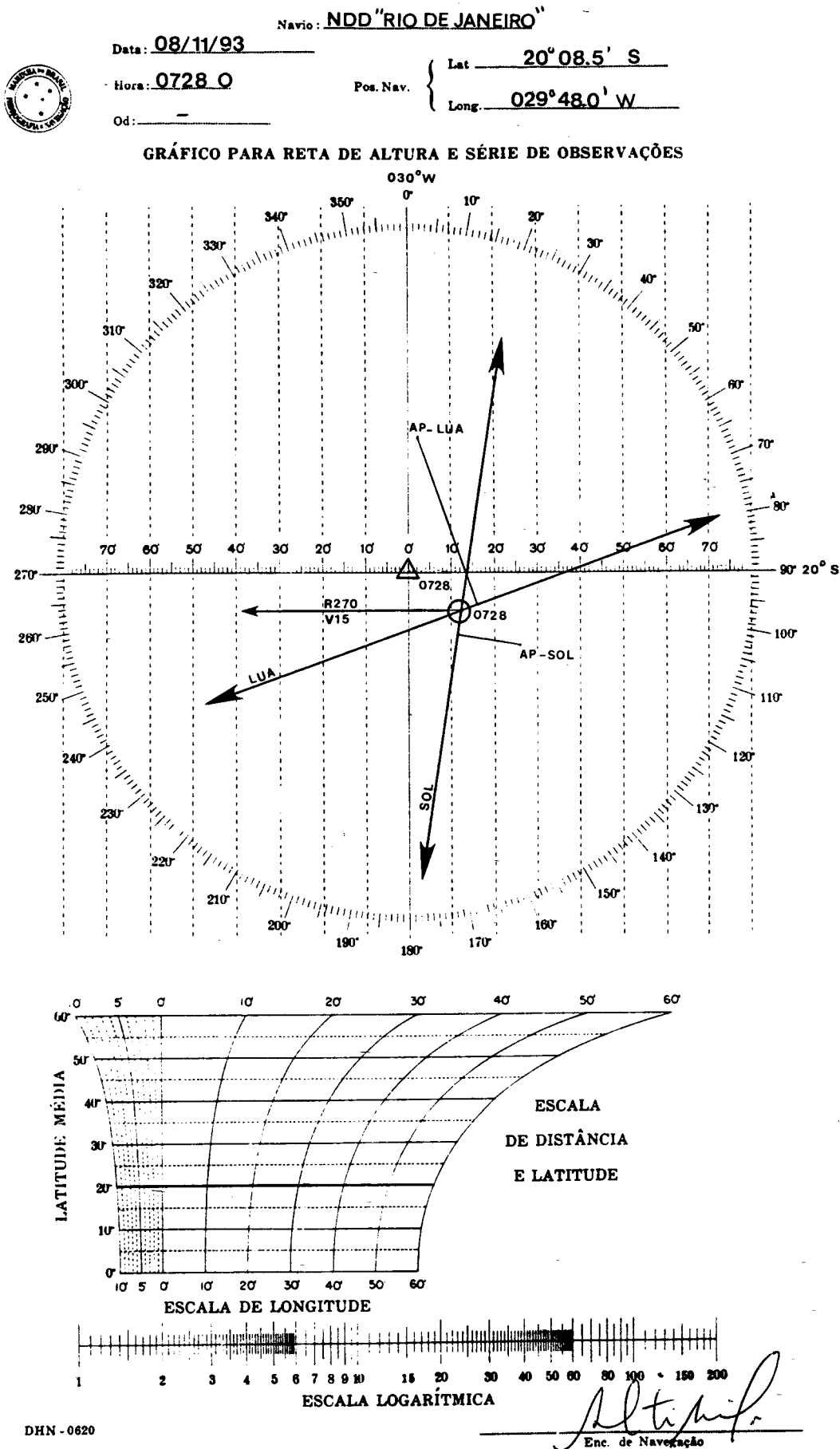
λ ... 030° 00.0' W

ASTRO =		SOL (L.I.)	LUA (L.S.)	
H leg =		0726	0728	
R =		270°	270°	
od =		—	—	
Elev =		14.0 m	14.0 m	
H Cp =		—	—	
Ea =		ZERO	ZERO	
H Cr =		09-26-03.0	09-27-57.0	
comp =		—	—	
HMG =		09-26-03.0	09-27-57.0	
tG : h		319-03.4	032-12.9 (v=10.5)	
tG : m/s		6-30.8	6-40.2	
v		—	4.8	
ARV =		—	—	
tG/HMG =		325-34.2	038-57.9	
λ_{aux} =		029-34.2W	029-57.9W	
t =		296°	009°	
t ₁ =		64° E	09° W	
Primeira entrada na tábua	δ =	16° 37.4' S	06° 24.2' N (Pr=59.0)	
	t ₁ =	64° E	09° W	
Elementos fornecidos pela tábua	a =	59° 27.3'	08° 57.0'	
	b =	34° 15.6'	06° 29.2'	
	b =	34° 15.6'	06° 29.2'	
	φ_{aux} =	20° 15.6' S	19° 30.8' S	
	c =	14°	26°	
Segunda entrada na tábua	c =	14°	26°	
	a =	59° 27.3'	08° 57.0'	
Elementos fornecidos pela tábua	Aqd =	81° 52' SE	19° 46' NW	
	ae =	29° 32.7'	62° 35.9'	
Correções da altura	ai =	29° 09.7'	61° 51.7'	
	ei =	+ 1.0'	+ 1.0'	
	ao =	29° 10.7'	61° 52.7'	
	c ₁ =	— 6.6'	— 6.6'	
	c ₂ =	+ 14.5'	+37.4'+3.9'	
	c ₃ =	—	— 30.0'	
	a =	29° 18.6'	61° 57.4'	
	ae =	29° 32.7'	62° 35.9'	
	a-ae =	— 14.1'	— 38.5'	
		a-ae =	— 14.1'	— 38.5'
Elementos para plotagem da reta	A =	098.1°	340.2°	
	φ_{aux} =	20° 15.6' S	19° 30.8' S	
	λ_{aux} =	029° 34.2' W	029° 57.9' W	

DHN - 0607

Calculado por ... *Alt. Nif.*

Figura 29.16 - Posição por LDP Simultâneas do Sol e da Lua



A observação de Vênus durante o dia normalmente requer o conhecimento aproximado da altura e Azimute do astro, o que pode ser obtido através do uso do “STAR FINDER AND IDENTIFIER” (HO-2102-D), que será estudado no Capítulo 30. No momento da observação, insere-se a altura prevista no sextante e, então, busca-se o astro no Azimute aproximado. Este trabalho preparatório pode ser muito diminuído se Vênus for observado nas proximidades da **passagem meridiana**, cuja hora é dada no Almanaque Náutico, sendo obtida a altura aproximada pela combinação da Latitude estimada com a Declinação do planeta, e o Azimute (000° ou 180°) pelo nome e valor da Declinação, com relação à referida Latitude estimada.

Informações sobre se o planeta Vênus poderá ser visto durante o dia poderão ser obtidas nas NOTAS SOBRE OS PLANETAS, publicadas no início do Almanaque Náutico. Para 1993, por exemplo, as informações sobre a visibilidade de Vênus são as seguintes:

NOTAS SOBRE OS PLANETAS – 1993

VISIBILIDADE DOS PLANETAS

VÊNUS – Poderá ser visto como um astro brilhante no céu vespertino do início do ano até o final de março, quando estará muito próximo do Sol para ser observado. Reaparecerá no início de abril, no céu matutino, onde poderá ser visto até alguns dias depois do início de dezembro, quando, novamente, estará muito próximo do Sol para ser observado. Vênus estará em conjunção com Mercúrio, em 16 de abril e 14 de novembro, e com Júpiter, em 08 de novembro.

EXEMPLO:

No dia 25/09/93, o V.O. “ALBATROZ”, na posição estimada Latitude 30° 00,0'S e Longitude 045° 00,0'W, no rumo 225° e velocidade 6,0 nós, às Hleg 1027 observa Vênus (nas proximidades da passagem meridiana) e o Sol (limbo inferior), para determinação da **posição astronômica**, obtendo:

ASTRO	HCr	ai
VÊNUS	13 ^h 26 ^m 00,0 ^s	49° 07,8'
SOL (L.I.)	13 ^h 27 ^m 29,0 ^s	54° 27,8'

Sabendo que:

$$ei = -1,0' ; \text{Elev} = 4,0 \text{ m} ; Ea = + 00^{\text{h}} 00^{\text{m}} 01,0^{\text{s}}$$

Determinar a **posição astronômica** da embarcação.

SOLUÇÃO:

a. Os cálculos das **retas de altura** pela Tábua Radler estão mostrados na figura 29.17. Os **elementos determinativos** obtidos são:

ASTRO	Δa	Az	POSIÇÃO AUXILIAR (ASSUMIDA)
VÊNUS	+ 12,2'	354°	ϕ aux 30° 15,5' S, λ aux 044° 49,0' W
SOL	- 5,4'	038,4°	ϕ aux 30° 03,5' S, λ aux 044° 57,9' W

Figura 29.17 - Cálculo das Retas do Sol e de Vênus



RETA DE ALTURA PELA TÁBUA RADLER

NAVIO VO "ALBATROZ"

DATA 25/09/93

$\phi = 30^{\circ} 00.0' S$

$\lambda = 045^{\circ} 00.0' W$

ASTRO =	VÊNUS	SOL (L.I.)	
H leg =	1026	1027	
R =	045°	045°	
od =	—	—	
Elev =	4.0 m	4.0 m	
H Cp =	—	—	
Ea =	+00-00-01.0	+00-00-01.0	
H Cr =	13-26-00.0	13-27-29.0	
comp =	—	—	
HMG =	13-26-01.0	13-27-30.0	
tG : h	42-18.9	17-05.4	
tG : m/s	6-30.3	6-52.5	
v	— 0.2	—	
ARV =	—	—	
tG/HMG =	48-49.0	23-57.9	
λ_{aux} =	044-49.0W	044-57.9W	
t =	004°	339°	
t ₁ =	04° W	21° E	
Primeira entrada na tábua	$\delta = 10^{\circ} 42.5' N$	$00^{\circ} 59.5' S$	
	t ₂ = 04° W	21° E	
Elementos fornecidos pela tábua	a = 03° 56.0'	21° 00.0'	
	b = 10° 44.5'	01° 03.5'	
	$\tilde{b} = 10^{\circ} 44.5'$	01° 03.5'	
	$\phi_{aux} = 30^{\circ} 15.5' S$	30° 03.5' S	
	c = 41°	29°	
Segunda entrada na tábua	c = 41°	29°	
	a = 03° 56.0'	21° 00.0'	
Elementos fornecidos pela tábua	Aqd = 05° 59' NW	38° 22' NE	
	ae = 48° 50.4'	54° 44.0'	
Correções da altura	ai = 49° 07.8'	54° 27.8'	
	ei = — 1.0'	— 1.0'	
	ao = 49° 06.8'	54° 26.8'	
	c ₁ = — 3.5'	— 3.5'	
	c ₂ = — 0.8'	+ 15.3'	
	c ₃ = + 0.1'	—	
	a = 49° 02.6'	54° 38.6'	
	ae = 48° 50.4'	54° 44.0'	
	a-ae = + 12.2'	— 5.4'	
	Elementos para plotagem da reta	a-ae = + 12.2'	— 5.4'
	A = 354.0°	038.4°	
	$\phi_{aux} = 30^{\circ} 15.5' S$	30° 03.5' S	
	$\lambda_{aux} = 044^{\circ} 49.0' W$	044° 57.9' W	

DHN - 0607

Calculado por *Alt. Mif.*

b. A plotagem da posição astronômica está mostrada na figura 29.18. As coordenadas do ponto são:

Latitude $30^{\circ} 05,5' S$, Longitude $045^{\circ} 05,8' W$ (Hleg 1027)

29.5 NOTAS FINAIS SOBRE NAVEGAÇÃO PELO SOL

São as seguintes as observações finais sobre navegação pelo Sol, isoladamente ou em combinação com a Lua e/ou Vênus.

a. Na observação do Sol pela manhã e à tarde, é recomendável tomar uma série de alturas do astro, o que permitirá ao observador verificar a coerência das suas observações (de manhã, com o Sol a Leste, as alturas sucessivas devem ir aumentando; à tarde, com o astro a Oeste, as alturas sucessivas devem ir diminuindo), além de propiciar a redução dos erros acidentais, pela adoção das médias das **alturas** e **horas**, antes do cálculo da LDP.

Exemplos de séries de observações do Sol e cálculo de médias, para redução dos erros acidentais:

I. Sol (limbo inferior) – reta da manhã:

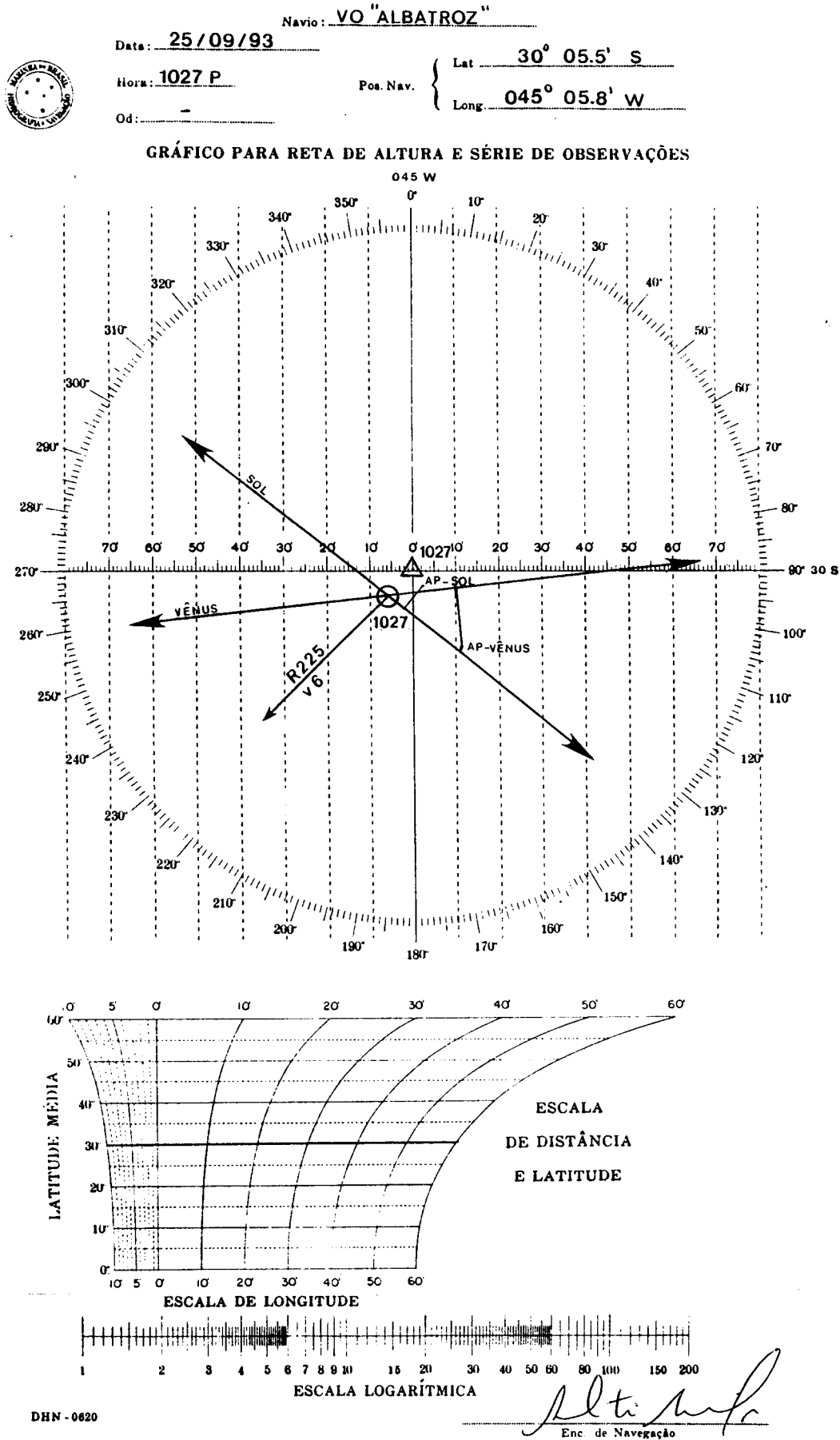
VISADA	ALTURA INSTRUMENTAL (ai)	HORA DO CRONÔMETRO (HCr)
1	$32^{\circ} 34,6'$	$09^h 12^m 10,0^s$
2	$32^{\circ} 43,2'$	$09^h 13^m 00,0^s$
3	$32^{\circ} 50,1'$	$09^h 13^m 45,0^s$
4	$32^{\circ} 57,6'$	$09^h 14^m 33,0^s$
5	$33^{\circ} 04,8'$	$09^h 15^m 17,0^s$
VALORES ADOTADOS		
	$32^{\circ} 50,1'$	$09^h 13^m 45,0^s$

II. Sol (limbo inferior) – reta da tarde:

VISADA	ALTURA INSTRUMENTAL (ai)	HORA DO CRONÔMETRO (HCr)
1	$46^{\circ} 57,8'$	$14^h 47^m 12,0^s$
2	$46^{\circ} 54,5'$	$14^h 47^m 40,0^s$
3	$46^{\circ} 51,1'$	$14^h 48^m 10,0^s$
4	$46^{\circ} 47,7'$	$14^h 48^m 43,0^s$
5	$46^{\circ} 44,1'$	$14^h 49^m 20,0^s$
VALORES ADOTADOS		
	$46^{\circ} 51,0'$	$14^h 48^m 13,0^s$

b. Para a observação meridiana do Sol, é oportuno recordar que, 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. É recomendável observar uma série de alturas, para definir com precisão a altura meridiana.

Figura 29.18 - Posição por LDP Simultâneas do Sol e de Vênus



	VISADA	ALTURA INSTRUMENTAL (ai)	HORA DO CRONÔMETRO (HCr)
	1	46° 54,9'	12 ^h 31 ^m 00,0 ^s
	2	46° 56,2'	12 ^h 31 ^m 56,0 ^s
VALORES ADOTADOS	3	46° 57,8'	12 ^h 33 ^m 05,0 ^s
	4	46° 56,5'	12 ^h 34 ^m 03,0 ^s
	5	46° 55,1'	12 ^h 35 ^m 12,0 ^s

c. A observação meridiana, conforme vimos, é demorada e cansativa, sendo que, algumas vezes, um contratempo impede que seja levada a cabo. Surge, então, a necessidade da circumeridiana, cujo cálculo, conquanto menos simples que o da meridiana, é muito facilitado pelas Tábuas Extra-Meridianas (Tábua I e Tábua II), incluídas na publicação DN4-2, Tábuas para Navegação Astronômica.

d. 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 o auxílio da agulha, for verificado que o Azimute do Sol indica 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.

e. Os erros na posição por retas de alturas sucessivas do Sol tendem a ser maiores que os erros nas posições por LDP sucessivas na Navegação Costeira, em virtude, principalmente, de três motivos:

- a LDP astronômica raramente é tão precisa quanto uma LDP determinada na Navegação Costeira (marcação, distância, alinhamento, etc.);
- as informações de direção (rumo) e velocidade da corrente nas áreas oceânicas não são disponíveis com o mesmo grau de precisão que normalmente ocorre em águas costeiras; e
- na Navegação Astronômica, o tempo requerido para obter uma posição por **retas de altura** sucessivas é muito mais longo que o intervalo de tempo entre LDP sucessivas na Navegação Costeira; assim, os erros nos rumos e distâncias navegadas tendem a afetar mais a precisão da posição.

f. Por isso, desde que seja praticável, é 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 dos erros inerentes a uma posição por retas de altura sucessivas (em razão da imprecisão resultante do transporte de LDP).

g. Ademais, é oportuno recordar a utilidade do método que permite obter, sob certas condições, a Longitude por ocasião da passagem meridiana do Sol, na mesma oportunidade da observação para determinação da Latitude (Método das Alturas Iguais), o que possibilita a obtenção de um ponto observado completo ao meio dia, no intervalo entre os crepúsculos, sem as imprecisões decorrentes do transporte de uma **reta de altura**.

h. Entretanto, a importância de uma posição por retas de altura sucessivas do Sol não deve ser subestimada, pois esta é, freqüentemente, a melhor indicação da posição do navio no mar capaz de ser obtida, sendo da maior utilidade para o navegante.

29.6 EMPREGO DE DUAS OU MAIS RETAS DE ALTURA. CASO DAS OBSERVAÇÕES SIMULTÂNEAS. POSIÇÃO POR OBSERVAÇÕES NOS CREPÚSCULOS

a. PONTO ASTRONÔMICO POR INTERSEÇÃO DE RETAS DE ALTURA SIMULTÂNEAS

Sendo a **reta de altura** o lugar geométrico das posições do navio, é evidente que o **ponto astronômico** determinado pelo emprego de duas ou mais retas estará na interseção das mesmas.

Como, em geral, as alturas de dois ou mais astros são tomadas por um único observador, as retas obtidas não se referem exatamente ao mesmo instante, mas, como o intervalo de tempo entre as observações é muito pequeno, as LDP podem ser consideradas simultâneas.

b. ERROS QUE AFETAM UMA RETA DE ALTURA

Quando se determina o valor de uma grandeza, cometem-se, inevitavelmente, erros. Todas as LDP astronômicas são afetadas por erros, na medição das alturas, nas correções aplicadas à altura instrumental para convertê-la em altura verdadeira, na determinação da hora da observação, no cálculo dos elementos determinativos e na plotagem da reta de altura.

Os erros que afetam uma **reta de altura** são detalhadamente estudados no Apêndice a este Capítulo. Entretanto, é oportuno mencionar aqui que tais erros podem ser agrupados em três categorias: sistemáticos, acidentais e lapsos (enganos).

I. Lapsos (enganos)

São erros grosseiros que podem ser cometidos nas observações ou nos cálculos, tais como os devidos a leituras erradas dos instrumentos, entradas equivocadas nas tábuas, erros nas operações aritméticas, inversão de sinais, plotagem da recíproca de um Azimute, etc.

II. Erros Acidentais

São pequenos erros devidos às mais variadas causas. São imprevisíveis e não se manifestam da mesma forma em todas as medições, afetando cada LDP de maneira diferente. Os **erros acidentais** são difíceis de detectar, mas a análise estatística de medições efetuadas pode indicar o grau de probabilidade de não excederem determinados valores. Por exemplo, ao calcular o **ponto determinativo** de uma **reta de altura**, estudos estatísticos realizados permitem afirmar que o somatório dos **erros acidentais** cometidos na observação e no cálculo não excederá:

- 1,2 milha em 50% das observações;
- 1,8 milha em 70% das observações;
- 3,6 milhas em 95% das observações; e
- 4,8 milhas em 99% das observações.

Como exemplo de **erro acidental** pode-se mencionar o erro causado em uma medição de altura pelo não balanceamento correto do sextante.

Os efeitos dos **erros acidentais** podem ser reduzidos efetuando várias medições nas mesmas condições, para o mesmo astro, e determinando as médias das alturas e das horas, antes de calcular a LDP. Por isso, recomenda-se, em Navegação Astronômica, a tomada de uma série de observações para cada astro visado, num curto intervalo de tempo, e a utilização das médias dos valores das alturas e das horas, para cálculo da **reta de posição**.

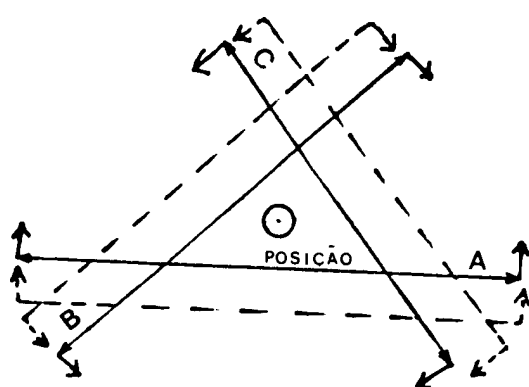
III. Erros Sistemáticos

São erros que se manifestam da mesma forma em todas as observações efetuadas em condições idênticas. Os erros sistemáticos são de grandeza e sinal constante e se fazem presentes em todas as LDP observadas nas mesmas circunstâncias, afetando-as da mesma maneira. São devidos a imperfeições instrumentais, equação pessoal, condições atmosféricas especiais, etc. Exemplos de **erros sistemáticos**:

- O **erro instrumental** de um sextante;
- o **Estado Absoluto** de um cronômetro; e
- os erros que resultam de condições anormais de refração terrestre, que causam erros consideráveis nos valores da correção para a depressão fornecidos pelo Almanaque Náutico.

Um **erro sistemático** nas alturas observadas causa em todas as LDP um erro de mesma grandeza e direção, em relação aos astros visados. O navegante pode resguardar-se contra um **erro sistemático** nas alturas medidas pela observação de astros igualmente espaçados em torno do horizonte. Nesta situação, um erro constante irá afetar o tamanho da figura formada quando as LDP são plotadas, mas não terá efeito no centro da figura resultante da interseção das **retas de altura** (ver a figura 29.19).

Figura 29.19 - Observação de Astros Igualmente Espaçados pelo Horizonte (Eliminação dos Efeitos dos Erros Sistemáticos)



ASTRO	AZIMUTE
A	010°
B	130°
C	250°

Assim, sendo todas as **retas de altura** afetadas por erros, os **pontos astronômicos** resultantes da interseção das mesmas também são afetados por erros. Entre outros fatores, a precisão de uma **posição astronômica** depende da **separação em Azimute** (diferença azimutal) dos astros observados.

Para que uma **posição astronômica** tenha uma boa geometria, os espaçamentos ideais em Azimute (ou os ângulos de interseção entre LDP) são:

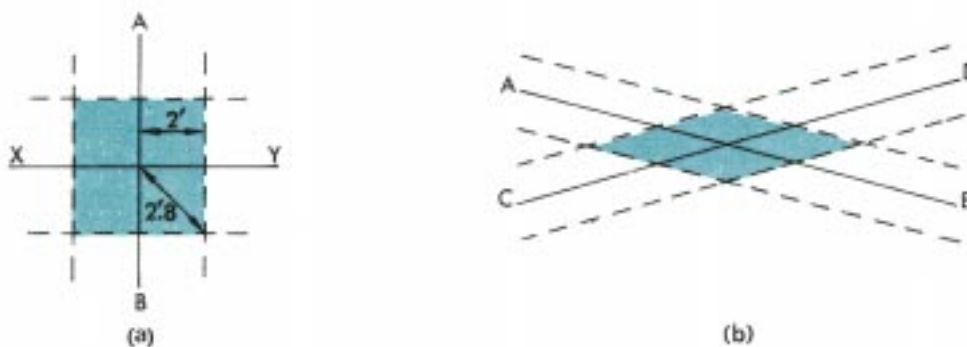
- 90° para dois astros (duas **retas de altura**)
- 120° para três astros (três **retas de altura**)
- 45° ou 90° para quatro astros (quatro **retas de altura**)

c. POSIÇÃO POR DUAS RETAS DE ALTURA

Suponha-se uma **posição astronômica** definida pela interseção de duas retas de altura tendo um erro provável de ± 2 milhas cada uma.

Quando o ângulo de interseção entre as LDP é de 90°, o erro máximo na posição e a área de incerteza da posição são pequenos, conforme mostrado na figura 29.20(a). Quando a separação em Azimute entre os astros observados (e, conseqüentemente, o ângulo de interseção entre as **retas de altura**) é de 30°, a área de incerteza cresce e o erro máximo da posição aumenta significativamente (cerca de 2,7 vezes), conforme mostrado na figura 29.20 (b). Assim, não se deve observar dois astros cuja diferença azimutal (ou espaçamento em Azimute) seja menor que 30°.

Figura 29.20 - Posição por Cruzamento de Duas Retas de Altura



Em qualquer hipótese, tal como na Navegação Costeira e na Navegação em Águas Restritas, sempre que possível deve-se evitar, na Navegação Astronômica, uma posição pela interseção de apenas duas LDP. Duas **retas de altura** cruzam-se sempre em um ponto, tornando difícil detectar um erro na posição, decorrente de erros nas LDP.

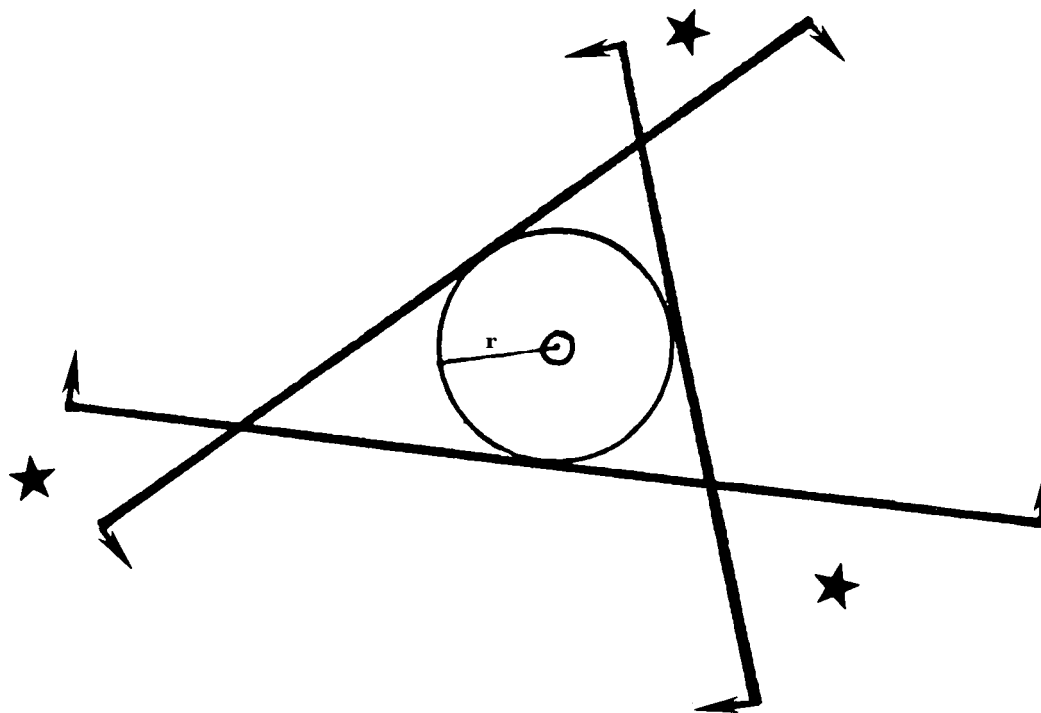
Na prática, num ponto por duas retas o navegante considera o navio no cruzamento das duas LDP e usa a posição com as devidas precauções, pois sabe que ela pode conter erros sistemáticos e acidentais. Em último caso, traçará as faixas de erros para cada uma das retas, definindo uma zona de incerteza para a sua posição.

d. PONTO POR TRÊS RETAS DE ALTURA

Quando nos crepúsculos se observam três astros, obtêm-se três **retas de altura**, que definirão a posição do navio. Deve-se sempre procurar observar astros cuja diferença de Azimutes seja próxima de 120° (ou seja, os três astros devem estar igualmente espaçados pelo horizonte). Isto proporcionará **retas de altura** que se cruzam com ângulos

de interseção de 60° (ver a figura 29.21) e, ademais, qualquer **erro sistemático** nas alturas dos astros observados terá seus efeitos eliminados, pois não afetará a posição do centro do triângulo.

Figura 29.21 – Ponto por Três Retas de Altura



As observações de altura poderão ser simultâneas ou sucessivas. Se, no intervalo de tempo entre a primeira e a última observação, o navio se deslocou de cerca de 1 milha, mais ou menos, as observações podem ser consideradas simultâneas. Se, porém, o intervalo de tempo entre a primeira e a última observação e a velocidade desenvolvida pelo navio forem tais que resultem em o navio percorrer uma distância apreciável no período das observações, as LDP devem ser consideradas sucessivas. Neste caso, as duas primeiras **retas de altura** devem ser transportadas para o instante da última observação, que será o instante da **posição astronômica**. Os transportes das retas devem ser feitos para o instante da última observação, pois assim as estimas serão todas feitas no sentido do rumo, o que evita enganos.

Então, por exemplo, se o navegante observar um astro às 1800, outro às 1805, outro às 1810, sendo a velocidade de 18,0 nós, o navio terá percorrido 3 milhas nesse intervalo de 10 minutos, sendo, portanto, necessário transportar as duas primeiras retas (de, respectivamente, 3,0 milhas e 1,5 milha) para o instante da última observação. O ponto astronômico resultante será referido à Hleg 1810. Porém, se a velocidade do navio fosse de apenas 6,0 nós, a distância percorrida no mesmo intervalo de tempo (10 minutos) seria de somente 1,0 milha e, então, as LDP poderiam ser consideradas simultâneas e o ponto astronômico referido ao instante médio (1805).

No caso de ser necessário transportar as duas primeiras LDP para o instante da última observação, é preferível transportar os pontos determinativos das retas de altura, em vez de as LDP propriamente ditas, pois, assim, plota-se cada **reta de altura**

apenas uma vez, evitando-se o traçado de um número excessivo de linhas em uma pequena área da folha de plotagem ou Carta Náutica, o que prejudicaria a clareza da plotagem da posição astronômica.

Na determinação do **ponto astronômico** por três retas de altura, dois casos podem ocorrer:

1º. As três retas cruzam-se em um ponto, ou, então, formam um triângulo de pequenas dimensões, denominado em inglês, por sua forma característica, de “**cocked hat**” (chapéu armado). Se o raio do círculo inscrito no triângulo formado pelas LDP for de 3 milhas, ou menos, sob boas condições (ver a figura 29.21), ou de até 5 milhas sob condições desfavoráveis de observação, não há, normalmente, razão para supor que houve lapso, erro acidental ou erro sistemático anormal. Neste caso, o **ponto astronômico** será o centro do triângulo, que pode ser localizado pela interseção das bissetrizes dos ângulos de cruzamento das LDP, ou, mais comumente, definido a olho pelo navegante.

Este é o caso mais comum para um observador que tenha alguma prática. A propósito, cita-se um estudo feito por Wolf Bremen, em um navio do Nordeutscher Lloyd. Ele determinou 108 pontos astronômicos por meio de três ou mais retas de altura, obtendo os seguintes resultados:

- a. Em 79 polígonos ou triângulos era difícil inscrever um círculo de 1 milha, tão pequenos eram eles;
- b. em 22, conseguia-se inscrever um círculo de 1 ou 1,5 milha de diâmetro; e
- c. em 4, um círculo de 2 a 2,5 milhas de diâmetro e em 3, com observações suspeitas, um círculo de 3 a 4 milhas de diâmetro.

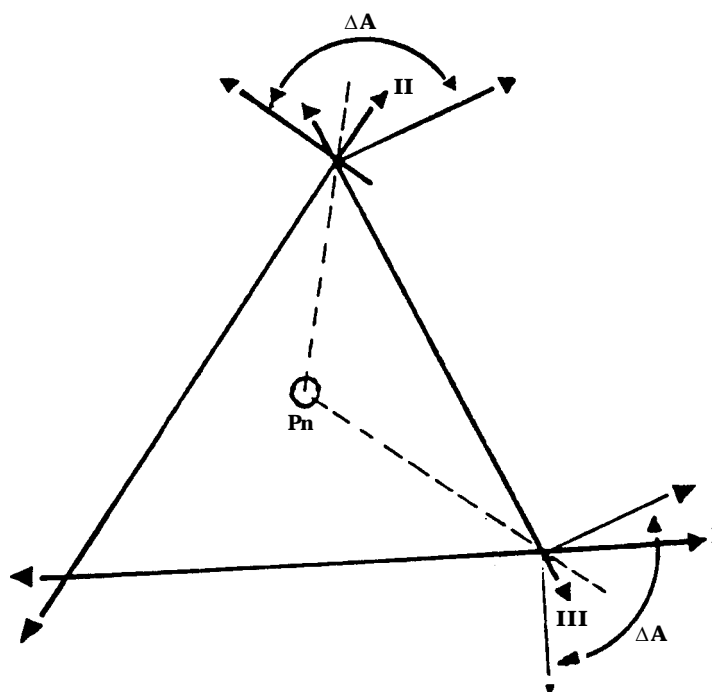
2º. As três retas formam um triângulo de grandes dimensões. Quando o raio do círculo inscrito no triângulo formado pelas LDP astronômicas é maior que 3 milhas, faz-se, inicialmente, uma revisão no cálculo e na plotagem, começando-se por aquela reta de altura sobre a qual pairam maiores dúvidas. Por exemplo, é comum o anotador do cronômetro tomar 51 minutos por 56, ou, então, o observador efetuar uma leitura errada no sextante (31' por 36' ; ou 39' por 41'). Pode ocorrer, também, uma identificação equivocada do astro visado, trocando-se uma estrela por outra próxima. É possível que essa verificação elimine logo a dúvida e se possa definir a **posição astronômica**, como no caso anterior.

Se o navegante tiver observado mais uma reta, deve calculá-la e plotá-la, sendo possível que, assim, se possa abandonar uma das LDP anteriores e, com esta quarta reta, definir a posição. Em geral, um bom observador sempre saberá quais as retas que lhe inspiram maior confiança e quais as observações que podem ser consideradas suspeitas. Se, apesar de tudo isso, o triângulo continuar sendo de grandes dimensões, existem duas hipóteses:

- a. As observações foram feitas em circunstâncias adversas, tais como mar agitado, horizonte pouco nítido, céu nublado, etc. Então, é provável que tenham ocorrido **erros acidentais** muito grandes. Nessas condições, determina-se o ponto astronômico por meio das **bissetrizes de altura** (figura 29.22), mas a posição não inspira muita confiança, devendo ser verificada por nova observação, logo que possível; ou
- b. as observações foram feitas em condições favoráveis (tais como mar calmo, horizonte nítido, céu limpo, etc.). Neste caso, os **erros acidentais** de valor

elevado estão excluídos e o navegante deve suspeitar que houve um **erro sistemático** nas alturas medidas, causado, em geral, por refração anormal. Este erro é o responsável pelo triângulo de grandes dimensões. Em tal situação, todas as LDP teriam que ser deslocadas da mesma quantidade, na mesma direção (em relação aos Azimutes dos astros visados), para que viessem a se cruzar em um ponto. O processo usado para localizar o **ponto astronômico** é definir a interseção das **bissetrizes de altura**, ou seja, das bissetrizes dos ângulos formados nos pontos de cruzamento das LDP (vértices do triângulo) pelos Azimutes Verdadeiros dos astros observados. A posição será, então, o ponto de encontro das **bissetrizes de altura**, posto que elas estão isentas do erro sistemático (ver o Apêndice a este Capítulo).

Figura 29.22 - Ponto por Bissetrizes no Interior do Triângulo

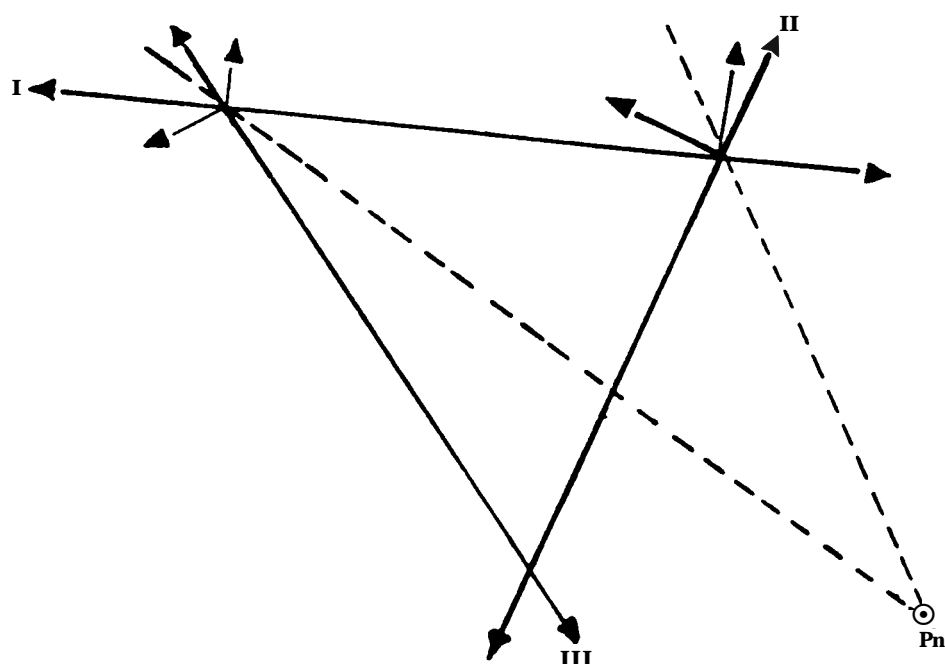


Conforme os valores das diferenças de Azimute entre os astros visados, o ponto de encontro das bissetrizes poderá ocorrer dentro ou fora do triângulo formado pelas **retas de altura**:

I. Quando os Azimutes dos astros diferem de cerca de 120° (isto é, os três astros observados estão distribuídos a intervalos de Azimute aproximadamente iguais em torno do horizonte), a posição estará dentro do triângulo (ver a figura 29.22). Quando isto ocorrer, a soma de cada duas diferenças azimutais será maior que 180° . Ademais, o observador estaria no interior do triângulo formado pelos pontos subastrais (GP) dos astros observados.

II. Quando o espaçamento em Azimute dos três astros visados for menor que 180° , um **erro sistemático** nas alturas resultará em uma posição fora do triângulo formado pelas LDP. O **ponto astronômico** será definido pela interseção das bissetrizes dos ângulos formados em cada vértice do triângulo pelos Azimutes dos astros (ver a figura 29.23). Neste caso, a soma de cada duas diferenças azimutais será menor que 180° .

Figura 29.23 - Ponto por Bissetrizes Fora do Triângulo



EXEMPLOS:

1. Considerando as LDP simultâneas e as informações abaixo, plotar a posição de 0545.

ASTRO	Δa	Az	POSIÇÃO ASSUMIDA (AP)
ALKAID	- 17,5'	328°	φ AP 33° N, λ AP 070° 13,0' W
DENEB	+12,3'	095°	φ AP 33° N, λ AP 069° 53,2' W
CAPELLA	+35,2'	210°	φ AP 33° N, λ AP 069° 17,5' W

SOLUÇÃO (ver a figura 29.24):

a. Como os astros estão quase que igualmente espaçados em Azimute em torno do horizonte, o ponto astronômico estará dentro do triângulo formado pelas **retas de altura**.

b. A posição estará na interseção das **bissetrizes de altura**, conforme mostrado na figura 29.24.

2. Plotar a posição de 1830, considerando as LDP simultâneas e as informações abaixo.

ASTRO	Δa	Az	POSIÇÃO ASSUMIDA (AP)
SIRIUS	- 27,8'	265,0°	φ AP 39° N, λ AP 125° 18,5' W
CANOPUS	+ 5,1'	323,0°	φ AP 39° N, λ AP 124° 26,2' W
ALDEBARAN	+ 13,0'	207,0°	φ AP 39° N, λ AP 125° 06,5' W

SOLUÇÃO (ver a figura 29.25):

a. Como a separação em Azimute entre os astros observados é menor que 180°, a posição estará fora do triângulo formado pelas **retas de altura**.

Figura 29.24 - Ponto por Bissetrizes no Interior do Triângulo

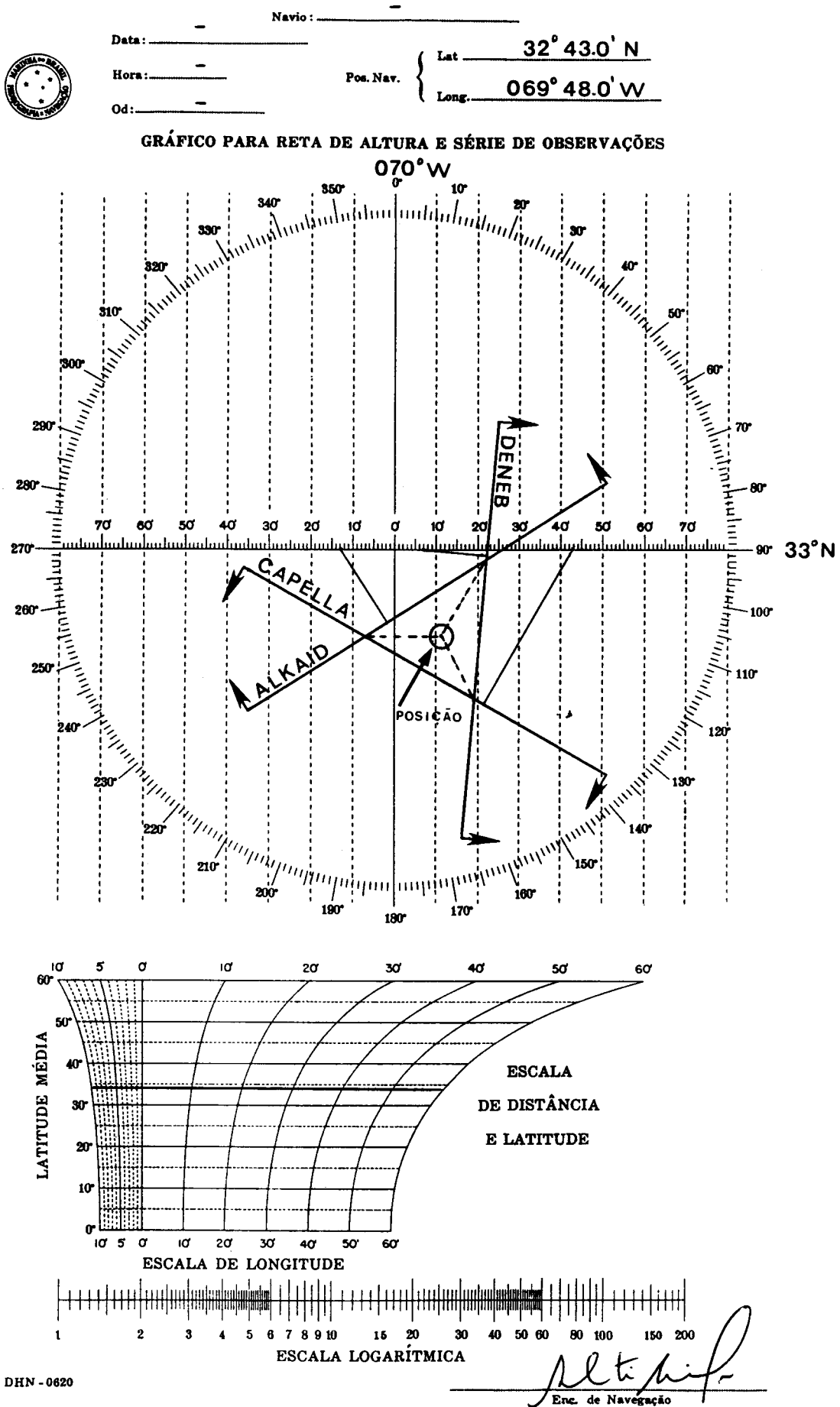
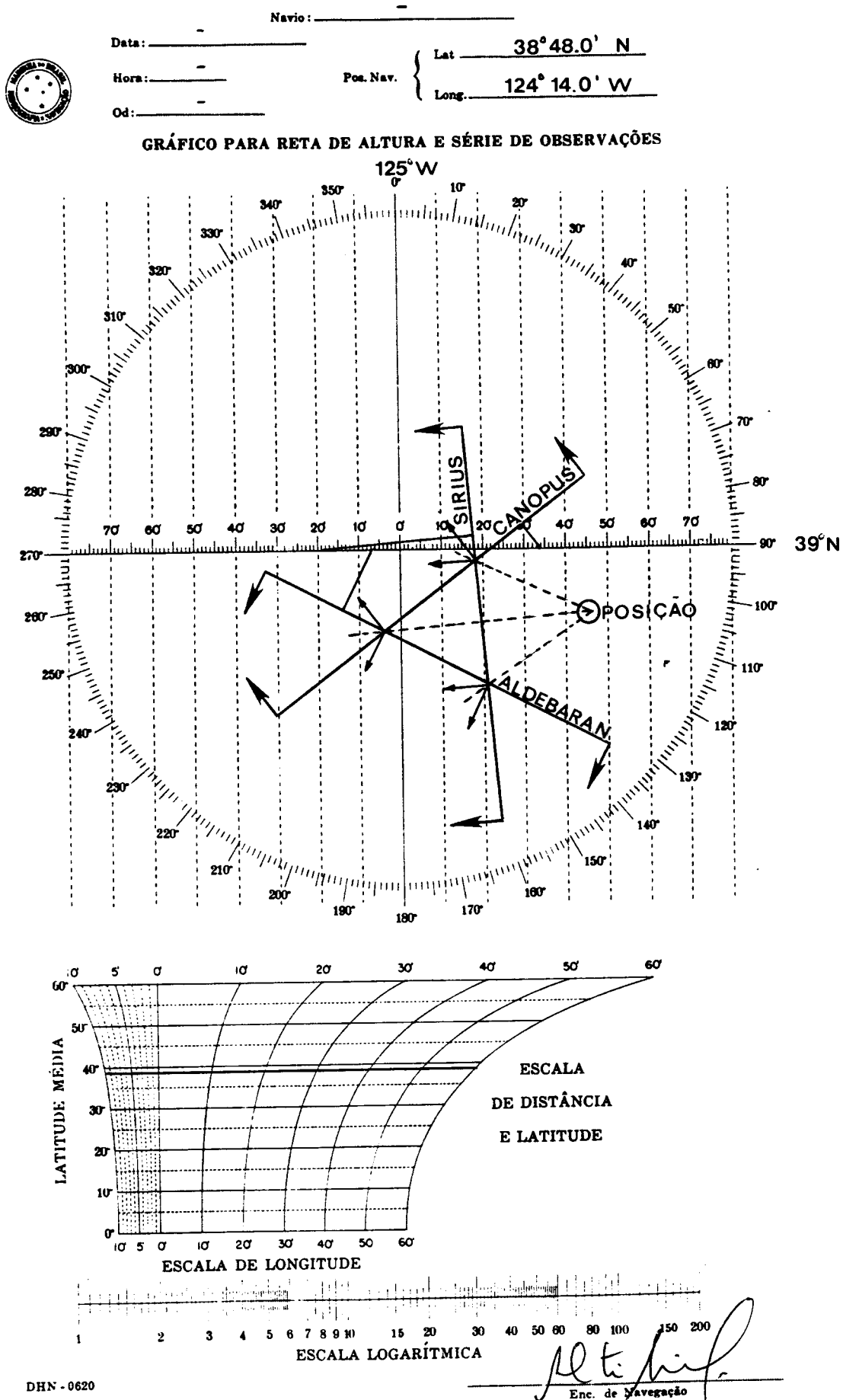


Figura 29.25 - Ponto por Bissetrizes Fora do Triângulo

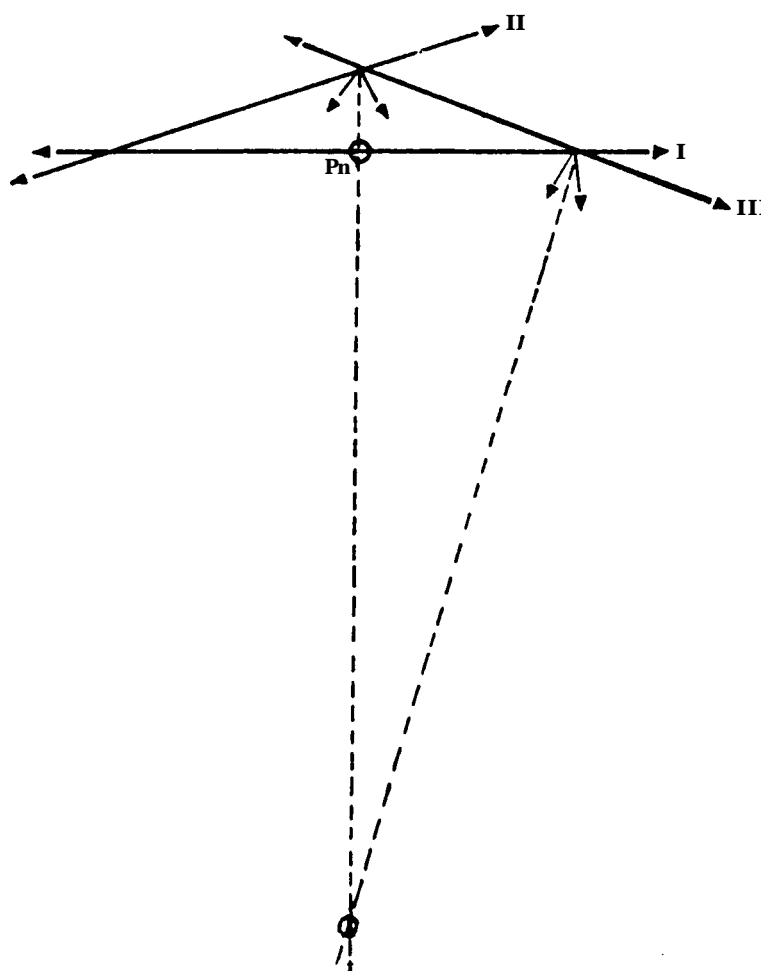


b. O **ponto astronômico** estará na interseção das bissetrizes dos ângulos formados nos pontos de interseção das LDP (vértices do triângulo) pelos Azimutes dos astros, como apresentado na figura 29.25.

Em ambos os casos, o valor do **erro sistemático** será medido pela distância do ponto a cada uma das retas. Se um quarto astro tivesse sido observado, a **reta de altura** estaria, também, afetada por este **erro sistemático**.

Quando um dos ângulos de corte de duas retas é muito agudo, não é conveniente tomar-se o ponto pelas bissetrizes, e sim no centro de gravidade do triângulo. Porém, se uma das retas for meridiana, como é uma reta de maior peso, deve-se tomar para ponto astronômico o cruzamento da melhor bissetriz com esta meridiana, conforme mostrado na figura 29.26.

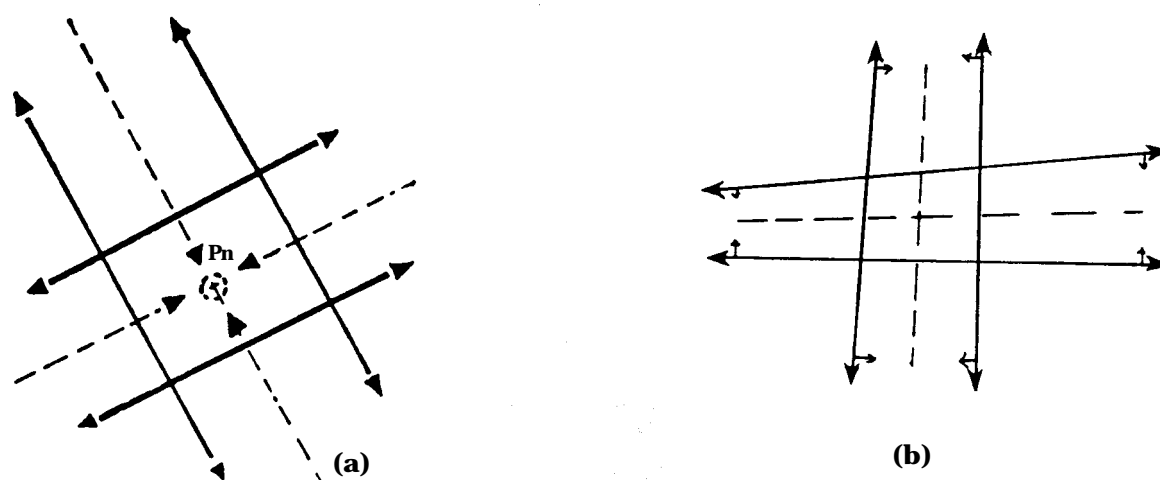
Figura 29.26 - Ponto pelo Cruzamento da Meridiana com a melhor Bissetriz



d. PONTO POR QUATRO OU MAIS RETAS DE ALTURA

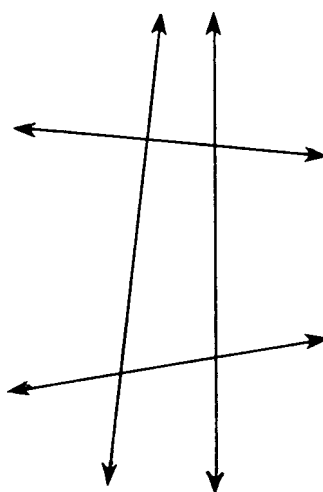
Num ponto por quatro retas de altura, a melhor situação será ter os astros igualmente espaçados em Azimute pelo horizonte, o que dará uma diferença azimutal de 90° . Para bissetrizes, tomam-se os dois pares de retas que têm, entre si, uma diferença de Azimute de 180° , aproximadamente, como mostram as figuras 29.27 (a) e (b).

Figura 29.27 - Ponto por Bissetrizes: Quatro Retas



Como os erros sistemáticos são, geralmente, maiores que os erros acidentais, o quadrilátero formado deverá ter seus lados aproximadamente iguais (figura 29.27). Se a figura formada tiver os lados muito diferentes, como na figura 29.28, uma das retas está errada.

Figura 29.28 - Quadrilátero com Lados muito Desiguais (Há Erro em uma das Retas)



Se a figura for grande, as direções azimutais das retas devem ter todas os mesmos sentidos: ou todas para dentro do quadrilátero (figura 29.29), ou todas para fora do quadrilátero (figura 29.30).

Mas, se um par de retas tiver as direções azimutais voltadas para o centro da figura, enquanto que o outro par estiver com suas direções azimutais voltadas para fora, como mostrado na figura 29.31, uma das retas está errada.

Se o quadrilátero for pequeno, tais análises não se aplicam, pois poderá ser caso de erro acidental maior que erro sistemático. Nesta situação, localiza-se a posição astronômica simplesmente no centro da figura formada pelas LDP.

Para verificação, quando se determina um ponto por quatro retas, é sempre prudente observar cinco astros.

Figura 29.29 -

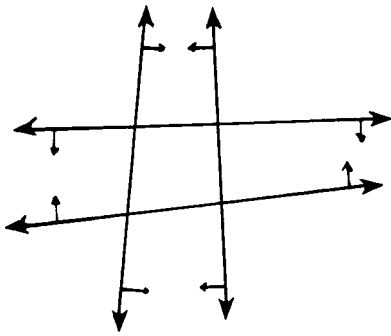


Figura 29.30 -

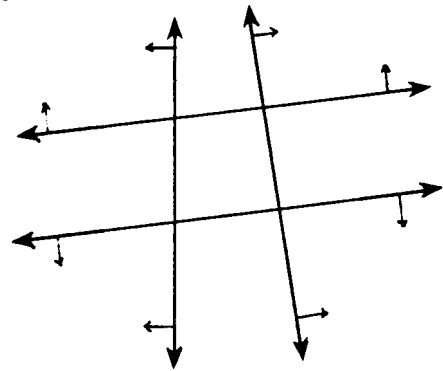
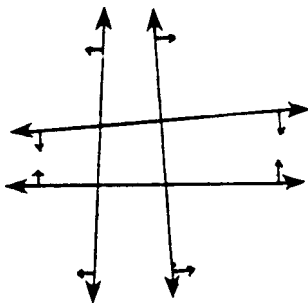


Figura 29.31 -

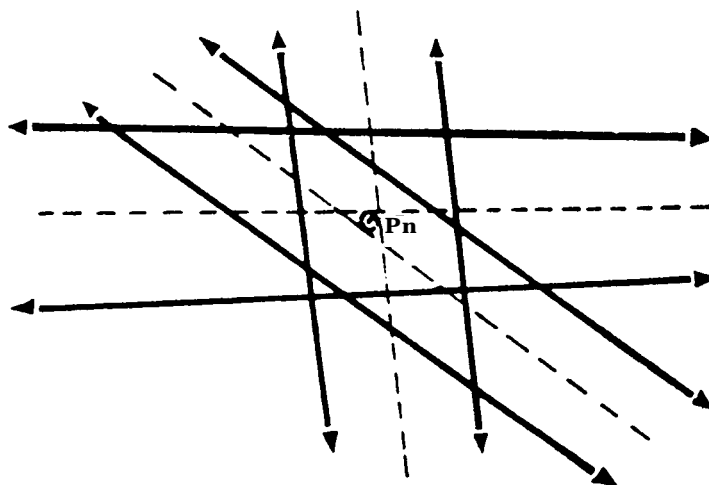


No caso do ponto por cinco, seis e sete **retas de altura**, as condições mais favoráveis ocorrerão quando os Azimutes estiverem igualmente distribuídos pelo horizonte, ou seja, o valor da diferença azimutal requerida será dado por 360° dividido pelo número de astros observados.

Assim, por exemplo, para 5 retas a separação ideal em Azimute entre os astros visados é de 72° . Para 6 retas, será de 60° .

Quando se observa um número par qualquer de astros, como, por exemplo, seis, se o grau de confiança nas retas é o mesmo, toma-se para ponto astronômico o centro de gravidade (baricentro) do triângulo formado pelas bissetrizes, como ilustra a figura 29.32.

Figura 29.32 - Ponto por Bissetrizes: Seis retas



Dada a grande facilidade e rapidez de cálculo, hoje em dia, com as Tábuas Astronômicas modernas (de inspeção direta) e as calculadoras eletrônicas programáveis, normalmente observa-se nos crepúsculos o maior número possível de astros e selecionam-se alguns, pelos Azimutes mais favoráveis, para cálculo da posição.

Evidentemente, a seleção das retas é uma questão em que só mesmo a prática e o “sentimento” dela decorrente podem aconselhar a melhor solução. Um navegante experimentado sabe, logo após a observação de vários astros, quais aqueles que observou melhor e, conseqüentemente, quais as retas de altura que inspiram maior confiança.

29.7 TÉCNICA DE OBSERVAÇÃO NOS CREPÚSCULOS

a. O período favorável para observações de alturas de astros com o sextante nos crepúsculos tem uma duração igual ao intervalo de tempo entre o crepúsculo civil e o nascer ou pôr-do-Sol, centrado no instante do início do crepúsculo civil matutino, ou do término do crepúsculo civil vespertino. As estrelas podem ser observadas com um sextante marítimo quando o Sol tem uma altura negativa de 3° (3° abaixo do horizonte); o horizonte, entretanto, torna-se invisível quando o Sol tem depressão maior que 9° abaixo do horizonte. Portanto, as observações devem ser feitas quando o Sol tem depressão entre 3° e 9° , e a posição média corresponde ao início e fim do crepúsculo civil (início pela manhã e término pela tarde), cujo instante está tabulado no Almanaque Náutico. Assim, o preparo do céu para as observações de estrelas no crepúsculo deve ser baseado no instante do crepúsculo civil.

b. 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, por exemplo), situar-se o mais alto possível para observações de altura com o sextante.

c. 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 sextante deve ser retificado pelo Encarregado de Navegação (recomenda-se nova retificação do sextante sempre que o erro instrumental for maior que $3,0'$).

d. A fim de facilitar a observação de estrelas e planetas nos crepúsculos, deve ser organizado, com antecedência, o programa de observação (“preparo do céu”), conforme será explicado no Capítulo 30. O “preparo do céu” possibilita conhecer antecipadamente o Azimute e a altura aproximada dos astros convenientes para observação, facilitando a identificação dos mesmos e tornando mais rápida a observação.

e. Apesar da facilidade e rapidez na identificação de astros proporcionadas pelo “preparo do céu”, recomenda-se ao navegante o conhecimento das principais estrelas, obtido pelo estudo das constelações, suas formas e posições relativas e de alinhamentos notáveis no céu. Tal conhecimento é muito útil em Navegação Astronômica, além de aumentar a autoconfiança do navegante.

f. 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. No crepúsculo vespertino, efetuar observações de estrelas o mais cedo possível, de modo a dispor de um horizonte melhor definido e mais nítido. Para isto, usando o programa de observação organizado (“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 encontrado muito antes do que seria percebido com a vista desarmada. O navegante deve, também, lembrar que o horizonte a Leste escurecerá primeiro no crepúsculo vespertino.

g. Tal como no caso da observação do Sol, para reduzir o efeito de erros acidentais nas alturas, nos crepúsculos também recomenda-se tomar uma série de alturas de cada astro visado (constituída de, pelo menos, três observações). A razão de variação da altura de um astro em uma série de observações medida em um curto período deve ser diretamente proporcional ao intervalo de tempo entre elas. Ademais, se o astro estiver a Leste, as alturas sucessivas devem aumentar; enquanto que, se estiver a Oeste devem diminuir. Assim, a observação de uma série de alturas permite verificar a consistência e confiança das medições.

h. Desta forma, sempre tome mais de uma altura (3 ou 5) e tão rapidamente quanto possível. O número de alturas medidas em sucessão não deverá, entretanto, ser muito grande, devido à fadiga do olho e do braço, que reduzem gradualmente a precisão. Por isso, o aumento do número não torna a média aritmética mais exata. É melhor tomar um número ímpar de medidas para fazer um primeiro teste; a média aritmética para intervalos constantes entre as alturas estará bem aproximada da média das leituras. Calcule a média aritmética da série de alturas e instantes, e faça a análise devida. O instante médio é usualmente arredondado para o segundo inteiro menor e mais próximo, pois os observadores são propensos a atrasar o registro da tangência das imagens.

i. Pratique a medida de alturas regularmente e faça uma verificação periódica de suas observações pelo processo acima indicado, a fim de melhorar sua “equação pessoal”.

j. A presença de um astro facilmente observável e que não conste do “preparo do céu” indica, normalmente, que se trata de um planeta, que necessita ser identificado, caso seja visado. Para isso, tomar a altura e o Azimute do astro e plotá-lo, a lápis, no Identificador (“STAR FINDER AND IDENTIFIER” HO 2102-D), conforme será explicado no Capítulo 30, a fim de obter sua ARV e Dec, que permitirão, através da entrada no Almanaque Náutico, identificar o planeta observado.

l. A Lua pode, também, ser observada nos crepúsculos (ou, eventualmente, como vimos, durante o dia, quando fornece ótimas retas da posição). Na observação da Lua, ter especial cuidado na escolha do limbo com o qual deve ser feita a tangência (ver o Capítulo 21). Na realidade, somente no instante da Lua Cheia é que se pode usar indistintamente um ou outro limbo. Mas, já nas proximidades da Lua Cheia, torna-se difícil discernir qual o limbo iluminado. Para isso, obedecer à seguinte regra: com a Lua crescendo, observa-se o limbo superior antes da passagem meridiana e o limbo inferior após a passagem meridiana; com a Lua minguando, observa-se o limbo inferior antes da passagem meridiana e o limbo superior após a passagem meridiana.

m. De dia, não é necessário usar vidros corados na observação da Lua. De noite, deve ser usado o vidro corado do astro (mais claro) para evitar que o horizonte seja obscurecido pelo brilho da Lua.

n. Os falsos horizontes são mais prováveis de noite; o observador deve ter todo o cuidado ao tangenciar o astro.

o. Em noites de Lua podem ser observadas estrelas e planetas, desde que o horizonte seja definido com certa clareza. As melhores condições se dão quando a Lua tem uma altura de cerca de 20° e o astro visado está no círculo do horizonte iluminado. Essas observações, entretanto, geralmente não são de grande confiança.

p. É possível observar estrelas, em caso de muita necessidade, em noite escura, tomando as seguintes precauções:

- Antes da observação, adaptar a vista à obscuridade, ficando em local escuro, ou com luz encarnada, pelo tempo suficiente (cerca de 30 minutos);
- o local da observação deve ser o mais baixo, para trazer o horizonte o mais próximo possível (observar do convés principal);
- a observação deve ser feita sem luneta; e
- a leitura do sextante deve ser feita com luz encarnada.

q. Dependendo do intervalo de tempo entre as observações e da velocidade do navio, poderá ser necessário transportar as **retas de altura** para o instante da última LDP observada. 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. Nesta situação, as **retas de altura** podem ser consideradas simultâneas. 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.

r. Muitas vezes, só é possível observar um ou dois astros no crepúsculo vespertino. Se a estima for digna de confiança, pode-se transportar a **reta da tarde**, resultante da observação do Sol, para o instante da observação no crepúsculo, a fim de definir ou confirmar a posição do navio.

s. Para plotagem do **ponto astronômico**, é recomendado o emprego do modelo DHN-0620, “GRÁFICO PARA RETAS DE ALTURA E SÉRIE DE OBSERVAÇÕES”, principalmente quando utilizando Carta Náutica de escala muito pequena, 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 para evitar rasuras.

t. Se o triângulo resultante do cruzamento de três **retas de altura** tiver dimensões apreciáveis e não houver **lapsos** ou **erros acidentais** elevados, 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 medidas e, conseqüentemente, as **linhas de posição** obtidas.

u. Só o observador pode avaliar se uma estrela foi bem observada. Só ele é quem pode dar valores relativos ou pesos diferentes às diversas retas. Portanto, a pessoa que faz a plotagem deve ser sempre a mesma que observou.

29.8 EMPREGO DE RETAS DE ALTURA EM CASOS ESPECIAIS

Uma **reta de altura** isolada poderá, sempre, dar indicações úteis ao navegante. É, entretanto, conveniente que essa reta tenha uma orientação particular em relação à derrota, à costa, aos perigos ou a outra **reta de posição** com a qual possa ser combinada.

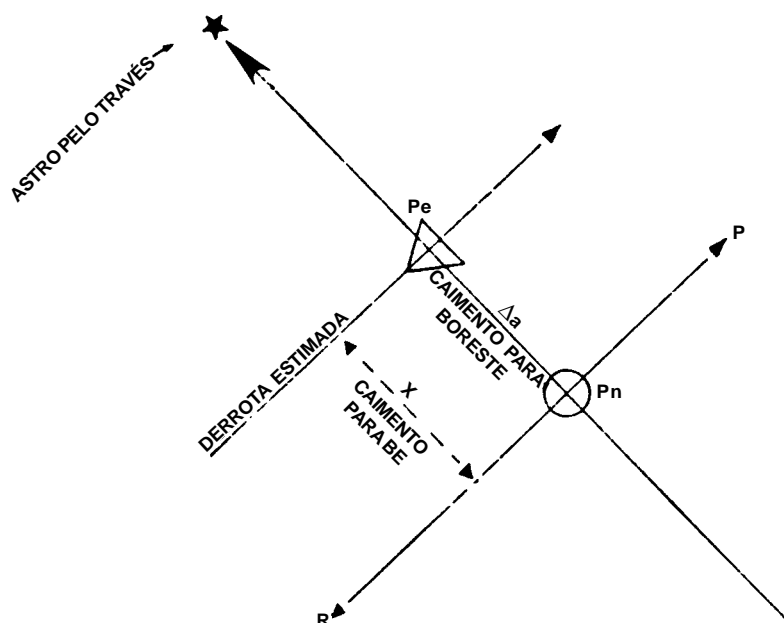
É importante mencionar os seguintes casos particulares.

a. RETA DE ABATIMENTO OU DE CAIMENTO

Uma **reta de altura** orientada paralelamente, ou quase, à direção da derrota (astro pelo través) indica o afastamento ou deslocamento lateral (caimento) do navio, conforme mostrado na figura 29.33.

Nessa figura, a reta de posição RP indica que o navio tem um caimento para BE, com relação à **derrota estimada**. A menor distância entre a linha do rumo e a reta de altura (x na figura 29.33) nos dará o valor do caimento.

Figura 29.33 - Reta de Abatimento ou de Caimento



b. RETA DE VELOCIDADE

Uma **reta de altura** orientada perpendicularmente, ou quase, à direção da derrota (astro pela proa ou pela popa) indica se há avanço ou atraso, em relação à estima, sendo denominada de **reta de velocidade** (ver a figura 29.34).

Na figura, a **reta de altura** RP indica que há um **avanço** do navio em relação à estima, ou seja, a distância realmente navegada foi maior que a distância estimada. Assim, a **reta de velocidade** permite a determinação da distância navegada.

c. RETA DE DISTÂNCIA DA COSTA (OU PERIGO)

Uma **reta de altura** aproximadamente paralela à costa, ou a uma linha de perigos, indica a distância em que o navio se encontra da costa ou dos perigos, como ilustrado na figura 29.35.

A figura indica que o navio está à esquerda da **derrota estimada** e que a distância aos perigos mostrados é de “ x ” milhas.

Para obter uma reta de distância da costa, deve-se observar um astro que tenha Azimute perpendicular à direção da costa. Na Carta Náutica, verifica-se a direção da costa e, somando ou subtraindo 90° , determina-se a direção azimutal desejada para o astro.

Figura 29.34 - Reta de Velocidade (Determinação da Distância Navegada)

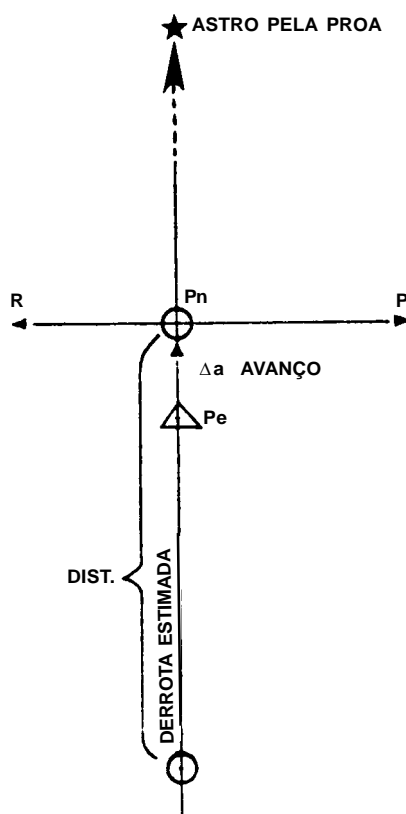
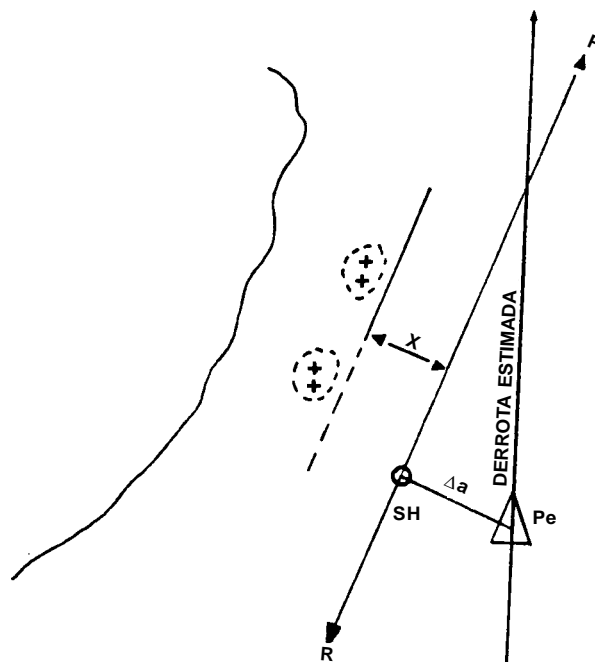


Figura 29.35 - Reta de Distância da Costa (ou Perigo)

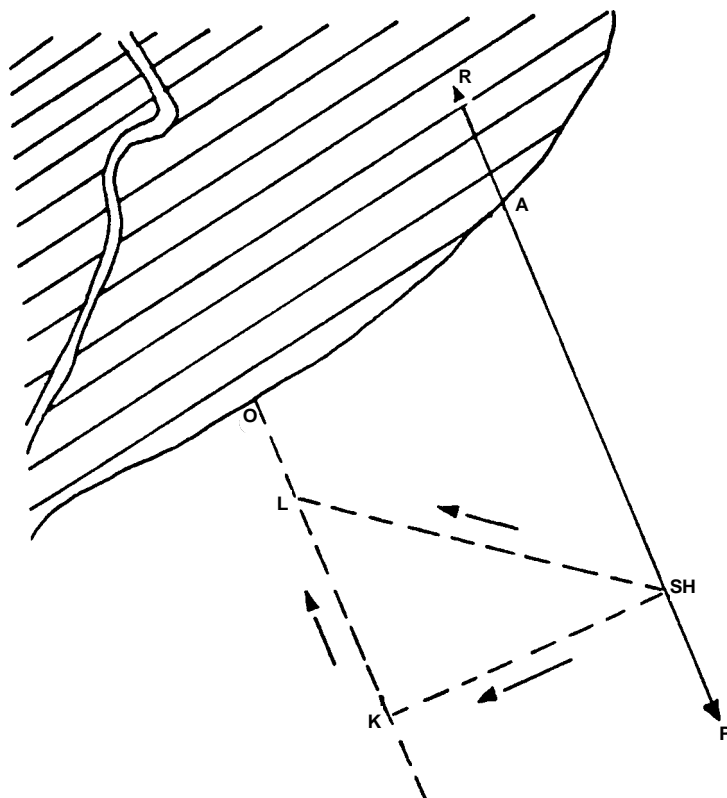


d. EMPREGO DE UMA RETA DE ALTURA NA ATERRAGEM

Suponhamos que se tenha obtido uma reta que encontra a costa no ponto A (figura 29.36) e que se deseja aterrar no ponto 0, não muito afastado de A. Neste caso, pode-se

percorrer o caminho SH-K perpendicular à **reta de altura**, ou, para ganhar caminho, o rumo SH-L, que forma um certo ângulo com a perpendicular à reta de altura, desde que se possa navegar com segurança nesse rumo; depois de navegar a distância SH-K ou SH-L, navega-se no rumo KLO, paralelo à **reta de altura**, até o ponto de aterragem.

Figura 29.36 - Emprego de Reta de Altura para Aterragem



Convém observar que as derrotas SH-K e SH-L partem do ponto **SH** (ponto Saint-Hilaire, determinativo da **reta de altura**). Como, porém, na prática o cálculo da **reta de altura** requer um certo tempo, é necessário transportar a reta de acordo com a distância e o intervalo de tempo e traçar SH-K a partir da reta transportada.

Outro exemplo de aterragem (identificação de um ponto na costa) está ilustrado na figura 29.37. Na situação mostrada, o navio deseja aterrar em **C**. Observa-se, então, um astro cuja direção azimutal seja aproximadamente paralela à linha da costa. Na figura, a costa está aproximadamente alinhada com a linha interrompida traçada. Visando um astro cujo Azimute seja igual à direção desta linha, a **reta de altura** resultante **AB** será aproximadamente perpendicular à costa. Neste caso, a reta **AB** foi limitada pelo círculo de incerteza da estima, traçado com centro na posição estimada **Pe**. Esse círculo limita a reta no segmento **AB**; o navio deve estar em qualquer ponto da reta entre **A** e **B**.

Faz-se um transporte judicioso da reta até que a mesma fique enfiada com o ponto que se quer identificar. O transporte é feito como o de qualquer linha de posição (como vimos no início do capítulo). Feito esse transporte, obtém-se o segmento **A'B'**, cuja reta é identificada por duas setas em cada extremidade.

Navegando no rumo e distância indicados, o ponto estará na direção da reta transportada. Se, depois de navegada essa distância, o ponto ainda não for visível, é sinal

que o navio está mais ao largo (mais na direção de **B'**). Então, altera-se o rumo e navega-se sobre a reta em direção ao ponto que, em breve, deverá ser visível.

É de se notar que a reta não necessita ser obrigatoriamente perpendicular à linha da costa (sendo esse, porém, o caso mais comum, pois identifica diretamente o ponto). Qualquer reta que prolongada corte a linha da costa, identificará um ponto na mesma se o observador que está sobre ela navega em sua direção (figura 29.38).

Figura 29.37 - Reta de Aterragem

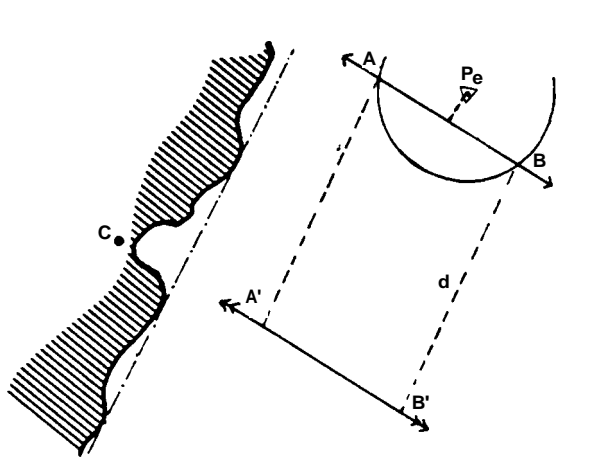
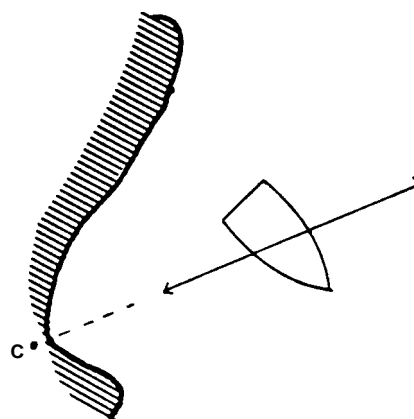


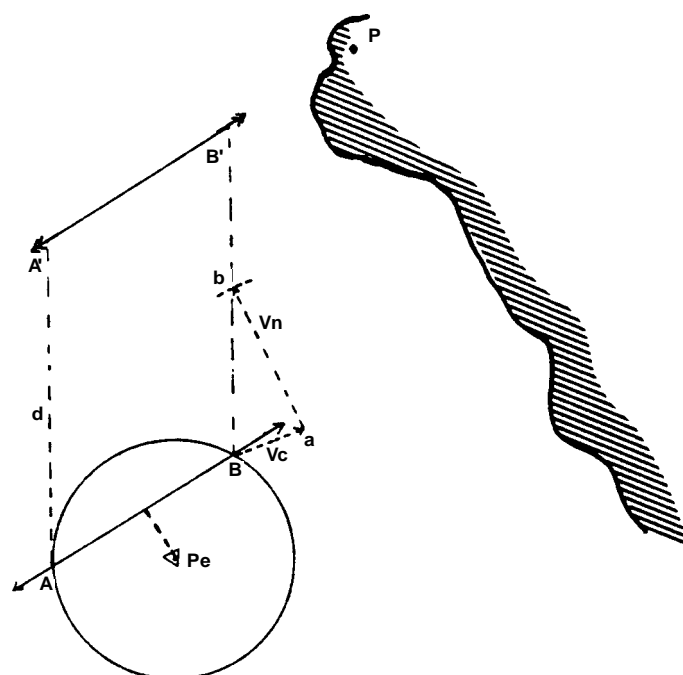
Figura 29.38 - Identificação de Ponto na Costa



O problema de aterragem com corrente é igual ao anterior, com a pequena diferença de uma correção para a corrente, feita diretamente na carta.

Suponhamos já plotada a reta cuja orientação é perpendicular, ou aproximadamente perpendicular, à linha da costa. Traçado o círculo de incerteza da estima, temos a reta limitada no segmento AB. Queremos aterrar no ponto P. Se não houver corrente, basta navegar ao rumo norte (figura 29.39) e, depois de navegada a distância "d", alterar o rumo para navegar sobre a reta transportada.

Figura 29.39 - Aterragem com Corrente



Mas, suponhamos a existência de corrente. Então, temos o caso de conhecermos o rumo e velocidade da corrente, rumo no fundo (que é o rumo que desejamos navegar, no exemplo rumo norte) e velocidade na superfície; desejamos determinar o rumo na superfície. Esse problema já foi resolvido quando estudamos abatimento, no Volume I, na parte de “triângulo de corrente”. Vamos, entretanto, repetir o procedimento que se adota.

Tomemos um ponto qualquer sobre a reta AB (geralmente se toma o ponto mais próximo de terra). A partir dele, traça-se o vetor rumo-velocidade da corrente (V_c). Com centro na extremidade **a** do vetor V_c , e com abertura igual à velocidade do navio (V_n), com o compasso traça-se um arco que vai cruzar a direção do rumo no fundo em **b**. A direção **ab** é o rumo em que se deve governar, ou seja, o rumo verdadeiro de governo (rumo na superfície).

Quando se alterar o rumo para navegar sobre a reta (em B'), deve-se verificar, novamente, a influência da corrente.

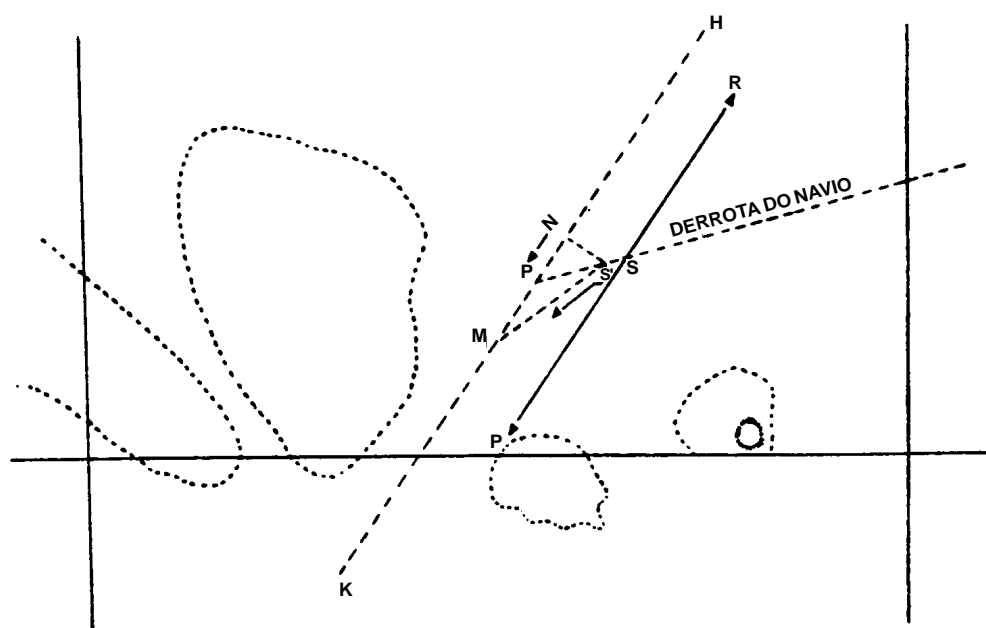
e. EMPREGO DE UMA RETA DE ALTURA NA PASSAGEM ENTRE PERIGOS OU NA DEMANDA DE UM CANAL

Se a **reta de altura** obtida, ou uma paralela a ela, passa safo de algum perigo, pode ser utilizada como **LDP de segurança**, para o navio passar com segurança entre perigos.

Seja, na figura 29.40, a reta obtida RP e suponha-se que o navio deva passar entre os dois bancos mostrados na carta. Nesse caso, navega-se segundo S'N, S'P ou S'M e, depois, segundo HK, paralela à reta obtida RP.

Na figura 29.40, S' é o ponto determinativo da **reta de altura** transportado, ou seja, SS' é o caminho percorrido pelo navio entre o instante da observação do astro e o instante em que se traçou a **reta de altura**.

Figura 29.40 - Reta de Altura para Passagem entre Perigos



Convém não esquecer, nas aterragens ou ao passar entre perigos, a influência das correntes, que devem ser perfeitamente calculadas ou conhecidas, e ter presente as considerações sobre a substituição da reta por uma faixa, levando em conta os erros prováveis e garantindo, assim, maior segurança nas decisões da navegação.

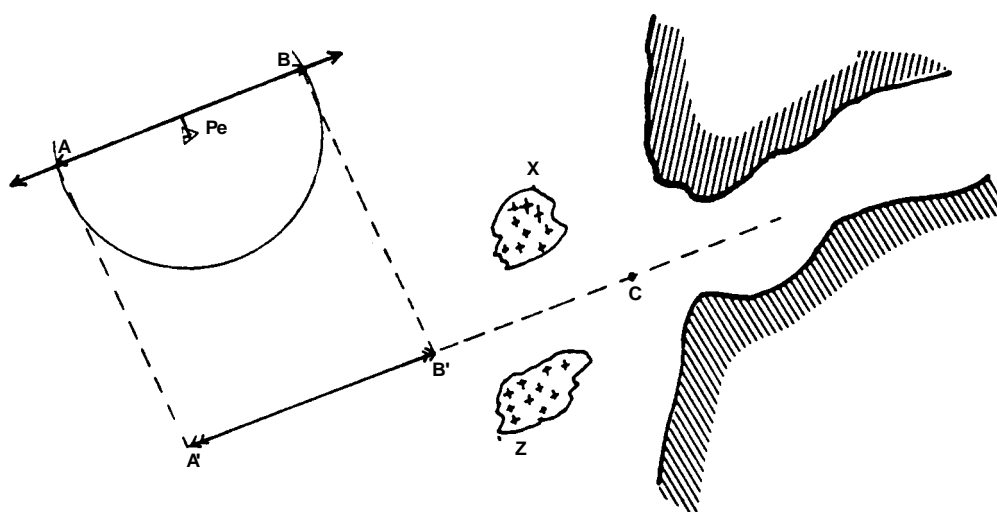
Um exemplo de uso de **reta de altura** para demanda de um canal está ilustrado na figura 29.41, onde temos um canal cuja entrada é limitada pelos altos-fundos **X** e **Z**. Na carta, determina-se a orientação do canal e procura-se observar um astro cuja direção azimutal seja aproximadamente perpendicular a essa direção. A reta oriunda dessa observação terá a mesma orientação do canal.

Limita-se essa reta pelo círculo de incerteza da estima, obtendo-se sobre ela o segmento **AB**. Coloca-se o navio na posição mais perigosa (na figura é o ponto **B**) e traça-se o rumo. Transporta-se essa reta de maneira que ela fique alinhada com o canal (**A'B'**). Lê-se na carta o **rumo** e **distância** a serem navegados.

Navegados o rumo e distância determinados, o navio estará sobre **A'B'**. Então, altera-se o rumo de maneira a navegar sobre a reta, investindo assim o canal.

Os obstáculos estarão ultrapassados desde que se navegue no mínimo a distância **A'C** (onde **C** marca um ponto após os obstáculos), ou que isso seja determinado por outro modo qualquer (poderia ser indicado quando o navio ficasse pelo través com as margens mostradas na figura 29.41).

Figura 29.41 - Demanda de um Canal



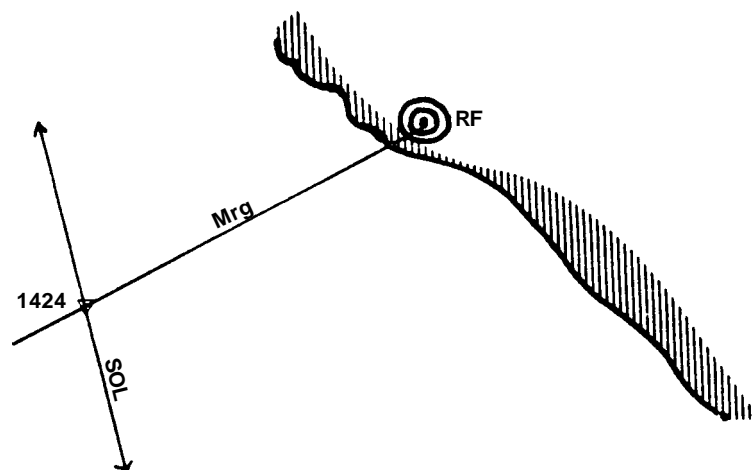
29.9 CRUZAMENTO DE RETAS DE ALTURA COM LDP DE NATUREZA DIFERENTE OU COM OUTRAS INFORMAÇÕES

A determinação da posição do navio é o principal objetivo da navegação. Por essa razão, o navegante deve utilizar quaisquer linhas de posição ou outras informações que puder obter.

Uma **reta de altura** pode ser combinada com uma marcação radiogoniométrica, ou com uma LDP Decca, para definir a posição do navio que, neste caso, é denominada

ponto semi-astronômico. A figura 29.42 apresenta uma marcação gônio cruzada com uma reta de altura. A plotagem da marcação radiogoniométrica é feita depois de aplicadas as correções devidas ao desvio radioelétrico e à semi-convergência dos meridianos, como será adiante estudado. Esse ponto oferecerá menor precisão, em virtude dos erros possíveis na marcação gônio. Assim, devido às imprecisões na marcação radiogoniométrica, é melhor considerar o ponto como estimado, se bem que aperfeiçoado, e, por isso, colocamos o triângulo de estima na posição obtida (ver a figura 29.42).

Figura 29.42 - Cruzamento da Reta de Altura com Marcação Gônio



Da mesma forma, um navegante efetuando uma aterragem pode cruzar uma **reta de altura** com uma isóbata representada na Carta Náutica, determinando, pelo ecobatímetro, o instante em que a isóbata é atravessada. Quando se puder obter apenas uma **reta de posição**, uma sondagem ou uma série de sondagens com o ecobatímetro podem ser úteis na determinação da área geral da posição do navio.

Quando a carta apresenta sondagens bem definidas, em isóbatas, é possível conseguir um ponto cruzando uma determinada isóbata com uma **reta de altura**. Esse ponto não terá a precisão de um determinado por cruzamento de **retas de altura**, mas, em certas situações, poderá ser a única opção do navegante. Se for possível, a determinação da qualidade do fundo (“tensa”) melhora a exatidão do ponto. A figura 29.43 mostra o ponto de 1201 (Hleg), cruzando a reta do Sol com a isóbata de 200 metros. Melhor exatidão no ponto é obtida quando a reta corta as isóbatas em ângulo reto. Esse ponto pode ser de grande valia quando, por exemplo, se transporta uma reta obtida ao largo para uma costa em que, por qualquer motivo, a visibilidade se tornou quase nula. Essa situação é exemplificada na figura 29.44, que ilustra o caso do navegante que obteve uma reta do Sol às 1637. Às 1752, já próximo à costa, a visibilidade desceu a zero e ele só podia se valer do ecobatímetro. Então, verificou a profundidade às 1752, encontrando 100 metros e transportou a reta do Sol para esse instante. O cruzamento fornece a posição aproximada do navio.

Nem todas as LDP têm a mesma ordem de precisão, mas, com prática, o navegante aprenderá a avaliar a confiança da posição resultante. É vital que não se perca qualquer oportunidade de adquirir informações que possam ser úteis para determinação da posição do navio.

Figura 29.43 - Cruzamento de Reta de Altura com Isóbata

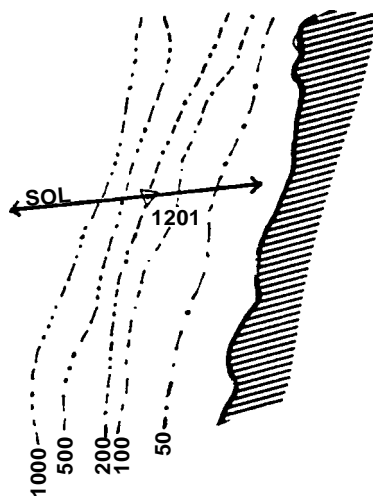


Figura 29.44 - Cruzamento de Isóbata com Reta Transportada

