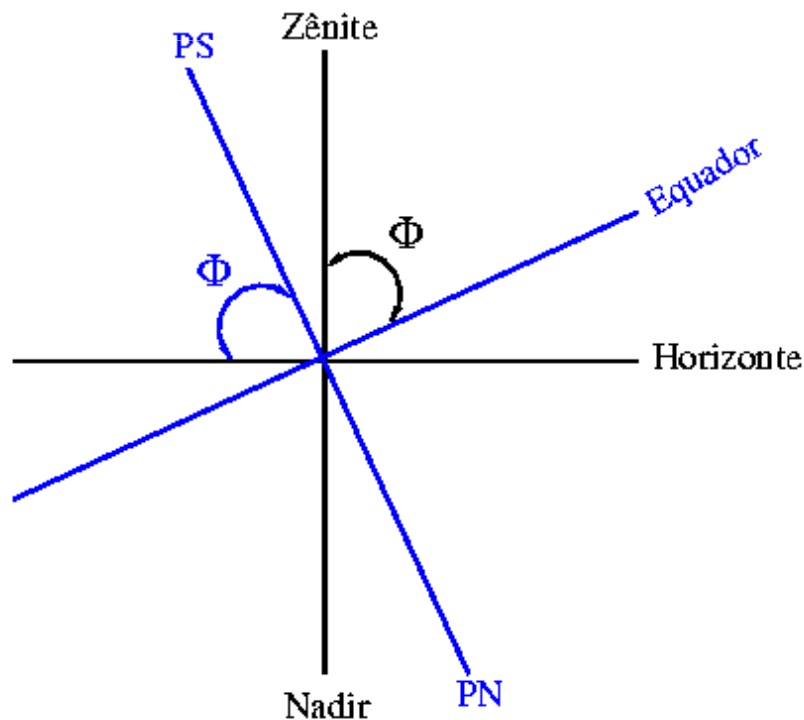


# SISTEMAS DE REFERÊNCIA

## Coordenadas celestiais e terrestres

- Posição do Disco solar acima do horizonte
- Em função da grande distância entre o Sol e a Terra, a radiação solar pode ser considerada colimada, ocupando um campo de visão limitado, denominado “disco solar aparente”. Esse disco aparente é considerado pontual.

- Plano perpendicular à vertical do lugar passando pelo observador chamamos de plano do horizonte.
- A vertical do lugar que passa pelo observador e “fura o céu” num ponto acima da cabeça do observador é o zênite do observador. O ponto oposto ao zênite com relação ao observador é o Nadir.

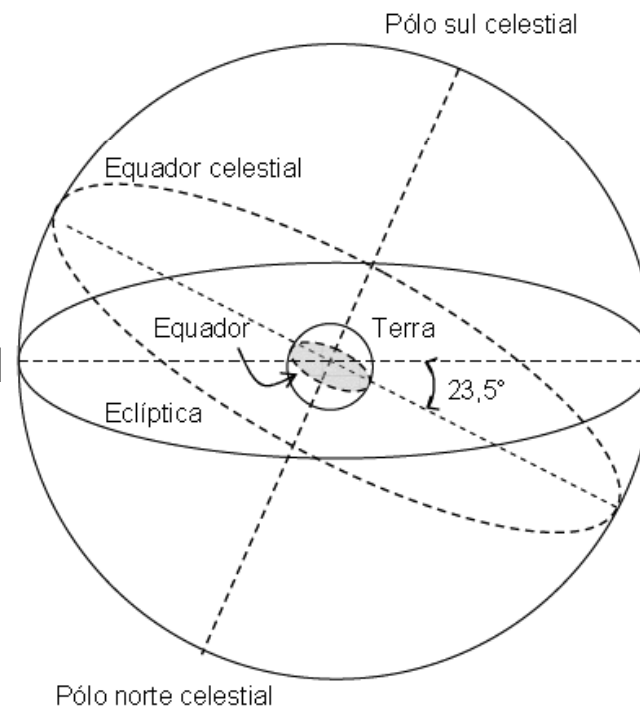


Linha do horizonte: linha de intersecção onde o céu e a terra se encontram

**A quantidade de radiação solar depende da posição do disco solar no céu, isto é, depende de variáveis astronômicas associadas à órbita da Terra ao redor do Sol. Para se conhecer tal posição, é necessário definir sistemas de coordenadas celestiais e terrestres.**

Sistema de coordenadas celestiais

- Sistema equatorial horário
- Sistema horizontal local

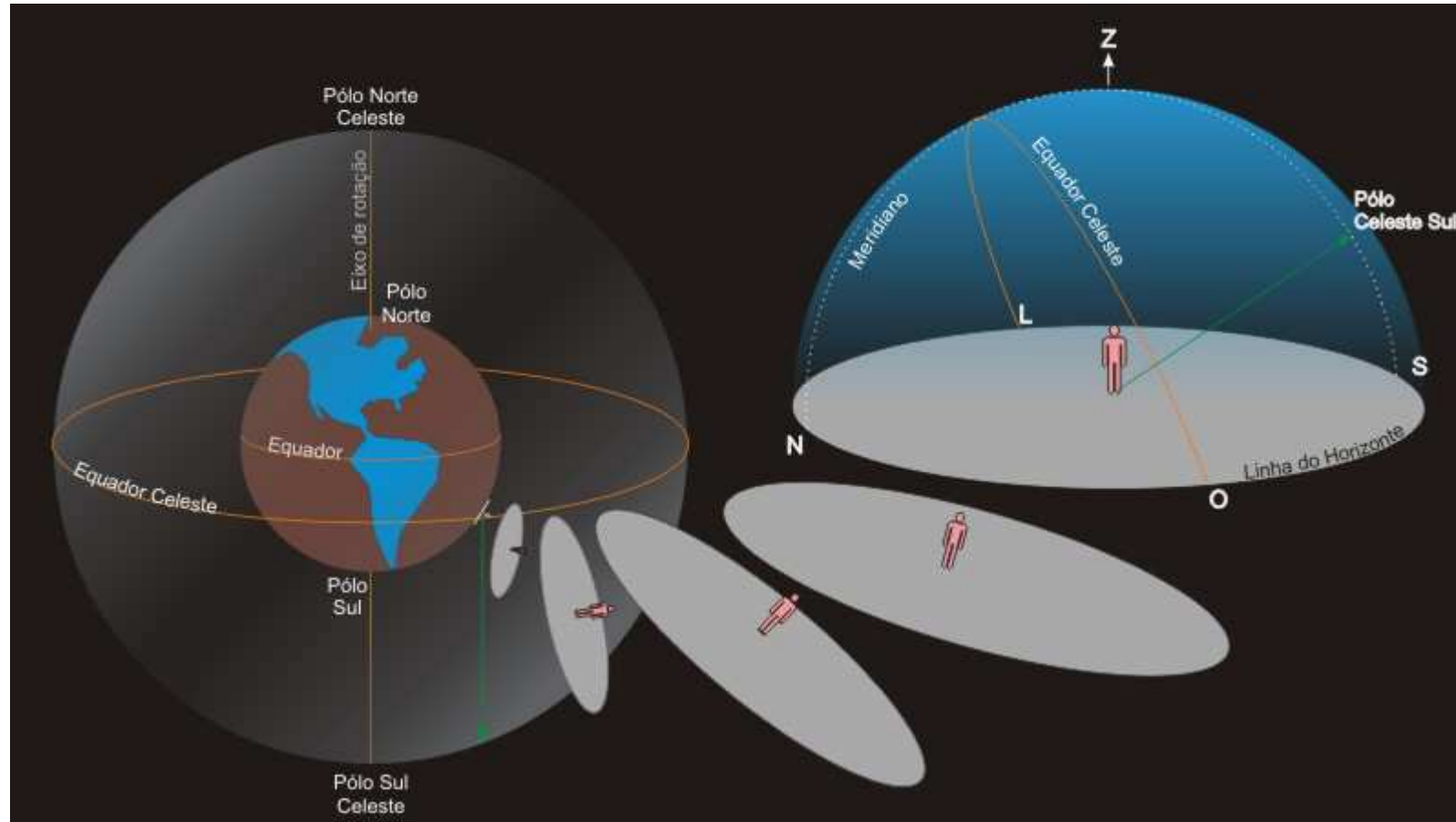


Plano do equador: plano perpendicular ao eixo de rotação e que passa pelo centro da Terra.

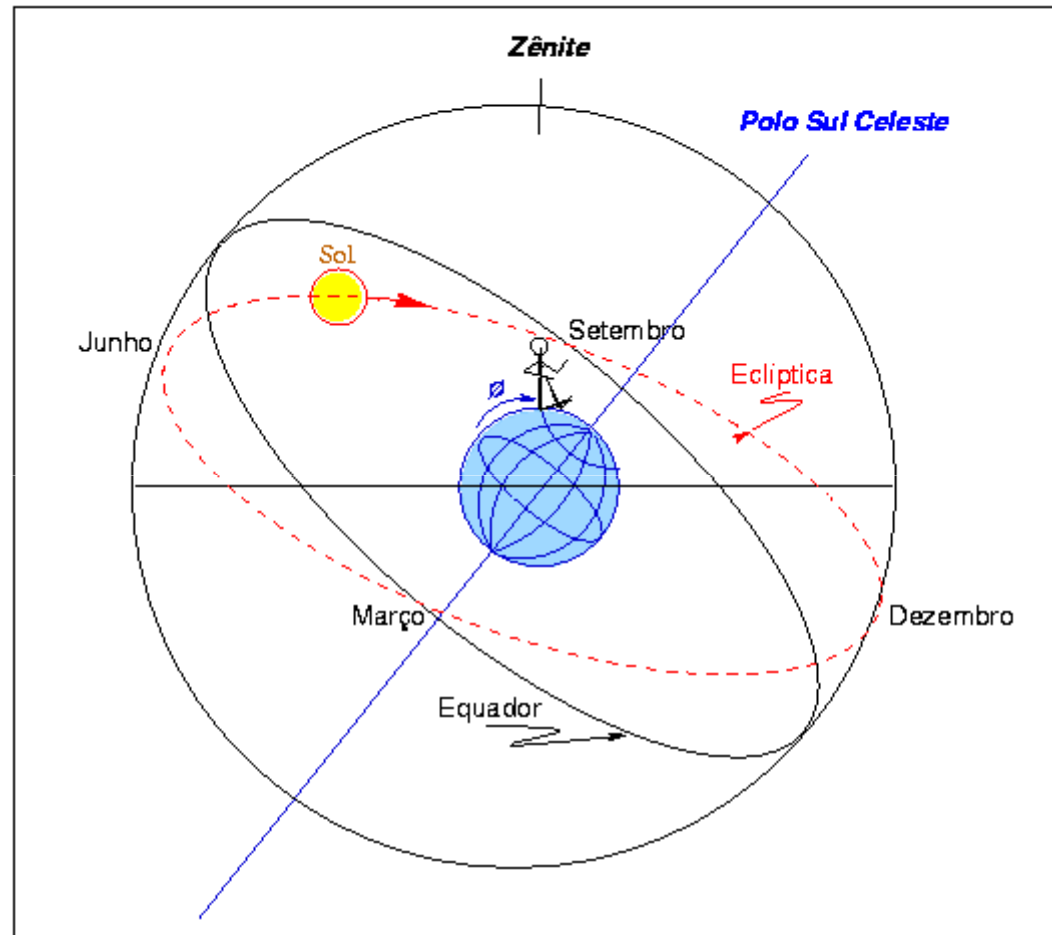
Equador Celeste: divide a esfera celeste em Hemisfério Norte e Hemisfério Sul.

Figura 3.3 – A esfera celeste. Adaptado de Paltridge & Platt [1976].

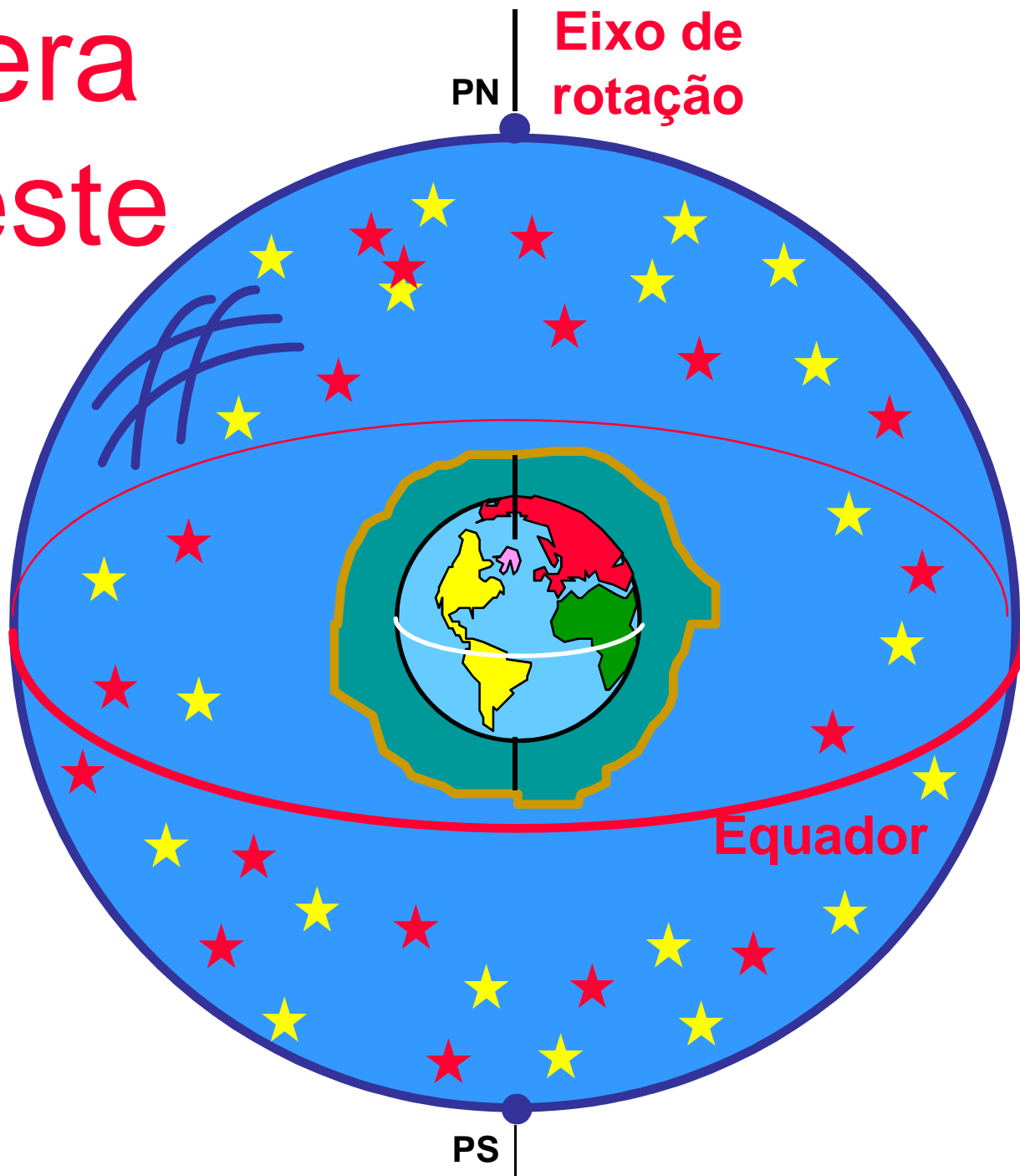
# Esfera Celeste



Sistema Celestial: definido a partir da esfera celestial  
Que é uma esfera imaginária concêntrica ao redor da Terra



# Esfera Celeste



- Sistema de coordenadas terrestre-sistema geográfico
- Sistema de coordenadas celeste
  - Sistema equatorial horário
  - Sistema horizontal local

## Sistema de Coordenadas terrestre

### Sistema de coordenadas geográficas

• **Longitude geográfica ( $\lambda$ ):** é o ângulo medido ao longo do equador da Terra, tendo origem em um meridiano de referência (o meridiano de Greenwich), e extremidade no meridiano do lugar. Na Conferência Internacional Meridiana, realizada em Washington em outubro de 1884, foi definida como variando de 0° a +180° (Oeste de Greenwich) e de 0° a -180° (Leste). Na convenção usada em astronomia, varia entre -12h (Oeste) e +12h (Leste).

$$-12h \leq \lambda \leq +12h$$

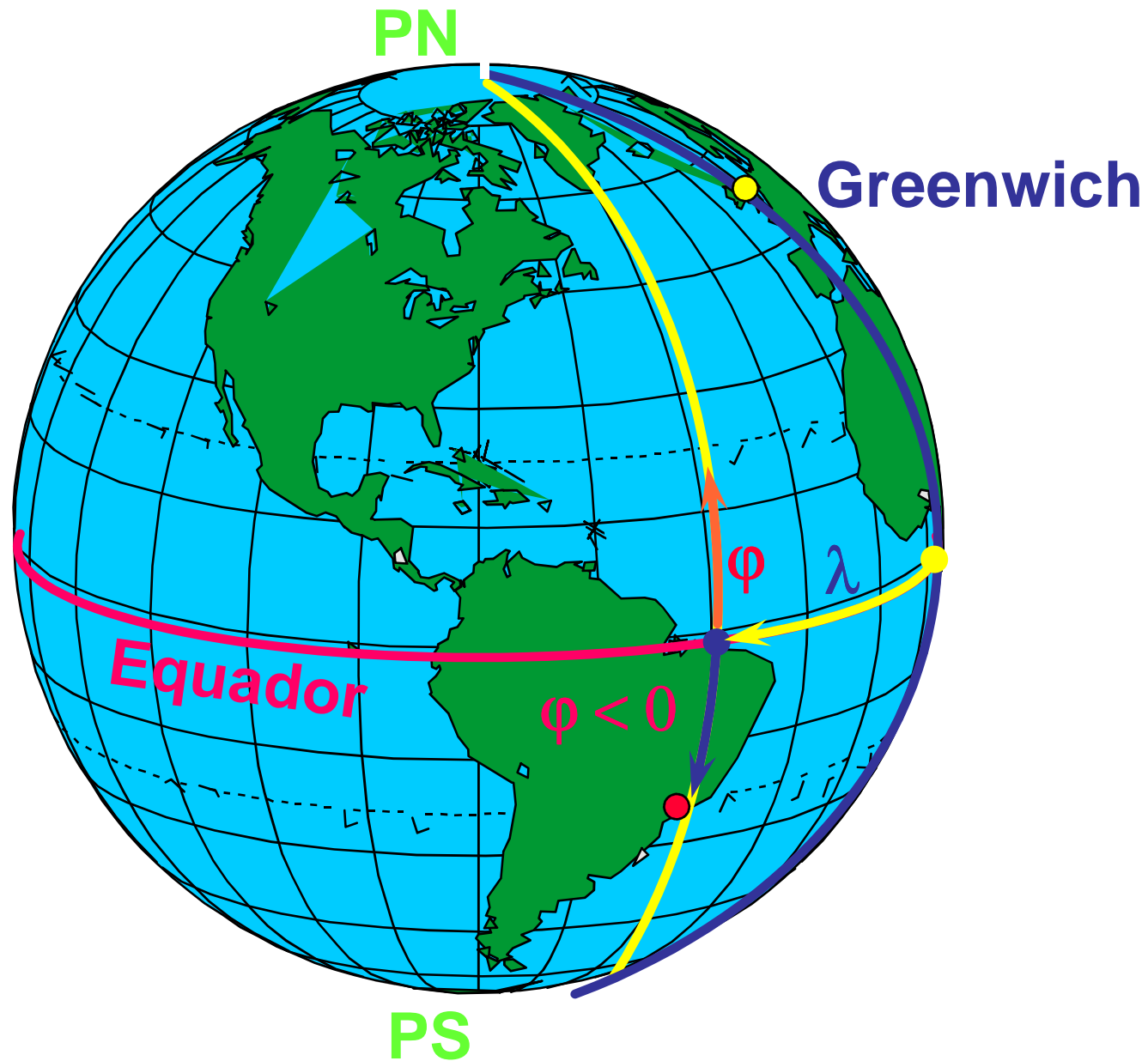
• **Latitude geográfica ( $\varphi$ ):** ângulo medido ao longo do meridiano do lugar, com origem no equador e extremidade no zênite do lugar. Varia entre -90° e +90°. **O sinal negativo indica latitudes do hemisfério sul e o sinal positivo hemisfério norte.**

$$-90 < \varphi < +90$$

• **Definição astronômica de latitude:** A latitude de um lugar é igual à altura do pólo elevado ( $h_p$ ).



Latitude  $\varphi$  e Longitude  $\lambda$



## Sistema Equatorial Horário

**ângulo horário (H):** ângulo medido sobre o equador, com origem no meridiano local e extremidade no meridiano do astro. Varia entre  $-180^\circ$  a  $+180^\circ$ , sendo negativo antes da passagem meridiana do astro (o “meio-dia” do astro) e positivo depois.

•**Declinação ( $\delta$ ):** que é computada a partir do equador celeste até o paralelo do astro, variando de  $-90^\circ$  a  $+90^\circ$ , sendo positiva para astros no HN. Esse sistema de coordenadas é usado para localizar astros no céu.

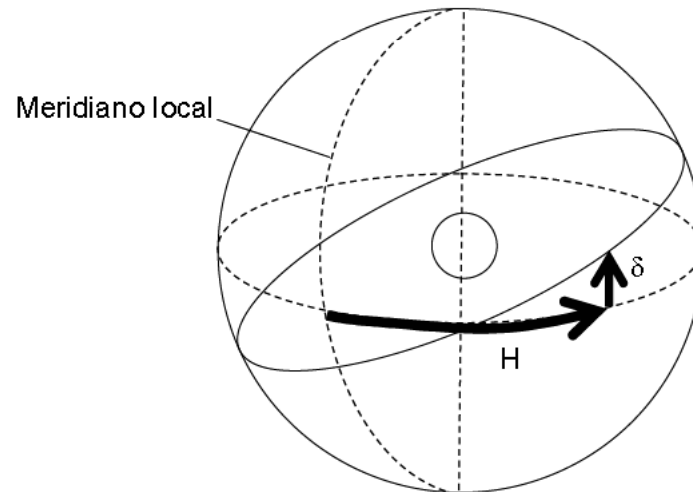


Figura 3.5 – O sistema equatorial horário e suas coordenadas: ângulo horário (H) e declinação ( $\delta$ ).

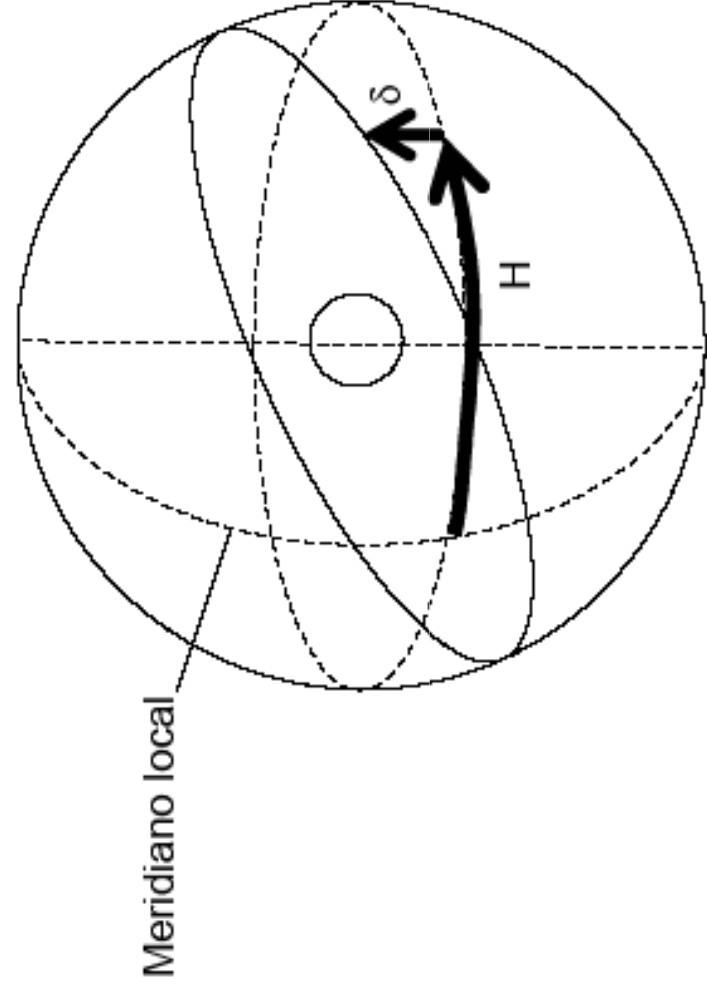
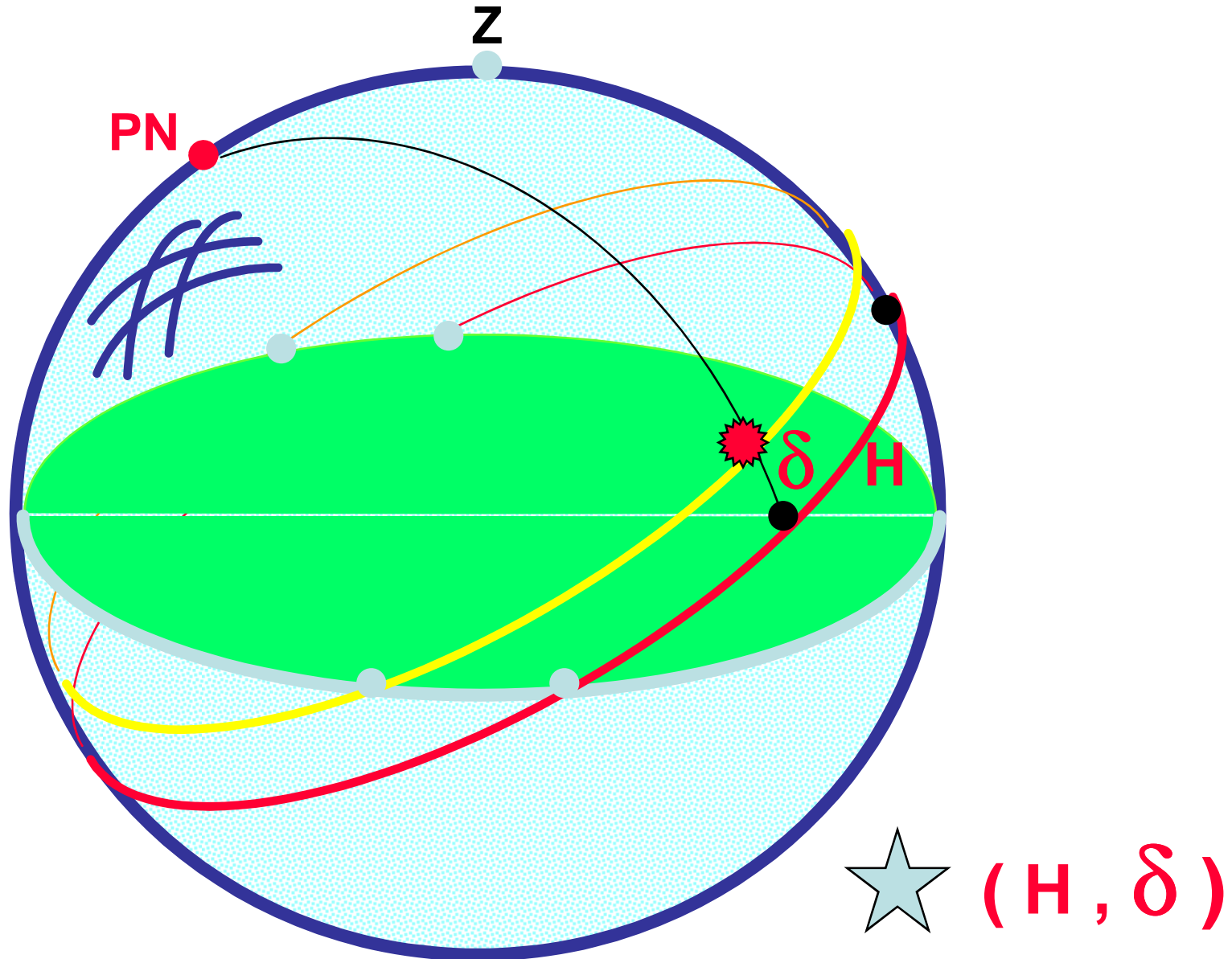
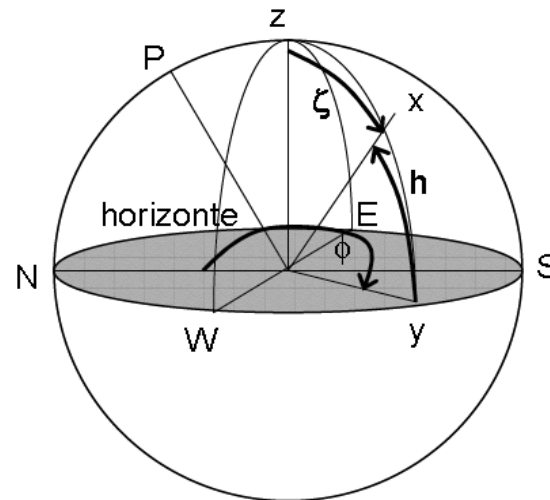


Figura 3.5 – O sistema equatorial horário e suas coordenadas: ângulo horário (H) e declinação ( $\delta$ ).

# Sistema Horário de Coordenadas



## Sistema horizontal local (para localizar astros na esfera celeste)



Esse sistema utiliza como plano fundamental o Horizonte celeste. As coordenadas horizontais são **azimute** ou **distância azimutal** e **elevação (h)**

Figura 3.6 – Representação esquemática do sistema horizontal local de coordenadas ( $\phi$ ,  $\zeta$  ou  $h$ ).

Este sistema também é utilizado para localizar astros na esfera celeste. Suas coordenadas são o azimute ou distância azimutal ( $\phi$ ) e a elevação ( $h$ ). O azimute é contado a partir do norte local até o semi-plano vertical que contém o astro, sobre o plano do horizonte, de norte para leste, variando de  $0^\circ$  a  $360^\circ$ . A elevação é computada a partir do horizonte até o astro, sobre o semi-plano vertical que contém o astro e varia de  $0^\circ$  a  $90^\circ$ , para astros “visíveis” acima do horizonte.

O sistema horizontal é um sistema *local*, no sentido de que é fixo na Terra. As coordenadas azimute e altura (ou azimute e distância zenital) dependem do lugar e do instante da observação, e não são características do astro.

A distância zenital ( $\zeta$ ) é o ângulo complementar à elevação ( $h$ ). Esta será a coordenada adotada neste curso quando o sistema horizontal local for utilizado.

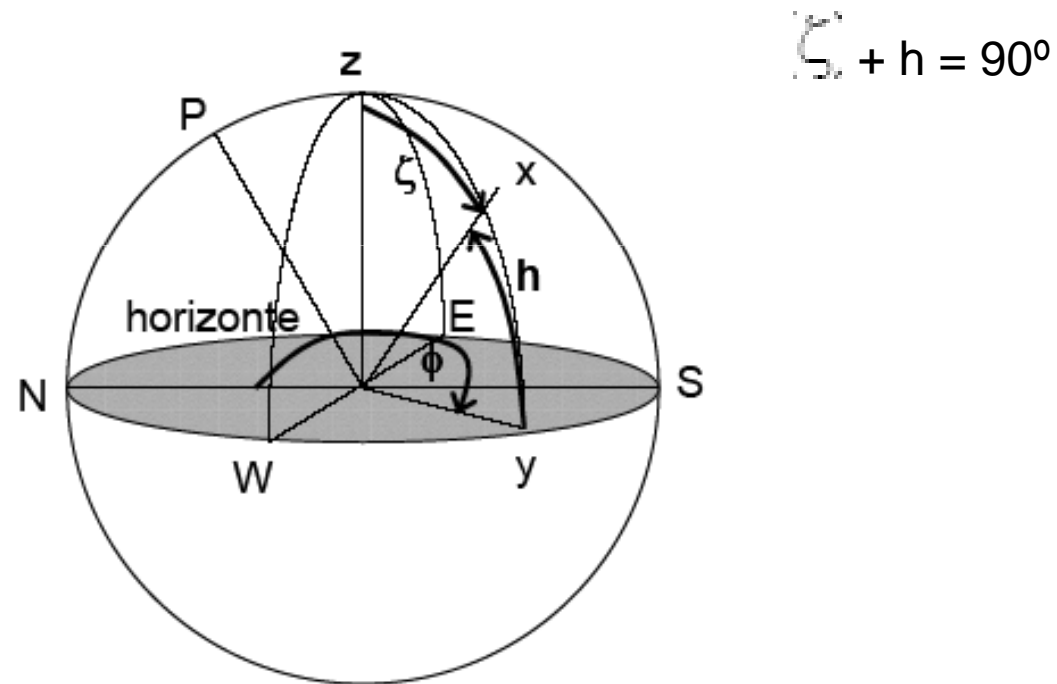
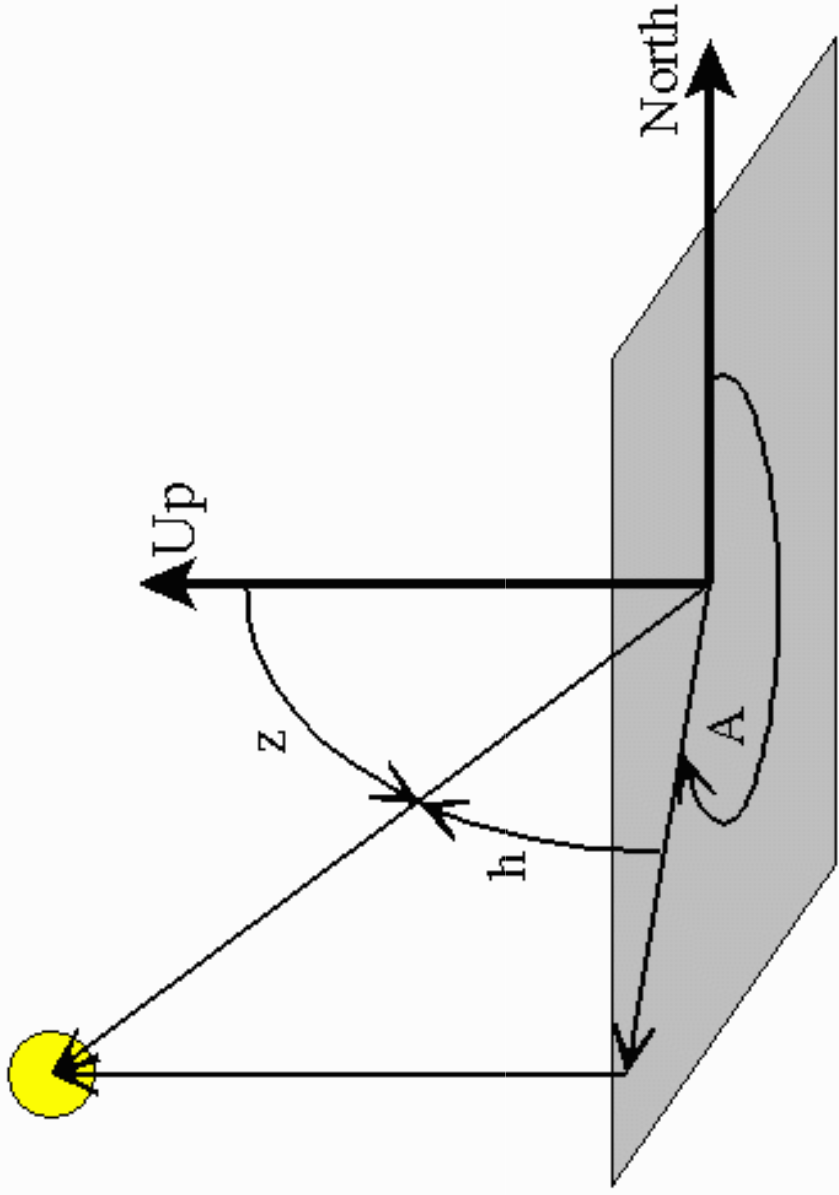


Figura 3.6 – Representação esquemática do sistema horizontal local de coordenadas ( $\phi$ ,  $\zeta$  ou  $h$ ).

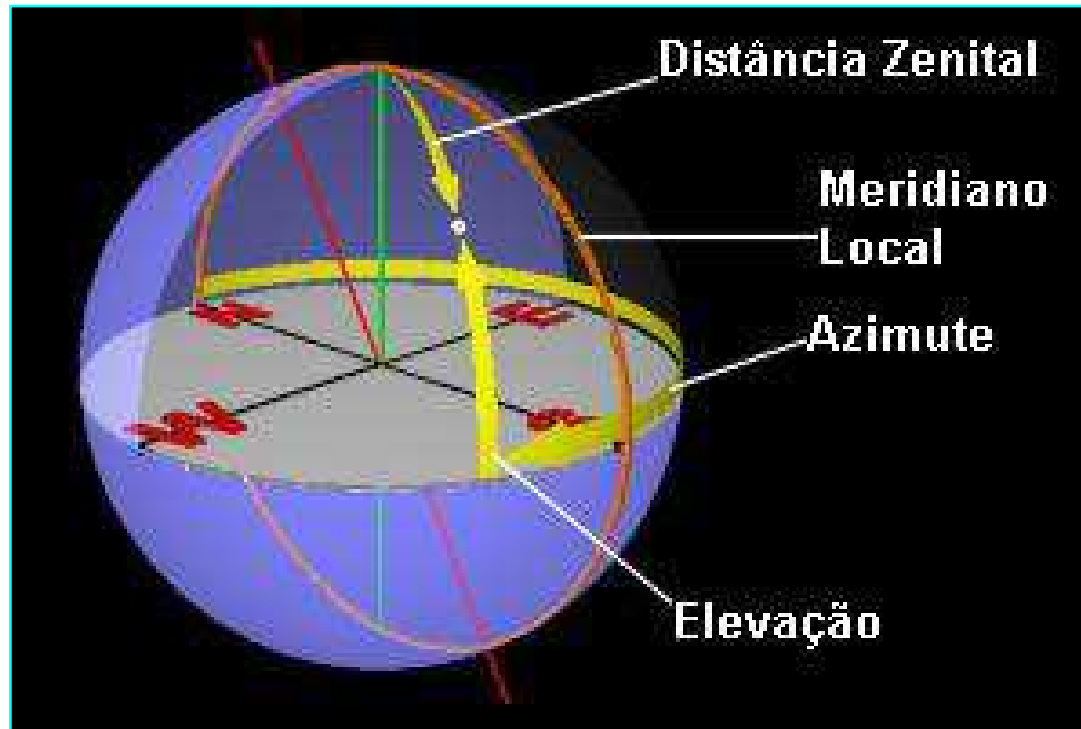


$h$  = elevation angle, measured up from horizon

$z$  = zenith angle, measured from vertical

$A$  = Azimuth angle, measured clockwise from North

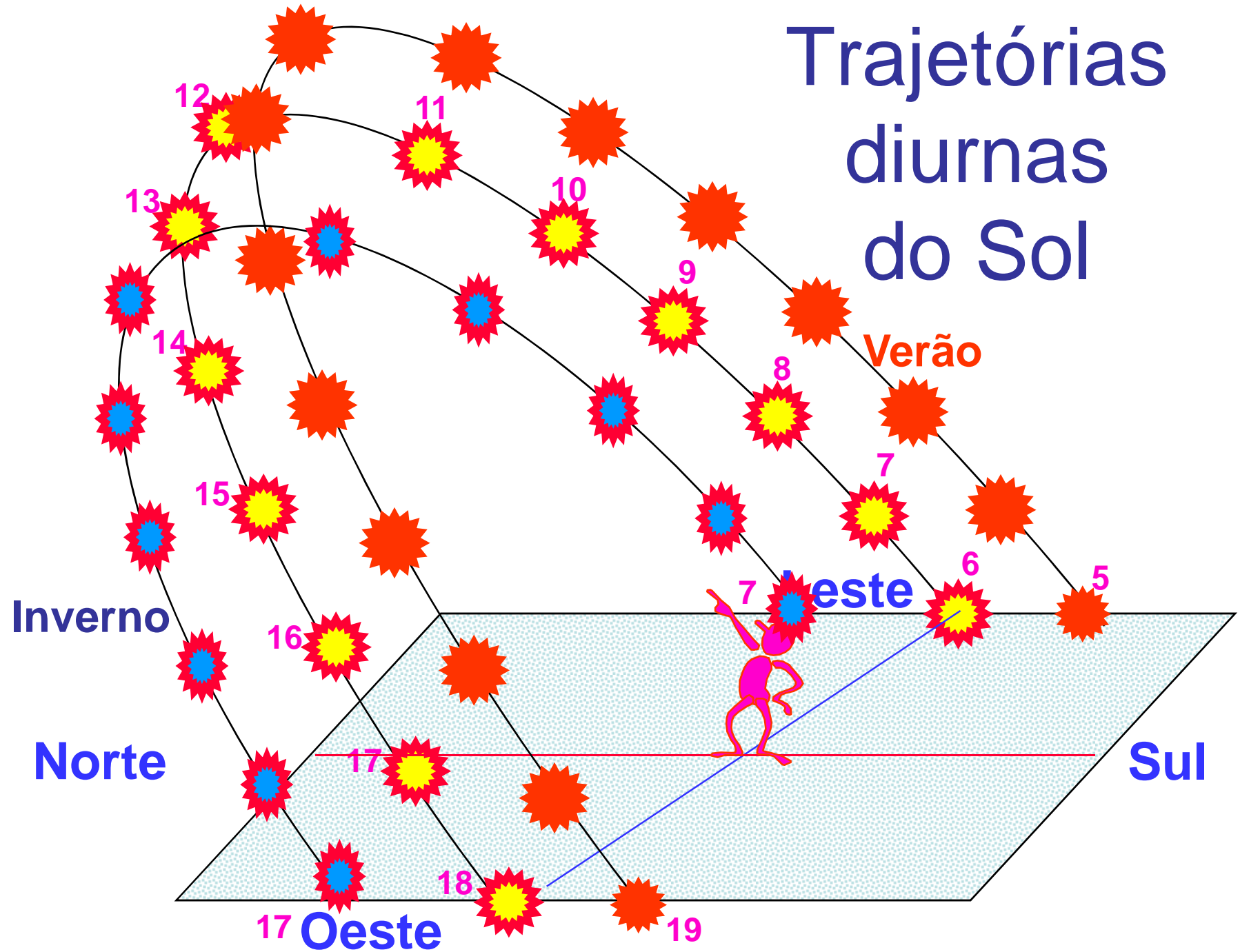
## Sistema de Coordenadas Horizontal

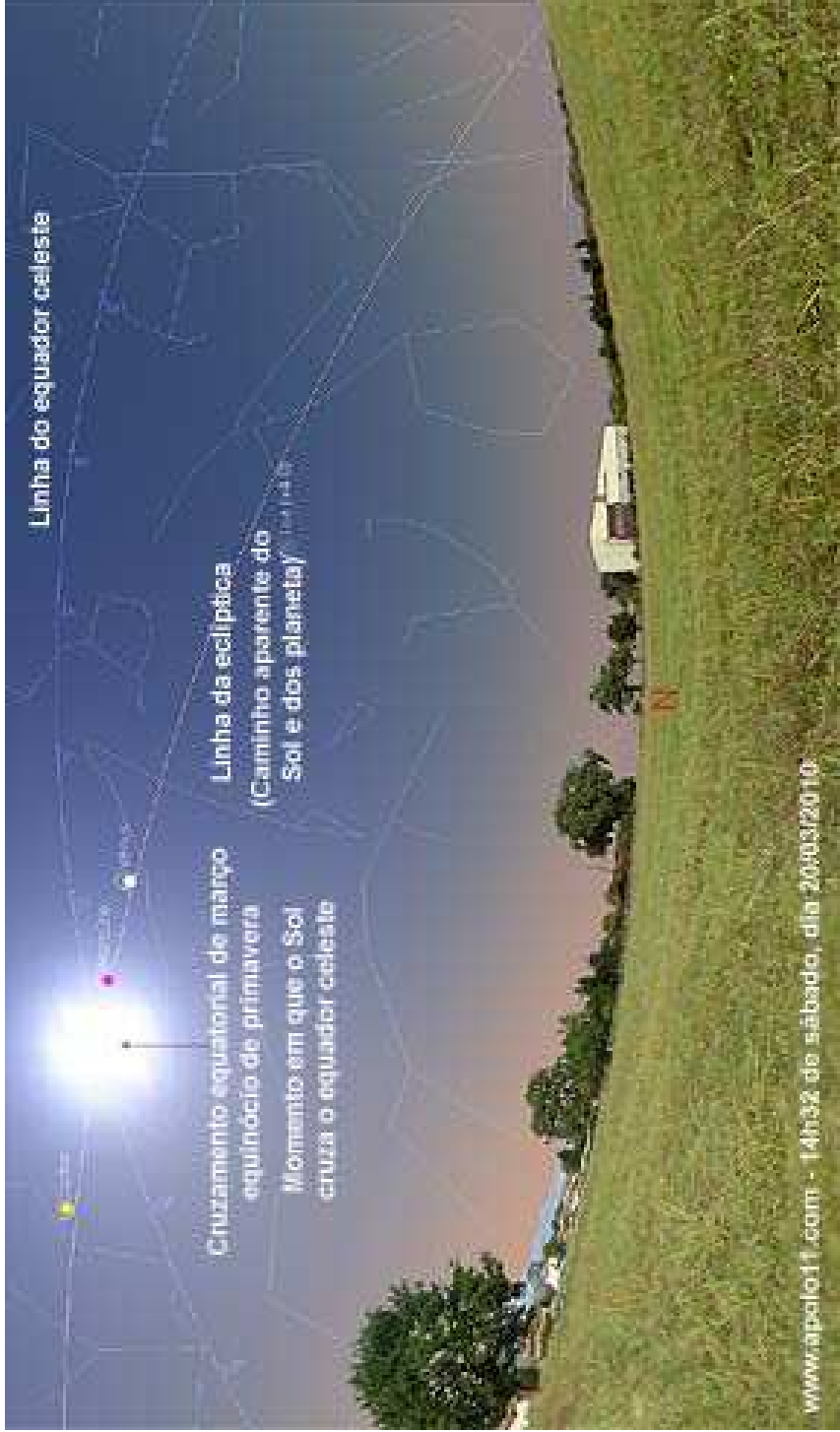


**Fig.6:** Sistema horizontal e suas coordenadas: Azimute ( $A$ ) e Distância Zenital ( $z$ ). Também mostrada a elevação ( $h$ ) - ângulo complementar à distância zenital. (adaptado de: <http://library.thinkquest.org/29033/begin/coordinate.htm>).

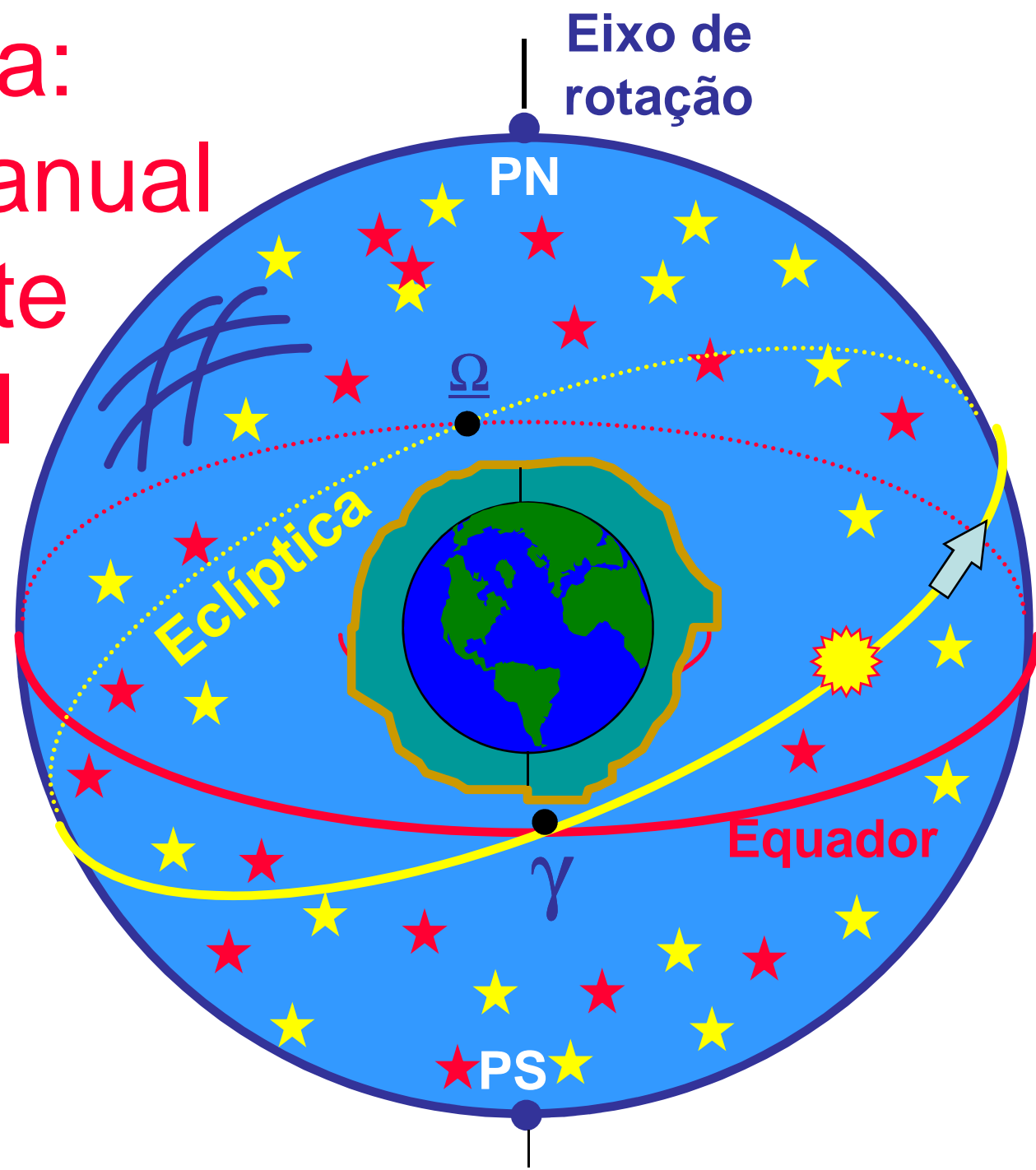


# Trajetoórias diurnas do Sol

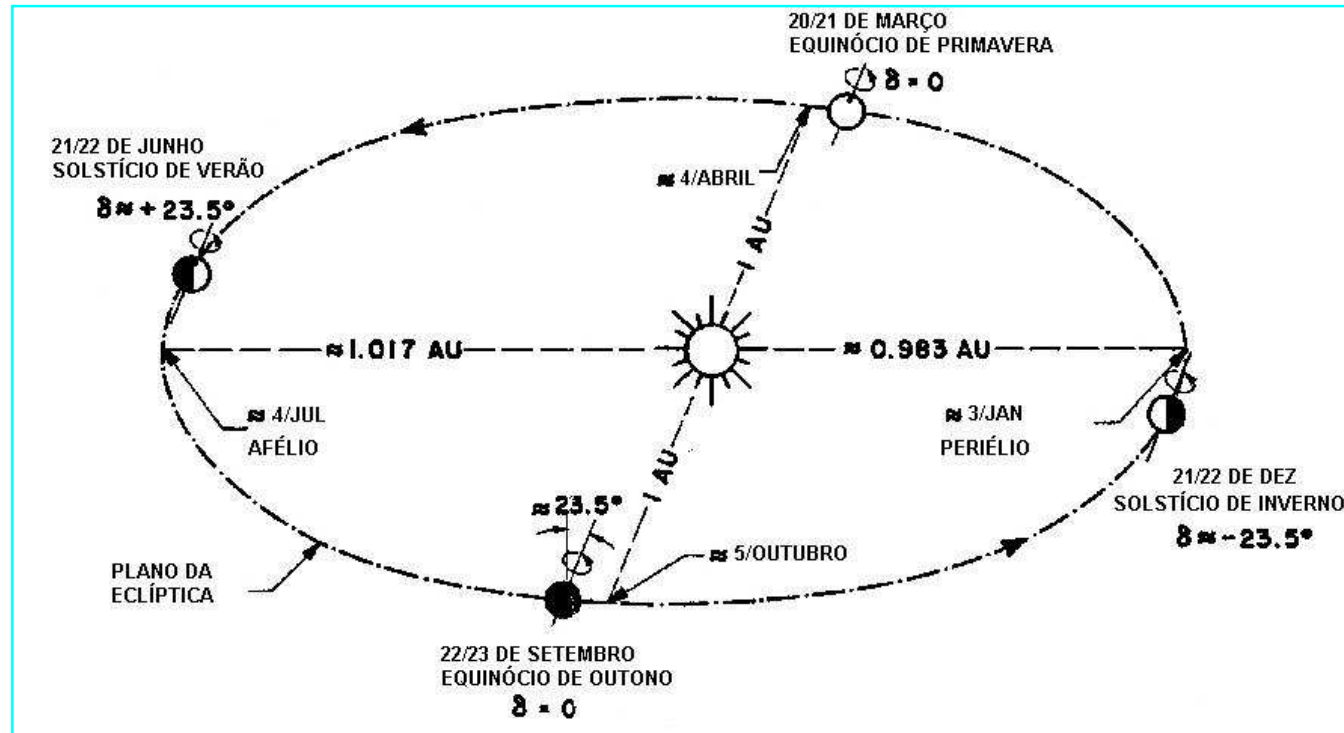




# Eclíptica: Trajetória anual aparente do Sol

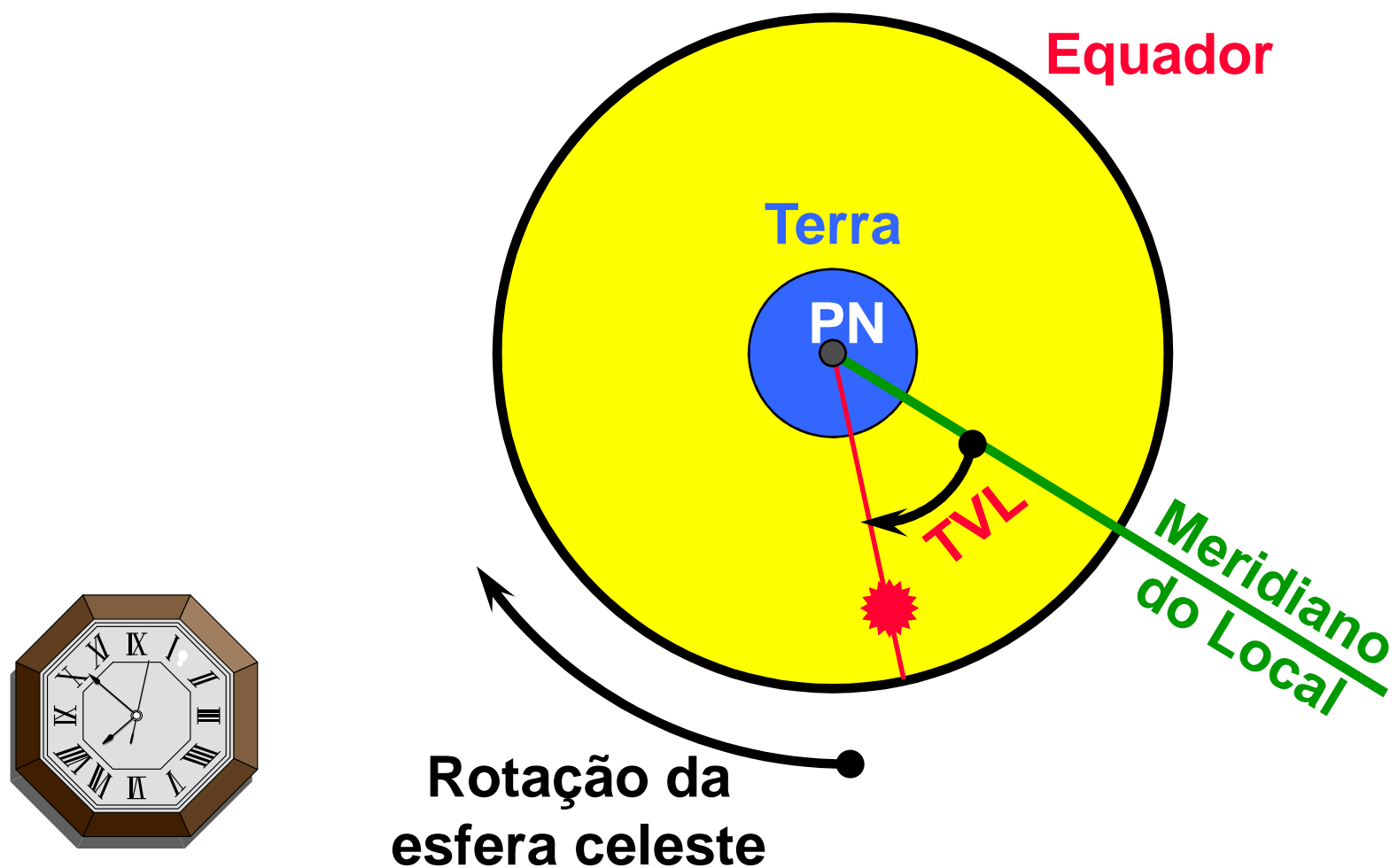


## Órbita da Terra em torno do Sol

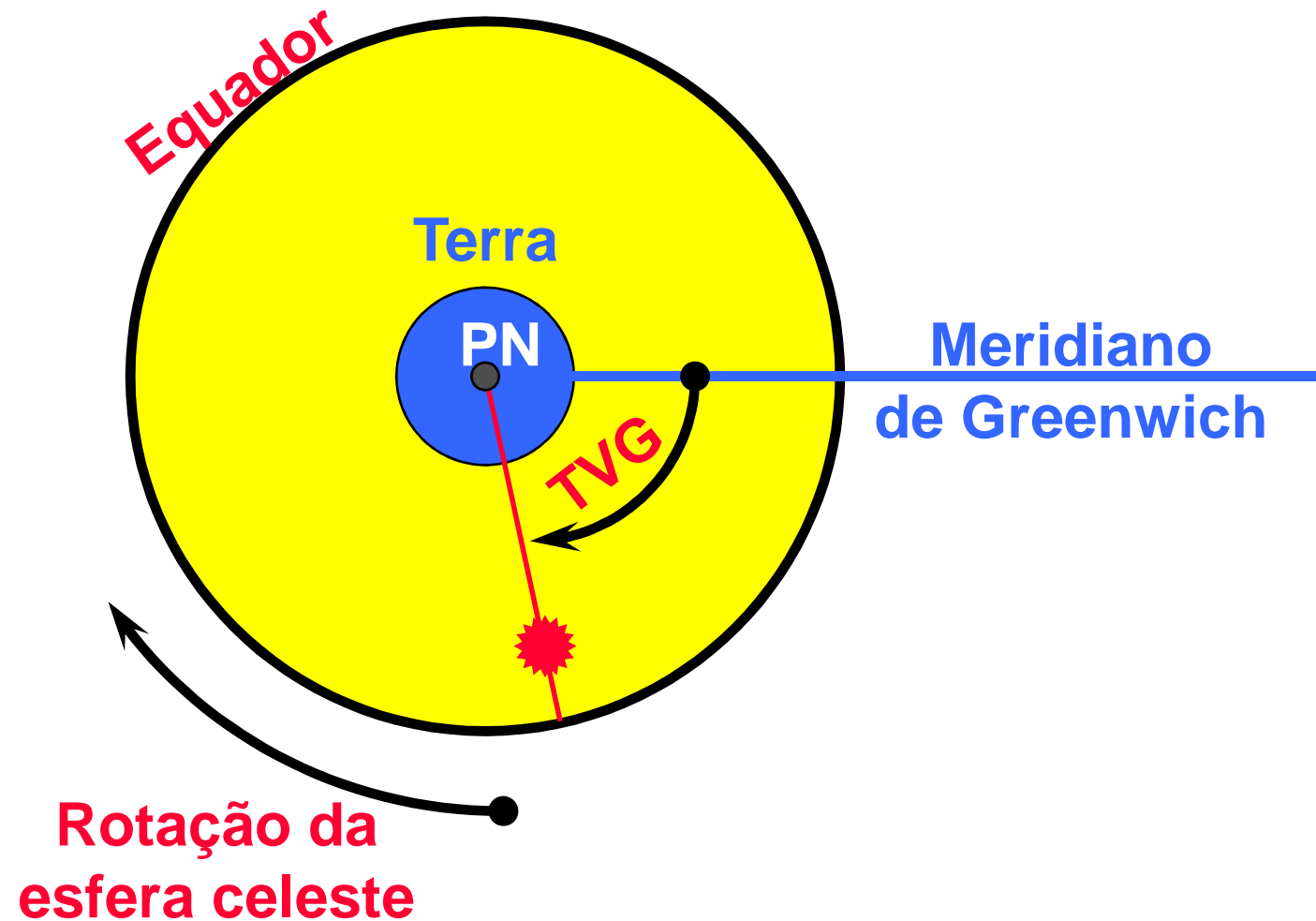


**Figura 8:** Movimento da Terra em torno do Sol. (adaptado de: IQBAL, M., 1983, "An Introduction to Solar Radiation". Academic Press.)

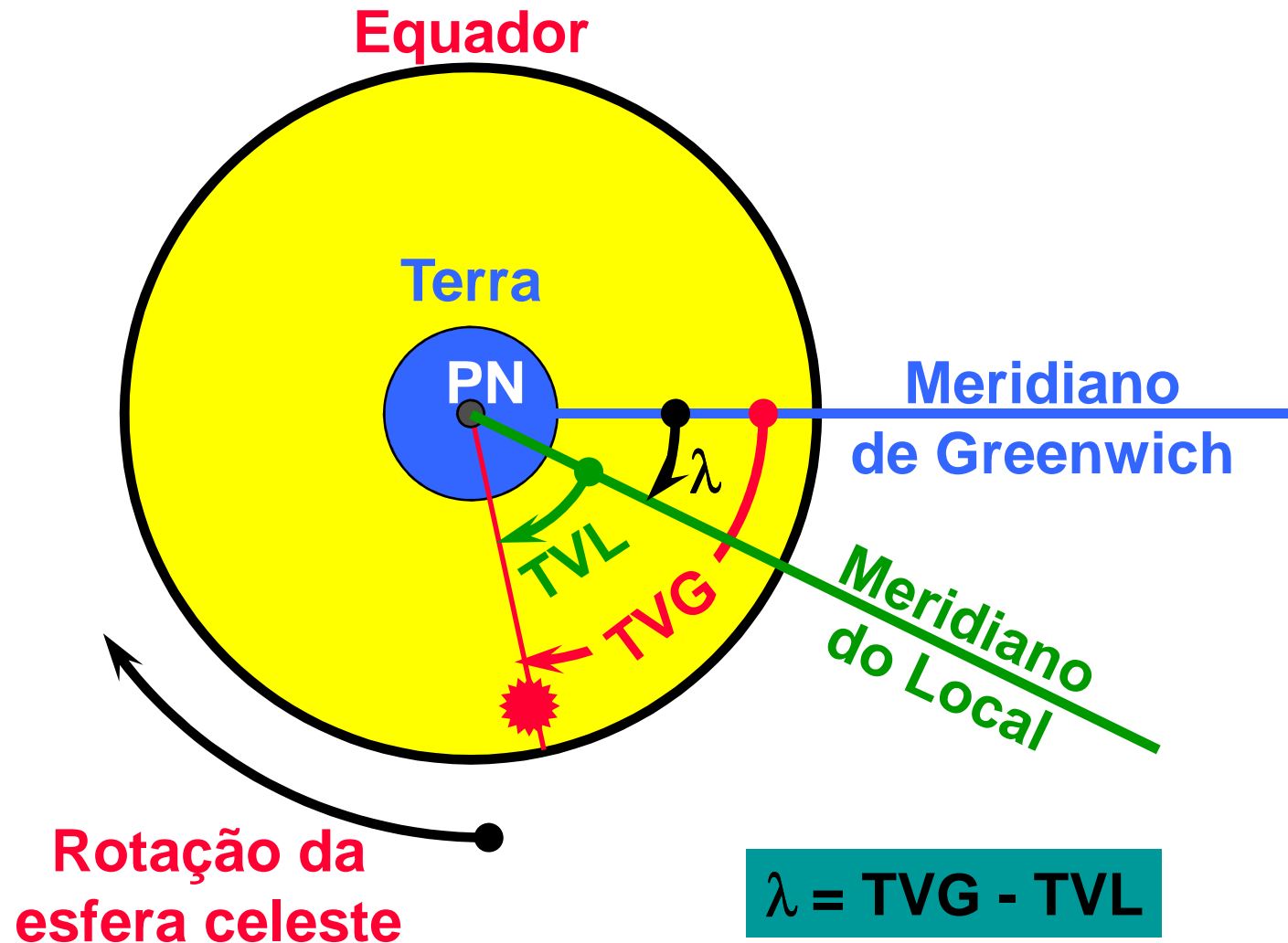
# Tempo Solar Verdadeiro Local



# Tempo Solar Verdadeiro de Greenwich



# Longitude Geográfica $\lambda$



## Day Lengths for selected latitudes (hours and minutes)

Latitude	Winter Solstice	Equinoxes	Summer Solstice
90° N	0:00	Sun at Horizon	24:00
80° N	0:00	12:00	24:00
70° N	0:00	12:00	24:00
66.5° N	Sun at Horizon	12:00	24:00
60° N	5:33	12:00	18:27
50° N	7:42	12:00	16:18
40° N	9:08	12:00	14:52
30° N	10:04	12:00	13:56
20° N	10:48	12:00	13:12
10° N	11:25	12:00	12:35



Equator	12:00	12:00	12:00
10° S	12:35	12:00	11:25
20° S	13:12	12:00	10:48
30° S	13:56	12:00	10:04
40° S	14:52	12:00	9:08
50° S	16:18	12:00	7:42
60° S	18:27	12:00	5:33
66.5° S	24:00	12:00	Sun at Horizon
70° S	24:00	12:00	0:00
80° S	24:00	12:00	0:00
90° S	24:00	Sun at Horizon	0:00

# Relação entre sistemas de coordenadas horário e equatorial

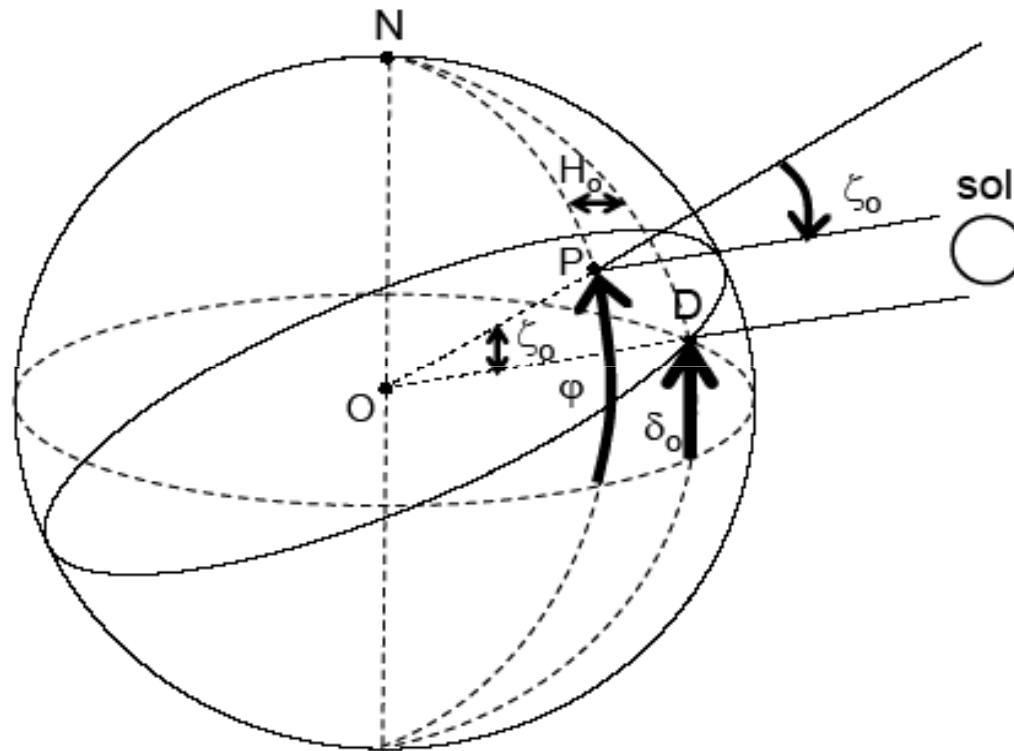
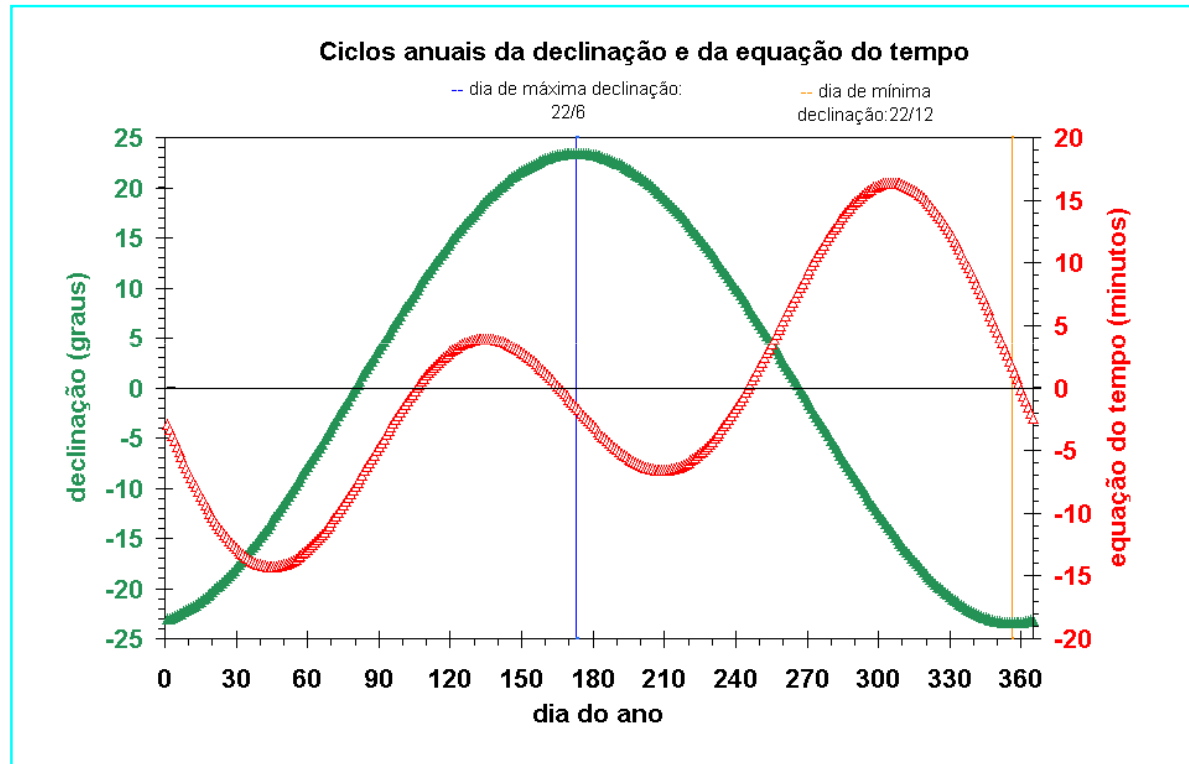


Figura 3.7 – Relação entre o ângulo zenital solar  $\zeta_0$  e a latitude  $\varphi$ , a declinação  $\delta_0$  e o ângulo horário  $H_0$ .

## Declinação e Equação do Tempo



**Figura 7:** O gráfico verde é a variação anual da declinação; o vermelho é a variação anual da equação do tempo.