

# Aula 5

## NOÇÕES BÁSICAS DE GEODÉSIA E ASTRONOMIA DE POSIÇÃO

### **META**

Mostrar as normas básicas de posicionamento e direção terrestre e apresentar formas de orientação que auxiliam na localização.

### **OBJETIVOS**

Ao final desta aula, o aluno deverá:  
identificar a importância dos elementos de localização para confecção dos mapas;  
determinar a direção e o sentido a partir da medição dos graus de Rumos e Azimutes; e  
fazer relações entre objetos localizados em posições diferentes de um mapa ou carta.

### **PRÉ-REQUISITOS**

Conhecimento sobre as características dos documentos cartográficos.  
Católica no Medievo.

**Antônio Carlos Campos**

### INTRODUÇÃO

Prezado aluno, o simples ato de olhar para o céu noturno, em uma noite sem nuvens e longe das luzes da cidade, e nele identificar o grande número de estrelas de variados brilhos e cores, se constitui em uma forma primitiva de praticar a Astronomia de Posição. Quem não teve a experiência de ver uma “estrela cadente”, ou presenciar subitamente algum fenômeno no céu (passagem de um satélite, balão meteorológico ou mesmo um avião, aparente mudança de brilho de uma estrela etc) e tentar descrever, a outra pessoa, em que posição do céu isso aconteceu? Em geral, para o leigo, este tipo de experiência leva ao uso das mãos: a primeira reação é apontarmos para a direção onde se deu o fenômeno. Já outras pessoas podem tentar usar estrelas vizinhas ao ponto ou região do céu em questão. O fato é que a necessidade de localizar e identificar objetos no céu acompanha a civilização humana desde o seu início.

Na verdade, a posição de um astro no céu pode ser estabelecida por meio de um sistema de coordenadas. Este sistema, assim como os demais que veremos adiante, são todos de um mesmo tipo: a posição de uma estrela no céu pode ser definida pela especificação do valor de dois ângulos, um deles contado ao longo de um plano de referência, variando de  $0^\circ$  a  $360^\circ$ , e o outro contado a partir deste mesmo plano, variando de  $-90^\circ$  a  $90^\circ$ . Estes sistemas são chamados de sistemas de coordenadas esféricas.



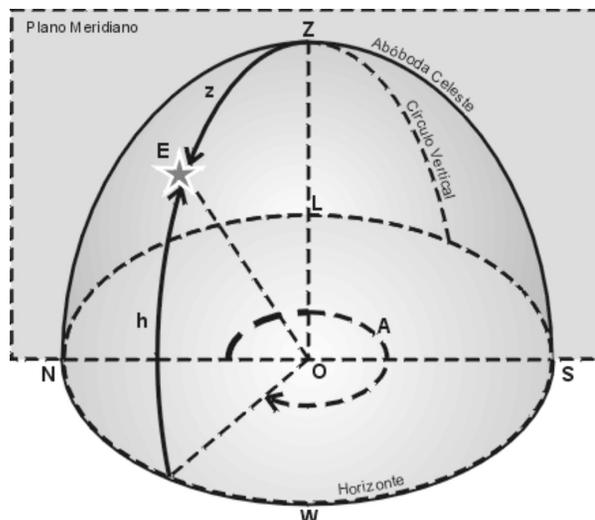
Fonte: <http://osoldosmeussonhos.blogs.sapo.pt>

## GEODÉSIA

Afigura abaixo ilustra o sistema de coordenadas horizontais. Na figura vemos a metade da abóboda celeste (= esfera celeste) visível ao observador situado em O. A posição da estrela está marcada por E. O zênite do observador é indicado por Z. O zênite é o ponto da esfera celeste acima da cabeça do observador. De maneira mais técnica podemos defini-lo como sendo o ponto da esfera celeste que resulta da extensão ad infinitum da vertical do observador. Assim sendo, a direção de Z é perpendicular ao plano horizontal do observador, no qual se situam os pontos cardeais: norte (N), leste (E), sul (S) e oeste (W).

O plano que contém tanto os pontos cardeais N e S quanto o zênite Z é o plano meridiano, cuja intersecção com a esfera celeste define o meridiano astronômico do observador. Este último, por vezes chamado de linha meridiana, divide a esfera celeste ao meio, sendo, portanto, um grande círculo. Analogamente, a intersecção do plano horizontal do observador com a esfera celeste é o horizonte do observador, novamente um círculo máximo da esfera celeste. As duas metades da esfera celeste definidas pelo horizonte são o hemisfério visível (acima do horizonte e que contém o zênite) e o hemisfério invisível (abaixo do horizonte). A figura abaixo, como já dissemos, representa apenas a metade visível da esfera celeste. Como o meridiano astronômico não é todo disponível à observação, alguns autores preferem definir como meridiano astronômico apenas o semicírculo meridiano situado acima do horizonte. Outros fazem referência a este último como sendo o meridiano superior, ou ainda, semimeridiano superior.

O plano que contém o observador O, o zênite Z e a estrela E é chamado de vertical da estrela. A intersecção do vertical da estrela com a esfera celeste define o círculo vertical da mesma.



Ver glossário no final da Aula

Pois bem, podemos situar qualquer ponto na **esfera celeste** com duas coordenadas. No caso do sistema horizontal, essas coordenadas são a altura  $h$  e o azimute  $A$ . Pela figura vemos que a altura é o ângulo entre a direção à estrela (segmento de reta  $OE$ ) e o plano do horizonte. A altura é arbitrada como sendo positiva para pontos da esfera celeste situados acima do **horizonte** e negativa para aqueles abaixo do horizonte. Já o azimute é o ângulo, contado ao longo do **plano horizontal**, entre o plano meridiano e o vertical da estrela. A origem da contagem de  $A$  (ou seja,  $A=0^\circ$ ) é, em geral, arbitrada como sendo o ponto cardeal norte (N); mas alguns autores preferem usar o ponto cardeal sul (S). É comum também substituir-se a altura  $h$  pela distância zenital  $z$ ; esta última é o ângulo entre a **direção vertical** (ou seja,  $OZ$ ) e a direção à estrela. Fica claro, tanto pelas definições quanto pela figura, que a altura e a distância zenital são ângulos complementares, ou seja:

$$h + z = 90^\circ$$

Azimute e altura geralmente são definidos de forma que seus valores possam variar dentro dos seguintes domínios:

$$0^\circ = < A = < 360^\circ$$

$$-90^\circ = < h = < +90^\circ$$

$$0^\circ = < z = < 180^\circ$$

Portanto, no plano da superfície a ser representada nos mapas, a orientação, o posicionamento e a direção são imprescindíveis para determinar as relações entre os objetos, fenômenos ou elementos concretos presentes numa determinada área. Por isso, para se determinar a localização relativa de uma ocorrência qualquer sobre a superfície da Terra, deve-se sempre conhecer alguns elementos básicos, que podem ser definidos por duas perguntas simples: onde ocorre e como chegar-se até ele? Assim, necessitamos nos orientar, ou seja, saber qual a direção em que se encontra o lugar buscado.

A direção por definição só pode ser determinada com referência (relação) a alguma coisa. O ponto de referência pode estar perto ou longe, pode ser concreto ou abstracto. Esse ponto de referência estabelece uma linha de referência baseada entre o observador e ele. Para isso, utilizamos os pontos de referência na superfície representados pelos pontos cardiais, que são pontos de orientação fundamentais: Norte, Sul, Leste e Oeste. Correspondem ao círculo do horizonte, aos extremos de duas linhas que se cortam em ângulo reto.

– Pontos Cardiais: N - S - E - W (4)

N (North) ou setentrional (septentrion – as sete estrelas da Ursa Maior que ficam no N);

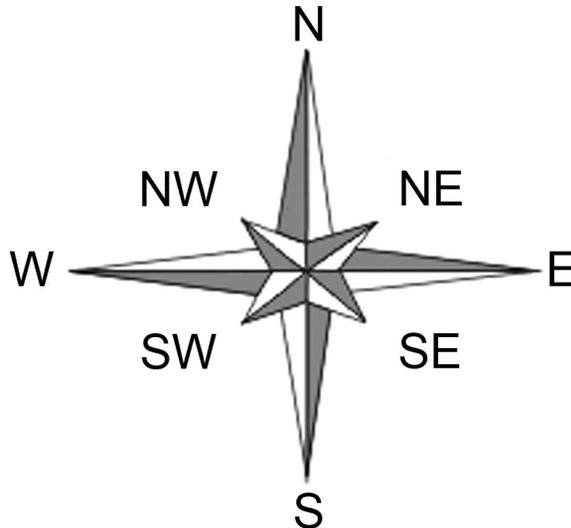
S (South) ou meridional (meridionalis, de meridis – sul);

E (East) ou oriente ou levante (oriens – surgir, elevar-se; lado onde o sol se levanta);

W (West) ou ocidente ou poente (occidens – tombar; lado onde o sol se tomba, põe).

- Pontos Colaterais ou intermediários: NE - SE - NW - SW (4)
  - Pontos Subcolaterais (entre os cardeais e os colaterais) (8)
  - Pontos Subsubcolaterais (entre os colaterais e os subcolaterais) (16)
- Os 32 pontos acima configuram a ROSA DOS VENTOS.

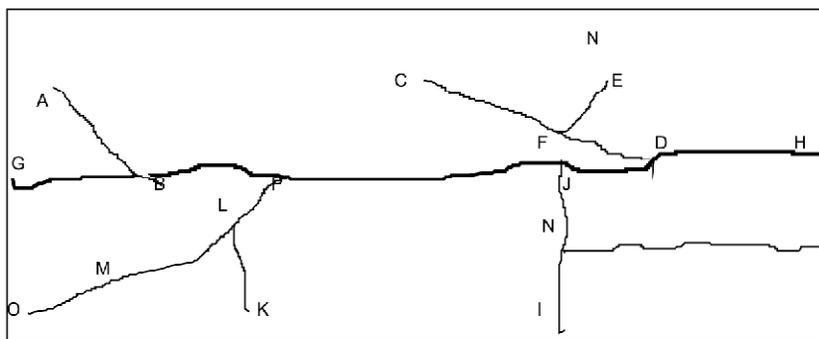
Neste caso, utilizamos a idéia de Horizonte Visual, que é o lugar onde ocorre a junção aparente do céu com a superfície terrestre; também chamado de horizonte físico ou visível para determinar as direções.



**Direção:** a posição de um ponto em relação a outro, sem ser considerada a distância entre eles. A direção pode ser tridimensional ou bidimensional, sendo a direção horizontal o plano habitual desta última direção. A direção é, em geral, indicada em termos de seu ângulo a partir de uma direção de referência. (Dicionário Cartográfico)



1. Construa a Rosa dos Ventos (pontos cardeais, colaterais e sub-colaterais).
2. Na carta hipotética abaixo, descreva a direção predominante dos segmentos indicados na rede de drenagem, de acordo com a Rosa dos Ventos do ex. 1:



AB	CD	EF	GH
IJ	KL	MN	OP

3. A partir da tabela acima, obtenha as direções inversas.

BA	DC	FE	HG
JI	LK	NM	PO

### COMENTÁRIO SOBRE AS ATIVIDADES

Naturalmente quando desejamos nos deslocar para algum lugar nunca pensamos nos trajetos que devemos fazer, mas em Cartografia as direções sempre começam num ponto de partida e tem seu final em algum ponto determinado. Assim, necessitamos ter alguma referência quer seja o norte verdadeiro indicado no mapas ou simplesmente a parte superior da folha.

### RUMOS E AZIMUTES TERRESTRES

Também muito utilizada na navegação, a direção entre dois pontos pode ser definida por rumos ou por **azimutes**, ou seja, direções angulares em relação ao norte de referência.

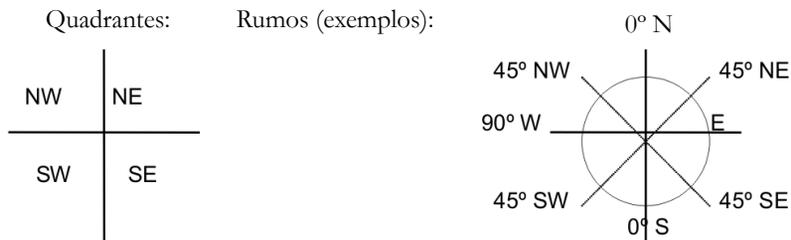
Ver glossário no final da Aula

O rumo é definido como o menor ângulo que o alinhamento faz com a direção norte-sul, sendo contado a partir da ponta norte ou da ponta sul como origem, com contagem de 0 a 90°. Os rumos podem ser: NE (nordeste), NW (noroeste), SE (sudeste) e SW (sudoeste). São contados à direita ou à esquerda conforme o alinhamento se encontre mais próximo do E (este) ou do W (oeste). Somente quando coincidem com os pontos cardeais, os rumos assumem a direção destes, ou seja, N, S, E ou W, conforme é mostrado na figura abaixo. Os rumos podem ser magnéticos (em relação ao norte magnético), verdadeiros (em relação ao norte verdadeiro

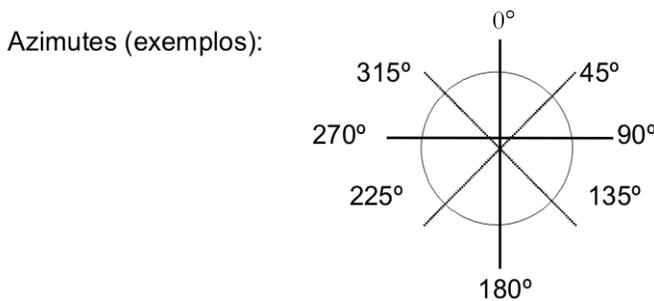
ou geográfico) ou assumidos (em relação a um alinhamento arbitrário); este assunto será tratado adiante.

Para efeito didático, convencionamos que todo documento cartográfico possui um norte (norte da quadrícula) como sendo a parte superior da folha, e que sua variação em relação ao Norte Convencional (Norte Verdadeiro) e ao Norte Magnético (otido com ajuda da bússola) pode ser expressa tanto graficamente, quanto em valores de graus.

De acordo com a finalidade, definimos que o posicionamento geral dos elementos contidos numa carta pode assumir uma posição conforme pode se verificar nos quadrantes localizados abaixo. Nesse caso, os rumos medidos entre objetos devem ser medidos com transferidor de 360° e nomeados com o ponto colateral direcionado.



Já a medição do Azimute: é o ângulo que o alinhamento forma com a direção norte-sul a partir da ponta norte como origem. São contados de 0 a 360° e são chamados de azimutes à direita quando contados para a direita do norte (sentido horário) e azimutes à esquerda quando contados para a esquerda do norte (sentido anti-horário). Os azimutes à direita são mais utilizados e quando se diz “azimute” subentende-se “azimute à direita”.

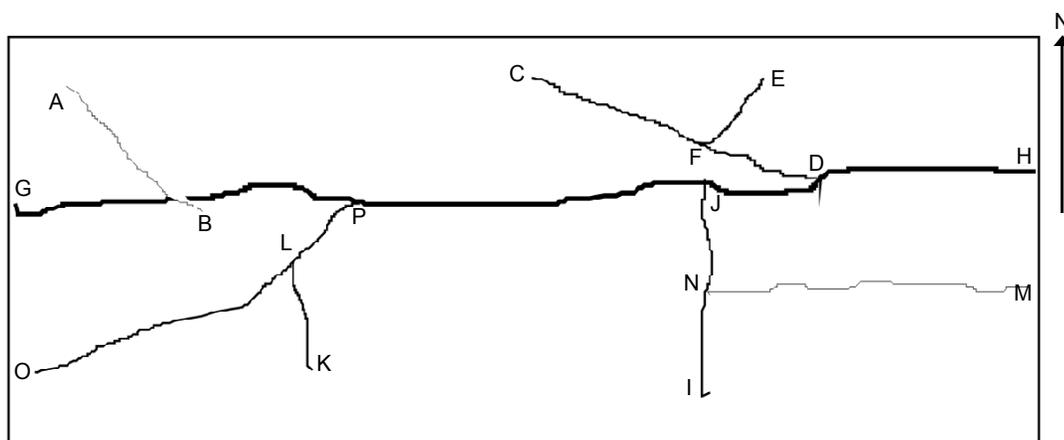


**Como o azimute é contado a partir de uma única ponta, não é necessário acrescentar qualquer outra informação adicional, relativa à direção como N, S etc.**



## ATIVIDADES

1. Na carta hipotética do exercício anterior, fornecer os rumos e os azimutes aproximados para os mesmos segmentos.



Rumos:

AB	CD	EF	GH
IJ	KL	MN	OP

Azimutes:

AB	CD	EF	GH
IJ	KL	MN	OP

Normalmente utilizamos a conversão de rumos (R) em azimutes (Az) e vice-versa. Para esta tarefa, usamos as seguintes fórmulas.

$$Az = R \quad Az = 180^\circ - R \quad Az = 180^\circ + R \quad Az = 360^\circ - R$$

$$R = Az \quad R = 180^\circ - Az \quad R = Az - 180^\circ \quad R = 360^\circ - Az$$

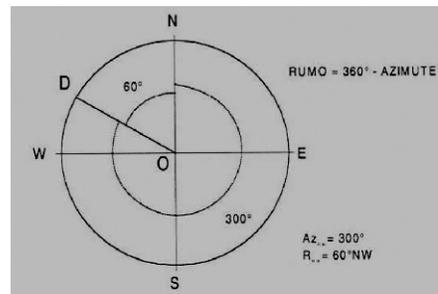
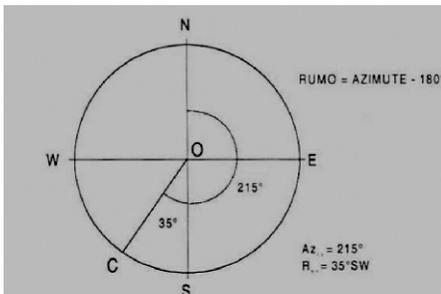
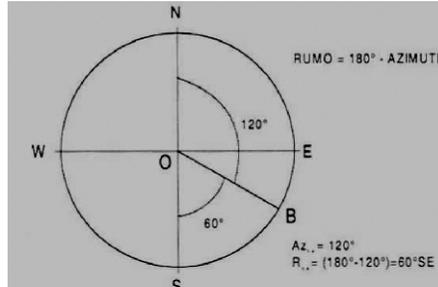
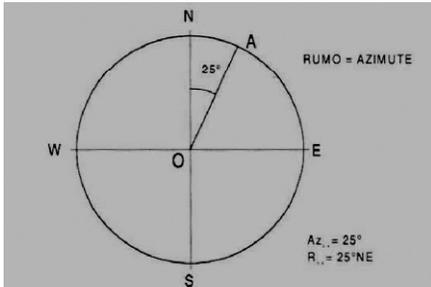
### COMENTÁRIO SOBRE AS ATIVIDADES

O Azimute de um alinhamento é o ângulo formado no sentido horário, entre a linha Norte-Sul e um alinhamento qualquer, com variação entre  $0^\circ$  e  $360^\circ$ . Já o Rumo de um alinhamento é o menor ângulo formado entre a linha Norte-Sul e um alinhamento qualquer, com variação de  $0^\circ$  a  $90^\circ$ , devendo ser indicado o quadrante. Normalmente colocamos o centro do transferidor de  $360^\circ$  no ponto de origem da direção para obtermos uma reta de sentido, respeitando o sentido norte indicado no mapa.

Casos especiais (pontos cardeais):

Norte:  $R = 0^\circ N \rightarrow Az = 0^\circ$   
 Leste:  $R = 90^\circ E \rightarrow Az = 90^\circ$

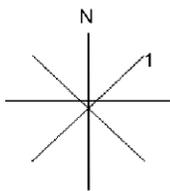
Sul:  $R = 0^\circ S \rightarrow Az = 180^\circ$   
 Oeste:  $R = 90^\circ W \rightarrow Az = 270^\circ$



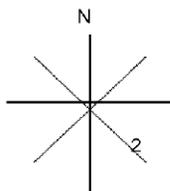
**ATIVIDADES**

Indicar em cada quadrante os arcos R e Az, conforme a fórmula:

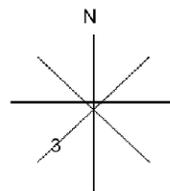
1º Quadrante



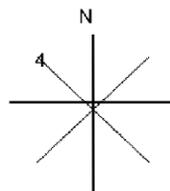
2º Quadrante



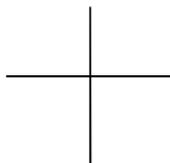
3º Quadrante



4º Quadrante



Indicar abaixo os casos especiais.



Transforme os seguintes rumos em azimutes:

- |           |           |
|-----------|-----------|
| a) 45° NW | b) 20° NE |
| c) 10° SE | d) 70° SE |
| e) 0° N   | f) 0° S   |
| g) 90° E  | h) 90° W  |

Transforme os seguintes azimutes em rumos:

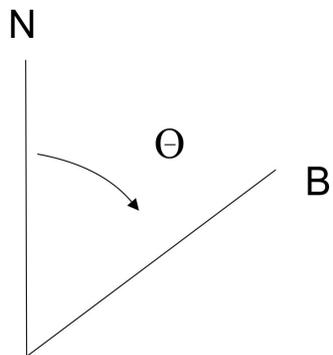
- |         |         |
|---------|---------|
| a) 200° | b) 37°  |
| c) 300° | d) 150° |
| e) 0°   | f) 180° |
| g) 90°  | h) 270° |

### COMENTÁRIO SOBRE AS ATIVIDADES

Este é um exercício de contagem simples que você pode utilizar em casa. Quando colocamos o transferidor de 360° na nossa frente com o 0° (zero grau) direcionado para frente podemos dizer que este é o nosso norte, que pode mudar se mudamos de posição. E os ângulos formados entre o nosso norte hipotético e os objetos ao redor podem facilitar a apreensão dos rumos e azimutes, que de acordo com a fórmula de conversão torna-se natural a indicação de azimutes ou de rumos seguidos do ponto colateral (NE, SE, SO e NO).

### CONCLUSÃO

A definição de azimute entre dois pontos é estabelecida como sendo o ângulo formado entre a direção do Norte passando pelo ponto estação e a direção considerada entre este e o outro ponto, sempre contada em sentido horário.



Considerando-se o norte magnético como direção base, o azimute será magnético. Com o norte geográfico, o azimute pode ser o azimute geográfico ou geodésico ou verdadeiro. Já o norte da quadrícula é definido sempre pela direção das linhas de coordenadas paralelas ao meridiano central, ou seja, das linhas verticais que estabelecem as coordenadas. O norte geográfico ou verdadeiro é o ponto de convergência de todos os meridianos. E o

norte magnético é a direção determinada pela agulha magnética da bússola, livre de influência de massas metálicas. Portanto, a utilização de medidas angulares nas cartas pode determinar posições e direções e também serve como base para medidas de distâncias, muito utilizada em navegações e na determinação de rotas aéreas.





### RESUMO

A orientação, a localização e a relação entre dois ou mais elementos contidos numa representação devem partir do posicionamento que estes se encontram. Na Geografia o posicionamento e a relação marcadamente efetuada com o auxílio dos pontos cardeais e colaterais revelam possibilidades de análises e interpretações que, aliados aos métodos de medição de distância, podem favorecer a determinação relativa e absoluta de objetos ou fenômenos. A localização relativa ou a posição como costumamos evidenciar em Geografia leva em consideração tanto o quadrante quanto as medidas de rumo e azimutes entre dois ou mais pontos de referência na carta. Assim, a determinação do rumo ou do azimute serve para desenvolver noções básicas de posicionamento e localização.



### PRÓXIMA AULA

A orientação e a localização relativa devem ser complementadas com o uso da bússola e a determinação de pontos de referência magnéticos. A esse respeito nos aproximaremos logo mais.

### REFERÊNCIAS

ALEGRE, Marcos. Localização do ponto à superfície da Terra. **Boletim de Geografia**, Maringá, v. 3, n.3, p.31-43, jan 1985.  
DUARTE, Paulo A. **Cartografia básica**. Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina, 1986.

### GLÓSSARIO

**Esfera celeste:** Um modelo de céu pelo qual o consideramos a superfície de uma esfera centrada em nós. Todos os astros (Sol, Lua, planetas, estrelas, cometas etc) estão localizados sobre a esfera celeste.

**Direção vertical:** A direção diretamente acima ou abaixo de um observador. De forma mais precisa, direção da aceleração gravitacional no ponto da superfície terrestre onde ele se encontra.

Plano horizontal: Plano perpendicular à direção vertical de um observador e que contenha o mesmo.

Horizonte: O círculo máximo que resulta do prolongamento do plano horizontal do observador até encontrar a esfera celeste; é a intersecção entre a esfera celeste e o plano perpendicular à vertical do observador.

Meridiano astronômico: O grande círculo que passa pelo zênite do observador e pelos pontos cardeais.

Plano vertical: Qualquer plano perpendicular ao plano horizontal. Plano vertical de um astro é o plano que contém o círculo vertical do mesmo.

Azimute (A): Outra coordenada horizontal. É o ângulo, contado ao longo do horizonte, entre a direção norte e a base do círculo vertical do astro. Outra forma de defini-lo é como sendo o ângulo entre o plano meridiano do observador e o vertical do astro. É geralmente contado no sentido norte-leste-sul-oeste.  $A=0^\circ$ : ponto cardinal norte;  $A=90^\circ$ : ponto cardinal leste;  $A=180^\circ$ : ponto cardinal sul;  $A=270^\circ$ : ponto cardinal oeste.

Altura (h): Trata-se de uma das coordenadas do sistema horizontal (a outra é o azimute). A altura de um objeto é o ângulo entre a direção ao objeto e a horizontal, ângulo este contado ao longo do círculo vertical que contém o astro. A altura pode ser tanto positiva ( $h > 0^\circ$ , astro acima do horizonte) quanto negativa ( $h < 0^\circ$ , astro invisível, abaixo do horizonte). A altura do zênite é  $h = 90^\circ$  e a do nadir é  $h = -90^\circ$ .

Pólos celestes: São os pontos da esfera celeste que resultam do prolongamento do eixo de rotação da Terra. Os pólos celestes norte e sul são pontos fixos da esfera celeste, ou seja, não se movem no céu de um observador durante a noite. Para um observador situado em um dos pólos geográficos da Terra, o pólo celeste correspondente coincide com o zênite.