

18

SISTEMAS DE COORDENADAS UTILIZADOS EM ASTRONOMIA NÁUTICA E NAVEGAÇÃO ASTRONÔMICA

18.1 CONCEITOS FUNDAMENTAIS

Conforme visto no capítulo anterior, para determinar a posição de qualquer ponto na superfície da Terra usa-se o **Sistema de Coordenadas Geográficas (Latitude e Longitude)**. Da mesma forma, para localizar um astro na **Esfera Celeste** é necessário adotar um **sistema de coordenadas** semelhante.

Os **Sistemas de Coordenadas** utilizados em **Astronomia Náutica** e **Navegação Astronômica** possuem dois **círculos máximos fundamentais** de referência para medida das coordenadas, perpendiculares entre si. No caso do **Sistema de Coordenadas Geográficas**, tais **círculos máximos fundamentais** são, como sabemos, o **Equador Terrestre** (referência para medida das **Latitudes**) e o **Meridiano de Greenwich** ou **Primeiro Meridiano** (referência para medida das **Longitudes**).

Neste capítulo serão estudados os **círculos máximos fundamentais** e definidas as **coordenadas** que constituem os seguintes **Sistemas de Coordenadas Astronômicas**:

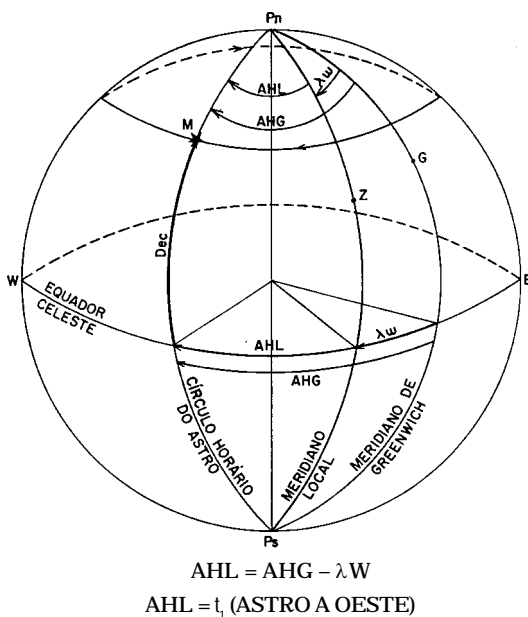
- **Sistema de Coordenadas Horárias;**
- **Sistema de Coordenadas Equatoriais ou Uranográficas;** e
- **Sistema de Coordenadas Horizontais ou Azimutais.**

18.2 SISTEMA DE COORDENADAS HORÁRIAS

O **Sistema de Coordenadas Horárias** tem como **círculos máximos fundamentais** o **Equador Celeste** (círculo máximo básico) e o **Meridiano Celeste do observador** (círculo máximo perpendicular). Assim, as **Coordenadas Horárias** permitem fixar a posição de um astro na **Esfera Celeste**, em um determinado instante, tendo como referências o **Equador Celeste** e o **Meridiano Superior** do lugar onde se encontra o observador.

As **Coordenadas Horárias – Declinação e Ângulo Horário** – são assim definidas (figura 18.1):

Figura 18.1 – Coordenadas Horárias



DECLINAÇÃO – Declinação de um astro é o comprimento do arco do **Círculo Horário** situado entre o **Equador Celeste** e a posição do astro, medido para o **Norte** ou para o **Sul**, a partir do **Equador Celeste**, de 00° a 90°. A **Declinação** é designada **Norte (N)** ou **Sul (S)**, conforme o astro se encontre no **Hemisfério Norte** ou no **Hemisfério Sul** celeste. A **Declinação** na **Esfera Celeste** corresponde à **Latitude** na Terra.

ÂNGULO HORÁRIO – **Ângulo Horário** de um astro é o arco do **Equador Celeste** (ou o ângulo no **Pólo Celeste**) entre um **Meridiano Celeste** e o **Círculo Horário do astro**, medido para oeste, de 000° a 360°. O **Ângulo Horário** é denominado **Ângulo Horário Local (AHL)** quando a origem é um **Meridiano Local** qualquer e **Ângulo Horário em Greenwich (AHG)** quando a origem é o **Meridiano de Greenwich**.

Como o ângulo entre o **Meridiano Local** e o **Meridiano de Greenwich** corresponde à **Longitude do local**, teremos sempre:

$$\text{AHL} = \text{AHG} \pm \text{LONG}$$

Conforme podemos verificar na figura 18.1, onde o **Meridiano Local** está a **Oeste** do **Meridiano de Greenwich**, temos:

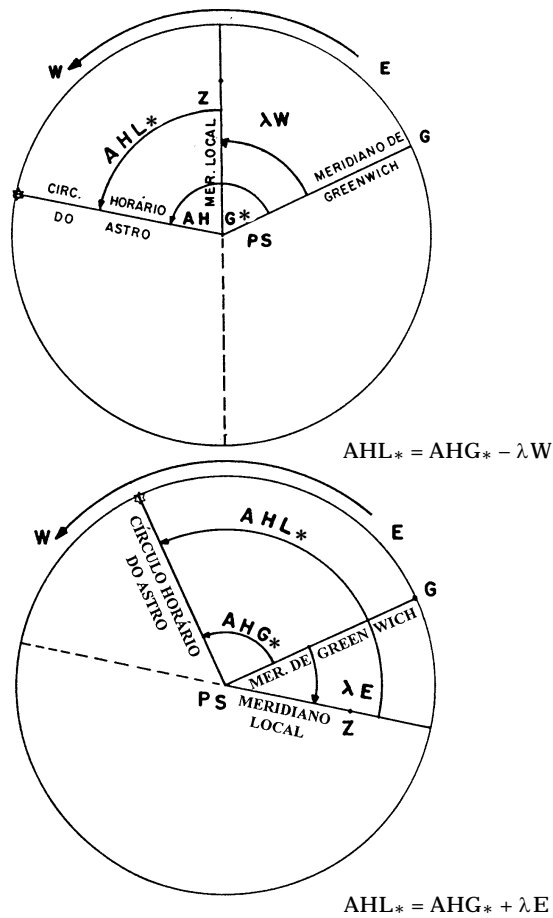
$$\text{AHL} = \text{AHG} - \text{LONG (W)}$$

Por outro lado, quando o **Meridiano Local** estiver a **Leste** do **Meridiano de Greenwich**, teremos:

$$\text{AHL} = \text{AHG} + \text{LONG (E)}$$

A relação entre o **Ângulo Horário** e a **Longitude** fica mais clara num **Diagrama de Tempo** (“**Time Diagram**”), como mostrado na figura 18.2.

Figura 18.2 - Relações entre o Ângulo Horário e a Longitude



O **Diagrama de Tempo** é construído tendo como **ponto de vista** o **Pólo Sul da Esfera Celeste**, olhando para o **Pólo Norte**.

Nesta situação, a **Esfera Celeste** apresentaria a configuração ilustrada na figura 18.2, onde a **circunferência representa o Equador Celeste**. A **Esfera Celeste**, no seu **movimento aparente**, está girando de **Leste para Oeste**. Os **Meridianos** e **Círculos Horários** aparecem como os **raios de uma roda**, com uma única diferença, já mencionada: os **Meridianos** permanecem **fixos** e os **Círculos Horários** movem-se com os astros, em seu **Movimento Diurno** (movimento aparente, de Leste para Oeste).

Assim, no **Diagrama de Tempo** pode-se imaginar todos os astros girando no sentido contrário ao dos ponteiros do relógio (de Leste para Oeste), em torno do **Pólo Sul Celeste** (centro do **Diagrama de Tempo**).

No **Diagrama de Tempo** fica claro que:

$$\text{AHL*} = \text{AHG*} - \lambda\text{W}$$

$$\text{AHL*} = \text{AHG*} + \lambda\text{E}$$

Os seguintes conceitos associados às **Coordenadas Horárias** são importantes na solução dos problemas de **Navegação Astronômica**:

ÂNGULO NO PÓLO (t_1) – é o ângulo entre o **Meridiano Superior** do lugar e o **Círculo Horário** do astro, medido de 000° a 180°, para Leste ou para Oeste do **Meridiano Superior**.

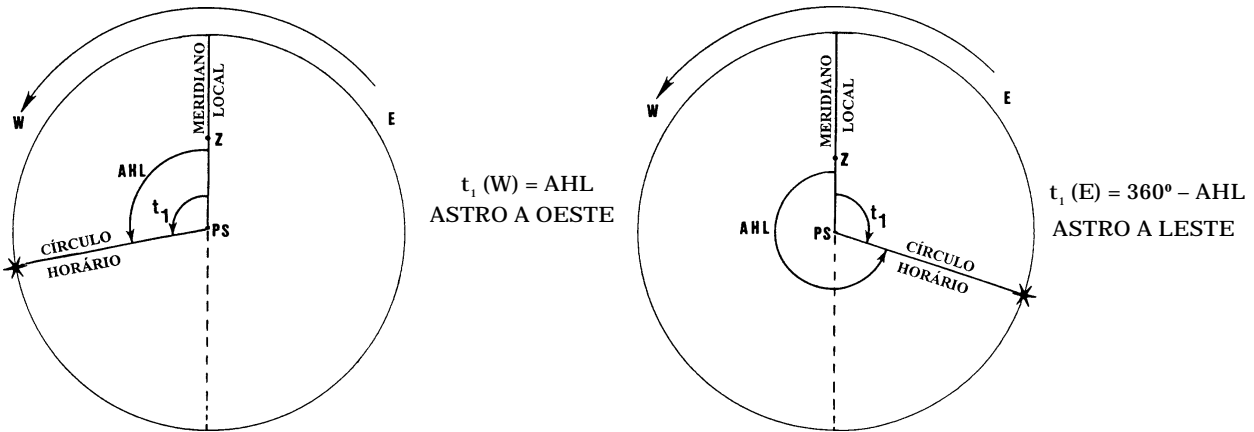
Então, como o **Ângulo Horário** é medido para Oeste, de 000° a 360°, tem-se:

$$\text{ASTRO A OESTE: } t_1 = \text{AHL}$$

$$\text{ASTRO A LESTE: } t_1 = 360^\circ - \text{AHL}$$

Os **Diagramas de Tempo** da figura 18.3 ilustram de forma clara as relações entre o **Ângulo no Pólo (t_1)** e o **Ângulo Horário**.

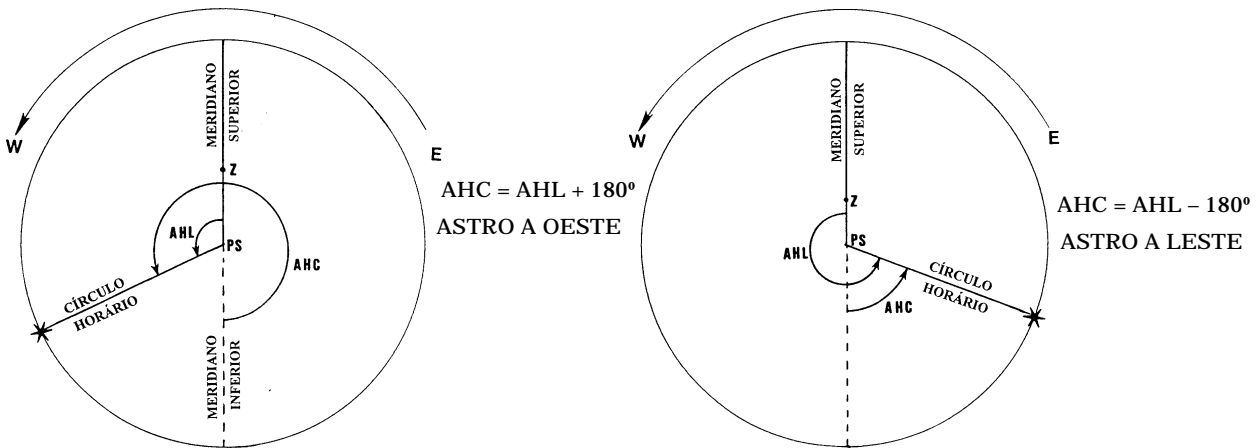
Figura 18.3 - Relações entre o Ângulo no Pólo e o Ângulo Horário



ÂNGULO HORÁRIO CIVIL (AHC) – é o ângulo entre o **Meridiano Inferior** do lugar e o **Círculo Horário** do astro, contado para **Oeste**, de 000° a 360° (ou de 00^h a 24^h), a partir do **Meridiano Inferior**.

Os **Diagramas de Tempo** da figura 18.4 mostram as relações entre o **AHC** e o **AHL**.

Figura 18.4 - Relações entre o Ângulo Horário Civil e o Ângulo Horário Local



DISTÂNCIA POLAR (p) de um astro – é o comprimento do arco do **Círculo Horário** do astro entre o **Pólo Elevado** (pólo celeste acima do **horizonte**) e a posição do astro, medido a partir do **Pólo Elevado**, de 000° a 180° .

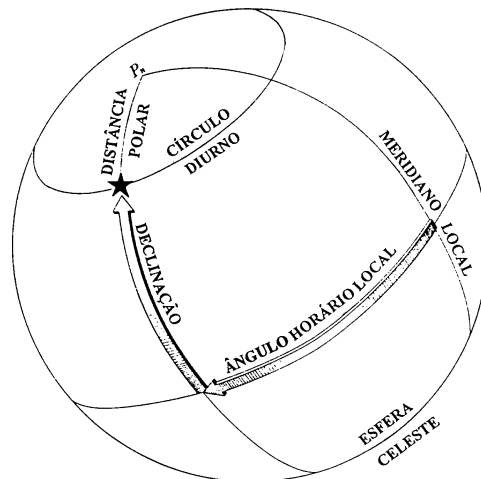
Se a **Declinação** do astro for de mesmo nome que o **Pólo Elevado** (ou seja, se a **Declinação** do astro e a **Latitude** do observador forem de mesmo nome), a **distância polar** será

$$p = 90^\circ - \text{Dec} \text{ (figura 18.5).}$$

Se a **Declinação** for de nome contrário à **Latitude**,

$$p = 90^\circ + \text{Dec}.$$

Figura 18.5 – Coordenadas Horárias e Distância Polar



18.3 SISTEMA DE COORDENADAS EQUATORIAIS OU URANOGRÁFICAS

Outro **Sistema de Coordenadas Astronômicas** utilizado para localizar um astro na **Esfera Celeste** é o **Sistema de Coordenadas Equatoriais** ou **Uranográficas: Declinação e Ascensão Reta**.

Os **círculos máximos fundamentais** de referência desse Sistema de Coordenadas são o **Equador Celeste** e o **Círculo Horário do Ponto Vernal**.

A **Declinação (Dec)** já foi definida, quando estudamos as **Coordenadas Horárias**.

ASCENSÃO RETA (AR) de um astro é o arco do **Equador Celeste** (ou o **Ângulo no Pólo**) entre o **Círculo Horário do Ponto Vernal** e o **Círculo Horário** do astro, medido a partir do **Círculo Horário do Ponto Vernal**, de 000° a 360° , para **Leste**.

Entretanto, em **Navegação Astronômica**, em vez de usarmos a **Ascensão Reta**, utilizamos a **Ascensão Reta Versa (ARV)**, que é o arco do **Equador Celeste** (ou o **Ângulo no Pólo**) entre o **Círculo Horário do Ponto Vernal** e o **Círculo Horário** do astro, medido desde o **Círculo Horário do Ponto Vernal**, de 000° a 360° , para **Oeste**; isto é, a **Ascensão Reta Versa (ARV)** é o replemento da **Ascensão Reta (AR)**, ou

$$ARV = 360^\circ - AR.$$

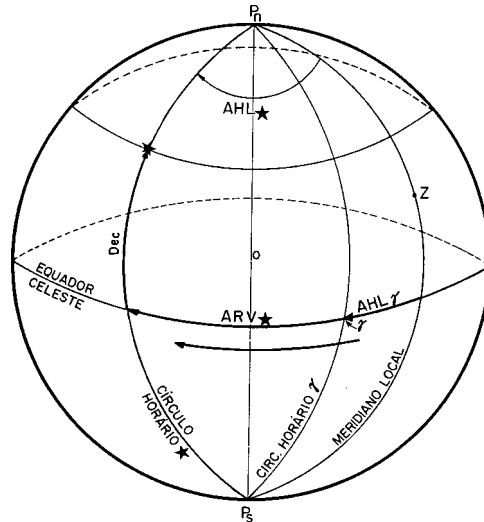
A figura 18.6 mostra a **Declinação (Dec)** e a **Ascensão Reta Versa (ARV)** de um astro.

Como o **Círculo Diurno** (ou **Paralelo de Declinação**) de uma estrela é paralelo ao **Equador Celeste**, sua **Declinação (Dec)**, que é o arco do **Círculo Horário** do astro entre o **Equador** e o **Círculo Diurno**, é **constante**.

Conforme vimos, o **Ponto Vernal** é o ponto no qual a **Eclíptica** intercepta o **Equador Celeste** quando o Sol, no seu movimento aparente de translação em torno da Terra, passa do Hemisfério Sul para o Hemisfério Norte Celeste.

Sendo um **ponto do Equador Celeste**, o **Ponto Vernal** gira com a **Esfera Celeste**, no seu **movimento aparente** em torno da Terra, de **Leste para Oeste**.

Figura 18.6 - Declinação e Ascensão Reta Versa



Assim, como o **astro** e o **Ponto Vernal** giram com a **Esfera Celeste**, a **Ascensão Reta Versa (ARV)** de uma estrela também permanece **constante**.

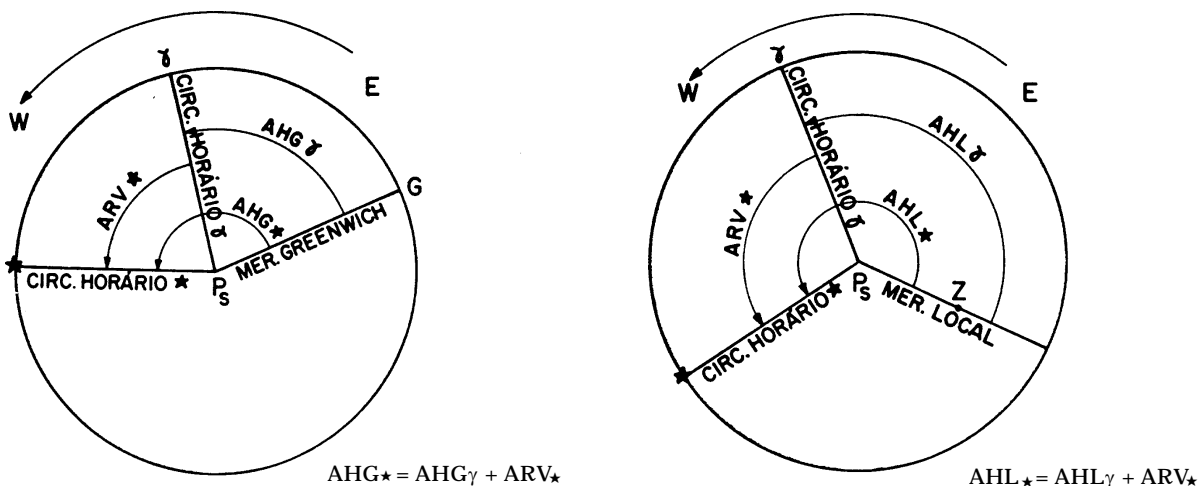
As afirmações acima constituem, na realidade, simplificações e aproximações que nos permitimos fazer em **Navegação Astronômica**. Em verdade, devido à precessão e outras irregularidades no movimento da **Terra**, a **Declinação** e a **Ascensão Reta Versa** das estrelas não são exatamente constantes.

Ademais, no caso do **Sol**, cujo movimento aparente de translação em torno da **Terra** faz com que sua **Declinação** varie de cerca de 23,5° S a cerca de 23,5° N, as aproximações e simplificações em questão não podem ser feitas. O mesmo ocorre para os quatro **planetas** utilizados em **Navegação Astronômica** e para a **Lua**.

Os **Diagramas de Tempo** da figura 18.7 nos mostram duas relações importantíssimas na Navegação Astronômica:

$$\begin{aligned} \mathbf{AHG^*} &= \mathbf{AHG\gamma} + \mathbf{ARV^*} \\ \mathbf{AHL^*} &= \mathbf{AHL\gamma} + \mathbf{ARV^*} \end{aligned}$$

Figura 18.7 - Relações entre Ângulos Horários e Ascensão Reta Versa dos Astros



Estas relações são fundamentais porque o **Almanaque Náutico** não fornece o **Ângulo Horário** das estrelas, tabelando apenas o **Ângulo Horário em Greenwich do Ponto Vernal (AHG γ)** e a **Ascensão Reta Versa (ARV)** das estrelas. Combinando-se estes elementos, obtém-se o **Ângulo Horário em Greenwich** das estrelas (necessário para solução do triângulo de posição).

18.4 SISTEMA DE COORDENADAS HORIZONTAIS OU AZIMUTAIS

18.4.1 A ESFERA LOCAL E SEUS ELEMENTOS

a) Esfera Local ou Esfera Local Aparente

Quando um observador contempla o céu estrelado, num determinado instante, tem a impressão de que todas as estrelas estão fixas na superfície interna de uma imensa esfera de raio arbitrário, infinito, denominada **Esfera Local** ou **Esfera Local Aparente**, cujo centro coincide com o olho do observador (ou com o centro da **Terra**). Esta esfera, num determinado momento, é fixa em relação ao observador, como se fosse uma “fotografia” da abóboda celeste naquele instante.

Assim, a **Esfera Local**, cujo centro é o olho do observador, não participa do **movimento diurno (movimento aparente)** da **Esfera Celeste**, representando a configuração desta esfera em um determinado instante. Na **Esfera Local** são representados os elementos direcionais próprios de um certo lugar da Terra, tais como o **Zênite**, o **Nadir**, o **Horizonte**, o **Meridiano** e os **pontos cardeais**.

b) Elementos da Esfera Local (figuras 18.8 e 18.9)

Figura 18.8 – Elementos da Esfera Local

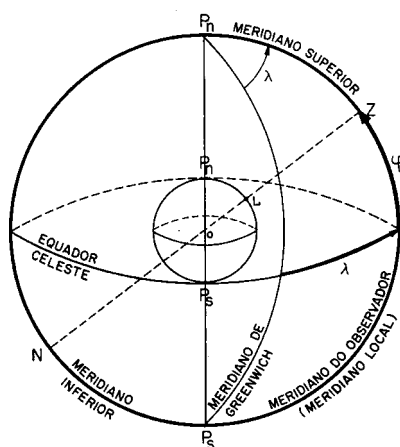
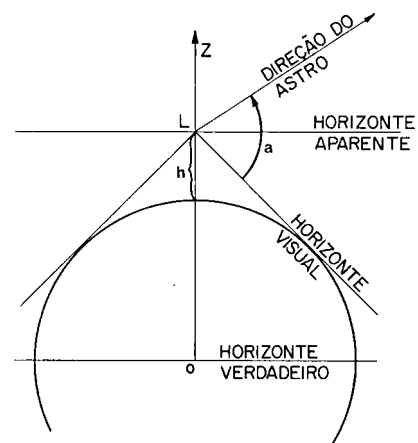


Figura 18.9 – Horizontes



ZÊNITE (Z) – o **Zênite** de um observador, ou de um local na superfície da **Terra**, é o ponto da **Esfera Celeste** situado na vertical do lugar (ou do observador), ou seja, é a projeção na **Esfera Celeste** de um ponto na superfície da **Terra**.

NADIR (N ou N_a) – o **Nadir** é o ponto da **Esfera Celeste** diametralmente oposto ao **Zênite**. Está, portanto, situado a 180° do **Zênite**, ou seja, é o antípoda do **Zênite**.

MERIDIANO LOCAL – é a projeção na **Esfera Celeste** do meridiano de um lugar na superfície da **Terra**. É dividido em **Meridiano Superior** e **Meridiano Inferior**.

MERIDIANO SUPERIOR – é o semicírculo que contém a **linha dos pólos** e o **Zênite** do observador.

MERIDIANO INFERIOR – é o semicírculo oposto, que contém a **linha dos pólos** e o **Nadir**.

HORIZONTE VISUAL – é a superfície cônica, com vértice no olho do observador (L), tangente à superfície do globo terrestre. A linha de tangência do **horizonte visual** com a superfície do globo terrestre é materializada, em alto-mar, pela linha em que o céu parece unir-se à **Terra**.

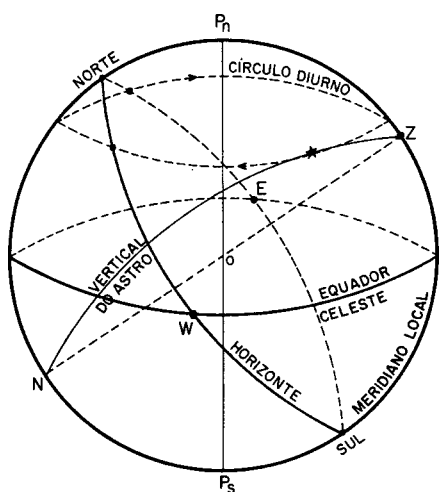
HORIZONTE APARENTE – é um plano perpendicular à vertical do lugar e que contém o olho do observador.

HORIZONTE VERDADEIRO – é um círculo máximo da **Esfera Celeste** perpendicular à **linha Zênite–Nadir**, que passa pelo centro da **Terra**.

Em **Navegação Astronômica**, quando se observa a altura de um astro com o sextante, ela é medida em relação ao **horizonte visual**, conforme indicado na figura 18.9. Entretanto, para o cálculo da **linha de posição**, a altura deve ser corrigida para o **horizonte verdadeiro**, através de processo que estudaremos mais tarde. Daqui por diante, chamaremos o **horizonte verdadeiro** apenas de **Horizonte**.

VERTICAL DE UM ASTRO – é o círculo máximo da **Esfera Celeste** que contém a **linha Zênite–Nadir** e que passa pelo astro. É, portanto, perpendicular ao plano do **Horizonte** (figura 18.10).

Figura 18.10 – Horizonte e Vertical do Astro



O PONTO NORTE (N) DO HORIZONTE é a projeção do **Pólo Norte Celeste** sobre o **Horizonte**.

O PONTO LESTE (E) DO HORIZONTE está situado a 90° do ponto N, no sentido dos ponteiros do relógio.

O PONTO SUL (S) DO HORIZONTE é a projeção do **Pólo Sul Celeste** sobre o **Horizonte**. Está situado a 180° do **ponto Norte**.

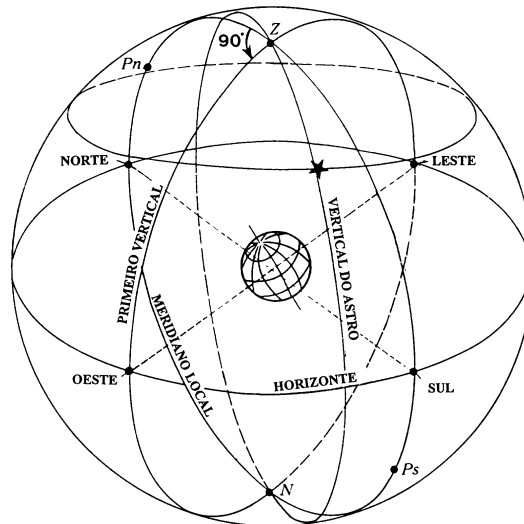
O PONTO OESTE (W) DO HORIZONTE está situado a 270° do **ponto Norte**, no sentido dos ponteiros do relógio.

PÓLO ELEVADO – é o pólo celeste acima do **Horizonte**; tem o mesmo nome (Norte ou Sul) da **Latitude** do observador. Por exemplo, no Rio de Janeiro (Lat $22^\circ 55'S$), o **Pólo Elevado** (situado acima do **Horizonte**) é o **Pólo Sul**.

PÓLO ABAIXADO – é o pólo celeste situado abaixo do **Horizonte**. Para um observador no Rio de Janeiro é o **Pólo Norte**.

PRIMEIRO VERTICAL – é o **Círculo Vertical** perpendicular ao **Meridiano do lugar**, ou seja, é o círculo máximo da **Esfera Celeste** que contém a **linha Zênite-Nadir** e os pontos **E** e **W** do **Horizonte**. Como todo **Círculo Vertical**, é perpendicular ao plano do **Horizonte** (figura 18.11).

Figura 18.11 – Primeiro Vertical (Perpendicular ao Meridiano Local)

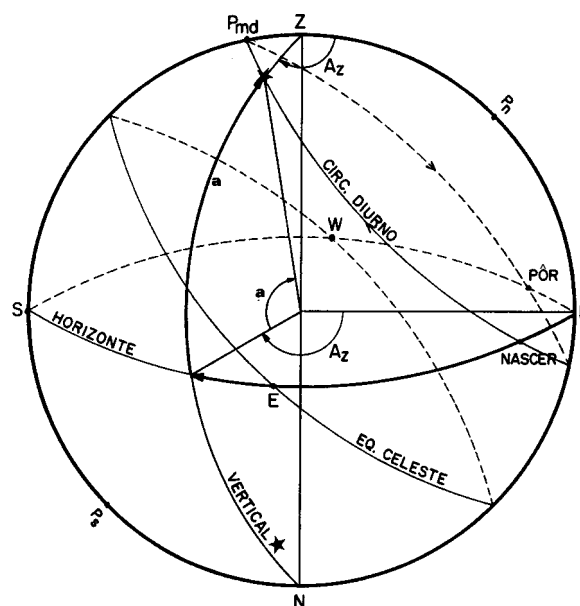


18.4.2 COORDENADAS HORIZONTAIS OU AZIMUTAIS

Os **círculos máximos fundamentais** de referência do **Sistema de Coordenadas Horizontais ou Azimutais** são o **Horizonte** (círculo máximo básico) e o **Meridiano do lugar** (círculo máximo perpendicular).

As **Coordenadas Horizontais ou Azimutais (altura e Azimute)** permitem fixar a posição de um astro na **Esfera Celeste** em relação à posição de um observador, tendo como referência o **Horizonte** e o **Meridiano** do lugar (figura 18.12).

Figura 18.12 – Coordenadas Horizontais ou Azimutais



ALTURA (a) de um astro – é o comprimento do arco do **Vertical do astro** (ou o ângulo central), medido entre o **Horizonte** e o astro, contado a partir do **Horizonte**, de 00° a 90° (astro no **Horizonte**: $a = 00^\circ$; astro no **Zênite**: $a = 90^\circ$). A **altura** será denominada **observada (ao)**, **aparente (a ap)** ou **verdadeira (a)**, conforme haja sido medida a partir do **horizonte visual**, **horizonte aparente** ou **horizonte verdadeiro**, respectivamente.

AZIMUTE VERDADEIRO (Az) de um astro – é a distância angular, medida ao longo do **Horizonte** (ou o ângulo no **Zênite**) entre o **Meridiano Local** e o **Vertical do astro**, contado no sentido dos ponteiros do relógio, de 000° a 360°, desde a parte Norte do **Meridiano Local**, que contém o **Pólo Norte Celeste** (ou do ponto Norte do **Horizonte**).

Assim, para medir o **Azimute Verdadeiro (Az)** é necessário localizar primeiro o **ponto Norte** do **Horizonte**, pois este ponto é a origem da medida do **Azimute** (contado de 000° a 360°, no sentido N–E–S–W).

O **Azimute Verdadeiro** pode ser imaginado como a **marcação verdadeira** do astro, tomada da posição do observador.

Os dois conceitos seguintes, associados com as **Coordenadas Horizontais** ou **Azimutais**, são importantes na **Navegação Astronômica**:

1. **DISTÂNCIA ZENITAL (z)** de um astro – é o arco do **Vertical do astro** entre o **Zênite** e o **astro**, medido a partir do **Zênite**. Para todo astro acima do **HORIZONTE** teremos:

$$z = 90^\circ - a$$

Isto é, a **distância zenital** é o complemento da **altura**.

2. **ÂNGULO NO ZÊNITE (Z)** de um astro – é o ângulo entre o **Meridiano Local** e o **Vertical do astro**, medido de 000° a 180°, para Leste ou para Oeste, a partir do **Meridiano**. É designado **N** ou **S**, de acordo com o **Pólo Elevado**, e **E** ou **W**, conforme esteja o astro a **Leste** ou **Oeste** do **Meridiano Local**. Assim, registra-se para o **Ângulo no Zênite**: $Z = 045^\circ \text{ NE}$; $Z = 120^\circ \text{ SW}$, etc.

Os círculos menores da **Esfera Celeste** paralelos ao **Horizonte** são denominados de **Almicantarados**, **Círculos de Altura** ou **Paralelos de Altura**. Os astros que, num mesmo instante, estiverem sobre o mesmo **Almicantarado** terão, naquele momento, a mesma **altura**.

O **Azimute Verdadeiro** de um astro é, também, denominado de **Azimute Circular**, podendo, ainda, ser definido como o ângulo formado entre o **Meridiano** do lugar e o **Vertical** do astro, medido no **Zênite** (ou a distância angular medida sobre o **Horizonte**), de 000° a 360°, no sentido N–E–S–W, a partir do ponto Norte do **Horizonte** (ou a partir do **Vertical** do **Pólo Norte**).

Outros tipos de azimute utilizados em **Navegação Astronômica** são:

AZIMUTE NÁUTICO OU SEMICIRCULAR – é o mesmo que o **Ângulo no Zênite** do “triângulo de posição”, ou seja, é o menor ângulo formado entre o **Vertical** do astro e o **Meridiano** do local, medido de 000° a 180°, sobre o **Horizonte**, a partir da projeção do pólo elevado, para **Leste** ou para **Oeste**. É designado por um prefixo, **N** ou **S** (**Norte** ou **Sul**), conforme o pólo elevado, e por um sufixo **E** ou **W** (**Leste** ou **Oeste**), conforme esteja o astro a **Leste** ou **Oeste** do meridiano.

AZIMUTE QUADRANTAL (Aq ou Aqd) – é a distância angular, medida sobre o Horizonte, de 00° a 90°, a partir de um ponto de origem (**Norte** ou **Sul**), para **Leste** ou para **Oeste** (de acordo com a posição do astro), até o círculo vertical do astro; recebe sempre uma designação, que pode ser **NE** (medido de **Norte** para **Leste**), **NW** (medido de **Norte** para **Oeste**), **SE** (medido de **Sul** para **Leste**) ou **SW** (medido de **Sul** para **Oeste**).

AMPLITUDE (Amp) de um astro – é o ângulo formado pelo Primeiro Vertical com o Vertical do astro no momento de seu nascer ou ocaso. Conta-se a partir dos pontos Leste ou Oeste, conforme se tratar do nascer ou ocaso, para o Norte ou para o Sul. Podemos também defini-la como sendo o arco do Horizonte compreendido entre os pontos em que o astro nasce ou se põe e os pontos Leste ou Oeste do horizonte, respectivamente; é medida de 00° a 90°, a partir do ponto **Leste** ou **Oeste** do horizonte, para o **Norte** ou para o **Sul**. Sua indicação é análoga à dos Azimutes Quadrantais, isto é:

EN (medida do **Leste** para o **Norte**);

ES (medida do **Leste** para o **Sul**);

WN (medida do **Oeste** para o **Norte**); e

WS (medida do **Oeste** para o **Sul**).

O **Azimute Quadrantal** e a **Amplitude** de um mesmo astro são complementares, isto é, sua soma é igual a 90°.

A **Amplitude do Sol**, no nascer (**Amplitude ortiva**) e no ocaso (**Amplitude ocídua**), é importante no cálculo do desvio da agulha (ver o Capítulo 31).

Conhecendo-se estas definições, pode-se completar o quadro abaixo, considerando o Pólo Sul como pólo elevado.

	Circular (Az)	Semicirc (Z)	Quadrantal (Aq)	Amplitude (Amp)
Azimute	140°			
Azimute		S 082° W		
Azimute			76° NW	
Azimute				40° WS

Respostas:

	Circular (Az)	Semicirc (Z)	Quadrantal (Aq)	Amplitude (Amp)
Azimute	140°	S 40° E	40° SE	50° ES
Azimute	262°	S 082° W	82° SW	08° WS
Azimute	284°	S 104° W	76° NW	14° WN
Azimute	230°	S 50° W	50° SW	40° WS

O quadro da figura 18.13 apresenta um resumo dos **Sistemas de Coordenadas** utilizados em **Navegação Astronômica**.

Figura 18.13 - Sistemas de Coordenadas Usados em Navegação Astronômica

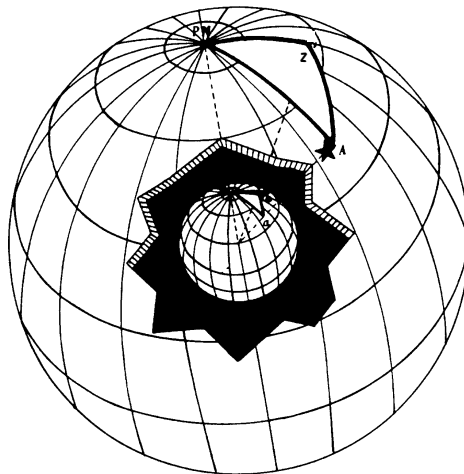
REFERÊNCIAS	COORDENADAS GEOGRÁFICAS	COORDENADAS HORÁRIAS	COORDENADAS EQUATORIAIS OU URANOGRÁFICAS	COORDENADAS HORIZONTAIS OU AZIMUTAIS
CÍRCULO MÁXIMO BÁSICO	EQUADOR TERRESTRE	EQUADOR CELESTE	EQUADOR CELESTE	HORIZONTE VERDADEIRO
PÓLOS DO CÍRCULO MÁXIMO BÁSICO	PÓLOS TERRESTRES (Pn e Ps)	PÓLOS CELESTES (Pn e Ps)	PÓLOS CELESTES (Pn e Ps)	ZÊNITE E NADIR (Z e N)
CÍRCULOS MÁXIMOS PERPENDICULARES	MERIDIANOS TERRESTRES	MER. CELESTES E CÍRCULOS HORÁRIOS	MER. CELESTES E CÍRCULOS HORÁRIOS	CÍRCULOS VERTICAIS
1ª COORDENADA (COORD. VERTICAL)	LATITUDE	DECLINAÇÃO	DECLINAÇÃO	ALTURA
MEDIDA SOBRE O CÍRCULO MÁXIMO	MERIDIANO DO OBSERVADOR	CÍRCULO HORÁRIO DO ASTRO	CÍRCULO HORÁRIO DO ASTRO	VERTICAL DO ASTRO
ORIGEM DA MEDIDA	EQUADOR TERRESTRE (PARA N OU PARA S)	EQUADOR CELESTE (PARA N OU PARA S)	EQUADOR CELESTE (PARA N OU PARA S)	HORIZONTE VERDADEIRO
VALORES POSSÍVEIS	00° A 90° (N OU S)	00° A 90° (N OU S)	00° A 90° (N OU S)	00° A 90° (ACIMA DO HORIZONTE)
2ª COORDENADA (COORD. HORIZONTAL)	LONGITUDE	ÂNGULO HORÁRIO / ÂNGULO NO PÓLO	ASCENSÃO RETA / ASCENSÃO RETA VERSA	AZIMUTE VERDADEIRO / ÂNGULO NO ZÊNITE
MEDIDA AO LONGO DO CÍRCULO MÁXIMO	EQUADOR TERRESTRE	EQUADOR CELESTE	EQUADOR CELESTE	HORIZONTE VERDADEIRO
OU ÂNGULO NO:	PÓLO TERRESTRE	PÓLO CELESTE	PÓLO CELESTE	ZÊNITE
ORIGEM DA MEDIDA	MERIDIANO DE GREENWICH OU PRIMEIRO MERIDIANO	MERIDIANO CELESTE DE GREENWICH (AHG) MERIDIANO LOCAL (AHL e t)	CÍRCULO HORÁRIO DO PONTO VERNAL	PONTO NORTE DO HORIZONTE (Az) / PROJEÇÃO DO PÓLO ELEVADO (Z)
DIREÇÃO DA MEDIDA E VALORES POSSÍVEIS	PARA LESTE (000° A 180° E) PARA OESTE (000° A 180° W)	AHG e AHL: PARA W (000° A 360°) t: PARA E OU PARA W (000° A 180°)	AR: PARA LESTE (000° A 360°) ARV: PARA OESTE (000° A 360°)	Az: N, E, S, W (000° A 360°) Z: 000° A 180° (DEPENDENDO DA LAT e t)

18.5 RELAÇÕES ENTRE COORDENADAS

As relações entre as **Coordenadas Geográficas, Horárias e Horizontais** são estabelecidas no **triângulo de posição** (figura 18.14), cuja resolução é necessária para obtenção da **linha de posição astronômica**. O **triângulo de posição** é formado pelos arcos do **Meridiano do lugar (Meridiano do observador)**, **Círculo Horário do astro** e **Vertical do astro**, compreendidos entre o **Pólo Elevado**, o **Zênite do observador** e a **posição do astro**. Assim, os elementos do **triângulo de posição**, cuja solução será estudada em capítulos seguintes, são:

VÉRTICES :	PÓLO ELEVADO ZÊNITE DO OBSERVADOR POSIÇÃO DO ASTRO
LADOS :	PZ = COLATITUDE DO LUGAR (c) PA = DISTÂNCIA POLAR DO ASTRO (p) ZA = DISTÂNCIA ZENITAL DO ASTRO (z)
ÂNGULOS :	ÂNGULO NO PÓLO (t_1) ÂNGULO NO ZÊNITE (Z) ÂNGULO PARALÁTICO (A_p)

Figura 18.14 - Relações entre Coordenadas. O Triângulo de Posição



A **colatitude do lugar** é o complemento da **Latitude** do observador, que é um dos elementos do **Sistema de Coordenadas Geográficas**.

A **distância polar do astro (p)** é, como vimos, obtida da **Declinação do astro** (quando a **Latitude do observador** e a **Declinação do astro** são de mesmo nome, $p = 90^\circ - \delta$; quando são de nomes contrários, $p = 90^\circ + \delta$). A **Declinação** é um dos elementos do **Sistema de Coordenadas Horárias**.

A **distância zenital do astro (z)** é, para qualquer astro acima do **Horizonte**, o complemento da **altura**, isto é, $z = 90^\circ - a$. A **altura**, como sabemos, é um dos elementos do **Sistema de Coordenadas Horizontais** (ou **Azimutais**).

O **Ângulo no Pólo** (t_1) é obtido a partir do **Ângulo Horário Local (AHL)** do astro. Conforme mostrado, com o astro a **Oeste** do observador, tem-se $t_1 = \text{AHL}$; com o astro a **Leste**, tem-se $t_1 = 360^\circ - \text{AHL}$. O **Ângulo Horário** é o outro elemento do **Sistema de Coordenadas Horárias**.

O **Ângulo no Zênite (Z)** é convertido em **Azimute Verdadeiro** do astro, utilizando regras que serão adiante estudadas. O **Azimute Verdadeiro (Az)** é o outro elemento do **Sistema de Coordenadas Horizontais (ou Azimutais)**.

A **Longitude** do observador é utilizada para transformar o **Ângulo Horário em Greenwich (AHG)** dos astros, tabelado no **Almanaque Náutico**, em **Ângulo Horário Local (AHL)**, pois, como vimos:

$$\begin{aligned} \text{AHL}_* &= \text{AHG}_* - \lambda(\text{W}) \\ \text{AHL}_* &= \text{AHG}_* + \lambda(\text{E}) \end{aligned}$$

Finalmente, o **Sistema de Coordenadas Equatoriais ou Uranográficas** é usado em **Navegação Astronômica** na obtenção do **Ângulo Horário em Greenwich** das estrelas. Como vimos, o **Almanaque Náutico** não informa o **AHG** das estrelas; em vez disso, tabela as **Ascensões Retas Versas (ARV)** das estrelas e o **Ângulo Horário em Greenwich do Ponto Vernal (AHG $_\gamma$)**. Para obter o **AHG** das estrelas, usa-se a relação anteriormente mencionada:

$$\text{AHG}_* = \text{AHG}_\gamma + \text{ARV}_*$$

A **Declinação** (δ) das estrelas utilizadas em **Navegação Astronômica** é tabelada no **Almanaque Náutico**.