

Capítulo 1 - fundamentos da navegação astronômica.

"E pur si muove" Galileu Galilei

Ângulos, ângulos, ângulos...

Ângulos, como veremos neste capítulo, são a matéria prima do astrônomo. As posições dos astros e dos objetos sobre a Terra são dadas por ângulos. O sextante é um instrumento que mede ângulos. Até as distâncias na superfície da Terra podem ser expressas na forma de ângulos. Por esta razão, cabe uma pequena discussão sobre o assunto.

Os ângulos são medidos em graus, minutos e segundos. A circunferência completa tem 360° . Um grau corresponde a 60 minutos. Os segundos de grau não são usados na navegação, uma vez que o sextante não tem precisão suficiente para medi-los. A menor unidade de ângulo para o navegador astronômico é o décimo de minuto.

A milha náutica (=1852 m) é uma medida que foi definida convenientemente de modo a simplificar as conversões entre ângulos e distâncias. Uma milha náutica corresponde a um arco de um minuto de grau sobre a superfície terrestre. A qualquer momento podemos converter ângulos de graus para milhas e vice-versa. Ângulos e distâncias são, portanto, equivalentes. Uma exceção são os minutos de longitude, que valem uma milha somente nas proximidades do Equador terrestre.

Uma outra equivalência importante da navegação é entre horas e graus de longitude. Como a Terra faz uma volta de 360° a cada 24 horas, cada hora corresponde a 15° de longitude.

A Terra e a Esfera Celeste

Vamos imaginar por um momento que a Terra esteja no centro do universo. Embora hoje saibamos que este modelo é pouco realista, ele foi adotado por muito séculos e pode nos ajudar a compreender a navegação astronômica. Imaginemos que em torno da Terra está uma outra esfera maior, centrada no mesmo ponto, onde os astros estão fixados, como se estivessem pintados na sua parede. Esta outra bola é chamada de **Esfera Celeste**.

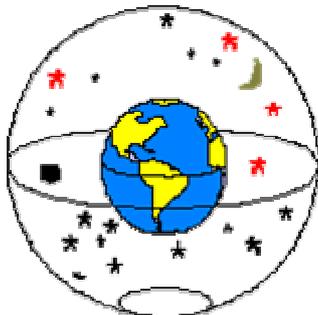


fig. 1 - A Terra e a Esfera Celeste

Para especificar nossa posição na Terra, usamos um sistema de coordenadas que consiste de dois ângulos. A **latitude** é a distância em graus medida a partir do Equador terrestre na direção Norte-Sul. A **longitude** é o ângulo no polo entre os meridianos de Greenwich (na Inglaterra) e do ponto considerado (fig. 2).

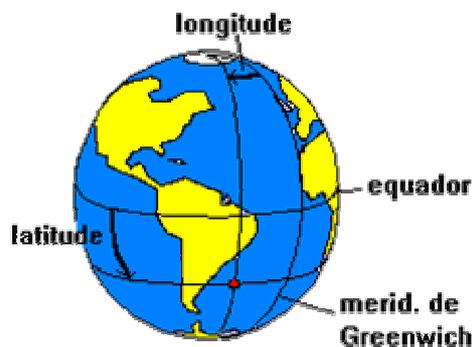


fig.2 - Sistema de coordenadas terrestres

De modo análogo, a posição de um astro na esfera celeste pode ser descrita por dois ângulos. À medida equivalente à latitude do astro na esfera celeste chamamos **declinação**. A declinação é medida na direção Norte-Sul a partir do equador celeste. A medida correspondente à longitude do astro na Esfera Celeste é denominada **Ascensão Reta**, ou AR. A figura 3 mostra o sistema de coordenadas celestes. Assim como a longitude é medida a partir de um meridiano arbitrário (Greenwich), a Ascensão Reta é medida a partir do chamado Ponto Vernal (também chamado de primeiro ponto de Áries).

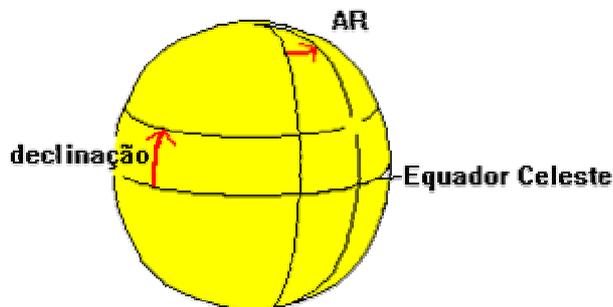


fig.3 - Sistema de coordenadas celestes

O movimento aparente dos astros

As estrelas tem suas posições quase fixas na Esfera Celeste. O Sol, a Lua e os planetas se movem ao longo do ano, mas este movimento é lento quando comparado ao movimento devido à rotação da Terra. Consideremos por hora que os astros tem posições fixas na Esfera Celeste.

Usando ainda o conceito da Terra como centro do universo, vamos imaginar que a Terra esteja parada e que a Esfera Celeste gire em torno dela, completando uma volta a cada 24 horas. O Eixo de rotação da Esfera Celeste passa pelos polos da Terra e da Esfera Celeste. Os equadores da Terra e da Esfera Celeste estão, assim, no mesmo plano (fig. 1).

Os astros, fixos na Esfera Celeste, também giram em torno da Terra. Os polos celestes, estando no eixo de rotação, ficam parados no céu. Assim, um astro situado próximo a um polo da Esfera Celeste parecerá estar estático quando visto da Terra. É o caso da estrela Polaris, que se situa nas proximidades do polo Norte Celeste (sua declinação é de $89^{\circ}05'N$). Ela está sempre na direção Norte. É fácil, portanto, determinar o Norte pela estrela Polaris.

Infelizmente ela não pode ser vista aqui do hemisfério Sul e não existe nenhuma estrela tão convenientemente posicionada no Polo Sul Celeste.

Determinação da posição pelos astros

Suponha agora que em um determinado instante traçamos uma reta ligando o centro de um astro ao centro da Terra. O ponto onde esta reta "fura" a superfície da Terra é chamado de **Posição Geográfica do astro**, ou simplesmente PG (fig.4). Um observador colocado sobre a PG de um astro verá este astro diretamente na vertical, sobre a sua cabeça.

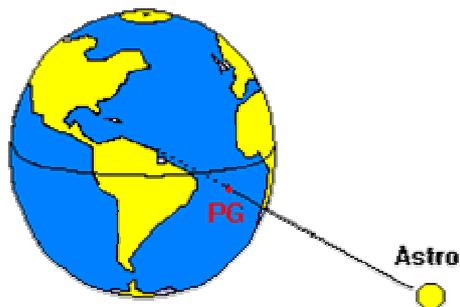


Fig.4 - Posição Geográfica do Astro

Uma vez que o astro gira junto com a Esfera Celeste, a sua PG se move na superfície da Terra. A PG do Sol, por exemplo, se move a uma velocidade de aproximadamente 900 nós - cerca de 1 milha náutica a cada 4 segundos. Outros astros mais próximos dos polos se movem mais lentamente. A PG de Polaris se move bem lentamente (cerca de 14 nós), uma vez que ela está próxima do Polo Norte.

Como os equadores terrestre e celeste estão no mesmo plano, a latitude da PG é igual à declinação do astro. A longitude da PG é chamada de **Ângulo Horário em Greenwich** ou AHG, numa alusão à correspondência entre horas e longitude.

Podemos determinar, com auxílio do Almanaque Náutico, a Posição Geográfica (AHG e declinação) de um astro em qualquer instante. Para isso é de fundamental importância que saibamos o momento exato que nos interessa. Como vimos, 4 segundos de erro podem significar até 1 milha de erro na PG do astro. Isto dá idéia da importância de se ter um relógio com a hora precisa para a navegação.

Um outro ponto importante é o **Zênite**. O Zênite é o ponto da esfera celeste situado na vertical, sobre a posição do navegador. A reta que une o Zênite ao centro da Terra fura a superfície terrestre na posição do navegador, a posição que pretendemos determinar. Temos então as seguintes correspondências entre pontos:

Superfície da Terra	Esfera Celeste
Posição Geográfica do Astro	Centro do Astro
Posição do navegador	Zênite

Na figura abaixo, a PG do astro é representada pela letra X e o Zênite pela letra Z.

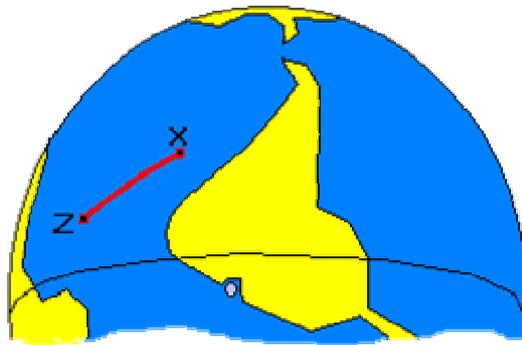


fig. 5 - PG do astro e Zênite

A distância XZ do ponto X (PG do astro) ao ponto Z do navegador é chamada de **distância Zenital**. Esta distância pode ser expressa em tanto em milhas como em graus, já que representa um arco sobre a superfície esférica da Terra.

O ângulo horizontal que XZ forma com o norte verdadeiro é chamado **Azimute (Az) do astro** (fig. 6). Azimute, assim, é a direção ou rumo em que se encontra a PG do astro.

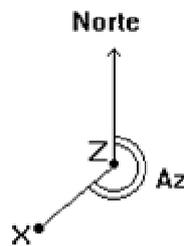


fig. 6 - Azimute do astro

Os astros estão a grande distância da Terra de modo que os raios de luz provenientes deles que incidem sobre a PG (ponto X) e sobre o navegador (ponto Z) são paralelos. Deste modo, conforme ilustrado na figura 7, podemos concluir que a distância zenital (XZ), medida em graus, é igual ao ângulo que o navegador observa entre o astro e a vertical. Vou repetir. **A distância zenital, medida em graus, é igual ao ângulo que o navegador observa entre o astro e a vertical.**

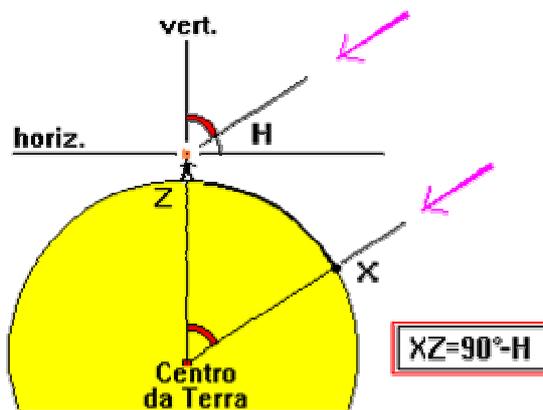


fig.7 - Altura e distância zenital de um astro

É difícil, porém, medir este ângulo dada a dificuldade de se determinar com precisão a direção vertical. É mais fácil medir o ângulo formado entre a horizontal e o astro. Este importante ângulo para a navegação é denominado **altura (H)** do astro. A altura do astro é tomada com o sextante na vertical, medindo-se o ângulo entre o horizonte e o astro. Ainda pela figura 7, podemos ver que a distância zenital é igual a 90° menos a altura do astro.

Vimos como determinar a distância zenital de um astro usando o sextante. A distância zenital e a PG do astro, contudo, ainda não são suficientes para determinarmos nossa posição. Com esses valores, sabemos somente que nossa posição real está sobre o círculo cujo o centro é a PG do astro e o raio é a distância zenital. Este círculo é chamado **círculo de altura**. A figura 8 mostra um círculo de altura. O ponto X é a PG do astro.

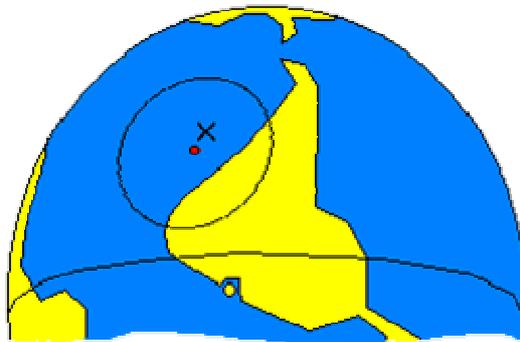


fig.8 - Círculo de altura

Qualquer observador posicionado sobre este círculo vê o astro com a mesma altura, só que em Azimutes diferentes. No exemplo da figura, suponhamos que um navegador posicionado sobre o círculo observe o astro a uma altura de 65° . Como já vimos, distância zenital é $90^\circ - H$, ou 25° . Para determinar a distância zenital em milhas, multiplicamos por 60, pois cada grau equivale a 60 milhas. Assim, a distância zenital do exemplo da figura, que é também o raio do círculo, é de 1500 milhas.

Se pudéssemos determinar com a bússola a direção exata em que se encontra a PG do astro - o Azimute - poderíamos dizer em que ponto do círculo de altura estamos. Esta determinação, contudo, não é possível com a precisão necessária à navegação. Ainda no exemplo da figura 8, um erro de apenas 3° , normal em leitura de bússolas, corresponde a um erro de 78 milhas na posição!

Tomemos então uma estimativa de nossa posição. Por mais perdidos que estejamos, sempre é possível estimar mais ou menos nossa posição. Poderemos, a partir da Posição Geográfica do astro (obtida no Almanaque Náutico) e da distância zenital (calculada com a altura do astro medida com o sextante), determinar o **erro de nossa estimativa na direção** do astro. Este erro pode tanto ser no sentido do astro como no sentido contrário ao astro. É chamado de **Delta**.

Como a Posição Geográfica do astro normalmente está a milhares de milhas de nossa posição, o círculo de altura é extremamente grande e o pequeno pedaço deste círculo que

nos interessa - aquele nas proximidades de nossa posição estimada - pode ser considerado uma reta perpendicular ao Azimute do astro. Esta reta é chamada de **Reta de Altura (fig. 9)**.



Z' = Posição Estimada

fig. 9 - reta de altura

Conseguimos, a partir da medida da altura de um astro em um instante e de nossa posição estimada, traçar na Carta Náutica uma reta de altura. Sabemos que nossa posição real está em algum ponto ao longo desta reta. Para determinar este ponto deveremos traçar uma segunda reta obtida de forma análoga para um outro astro. O cruzamento das duas será nossa posição real ou **Posição Astronômica**.

Normalmente repetiremos o procedimento para um terceiro astro, obtendo outra reta de altura, para nos certificarmos dos resultados. Dada a imprecisão inerente às medidas com o sextante, é provável que as três retas de altura não se cruzem em um mesmo ponto, formando um pequeno triângulo. Nossa Posição Astronômica provavelmente estará em algum ponto deste triângulo (fig. 10). Quanto menor o triângulo, melhor. Normalmente assumiremos que nossa posição astronômica está no centro do triângulo.

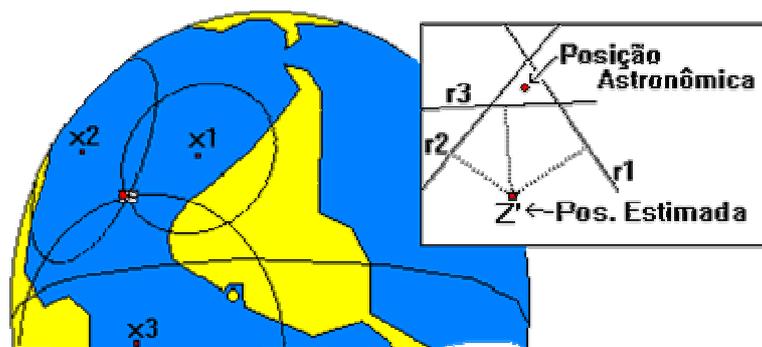


fig. 10 - Triângulo formado pela intersecção de 3 retas de altura

Na figura 10 podemos ver como os círculos de altura de 3 astros determinam as 3 retas de altura r1, r2 e r3.

Na navegação astronômica tradicional, a determinação da reta de altura a partir da altura de um astro envolve a determinação da PG do astro (AHG e Declinação) usando o Almanaque Náutico e a solução por tabelas do triângulo de posição PXZ; formado pelo Polo terrestre (P), a PG do astro (X) e a posição estimada do navegador (Z) (figura 11). Estes dados fornecem a altura calculada e o Azimute do astro. A diferença, em minutos de grau, entre a altura calculada e a altura do astro medida no sextante é a distância em milhas náuticas entre a reta de altura e a posição estimada - o erro Delta da posição estimada.

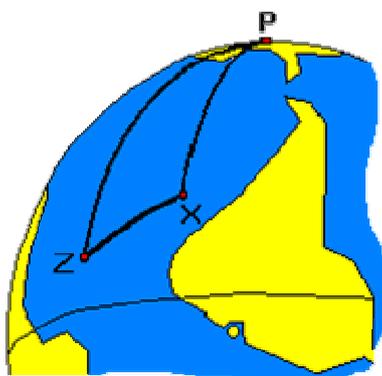


fig. 11 - Triângulo de posição PXZ

Usando *Navegador light*, a PG do astro e o triângulo de posição são resolvidos por fórmulas pelo computador. Tudo que você tem que informar é a leitura do sextante (data, hora e altura), nome do astro e a posição estimada.

Determinação gráfica da Posição Astronômica

Embora não seja necessário traçar as retas de altura na Carta Náutica quando navegando com *Navegador light*, é interessante saber como isto é feito. Uma reta de altura é traçada na Carta Náutica (projeção de *Mercator*), da seguinte forma:

- 1) Plote a posição estimada.
- 2) Com o auxílio da régua paralela, trace uma reta passando pela posição estimada na direção do Azimute do astro.
- 3) Com um compasso marque sobre esta reta o erro Delta da posição estimada - na direção do Azimute astro ou na direção contrária, conforme o sentido do Delta calculado.
- 4) Trace então por este ponto a reta de altura, perpendicular à reta do Azimute.

Cartas náuticas detalhadas são disponíveis apenas para locais próximos à costa. Assim, quando em alto mar, normalmente não temos uma carta com a escala adequada para plotar as retas de altura e determinar a posição astronômica. Na navegação tradicional, este problema é resolvido usando folhas de plotagem - a Folha DHN 0620 N-7, publicada pela Marinha Brasileira, por exemplo - ou papel quadriculado.

A plotagem em papel quadriculado envolve alguns cálculos extras. Um minuto de longitude corresponde a uma milha apenas nas proximidades do Equador. Como os meridianos convergem na direção dos polos, o minuto de longitude vai se tornando cada vez menor a medida que nos afastamos do Equador. Assim, se usarmos 1 quadradinho = 1 milha como escala e plotarmos as retas de altura, determinando a posição astronômica, teremos que converter a distância horizontal da posição estimada até a astronômica de milhas para minutos de longitude usando a seguinte relação:

$$\text{número de minutos de longitude} = \text{número de milhas na horizontal} / \text{Cos (Latitude)}$$

O uso das folhas de plotagem é mais simples, pois elas tem uma escala gráfica para conversão de milhas em minutos de longitude.

Na navegação usando *Navegador light*, o programa determina todos os cruzamentos das retas de altura e a calcula a posição astronômica algebricamente, não havendo necessidade de plotar as retas. Um mapa simplificado é desenhado na tela do computador, mostrando os paralelos, meridianos, retas de altura e a posição astronômica .

O sextante

O sextante é um instrumento para medição de ângulos. A figura 12 mostra esquematicamente um sextante. A **Luneta** está apontada para o **espelho pequeno**, que é fixo no quadro do aparelho. Este espelho tem uma metade espelhada e a outra transparente. Pela parte transparente, o navegador pode avistar o horizonte diretamente. A parte espelhada reflete a imagem que vem do espelho grande. O **espelho grande** é móvel e gira juntamente com o **braço** do sextante. Fazendo isso, variamos o ângulo entre os espelhos pequeno e grande. O astro é avistado através da reflexão no espelho grande. A Altura do astro é medida na **Escala**. Normalmente existe um tambor micrométrico para ajuste fino do ângulo. A leitura é feita tomando-se os graus inteiros na escala e os minutos no tambor micrométrico. Como sabemos, cada minuto da altura corresponde a uma milha e cada grau a 60 milhas.

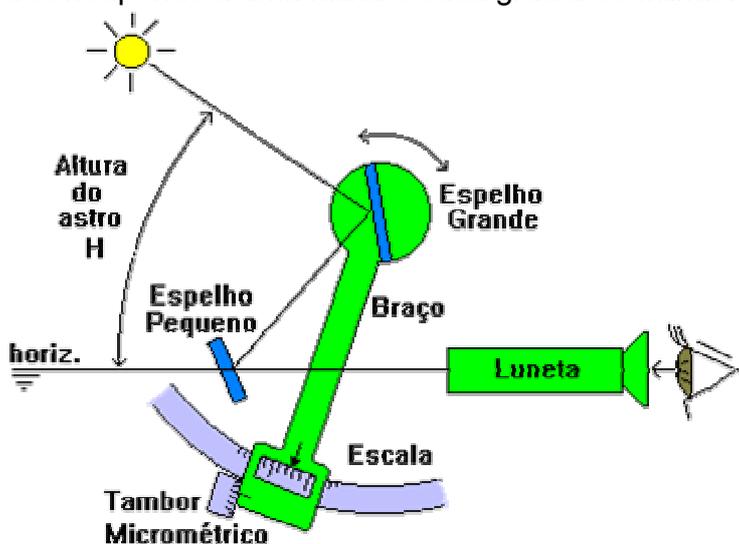


fig. 12 - Sextante

O Sextante conta também com dois jogos de filtros coloridos para suprimir o excesso de luz, principalmente no caso do Sol. **O uso de dois ou mais filtros na frente do espelho grande quando observando o Sol é imprescindível para proteção do olho. Graves lesões oculares podem resultar da observação desprotegida do Sol.**

Olhando pela luneta e ajustando o ângulo do sextante para a altura de um astro, temos a seguinte imagem :

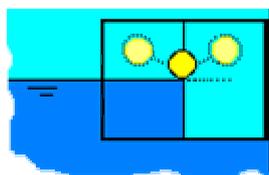


fig. 13 - Imagem do astro no sextante

As leituras com o sextante devem sempre ser tomadas com o aparelho na vertical. Inclinando levemente o aparelho já ajustado veremos que a imagem do astro descreve um pequeno arco que toca o horizonte em um ponto próximo ao centro do espelho. Nesta situação, o ângulo está ajustado e podemos fazer a leitura da altura do astro na escala.

Antes de usar o valor medido da altura (ou **altura instrumental**) em cálculos, devem ser feitas algumas correções. Essas correções são altura do olho, semi diâmetro do astro, erro instrumental, refração e paralaxe. Como a maioria destas correções dependem apenas do astro selecionado e da altura, elas são feitas automaticamente por *Navegador light*. As únicas informações que você deverá fornecer ao programa são relativas à **altura do olho** e ao **erro instrumental**. A aplicação das correções na altura instrumental fornece a **altura corrigida**.

Um observador posicionado em um lugar alto observará um astro com uma altura maior do que outro ao nível do mar. A altura do olho (ou Dip) corresponde a este erro decorrente da altura do observador. Em pequenos veleiros esta altura não ultrapassa 2 metros e o erro na leitura do sextante é pequeno. Contudo, se o navegador se encontrar na ponte de comando de um grande navio, o erro pode ser considerável. A figura 14 mostra este desvio exageradamente para ilustrar. Tipicamente ele é de poucos minutos de grau.

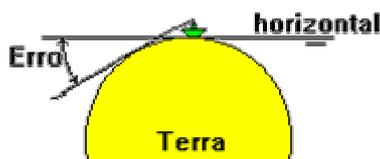


fig. 14 - Erro de leitura do sextante devido à altura do olho (Dip).

O erro instrumental (EI) é devido a uma pequena diferença de paralelismo entre os dois espelhos do sextante quando ajustado para um ângulo de $0^{\circ}00'$. Embora este erro possa ser corrigido através da aferição do sextante, é mais prático descontá-lo da altura instrumental do astro. Para ler o erro instrumental do sextante, ajuste o ângulo na escala para $0^{\circ}00.0'$ e aponte para o horizonte. Na figura 15 da esquerda, vemos a imagem de um erro instrumental. Gire o parafuso micrométrico até que as duas imagens do horizonte formem uma única linha (fig.15 à direita). Leia então o erro instrumental no tambor micrométrico.

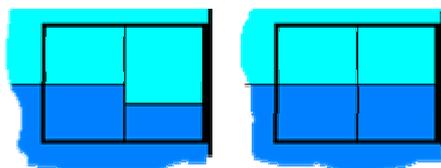


fig. 15 - Erro instrumental do sextante na luneta

O Erro Instrumental pode ser para dentro da escala do aparelho (ângulo positivo) ou para fora (ângulo negativo) conforme ilustrado na figura 16.

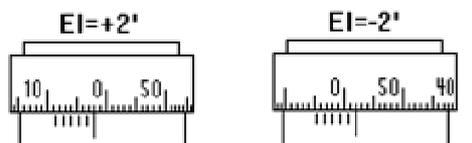


fig. 16 - Sinal do Erro Instrumental

Aferição do sextante

A forma de regulagem do sextante varia de modelo para modelo. De modo geral ela é feita através dos parafusos de suporte dos espelhos. Para verificar a aferição do aparelho, ajuste o ângulo na escala para $0^{\circ}00.0'$ e aponte-o para uma estrela (ou outro objeto distante). Se o sextante estiver aferido, a imagem direta do astro deverá superpor a refletida. Esta condição deverá permanecer mesmo inclinando o sextante de lado.

Os desvios podem ser na vertical ou na horizontal. Um pequeno desvio vertical é tolerável e pode ser descontado através da introdução do erro instrumental em *Navegador light*. Um desvio horizontal significativo deve ser corrigido através da aferição do aparelho. Consulte o manual do sextante sobre o procedimento de aferição.

Capítulo 2 - Usando *Navegador light*

"Tudo deve ser feito o tão simples quanto possível, porém não mais simples." Albert Einstein

A determinação de uma reta de altura usando *Navegador light* é semelhante à determinação pelo método de navegação tradicional. A única diferença é que o programa faz as consultas ao "Almanaque Náutico" e resolve o triângulo de posição. O resultado do cálculo de uma reta de altura consiste no erro da estimada em milhas (Delta), o Azimute do astro e a direção do Delta - mesma ou contrária ao Azimute. Duas ou mais retas, obtidas para astros diferentes - ou mesmo astro em instantes diferentes - permitem o cálculo da Posição Astronômica.

Para calcular uma reta de altura para um astro, você deverá informar os seguintes dados:

- 1) Nome do astro observado.
- 2) Data, hora e altura instrumental do astro.
- 3) Posição estimada (Latitude e Longitude).
- 4) Dados instrumentais do sextante e do relógio.

Como iniciar o programa *Navegador light*

No palmtop HP 95LX usando o *Filer*, aponte o arquivo NAV.EXE e tecle [F4]. Este procedimento roda o programa para a tela de 40 colunas e usa a interface gráfica do LX. Para os demais modelos de PCs, Notebooks ou Laptops use o comando NAVPC [Enter]. Com este comando, o programa roda para telas de 80 colunas e placas gráficas CGA, EGA ou VGA.

Os comandos do programa são ativados pelo menu. O menu aparece pressionando-se a tecla espaço. Tecele ESC para fazer o menu desaparecer. Você pode executar os comandos pressionando diretamente a primeira letra (p.e. DE para Dados Estimada) ou movendo o cursor com as setas e apertando Enter.

Formatos para entrada de dados

1) Ângulos. Os ângulos devem ser digitados em graus, minutos e décimos de minutos, no formato GGG.MMD. A tabela abaixo mostra como digitar alguns exemplos de ângulos:

Ângulo	Digite
23°25.4'	23.254[Enter]
45°00.0'	45[Enter]
3°01.0'	3.01[Enter]

Se os ângulos corresponderem à latitude ou longitude, use a seguinte convenção de sinais:

Latitude: Sul: ângulo positivo Norte: ângulo negativo

Longitude: Oeste: ângulo positivo Leste: ângulo negativo

Exemplo: Para Latitude igual a 33°26.0' N, digite -33.26

Nota: A convenção de sinais e o formato que deve ser usado aparecem na tela no momento da introdução dos dados, não havendo necessidade de decorá-los.

2) Horários. Os horários são digitados no formato HH.MMSS. A hora deverá ser usada no sistema de 24hs. Assim, 10hs da noite correspondem a 22hs. A tabela abaixo exemplifica como digitar alguns horários:

Hora	Digite
22h15m22s	22.1522[Enter]

12h08m00s 12.08[Enter]

5h00m03s 5.0003[Enter]

3) Data. As datas são introduzidas usando-se o formato DD/MM/AA.

Exemplo: Para entrar a data 26/02/1993 digite 26/2/93.

Seqüência de introdução de dados

A seqüência de introdução de dados pode variar, desde que todos os dados necessários sejam introduzidos antes do cálculo da reta de altura (comando **Calc Reta**). Dados que não mudam de uma leitura para outra não precisam ser redigitados. Os dados são mostrados na tela do computador para conferência. Seja cuidadoso ao digitar os dados, pois um pequeno erro pode colocá-lo a centenas de milhas da Posição Astronômica correta.

Os dados são gravados em disco quando o programa termina (dados dos instrumentos, posição estimada, leitura do sextante e retas de altura), sendo recarregados automaticamente no próximo uso. A data é inicializada pelo relógio interno do micro. O astro inicialmente selecionado é sempre o Sol. Os dados necessários ao cálculo de uma reta de altura são:

1) Dados relativos aos instrumentos de medição (comando **Dados Instrumentos**). Informe:

Sextante:

Altura do olho (Dip) - Altura, em metros, do olho do navegador quando tomou a leitura com o sextante. Exemplo: Se a leitura foi tomada com o olho do navegador a 2.5 m sobre o nível do mar digite 2.5[Enter].

Erro instrumental (EI) - O erro instrumental deve ser medido pelo menos uma vez a cada série de medidas com o sextante, pois seu valor pode flutuar com a temperatura ambiente e manuseio do aparelho. O erro instrumental deve ser digitado em minutos de grau, sendo positivo quando para dentro da escala do sextante e negativo quando para fora.

Exemplo: Se o EI for de 6' para fora da escala do sextante digite -6[Enter]

Relógio:

Fuso horário - Número de fusos horários até Greenwich. Para a costa brasileira, este valor é +3. Na ilha de Trindade e em Fernando de Noronha é +2. Locais com longitudes Oeste tem valores do fuso positivos. Longitudes Leste tem fusos negativos. Se você for usar um relógio com a hora de Greenwich (GMT) nas leituras do sextante, o valor do fuso deverá ser ajustado para zero.

Exemplo: Para o Havai, o fuso é +10. Para o Japão, -9.

Erro do relógio - Informe o erro do relógio usado nas leituras do sextante em minutos e segundos. Este valor pode ser obtido comparando a hora do relógio usado nas leituras com sinais horários, hora do Brasil etc. Use um valor positivo se o relógio estiver adiantado e negativo se atrasado. Exemplo: Se o relógio estiver 1m25s adiantado, digite 1.25 [Enter].

Nota: Embora os microcomputadores tenham um relógio interno, eles são imprecisos. Use um relógio a quartzo de boa qualidade para as leituras das alturas.

2) Posição Estimada (comando **Dados Estimada**).

A posição estimada consiste na latitude e longitude estimadas. Ao contrário da navegação pelo método tradicional, aqui não é necessário arredondar a posição estimada para valores inteiros. Assim, você pode usar a mesma posição estimada para vários astros.

Exemplo: Posição Estimada 35°32.0'W 13°45.0'N digite:

Longitude: 35.32

Latitude: -13.45

Observe que a latitude Norte é digitada como um ângulo negativo. O mesmo é válido para longitudes Este.

A precisão da estimativa da posição, embora não influa significativamente no cálculo da Posição Astronômica, é importante quando usando os comandos **Astro Visíveis**, **Astro Qual** e **Astro Dados**. Por esta razão mantenha sempre a Navegação Estimada em dia, anotando as leituras do log do barco e o rumo navegado. Ela pode ser muito útil no caso de mal tempo prolongado, quando não é possível fazer a navegação astronômica.

3) Nome do Astro observado. (comando **Astro Selecciona**). Escolha o nome do astro nas listas de estrelas, planetas ou nas opções Sol e Lua. Na lista de estrelas você pode procurar uma estrela com as setas do teclado ou através da digitação do nome. Tecle Enter quando o cursor estiver sobre a estrela desejada.

Nota: A opção **Áries*** do menu se refere ao primeiro ponto de Áries, ou Ponto Vernal, que é a origem para a medida da Ascensão Reta dos Astros. Ele foi incluído apenas para permitir a obtenção do AHG de Áries, que aparece tabelado no Almanaque Náutico. Não se trata, portanto, de um astro real. Para obter o AHG de Áries, use o comando **Astro Selecciona Áries***, **Astro Dados**.

4) Data da observação (opção Dados Data) . Entre a data da observação. Use Enter para aceitar a data mostrada ou H para data de hoje (data do micro). Para datas após o ano 2000, digite o ano completo.

Exemplo: Para entrar a data 31/12/1994 digite 31/12/94.

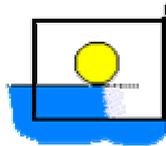
5) Leitura do sextante (opção Dados Leitura). Informe a hora da leitura e a altura instrumental do astro. A hora de leitura poderá ser informada tanto em horário civil (local) como em horário de Greenwich. Se usando hora de Greenwich, você deve ajustar o fuso horário para zero. Se usando a hora local, use o valor do fuso horário adequado.

Exemplo: Altura do astro às 15h12m31s , hora local, igual a 45°12.5'. Digite:

Hora: 15.1231

Altura instrumental: 45.125

Observe que a altura informada é a instrumental, sem nenhuma correção. No caso do Sol e da Lua, a altura instrumental deverá ser relativa ao limbo inferior do astro - a parte mais baixa do astro - conforme ilustrado na figura abaixo.



Também a hora deve ser digitada sem correção. O programa fará as correções necessárias quando for calcular a reta de altura.

Cálculo da reta de altura

Após a digitação de todos os dados, selecione a opção **Calc Reta**. O resultado aparecerá na forma do erro da estimativa (Delta), direção do erro (mesma ou contrária ao Azimute do astro) e Azimute do astro. O exemplo abaixo mostra um cálculo completo de uma reta de altura.

Exemplo: Dados da leitura:

Data: 20/10/77 Astro: Sol

Erro instrumental: 1' para dentro da escala. Altura do olho: 6m.

fuso horário: 3 horas Relógio atrasado 1m30s.

Posição Estimada: Lon: 47°56.0'W Lat: 27°00.0'S

Leitura - Hora local: 9h03m06s Altura instrumental: 46°37.6'

Os resultados com esses dados são:

Astro: Sol - 20/10/1977 - 12h04m36s GMT

GHA: 4°56.7' Dec: 10°24.0 S LHA: 317°00.7'

Correção total da altura: +9.8'

Altura do sextante corrigida: 46°47.4'

Altura calculada: 46°18.2'

Os resultados referentes à reta de altura, usados para plotar a reta, são:

Erro da estimada : 29.2 milhas náuticas na direção do astro.

Azimute do astro: 76°

Nota: Algumas vezes pode ocorrer da hora GMT resultar maior que 24h. Por exemplo, às 23h no Brasil são 26h GMT. Isto, é claro, significa que em Greenwich já são 2h do dia seguinte. *Navegador light* usa a hora calculada sem fazer a mudança de dia. Do ponto de vista dos cálculos astronômicos os dois procedimentos são equivalentes. Não estranhe, portanto, se encontrar uma hora GMT superior a 24h.

Cálculo da Posição Astronômica

Se os dados estiverem corretos e os resultados forem compatíveis com o esperado, salve a reta com o comando **Retas Salva**. Repita então o procedimento de cálculo de retas de altura para outros astros. Você pode salvar até 5 retas de altura de cada vez. Tendo salvo duas ou mais retas, você pode obter a Posição Astronômica através do comando **Calc Pos astronômica**.

A Posição Astronômica (PA) é calculada determinando todos os cruzamentos das retas de altura salvas e tirando as médias das latitudes e longitudes destes cruzamentos.

Exemplo: Calculando retas de altura para 3 astros obtivemos os seguintes resultados. Qual a posição astronômica?

Reta	Lat.Est	Lon.Est.	Erro da Estimada	Az do
		(Delta)	astro	
1	23°24.5'S	46°41.5'W	10.3MN	280°
2	23°24.5'S	46°41.5'W	-10.0MN	73°
3	23°24.5'S	46°41.5'W	-6.2MN	157°

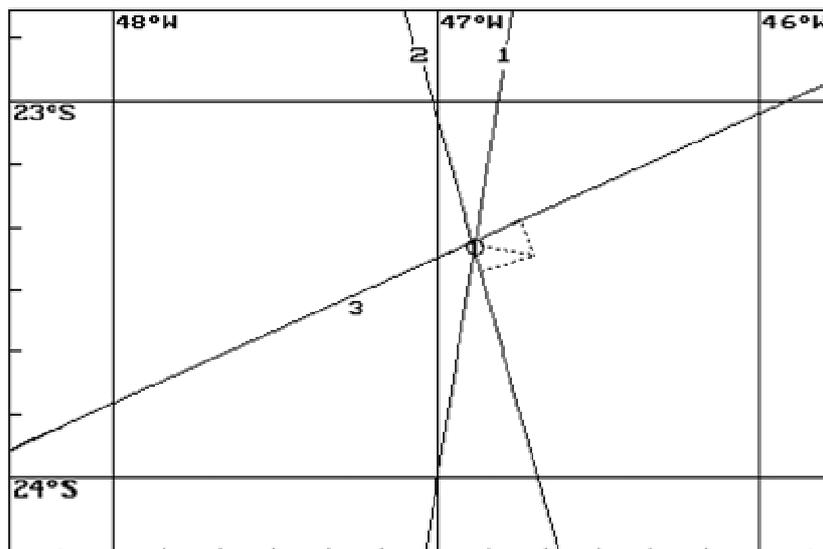
Para inserir as retas manualmente, use o comando **Retas Edita Manual**. No caso de retas calculadas pelo programa, você pode salvar usando o comando **Retas Salva**. Inserindo as retas e usando o comando **Calc Pos astronôm** teremos o resultado:

```
Cruz. Angulos Dists. Plota Retorna  
  
Posicao Astronomica para 3 Retas.  
Calculados 3 cruzamentos  
Longitude: 46°53.0' W  
Latitude: 23°22.7' S
```

Teclando C, teremos a lista dos cruzamentos entre as retas. O comando D lista as distâncias da Posição Astronômica aos cruzamentos das retas de altura. Verifique sempre se algum dos cruzamentos está a uma distância muito grande da PA, indicando provavelmente uma reta com erro. Tecla M para desenhar o mapa das retas.

Mapa da Posição Astronômica

O mapa da Posição Astronômica de *Navegador light* é simplificado, servindo apenas como referência. Ele não inclui nenhum acidente geográfico e é uma projeção do tipo Mercator. O círculo central aponta a Posição Astronômica. As retas de altura podem ser identificadas por seus números. As retas pontilhadas unem a posição estimada com as retas de altura, na direção dos Azimutes. Os paralelos e meridianos mais próximos são indicados por retas horizontais e verticais. Cada tick na escala (a direita e abaixo) corresponde a 10' (10 milhas se na escala vertical).



Os seguintes comandos podem ser usados no mapa:

Tecla Função

+ Zoom para perto.

- Zoom para longe.

R Desenha/apaga retas de altura.

W Desenha/apaga waypoints (ver capítulo 3)

U Une waypoints por retas.

Setinhas Move mapa de 1° na direção especificada.

PgUp e PgDn Move mapa de 5°.

Home retorna para a posição inicial.

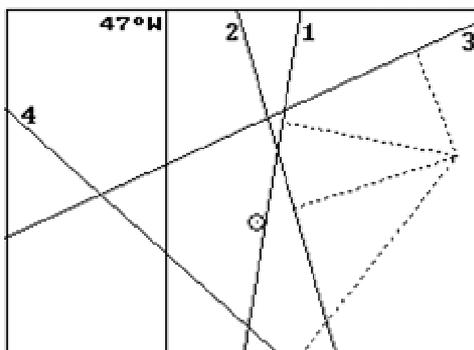
Esc retorna à pagina anterior

Desvios no cálculo da Posição Astronômica

Eventualmente uma das Retas de Altura pode prejudicar o cálculo da Posição Astronômica (PA). Isto pode ocorrer por dois motivos:

1) Erro em uma Reta de Altura - Erros em Retas de Altura podem ser devidos a erro na leitura do sextante ou do relógio, erro de anotação, erro de aferição dos instrumentos, digitação incorreta de dados ou identificação errada do astro. Se a PA foi calculada com 4 ou 5 retas, esse tipo de erro se torna evidente quando observamos o mapa.

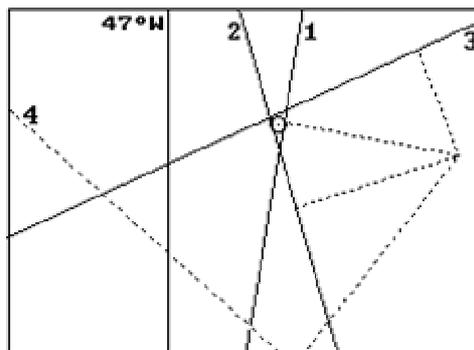
No mapa que segue, a reta 4 está aparentemente errada, pois está distante dos cruzamentos das retas 1, 2 e 3. Isto está deslocando a PA calculada para o Sul.



Para corrigir esse erro podemos apagar a reta 4. Para apagar uma reta use o comando **Retas Edita Deleta**.

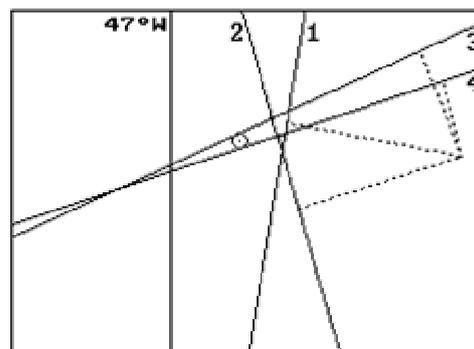
Se preferir não apagar a reta, você pode desseleccioná-la do cálculo da PA. Use o comando **Retas Edita Sel/Desselec**. Na lista de retas, as retas selecionadas aparecem com um asterístico *

ao lado do número. No mapa, as retas desselecionadas são pontilhadas. Recalculando a PA com a reta 4 desselecionada, teremos seguinte mapa:



Observe que a PA se deslocou para o centro do triângulo formado pelas retas 1, 2 e 3, conforme esperado.

2) Duas Retas de Altura com inclinações semelhantes- Se duas retas de altura tem inclinações semelhantes (ângulo entre elas inferior a 15°), o seu cruzamento tenderá a ser longe dos cruzamentos das outras retas. Isto pode afetar negativamente o cálculo da PA. Na figura abaixo, as retas 3 e 4 tem inclinações muito próximas. O cruzamento destas retas está deslocando a PA para Oeste. O comando **Ângulos** do menu da Posição Astronômica lista os ângulos entre as retas. Caso ocorram retas com inclinações semelhantes, apague ou desseleccione uma delas retas e recalcule a PA.



No caso de cálculo de PA com apenas duas retas, desconfie do resultado se o ângulo entre as retas for inferior a 30° . Um número maior de retas (3, 4 ou 5) é sempre preferível.

A opção **Retas** do menu permite que você salve, apague, edite, insira manualmente ou plote o mapa das retas de altura. Antes de calcular uma nova Posição Astronômica, use a opção **Retas Edita Zera lista** para apagar todas as retas antigas. Para retornar tecle ESC.

Os crepúsculos

Durante o dia, apenas o Sol e a Lua podem ser observados. No caso de estrelas e planetas, os melhores momentos para observação são os crepúsculos (antes do nascer e depois do pôr do Sol) quando está suficientemente escuro para se ver estes astros e suficientemente claro para se ver o horizonte.

Os **crepúsculos civis** correspondem aos momentos, de manhã e à tarde, em que o Sol se encontra a uma altura de 6° abaixo do horizonte. Estes são considerados os melhores momentos para a tomada das alturas de estrelas e planetas. Eles ocorrem aproximadamente 30 minutos antes do nascer e depois do pôr do Sol, variando este tempo com as condições atmosféricas e latitude.

Navegador light fornece os instantes do nascer, passagem meridiana e ocaso de qualquer astro. No caso do Sol são também mostrados os crepúsculos civis matutinos e vespertinos. Para obter estes horários na posição estimada, selecione o Sol usando **Astro Selecciona Sol** e use o comando **Astro Dados**. Comece as suas observações pelo menos uns 10 minutos antes destes horários. Na tela a seguir temos os dados do Sol, 10/3/93, 14h40m21s horário local (fuso=3), na posição 46°41.5'W, 23°24.5'S.

```
**** Dados - Sol ****
PG atual -----
10/ 3/1993-17h40m21s GMT
GHA:82°32.2'      Dec: 3°53.9'S
AR:23h23m50s
Na Pos.Est:Lon:46°41.5'W   Lat:23°24.5'S
H.calc:50°16.8'
H.inst:50°06.9'      Az.calc: 294°
Nascer: 6h06m local
Merid.:12h17m00s local
Por   :18h27m local
Crep.Mat .: 5h44m local
Crep.Uesp.:18h50m local

Aperte uma tecla para retornar...
```

Nota: Os horários do nascer, pôr, passagem meridiana e crepúsculos são apresentados sem a correção relativa ao erro do relógio. Trata-se, portanto, do horário local exato.

A Preparação do Céu

Achar uma estrela com a luneta do sextante pode ser difícil. Isto por que a luneta focaliza o astro indiretamente através do sistema de espelhos do aparelho. O balanço do barco também não ajuda nada.

Uma alternativa é usar o sextante de ponta-cabeça, apontando a luneta diretamente para a estrela e trazendo o horizonte com o braço do sextante. Uma alternativa melhor é a **Preparação do Céu**. A Preparação do Céu consiste no cálculo prévio das Alturas e Azimutes dos astros que serão observados. Ela é feita antes do início das observações.

Navegador light faz a preparação do céu automaticamente, fornecendo uma lista dos astros visíveis. Para obter esta lista, digite a posição estimada. Selecione a opção **Astro Visíveis**. Digite a hora local prevista para as observações - a do crepúsculo por exemplo. No caso de preparação na véspera, não se esqueça de ajustar também a data para o dia seguinte. O programa fornecerá a lista dos astros que estarão visíveis na data e horário especificados, na Posição Estimada, dando a altura calculada (H_c) e Azimute (Az) para cada astro. É um comando que exige muitos cálculos, sendo um pouco demorado.

Navegador light considera visível qualquer astro com altura positiva. Isto nem sempre é verdadeiro. Além do problema óbvio do céu encoberto por nuvens; as estrelas não podem ser vistas durante o dia pois são ofuscadas pela luminosidade maior do Sol. Também os planetas e a Lua, não tendo luz própria, dependem de uma posição favorável em relação ao Sol para serem visíveis, mesmo que tenham altura positiva. É o caso da Lua nova, que embora esteja alta durante o dia, não pode ser avistada por estar com a face escura voltada para a Terra.

10/ 3/1993 - 8h44m00s GMT		
Posicao:Lon:46°41.5'W		Lat:23°24.5'S
23 astros visiveis		
Hadar	Hc:43°15.8'	Az:207°
Jupiter	Hc:28°23.1'	Az:279°
Lua	Hc:33°48.3'	Az:272°
Miaplacides	Hc:14°03.1'	Az:199°
Peacock	Hc:38°56.3'	Az:145°
Rigil Kent	Hc:46°23.7'	Az:202°
Saturno	Hc:19°32.2'	Az: 98°
Shaula	Hc:73°23.5'	Az:148°
Spica	Hc:39°55.3'	Az:275°
Vega	Hc:22°56.0'	Az: 22°

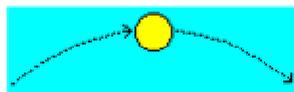
A tela acima mostra a lista de astros visíveis para o crepúsculo civil matutino do dia 10/3/93 (5h44m local). Para ver os demais astros, use as setas do teclado. Observe que alturas calculadas são sem as correções instrumentais. Tecle ESC para retornar.

Escolha os astros com os quais você tenha maior familiaridade. Dê preferência a astros cujas alturas estejam entre 15° e 65°, e que tenham Azimutes separados por ângulos superiores a 30° para não obter retas de altura quase paralelas. Anote os valores dos astros escolhidos em um papel. Já no convés do barco, ajuste a altura no sextante; e, com o auxílio de uma alidade, aponte o sextante para o Azimute aproximado do astro (não se esqueça de descontar o desvio da agulha). Se tudo foi feito corretamente o astro deverá estar no campo de visão da luneta. Ajuste então o sextante para obter a leitura da altura instrumental.

Caso você tome a altura de um astro desconhecido (estrela ou planeta), digite a leitura, a posição estimada e use o comando **Astro Qual**. O programa mostrará a lista dos astros que tem alturas próximas à especificada (mais ou menos 1°). O astro desconhecido pode então ser identificado pelo Azimute. Isto, é claro, funciona só para os astros usados pelo programa, que são os mais brilhantes.

Latitude pela meridiana

A passagem meridiana de um astro é o momento em que a sua Posição Geográfica cruza o meridiano do observador. Neste momento, o astro atinge a altura máxima, iniciando então o movimento descendente. No caso do Sol, ela ocorre por volta do meio dia legal, variando mais ou menos 15 minutos de acordo com a época do ano.



Como na passagem meridiana, a PG do astro está sobre o meridiano do observador, uma reta de altura obtida neste instante é perpendicular a este meridiano, ou seja, tem **latitude**

constante. Deste modo, a latitude da Posição Astronômica pode ser determinada com uma só reta de altura. A passagem meridiana é portanto um momento muito propício para obtenção da latitude.

Durante a passagem meridiana o astro passa do movimento ascendente para descendente e a sua altura permanece quase inalterada por alguns instantes. Deste modo fica mais fácil obter uma leitura precisa com o sextante. Também o erro decorrente de imprecisão na hora do relógio é minimizado.

Navegador light fornece o horário da passagem meridiana para qualquer astro através do comando **Astro Dados**.

Posição astronômica pela meridiana do Sol

A posição astronômica pode ser determinada pela passagem meridiana do Sol. Este é o único caso em que uma só leitura de um astro fornece a Posição Astronômica. Para fazer esta determinação, comece a anotar as alturas do Sol, uma a cada minuto, uns 15 minutos antes do horário previsto para a passagem meridiana. Durante a passagem, anote o valor máximo da altura. Após a passagem, continue observando o Sol. Quando ele passar por uma altura igual a uma altura obtida uns 15 minutos antes da passagem, anote este horário. O horário da passagem é a média dos dois.

Com o comando **Dados Leitura**, informe o horário da passagem e a altura máxima do Sol.

Para calcular a PA, use **Astro Selecciona Sol, Calc Meridiana**.

Exemplo: Data: 9/7/93 fuso horário = 3. relógio adiantado 1m30s.

Erro instrumental 5' para dentro da escala. Altura do olho 2.0 m.

leitura às 11h53m00s = 32°05'

altura máxima observada 32°13' (na direção Norte)

leitura às 12h24m50s = 32°05' (a mesma altura das 11h53m00s).

O horário da passagem é a média entre 11h53m00s e 12h24m50s, ou 12h08m55s.

Introduzimos como leitura os valores 12h08m55s e 32°13'.

Usando **Calc Meridiana** temos a posição 45°33.0'W, 35°21.6'S (Sol ao Norte)

A Longitude obtida por este método tem precisão menor que pelo método das retas de altura. Não é necessária a especificação de posição estimada para este comando.

Transporte de retas

É possível obter a posição astronômica usando duas retas de altura de um mesmo astro (o Sol por exemplo). Isto é feito tomando retas de altura em instantes diferentes. Estas medidas devem estar separadas por várias horas. Se estivermos andando, nossa posição terá mudado quando formos tomar a segunda medida. Teremos então que deslocar a primeira reta usando uma estimativa da distância percorrida no período entre as duas observações.

Para transportar retas com *Navegador light* use o comando **Retas Transportaa**. Informe a velocidade em nós, o rumo verdadeiro e o tempo de navegação. O transporte da reta é feito pela alteração da posição estimada desta reta.

Exemplo: Reta 1 medida às 8h10m, reta 2 medida às 12h15m.

Rumo = 275°. Velocidade média = 5.5 nós.

Dados da Reta 1: Pos.Est.: 46°41.5'W, 23°24.5'S Delta = 10.3 MN Az = 275°

Solução: Neste caso, o tempo de navegação entre os instantes 1 e 2 é 4h05m.

Para transportar a reta 1 usamos o comando **Reta Transporta**. Digite:

Velocidade: 5.5

Rumo verdadeiro: 275

Tempo : 4.05

A posição Astronômica obtida com essas duas retas será para o instante 2 (12h15m).

A reta 1 transportada ficará :

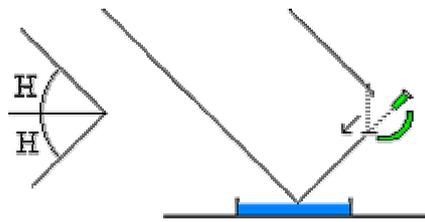
Pos.Est.: 47°05.9'W, 23°22.5'S Delta = 10.3MN Az = 275°

Se preferir introduzir a distância percorrida ao invés da velocidade e tempo, use o tempo igual a uma hora e velocidade igual à distância percorrida.

Treinamento em navegação astronômica

Se você vive longe do mar e deseja treinar navegação astronômica, vai encontrar a dificuldade de não ter um horizonte de mar para tomar as alturas dos astros. Neste caso você pode usar um horizonte artificial.

Para fazer um horizonte artificial, pegue uma vasilha grande ou forma rasa - tipo de pizza - de preferência com fundo escuro. Coloque-a sobre uma superfície plana e ponha água. A medida da altura será feita fazendo a imagem direta do astro sobrepor o seu reflexo na água. O horizonte artificial só deverá ser usado quando não houver vento. A superfície de uma piscina pode também ser usada desde que não haja nenhum vento.



O ângulo medido no sextante, como podemos ver na figura, será igual a duas vezes a altura do astro. Como *Navegador light* faz algumas correções na altura instrumental automaticamente, você deverá proceder da seguinte forma para obter resultados corretos usando um horizonte artificial.

- 1) Ajuste a altura do olho em *Navegador light* para zero.
- 2) Ajuste o erro instrumental em *Navegador light* para um valor igual ao semidiâmetro do astro. Use o valor aproximado de +16' para o Sol e Lua e zero para planetas e estrelas.
- 3) Aponte o sextante para a vasilha e faça a medida do ângulo entre o astro e seu reflexo, fazendo-os sobrepor perfeitamente. Anote a hora precisa da observação.
- 4) Desconte o erro instrumental do sextante do ângulo medido (some se o erro for para fora da escala do sextante e subtraia se for para dentro).
- 5) Divida o ângulo resultante por dois para obter a altura (lembre-se que $1^\circ = 60'$).
- 6) Introduza a hora da observação e a altura calculada no item 5 usando o comando **Dados Leitura**. Proceda então o cálculo da reta de altura normalmente.

Como os sextantes medem ângulos até 120° , você só poderá, por este método, calcular retas para astros com alturas até 60° . Embora este método está sujeito a um pequeno desvio devido a aceleração de Coriolis sobre a superfície da água, pode ser usado para fins didáticos.

Anotação das observações

A tabela a seguir dá uma sugestão de como organizar a observação das alturas dos astros. Na página seguinte há uma tabela igual em branco. Faça várias cópias desta tabela e use para as suas anotações. A observação das alturas dos astros é mais fácil se feita por duas pessoas: uma maneja o sextante e a outra lê o relógio e faz as anotações.

Exemplo de anotação de alturas:

Data: ___ / ___ / ___

Posição Estimada Lon: _____ Lat: _____

Hora do Crepúsculo: _____ : _____

Erro instrumental em minutos (negativo se p/ fora da escala): _____

Erro do relógio (mm:ss): _____ fuso horário (horas): _____

Astro	Preparação do Céu	Observação	Resultados				
# Nome	Alt. prev.	Az. prev.	Hora Hi	Altura	Delta	Dir	Azim.
1							
2							
3							
4							
5							

Pos. Astronômica. para _____ retas :

Lon: _____ Lat: _____

O cabeçalho traz informações gerais sobre a observação (Data, Pos. Estimada, etc).

Na coluna Astro da tabela coloque os nomes dos astros observados.

As colunas da Preparação do Céu são usadas para anotar as previsões de Altura e Azimute para cada astro na hora da observação (p.e. do crepúsculo). Preencha estas colunas com os dados obtidos usando o comando **Astros Visíveis** de *Navegador light*.

As colunas da Observação são para anotação da Altura Instrumental. Anote também a hora precisa de cada observação.

As colunas de Resultados servem para anotação dos resultados obtidos no cálculo das retas de altura. Delta é o erro da Posição Estimada em milhas. Dir é a direção do erro (use M para mesma do astro e C para contrária à do astro).

Guarde as Folhas de Anotação usadas. Elas servem como documentação da sua navegação.

Folha de Anotação de Observação Astronômica

Para uso com o programa Navegador light

Data: ___ / ___ / ___

Posição Estimada: Lon: _____ Lat: _____

Hora do Crepúsculo: _____ : _____

Erro instrumental em minutos (negativo se p/ fora da escala): _____

Erro do relógio (mm:ss): _____ fuso horário (horas): _____

Rumo Verdadeiro: _____ ° Velocidade: _____ nós

Log: _____

Astro	Preparação do Céu	Observação	Reta de altura						
#	Nome	H prev.	Az.	Hora	H inst	Delta	Dir	Azim.	
1		prev.							
2									
3									
4									
5									
6									
7									
8									
9									
10									

Posição Astronômica para _____ retas : Lon: _____ Lat: _____

Capítulo 3 - Waypoints e Navegação de Grande Círculo

"Comece do começo, e prossiga até chegar ao fim: então pare." Rei de Copas em Alice no país das maravilhas

Além da navegação astronômica, *Navegador light* oferece alguns recursos para auxiliá-lo no planejamento e acompanhamento de um percurso de navegação: os waypoints e a Navegação de Grande Círculo.

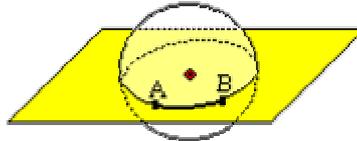
Navegação de Grande Círculo

A superfície da Terra é esférica, enquanto que as Cartas Náuticas são representações planas. Assim, é necessário que seja feita uma projeção da Terra em um plano para obter a Carta. Existem vários tipos de projeção e todos apresentam aspectos positivos e negativos.

A projeção mais conhecida, usada na navegação costeira, é a de Mercator. Neste tipo de projeção, os Meridianos da Terra são representados por retas paralelas. As retas, nestas cartas, tem rumo constante.

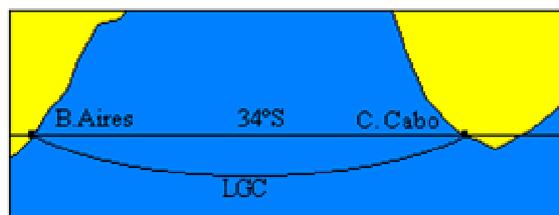
Práticas para pequenos percursos, as projeções de Mercator tem um inconveniente. Nestas projeções, a representação da menor distância entre dois pontos não é uma reta e sim uma curva! Para pequenas distâncias, a diferença é pequena. Para distâncias mais longas (acima de 500 milhas) porém, as projeções de Mercator são inadequadas para determinação do percurso mais curto. Devemos então usar as Linhas de Grande Círculo.

Linha de Grande Círculo (ou LGC) é toda a linha que está contida num plano que passa pelo centro da Terra, como a linha AB da figura.



O menor percurso entre dois pontos na superfície da Terra é sempre a Linha de Grande Círculo que passa por estes pontos. Nas projeções de Mercator as únicas retas que representam LGCs são os meridianos e o Equador. Todas as demais LGCs são representadas por curvas. Uma LGC tem rumo variável.

Tomemos, por exemplo, o percurso entre Buenos Aires ($58^{\circ}20'W$, $34^{\circ}25'S$) e Cidade do Cabo ($18^{\circ}20'E$, $34^{\circ}10'S$). As duas cidades tem quase a mesma latitude. Assim, o rumo "reto" entre os dois pontos em uma projeção de Mercator seria 90° (rumo leste) e a distância de 3813 milhas. A Linha de Grande Círculo entre as duas cidades tem rumo inicial 114° (Leste-Sudeste) e distância de 3699 milhas, um percurso 114 milhas mais curto. Observe a diferença de 24° entre o rumo reto da carta de Mercator e o rumo inicial da LGC. Nas proximidades da Cidade do Cabo, o rumo da mesma LGC é 66° (Leste-Nordeste). Em latitudes maiores essa diferença é ainda mais pronunciada.



Na navegação tradicional, a determinação dos rumos de uma LGC é feita com o auxílio das projeções Gnomônicas, tipo de carta náutica onde estas linhas são retas.

Uma outra maneira de determinar os rumos de uma Linha de Grande Círculo é usando as equações da trigonometria esférica. Esta é a técnica usada por *Navegador light*.

Rumos e Distâncias reais usando Navegação de Grande Círculo

Navegador light permite que você calcule a distância real e o rumo inicial de qualquer trecho de navegação usando a LGC. O trecho pode ter desde poucas milhas até milhares de milhas.

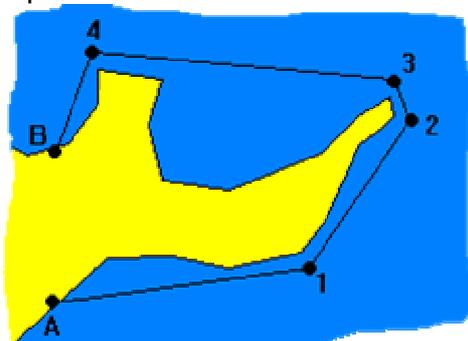
Para fazer este cálculo, use o comando **Calc Trecho**. Especifique os pontos Inicial e final do percurso. O rumo inicial e a distância real serão mostrados na tela juntamente com os pontos.

Os pontos inicial e final podem ser introduzidos manualmente; pela escolha da posição astronômica calculada ou pela seleção de um waypoint (os waypoints serão explicados a seguir).

Observe que a medida que um trecho longo vai sendo percorrido, o rumo vai mudando. Por este motivo, trechos longos devem ser divididos em partes menores.

Waypoints

Todo percurso de navegação pode ser dividido em trechos ou etapas. O ponto onde termina um trecho e começa o próximo é conhecido como **waypoint** do trecho. Este termo foi popularizado pelo seu uso em aparelhos de navegação tipo GPS. Na figura que segue temos um percurso entre os pontos A e B que foi dividido em 5 trechos. Os waypoints destes trechos são os pontos 1, 2, 3, 4 e B, respectivamente.



Um waypoint se caracteriza por um nome (ou número) e pelas coordenadas (Latitude e Longitude). O objetivo do navegador em cada trecho da viagem é atingir o waypoint.

A escolha dos waypoints faz parte do planejamento de um percurso. *Navegador light* permite a especificação de até 100 waypoints. Os seguintes fatores influenciam na seleção dos waypoints:

- Acidentes geográficos e áreas rasas.
- Ventos e correntes predominantes.
- Rotas de navios e áreas restritas à navegação.
- Áreas com gelo, tempestades frequentes ou neblina.
- Linhas de Grande Círculo (a rota mais curta).

Trechos longos devem ser divididos em partes menores especificando waypoints intermediários.

Para inserir um waypoint novo, use o comando **Waypts Insere**. Especifique o nome (ou número, se preferir) e as coordenadas. Um waypoint pode ser inserido no meio da lista ou no fim. A ordem é importante para uso do comando "U", que une os waypoints por retas no mapa. Você pode ainda Listar, Deletar e Editar os waypoints usando os comandos correspondentes do menu de WayPts.

O comando **Waypts Mapa** desenha o mapa dos waypoints. Pressionando U, o programa une os waypoints por retas na ordem em que foram especificados. Os waypoints com nomes

iniciados por '*' não são unidos. Use esta convenção para especificar waypoints que não fazem parte do percurso.

Os waypoints podem também ser usados como ponto inicial e/ou final no cálculo do rumo e da distância relativa a um trecho, usando comando **Calc Trecho**.

Após cada cálculo de posição astronômica, é interessante que o navegador proceda o ajuste do rumo do barco e o cálculo da distância para o término do trecho. Isto também é feito com o comando **Calc Trecho**, usando a posição astronômica como ponto inicial e o waypoint do trecho como ponto final.

A seguir estão listados alguns waypoints com coordenadas aproximadas para uso em exercícios:

Rio de Janeiro 43°10'W 22°55'S
Santos 46°20'W 24°00'S
Florianópolis 48°35'W 27°35'S
Cabo Frio 42°00'W 23°02'S
Salvador 38°30'W 13°00'S
I. Trindade 29°20'W 20°30'S
F. Noronha 32°25'W 3°51'S
Miami 80°15'W 25°45'N
P. Stanley 57°50'W 51°40'S
Mar del Plata 57°35'W 38°00'S
C. Horn 67°10'W 56°00'S

Exemplo: Calcule o trecho de Santos à Port Stanley (ilhas Malvinas):

Usando o comando **Calc Trecho** com ponto inicial 46°20'W, 24°00'S e final 57°50'W, 51°40'S temos o rumo inicial de 195° (rumo verdadeiro) e distância de 1742 milhas.

Capítulo 4 - Identificação dos astros

"Era uma estrelinha assim, branquinha..."

O Sol e a Lua são velhos conhecidos de todos nós. A identificação de estrelas e planetas requer algum treinamento. Procure se familiarizar com um grupo de estrelas de cada vez. Com o tempo você vai aprender a identificar as constelações e nelas as estrelas usadas na navegação.

Navegador light permite a navegação usando 4 planetas - Vênus, Júpiter, Saturno e Marte - e 59 estrelas. As estrelas usadas pelo programa são aquelas de maior brilho. Abaixo está uma lista destas estrelas e as constelações em que elas se encontram. A lista está ordenada por brilho decrescente, sendo Sirius a mais brilhante seguida de Canopus e assim por diante.

Estrela	Constelação
Sirius	Cão Maior
Canopus	Carina
Rigil Kent	Centauro

Vega	Lira
Capella	Auriga
Betelgeuse	Orion
Arcturus	Boieiro
Rigel	Orion
Procyon	Cão Menor
Achernar	Eridano
Hadar	Centauro
Altair	Águia
Aldebaran	Touro
Acrux	Cruzeiro do Sul
Antares	Escorpião
Pollux	Gêmeos
Spica	Virgem
Fomalhaut	Peixe Austral
Deneb	Cisne
Regulus	Leão
Gacrux	Cruzeiro do Sul
Bellatrix	Orion
Shaula	Escorpião
Miaplacides	Carina (Falsa Cruz)

Outras estrelas (também ordenadas por brilhos decrescentes):

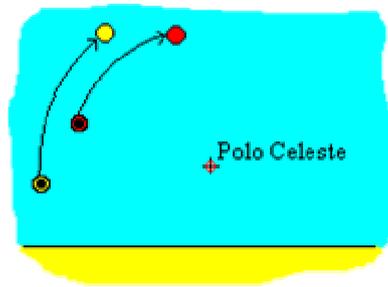
Adhara ,Alioth, Avior, Alnilam, Elnath, Atria, Mirfak, Alkaid, Castor, Dubhe, Kaus Austr., Nunki, Rosalhague, Peacock, Al Na'ir, Alphard, Alpheratz, Diphda, Hamal, Kochab, Suhail, Denebola, Menkent, Alphecca, Ankaa, Eitanin, Enif, Schedar, Markab, Sabik, Gienah, Menkar, Zubenelgen, Acamar, Albireo.

Uma maneira conveniente de identificar as estrelas é usar uma carta celeste, como a Carta Celeste do Brasil (Ronaldo Rogério de Freitas Mourão - Ed. Francisco Alves). As cartas celestes são projeções do céu centradas nos polos celestes - Norte ou Sul. Infelizmente apenas as estrelas muito brilhantes aparecem com os nomes na Carta Celeste.

Os planetas se movem lentamente durante o ano sobre a Eclíptica, passando pelas constelações do Zodíaco. Para determinar a posição de um planeta na Eclíptica, basta obter sua Ascensão Reta usando os comandos **Astro Selecciona Planeta**, **Astro Dados**. A carta celeste tem uma escala de Ascensão Reta em horas. Os planetas são de modo geral mais brilhantes que as estrelas, sendo fáceis de serem identificados uma vez sabida a sua posição. Vênus é o mais brilhante e orbita sempre próximo ao Sol, sendo visível apenas nos crepúsculos. Júpiter é também um planeta bem brilhante. Pela Preparação do Céu você pode descobrir quais os planetas mais bem posicionados para observação.

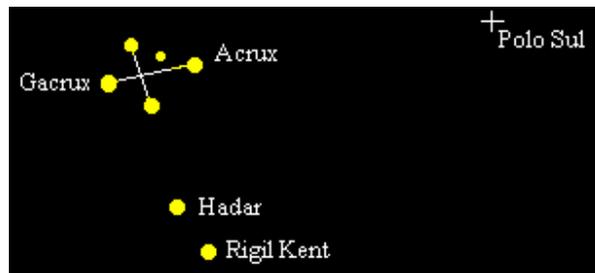
Algumas Constelações

O Polo Celeste, como já vimos, é o ponto fixo do céu em torno do qual giram os astros. Na figura que segue podemos ver como se moveriam dois astros em torno de um Polo ao longo de algumas horas.



De qualquer posição na Terra, poderemos avistar apenas um dos Polos Celestes. Olhando para o céu no hemisfério Sul, você verá o Polo Sul Celeste na direção Sul, a uma altura igual à sua latitude. Se você está a uma latitude de 35°S por exemplo, o Polo Sul Celeste estará na direção Sul, a uma altura de 35°.

Uma constelação muito conhecida que está próxima ao Polo Sul é o Cruzeiro do Sul. A parte maior da cruz aponta aproximadamente para o Polo Sul Celeste. Gacrux é a estrela do Cruzeiro mais afastada do Polo Sul e Acrux a mais próxima. Formando um alinhamento com Gacrux estão as duas estrelas mais brilhantes da constelação do Centauro: Hadar e Rigil Kentauro.

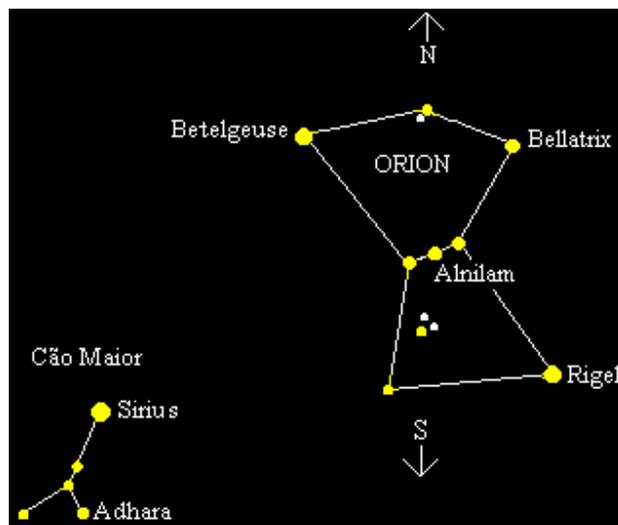


Estas estrelas são muito boas para a navegação no hemisfério Sul pois são quase sempre visíveis.

Outro grupo de estrelas de fácil identificação é Orion. Orion está situado sobre o Equador Celeste, sendo visível de praticamente toda a Terra no início e fim do ano. No seu centro estão as Três Marias. A Maria "do meio" é chamada Alnilam. Em torno delas estão Rigel, Betelgeuse e Bellatrix.

Betelgeuse é uma estrela do tipo supergigante vermelha. Seu diâmetro é 300 vezes superior ao do Sol e está a 400 anos luz da Terra. Seu brilho é variável. A sua coloração avermelhada se deve à temperatura relativamente baixa de sua superfície (cerca de 3000°K). Rigel, a outra estrela forte de Orion, tem cor branco-azulada. Rigel, na verdade é uma estrela dupla. Sua companheira, contudo, só pode ser vista com telescópio.

Na constelação de Cão maior, próxima a Orion; está Sirius, a estrela mais brilhante de todo o céu. O grande brilho de Sirius se deve ao fato de ela emitir 20 vezes mais luz que o Sol e estar relativamente próxima à Terra (cerca de 9 anos luz). De fato, Sirius é duas vezes mais brilhante que a segunda estrela mais brilhante, Canopus. Sirius é branca.



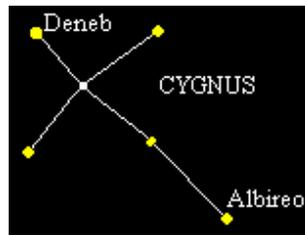
Escorpião é também uma constelação de formato peculiar e fácil reconhecimento. Ela se situa no hemisfério Sul celeste. Antares é a estrela mais brilhante desta constelação, tendo coloração visivelmente avermelhada. Shaula fica no outro extremo do escorpião.



No hemisfério Norte talvez o grupo de estrelas de mais fácil localização seja Ursa Maior. Esta constelação, com estrelas de brilho médio (segunda magnitude) tem o formato de uma panela. Alioth e Dubhe são duas estrelas que podem ser usadas na navegação com *Navegador light*. O alinhamento de Dubhe e Merak aponta para a estrela Polaris, próxima ao Polo Norte Celeste.



Outra constelação do hemisfério Norte é Cygnus, ou Cisne. Apesar do nome, Cisne é melhor descrita como uma cruz e é popularmente conhecida como a Cruz do Norte. Deneb e Albireo são estrelas desta constelação.



Estas são apenas algumas das estrelas. Para identificar as demais, gaste algum tempo observando o céu com a Carta Celeste nas mãos. Se tiver dúvida sobre o nome de alguma estrela brilhante, leia a altura com o sextante e use o comando **Astro Qual** para ajudar a identificá-la. Gradativamente você vai se familiarizar com elas. Não é necessário, é claro, conhecer todas as 59 estrelas.

Navegação pelos astros não é nenhum bicho de sete cabeças. Suprimida a parte cansativa dos cálculos e das tabelas, ela pode se tornar uma atividade bastante agradável e divertida.

Exercícios propostos

1- No dia 26 de julho de 1993 com o relógio marcando 13h15m22s hora local, um navegador tira a altura do Sol com o sextante, obtendo o valor instrumental $55^{\circ}58'$. A posição estimada é $24^{\circ}19'W$, $48^{\circ}19'N$. Calcule a reta de altura sabendo ainda que: fuso horário +2 horas, relógio 1m30s adiantado, altura do olho 2.5 m, erro instrumental 5' para dentro da escala do sextante.

2- Quais os horários dos crepúsculos civis e da passagem meridiana do Sol na posição $29^{\circ}10'W$ $22^{\circ}30'S$, no dia 15/01/94 ? (fuso horário = +2 horas, relógio exato).

3- Com os mesmos dados do exercício 2, no horário do crepúsculo matutino, quais as alturas calculadas e azimutes de Acrux, Júpiter, Antares e Arcturus ?

4- Em 4 de outubro de 1995, após um período sem tirar a posição astronômica, um navegador tira as seguintes leituras no crepúsculo vespertino:

Estrela GMT Altura Instrumental

Mirfak 18h46m00s $19^{\circ}37.5'$

Altair 18h46m35s $47^{\circ}50.0'$

Arcturus 18h47m00s $26^{\circ}44.0'$

A posição pela navegação estimada é $9^{\circ}30'W$ $50^{\circ}11'N$. Fuso horário=0 (usando GMT), relógio 1m12s atrasado, altura do olho 2.0 m, erro instrumental 3' para fora da escala. Qual a posição astronômica e qual o erro da posição estimada ?

5- No dia 10/7/1997, posição estimada $35^{\circ}30.0'W$ $13^{\circ}00.0'S$, um navegador tira a altura do Sol às 8h12m15s (hora local, fuso horário +2 horas) obtendo $18^{\circ}15'$. Navega então por algumas

horas a 5.5 nós no rumo 195° V. Às 12h42m15s tira uma segunda altura instrumental do Sol obtendo $54^{\circ}33'$. Qual a posição astronômica no horário da segunda medida, sabendo que: altura do olho 3.0m, erro instrumental 3' para dentro da escala e relógio 30s adiantado ?

6- Estando na posição $45^{\circ}21'W$ $23^{\circ}46'S$ no dia 21 de julho de 2010, um navegador tira a altura de uma estrela brilhante às 18h00m00s horário local obtendo o valor instrumental $75^{\circ}30'$. Sabendo que o azimute aproximado é 330° , que estrela é essa ?

(relógio exato, altura do olho = 2m, Erro instrumental = 0, fuso=3)

7- Qual a distância e o rumo inicial do percurso entre Cabo Frio ($42^{\circ}00'W$ $23^{\circ}02'S$) e a Ilha de Trindade ($29^{\circ}20'W$ $20^{\circ}30'S$) ?

Respostas aos exercícios propostos:

1- Delta=18.5 MN na direção do astro. Azimute = 220° (rumo verdadeiro). Lembre-se que a latitude Norte é negativa.

2- Crepúsculo matutino às 5h01m, crepúsculo vespertino às 19h11m, passagem meridiana 12h06m05s (horários locais).

3- Alturas calculadas às 5h01m local (use o comando Astros Visíveis).

Acrux Hc= $49^{\circ}20.8'$ Az= 183° Júpiter Hc= $61^{\circ}14.1'$ Az= 78°

Antares Hc= $38^{\circ}40.3'$ Az= 107° Arcturus Hc= $42^{\circ}30.1'$ Az= 30°

4- Posição astronômica $10^{\circ}08.1'W$, $49^{\circ}39.8'N$. Erro da posição estimada (usando o comando Calcula Trecho) = 39.7 MN.

5- Use Retas Transporta na reta 1. A posição astronômica às 12h42m15s é $35^{\circ}38.1'W$, $12^{\circ}57.2'S$.

6- Spica (use o comando Astro Qual).

7- 721.7 MN, rumo 80° V.

Bibliografia

Navegação Astronômica, Geraldo L.M. de Barros (Edições Marítimas) - Texto completo e abrangente sobre navegação astronômica e salvatagem. Ideal para quem deseja aprender a navegação astronômica tradicional para obter a carta de capitão amador.

Ocean Yachtmaster - Celestial Navigation, Pat Langley-Price e Philip Ouvry (Adlard Coles Nautical)

Davis Master Sextant - How to find your position with the master sextant - Este pequeno manual que vem com os sextantes Davis ensina a ajustar o sextante e obter a posição pelo

método da passagem meridiana. Este método pode ser muito útil em emergências, pela sua simplicidade.

Carta Celeste do Brasil - Ronaldo Rogério de Freitas Mourão (Ed. Francisco Alves) - Carta para identificação das estrelas. Traz os nomes das estrelas mais brilhantes e das constelações.

The Monthly Sky Guide - I. Ridpath, W. Tirion (Cambridge University Press).

Glossário

A seguir estão definidos alguns termos usados neste manual:

Altura do astro (H) - Ângulo vertical formado entre o horizonte e o astro.

Altura calculada (H_c) - Altura calculada do astro na posição estimada.

Altura corrigida (H_{corr}) - Altura resultante da aplicação de correções na Altura instrumental.

Altura instrumental (H_i) - Altura obtida na leitura do sextante, antes das correções.

Ângulo Horário em Greenwich (AHG) - Longitude da Posição Geográfica de um astro.

Ano luz - Medida de distância usada na astronomia. Corresponde à distância percorrida pela luz no vácuo no período de um ano (aproximadamente 9.467.280.000.000 Km). A estrela mais próxima da Terra, Alfa Centauro, fica a 4.3 anos luz. O Sol fica a 8 minutos-luz e a Lua a pouco mais de 1 segundo-luz.

Ascensão Reta (AR) - Ângulo entre o meridiano do ponto vernal e o meridiano do astro, na direção Leste-Oeste. A Ascensão Reta Versa (ARV ou SHA), listada no Almanaque Náutico para as estrelas pode ser calculada pela fórmula $ARV = 360^\circ - AR$ em graus. AR é normalmente expressa em horas.

Azimute do astro (Az) - Ângulo horizontal formado entre o Norte verdadeiro e a direção da Posição Geográfica de um astro. É o rumo verdadeiro da PG do astro.

Crepúsculo civil - Horários antes do nascer e depois do ocaso do Sol, quando este se encontra a uma altura de 6° abaixo do horizonte. São os horários ideais para medida da altura das estrelas e planetas, pois as estrelas e o horizonte estão visíveis ao mesmo tempo.

Correções instrumentais - Correções aplicadas à altura instrumental para obter a altura corrigida. São elas: Erro instrumental, Altura do olho, Refração, Paralaxe da altura e Semidiâmetro do astro.

Declinação (d)- Latitude de um astro na Esfera Celeste.

Distância Zenital - Distância, na superfície da Terra, entre a Posição Geográfica de um astro e o Zênite do observador.

Eclíptica - Trajetória que o Sol, a Lua e os planetas descrevem na Esfera Celeste.

Esfera Celeste - Esfera imaginária que suporta os astros. Esta centrada no centro da Terra e dá uma volta a cada 24 horas.

GMT - (Greenwich Meridian Time) - Horário no meridiano de Greenwich, na Inglaterra.

GPS - (Global Positioning System) - Sistema de navegação por satélites baseado em sinais de rádio sincronizados emitidos por satélites. Na versão civil, dá precisão de 0.1 milhas.

Latitude - Distância, medida em graus, a partir do equador terrestre até o paralelo do observador, na direção Norte-Sul. A latitude pode ser N ou S.

Limbo inferior - Corresponde a parte mais baixa do Sol e da Lua. A leitura do sextante usando o Limbo Inferior corresponde à medida obtida fazendo a parte inferior do astro tocar o horizonte.

Linha de Grande Círculo (LGC) - Linha na superfície da Terra contida em um plano que passa pelo centro da Terra. As LGCs são o caminho mais curto entre dois pontos.

Longitude - Ângulo formado entre o meridiano de Greenwich na Inglaterra e o meridiano do observador, na direção Leste-Oeste. A longitude pode ser E ou W.

Mercator - Tipo de projeção plana usado em cartas náuticas onde os meridianos são paralelos e 1 milha na direção NS = 1 milha na direção WE.

Passagem meridiana - É o horário em que o astro atinge a altura máxima. No caso do Sol, ela ocorre em torno do meio dia. A passagem meridiana é o horário ideal para obtenção da latitude, pois uma reta de altura obtida neste horário é perpendicular ao meridiano do observador (Latitude constante).

Posição Astronômica (PA) - Posição do navegador. É o resultado que pretendemos determinar pela navegação astronômica.

Posição Geográfica de um astro (PG) - Ponto na superfície da Terra determinado pela reta que passa pelo centro da Terra e centro do Astro.

Waypoint - Destino de um trecho de navegação. É caracterizado por um nome e por uma posição.

Zênite (Z) - Ponto na esfera celeste na vertical sobre o observador. É a posição na esfera celeste corresponde à posição astronômica do navegador.

Apêndice I - Usando *Navegador light* no HP 95LX

O HP 95LX não tem drive para disquete. Como então copiar o programa para dentro dele? A maneira mais simples - o que não quer dizer que ela seja realmente simples - é usar a porta de comunicações serial do LX, transferindo o programa a partir de um PC. Para isso, você

deve ter o cabo serial do LX (*HP part 82222A*), que pode ser encontrado nos revendedores HP. Conecte o LX à porta serial do PC com o cabo.

Para fazer a transferência você deve ter no PC um software de comunicações que suporte o protocolo XModem ou Kermit. Um exemplo é o programa Terminal, que vem gratuitamente com o Windows. Se você não tem um software de comunicações no PC, pode adquirir o *Connectivity Pack (HP part F1001A)* da HP, que vem com software e cabo para o LX. Se você tem, compre só o cabo, que é bem mais barato.

Ative o programa de comunicações no PC e a tecla COMM no LX. Ajuste os parâmetros de comunicação no LX e no PC para 19200 bps, 8 data bits, 1 stop bit, paridade none, protocolo de transferência XModem (o protocolo Kermit pode também ser usado). Faça então a transferência binária do arquivo NAV.EXE do disquete no PC para o disco RAM do LX. Esta transferência leva em torno de 2 minutos.

Para ativar o programa no LX, use o FILER. Aponte o arquivo NAV.EXE com o cursor e tecle F4 (Run). Para mais informações sobre os programas COMM e FILER, consulte o manual do LX.

Navegador light usa somente 180 Kbytes de memória, não sendo necessária expansão de memória no LX. Eventualmente pode ser necessário um ajuste do tamanho do RAM Disk, o que pode ser feito no programa Setup.

Nota: Mantenha as pilhas e a bateria de backup do LX sempre carregadas pois o programa desaparecerá no caso de falha conjunta dos dois sistemas de baterias. As pilhas duram em torno de 2 meses. A bateria de backup, em torno de um ano. No SETUP do LX você pode ver um gráfico da carga das pilhas. Verifique a carga periodicamente e mantenha sempre baterias de reserva de ambos os tipos.

Nota: Evite usar o palm top no convés do barco. Trata-se de um instrumento delicado, não sendo conveniente que receba respingos de água salgada.

Apêndice II - Diferenças entre PCs e PALM TOPs

As duas diferenças principais entre palm tops HP e PCs são o tamanho da tela e a interface gráfica. Os palm tops HP tem tela de 40 colunas e interface gráfica própria.

Para usar o programa em palm top HP, rode o programa usando o comando NAV [Enter]. Em PCs (Laptops, Notebooks etc) use NAVPC [Enter]. A tela de 80 colunas permite que você visualize mais informações simultaneamente.

No caso de PCs, o arquivo de interface gráfica .BGI deve estar presente no mesmo diretório de *Navegador light*. Os arquivos de interface gráfica são:

CGA.BGI Para vídeos padrão CGA.

EGAVGA.BGI Para vídeos padrão EGA ou VGA.

HERC.BGI Para vídeos padrão Hercules.

São arquivos de dados criados pelo programa:

NAV.DAT Contém os dados (Posição Estimada, Leitura do Sextante etc)

RETAS.DAT Contém as retas de altura.

WAYPTS.DAT Contém os waypoints.

O arquivo LEIAME.TXT traz as ultimas alterações no programa, ainda não incluídas no texto do manual. Sua leitura é recomendada.

Nota: Não copie arquivos de dados (*.DAT) pela porta de comunicações usando o protocolo xmodem. Esse protocolo pode alterar o tamanho original do arquivo, causando erro na hora da leitura. Neste caso é preferível o protocolo Kermit.

Apêndice III - Implementação de *Navegador light*

Este apêndice fornece informações sobre as técnicas usadas na implementação de *Navegador light*. Sua leitura não é necessária para o uso do programa servindo apenas como referência para os métodos usados.

1) Cálculo da Posição dos Astros (Ascensão Reta e Declinação)

1.1) Sol - A posição do Sol foi calculada por fórmulas aproximadas, tendo uma precisão de 0.01° (melhor que 0.6') entre os anos 1950 e 2050.

1.2) Estrelas - Para as estrelas foram usadas como base as posições em 1/1/1993 0hs UT, sendo as posições para outros instantes calculadas adicionando correções relativas a precessão, nutação e aberração. Não foram computados os efeitos relativos ao movimento próprio das estrelas que são, de modo geral, pequenos. A precisão é melhor que $\pm 0.2'$ de grau. Posições válidas pelo menos até 2050.

1.4) Planetas - Para os planetas são calculadas as coordenadas retangulares heliocêntricas do planeta e da Terra por séries numéricas aproximadas (teoria VSOP 87). Descontado o efeito do tempo de propagação da luz, foram calculadas as coordenadas Geocêntricas do

planeta e acrescentados os efeitos da nutação e aberração. A precisão é melhor que $\pm 0.2'$ de grau.

1.5) Lua - As coordenadas da Lua foram calculadas por série numérica aproximada, tendo uma precisão de $\pm 0.7'$ de grau.

1.6) O GHA dos astros foi obtido pela fórmula: $GHA = 15 \cdot (GAST - RA)$

Onde GAST é o Tempo Sideral Aparente em Greenwich, calculado também por fórmula aproximada com precisão de ± 0.2 seg. As imprecisões combinadas dos vários valores calculados produz um erro de posição inferior a 0.7 milhas náuticas (0.7' de grau na altura calculada) para o Sol, planetas e estrelas. Para a Lua, este desvio pode chegar a 0.8 MN. Esta precisão é obtida, no pior dos casos, para datas entre os anos 1960 e 2020.

2) Solução do Triângulo de posição PXZ (usado no cálculo das retas de altura e na Navegação de Grande Círculo)

O triângulo de posição PXZ (ver figura 11, capítulo 1) foi resolvido algebricamente pelas seguintes fórmulas da trigonometria esférica:

Altura calculada H_c : $\sin(H_c) = \sin j \cdot \sin d + \cos j \cdot \cos d \cdot \cos(LHA)$

Azimute Calculado Az : $\tan(Az) = \sin(LHA) / (\cos(LHA) \cdot \sin j - \tan d \cdot \cos j)$

onde:

j : Latitude do observador d : Declinação do astro

LHA : Ângulo Horário Local do Astro ($LHA = GHA - \text{Longitude do observador}$)

Foram usadas ainda as relações (ver fig 11): $j = 90^\circ - PZ$ $d = 90^\circ - PX$ $XZ = 90^\circ - H_c$

3) Correções da altura instrumental - A altura instrumental é corrigida com as fórmulas:

$H_c = H_i + \text{CorrTotal}$ e $\text{CorrTotal} = IC + Dip - R + SD + Par$

onde:

CorrTotal : Correção Instrumental Total , H_c : Altura corrigida, H_i : Altura instrumental

IC : Correção devida ao Erro Instrumental (EI)

Dip: Correção devida à altura do olho

Calculada pela fórmula $Dip = -0.97 \cdot \sqrt{h/0.3048}$ onde h é altura do olho em metros.

R: Refração atmosférica (Calculada por fórmula aproximada em função da altura do astro)

SD: Semidiâmetro do astro (Calculado para a Lua, +16' para o Sol, 0 para planetas e estrelas).

Par: Paralaxe na altura do astro (Calculada somente para a Lua, 0 para os outros astros).

4) Solução da Posição Astronômica (PA)

Para determinação da PA, são usadas as seguintes relações:

Para cada reta de altura vale:

$$\text{LatQ} = \text{LatE} + d \cdot \cos \text{Az} \quad \text{LonQ} = \text{LonE} - d \cdot \sin \text{Az} / \cos \text{LatE} \quad a = \text{Az} + 90^\circ$$

onde:

d : Erro da estimada na direção do Azimute.

E : Posição estimada.

Q : Posição de intersecção entre a reta de azimute e a reta de altura.

a : Ângulo formado entre a reta de altura e o Norte verdadeiro.

Az : Azimute do astro.

A equação de uma reta i no plano pode ser expressa por: $\text{Lat} = a_i \cdot \text{Lon} + b_i$

Nessas condições podemos concluir que:

$$a_i = -\cos(\text{LatQ}) / \tan a_i \quad \text{e} \quad b_i = \text{LatQ} + \text{LonQ} \cdot \cos(\text{LatQ}) / \tan a_i$$

Observe que o fator $\cos(\text{LatQ})$ faz a conversão de milhas horizontais para graus de longitude.

Fazendo a intersecção de duas retas i e j , temos:

$$\text{LatX} = (b_i \cdot a_j - b_j \cdot a_i) / (a_j - a_i) \quad \text{e} \quad \text{LonX} = (\text{LatX} - b_i) / a_i$$

onde X é o ponto de intersecção das duas retas.

A Posição Astronômica é determinada fazendo-se a média ponderada das coordenadas de todos os cruzamentos, como segue:

$$L = S (L_{ij} \cdot \cos a_{ij}) / S \cos a_{ij}, \text{ p/ todo } i \text{ diferente de } j$$

Onde L_{ij} é a latitude ou longitude do cruzamento das retas i e j e a_{ij} é o ângulo entre elas. O uso do cosseno para ponderação dá menor valor a cruzamentos de retas que tenham inclinações semelhantes.

Preencha o cartão de registro abaixo, destaque esta folha e envie por carta ou fax para:

Navegador *light* - Orion Astronomia e Navegação

R. Dr. Alberto Seabra, 448

CEP: 05452-000 São Paulo - SP

fax: (011) 831-2150

Fazendo isso você receberá informações sobre futuras atualizações deste programa e sobre outros assuntos relacionados à tecnologia de navegação e astronomia.

***Navegador light* - versão 1.0 para DOS - Cartão de registro**

Nome : _____

Endereço: _____

Cidade: _____ Estado: _____ CEP: _____

Fone: _____ Fax: _____

Onde adquiriu o programa: _____

Como ficou sabendo da existência do programa: _____

Tem conhecimentos de navegação costeira? sim não ____ anos

Tem conhecimentos sobre navegação astronômica? sim não ____ anos

Já fez algum curso de navegação astronômica? sim não qual? _____

Tem interesse por outros tópicos em astronomia? sim não

Tem carteira de: Arrais Amador Mestre Amador Capitão Amador ____ anos

Comentários: