

A Esfera Celeste



O céu nos parece como uma esfera. Por que?



Devido à infinitude, tudo parece estar à mesma distância.
O horizonte encontra-se com o céu.

Zênite: direção da parte da vertical do observador que está acima do seu horizonte.

Nadir: o oposto.

Zênite



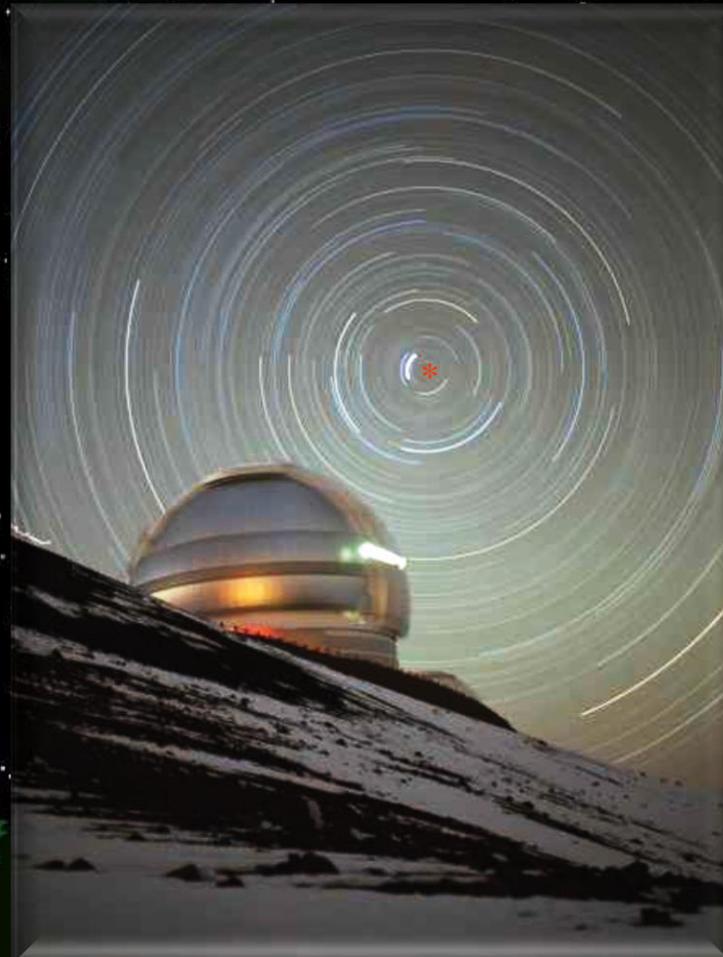
Horizonte: linha divisória entre “superfície” e “ceu”

Zênite: direção da parte da vertical do observador que está acima do seu horizonte.
Nadir: o oposto.



Horizonte: linha divisória entre “superfície” e “ceu”

Vista para o sul



SE

SW

Vista para o sul



Celestial Meridian

South Celestial Pole

Gemini

SE

S

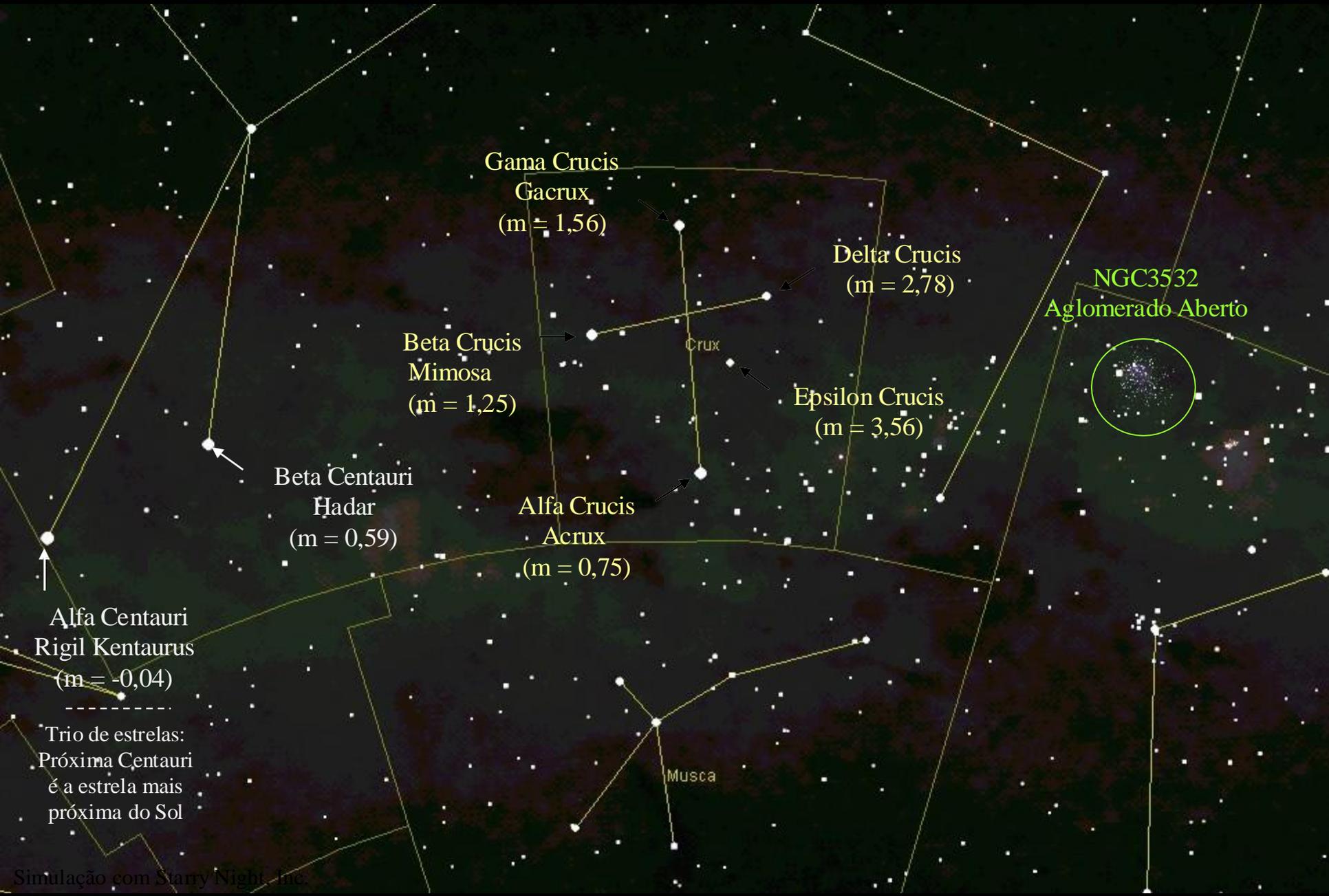
SW

Simulação com Starry Night, Inc.

Vista para o sul



Vista para o sul



Gama Crucis

Γ Crucis
($m \approx 1,56$)

Delta Crucis
($m = 2,78$)

Beta Crucis
Mimosa
($m = 1,25$)

CRUX

Epsilon Crucis
($m = 3,56$)

NGC3532
Aglomerado Aberto

Beta Centauri
Hadar
($m = 0,59$)

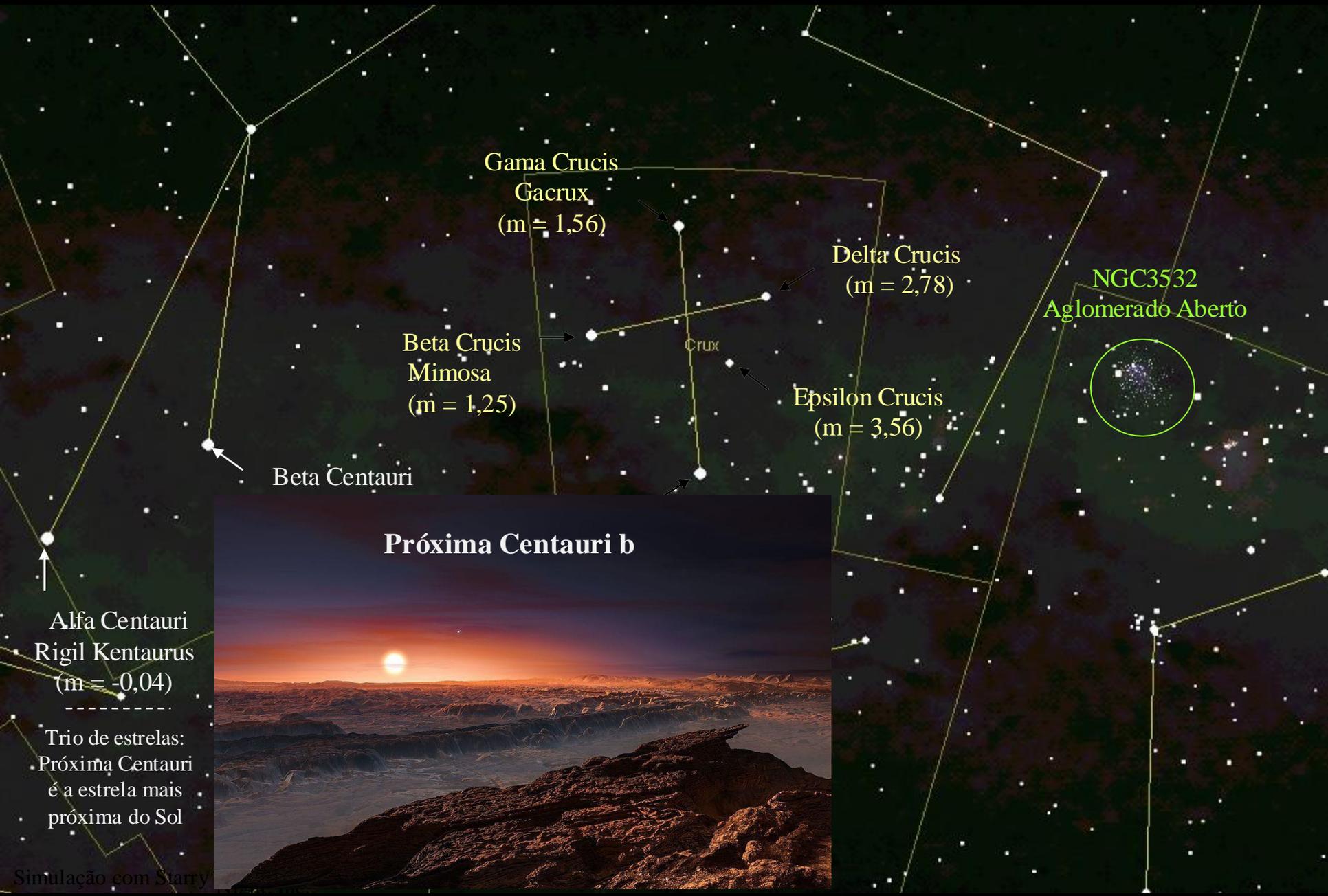
Alfa Crucis
Acrux
($m = 0,75$)

Alfa Centauri
Rigil Kentaurus
($m = -0,04$)

Trio de estrelas:
Próxima Centauri
é a estrela mais
próxima do Sol

Musca

Vista para o sul



Gama Crucis

γ Crucis
Gacrux
($m \approx 1,56$)

Delta Crucis
($m = 2,78$)

Beta Crucis
Mimosa
($m = 1,25$)

CRUX

Epsilon Crucis
($m = 3,56$)

NGC3532
Aglomerado Aberto

Beta Centauri

Próxima Centauri b

Alfa Centauri
Rigel Kentaurus
($m = -0,04$)

Trio de estrelas:
Próxima Centauri
é a estrela mais
próxima do Sol

Constelações do Zodíaco

(13ª.)

Astrologia: 12 constelações de 30° / Astronomia: entre 13 e 24

Constelações

Regiões do céu de formato e tamanhos diferentes, associadas a figuras geométricas (Triângulo, Cruz, etc.), animais (Lobo, Corvo, etc.) ou divindades (Centauro, Cassiopéia, etc.).

No total são 88 constelações, o que equivale dizer que o céu foi arbitrariamente dividido em 88 setores.

Os nomes das constelações são designados em latim e suas estrelas são designadas, por letras do alfabeto grego, em ordem decrescente de brilho: aCrux é a estrela mais brilhante da constelação Cruz (Cruzeiro do Sul); bCrux é a segunda estrela mais brilhante; e assim por diante.

As estrelas mais brilhantes normalmente têm, ainda, nomes próprios como, por exemplo, Acrux (aCrux), Sirius (aCMa), Betelgeuse (aOri), etc.

Os objetos de uma constelação podem ser de naturezas diferentes, não terem qualquer ligação física, sequer estarem à mesma distância.

Não tem sentido “estudar constelação”.

Estrelas Circumpolares

O que há de peculiar com as estrelas situadas dentro deste círculo?

Elas estão sempre acima do horizonte!



Estrelas Circumpolares

O que há de peculiar com as estrelas situadas dentro deste círculo?

Elas estão sempre acima do horizonte!



Estrelas Circumpolares

O que há de peculiar com as estrelas situadas dentro deste círculo?

Elas estão sempre acima do horizonte!



Movimento Diário

SOL

Meio dia

Sentido de rotação

real: O → L

virtual: L → O

Nascer do Sol

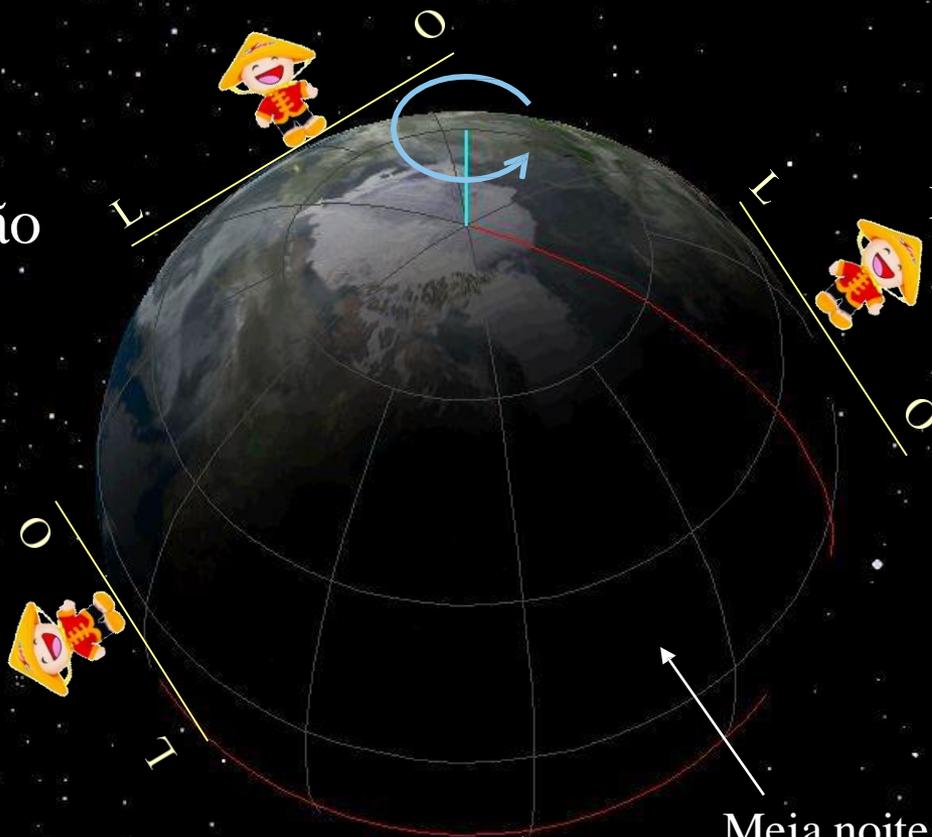
Pôr do Sol

Meia noite

$$\frac{360^\circ}{24h}$$

Rotação da Terra

estrelas movem-se $15^\circ/\text{hora}$,
de leste para oeste

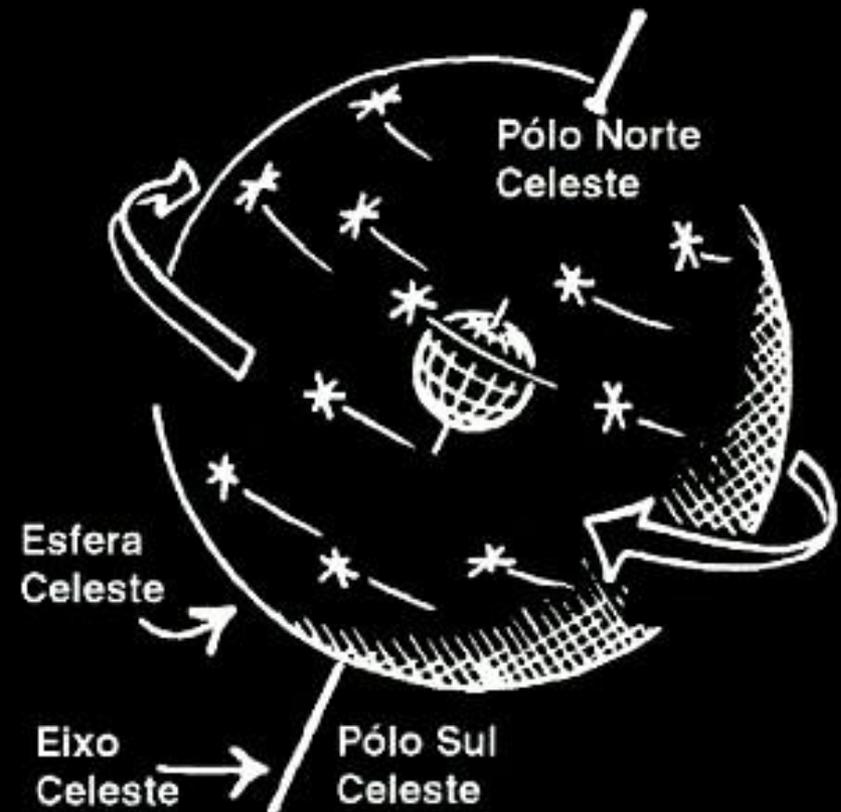


Esfera Celeste

Abstração que facilita a compreensão dos movimentos aparentes dos astros. Trata-se de uma esfera imaginária de raio arbitrário e concêntrica à Terra. Como o raio é arbitrário a superfície da esfera celeste poderá passar por qualquer astro.

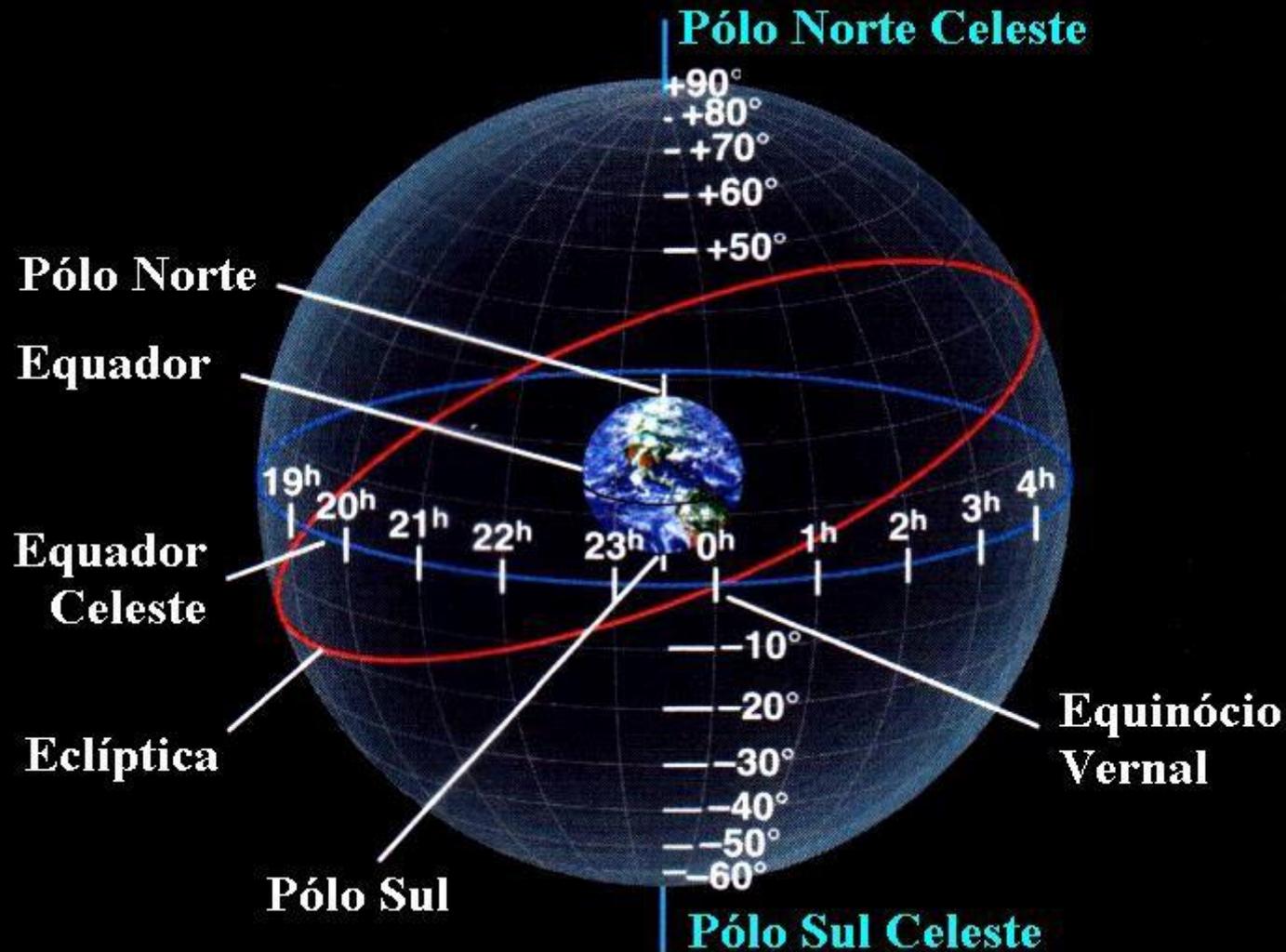


Superfície: bidimensional

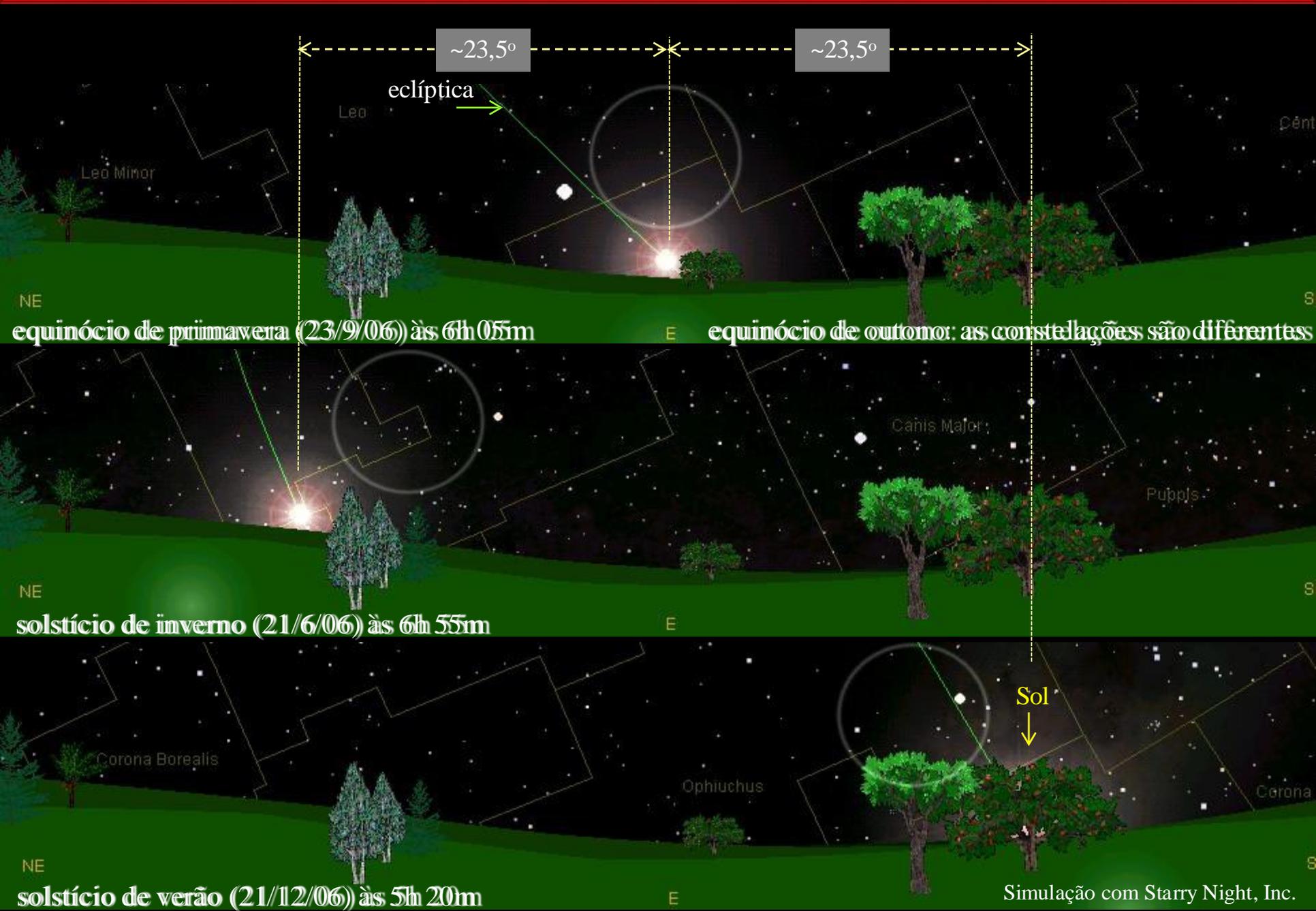


Raio: 3a. dimensão

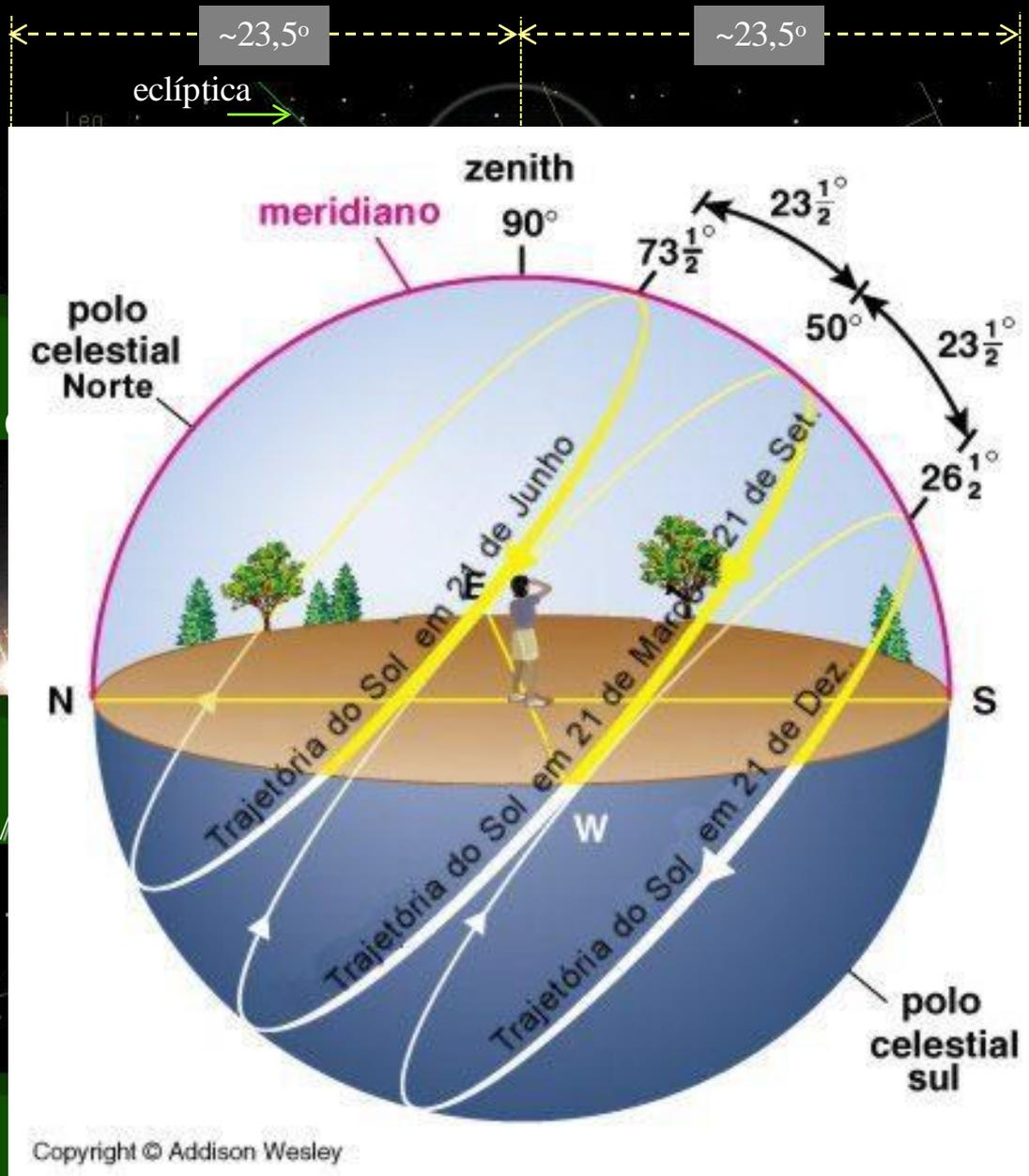
Esfera Celeste



O Sol não nasce sempre no ponto cardinal leste



O Sol não nasce sempre no ponto cardinal leste



NE
equinócio de primavera

NE
solstício de inverno (21/12)

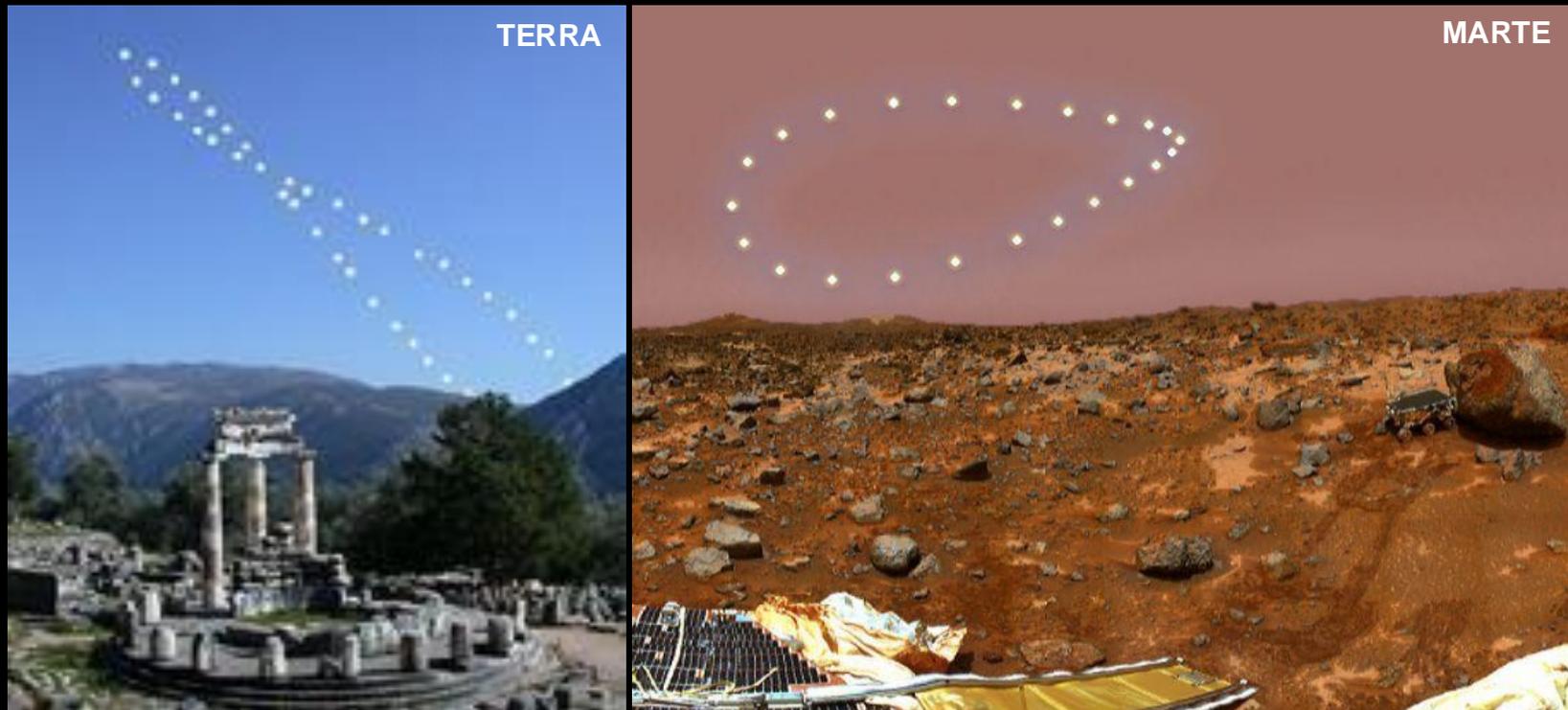
NE
solstício de verão (21/12/06) às 5h 20m

relações são diferentes

Simulação com Starry Night, Inc.

Movimento do Sol durante o ano

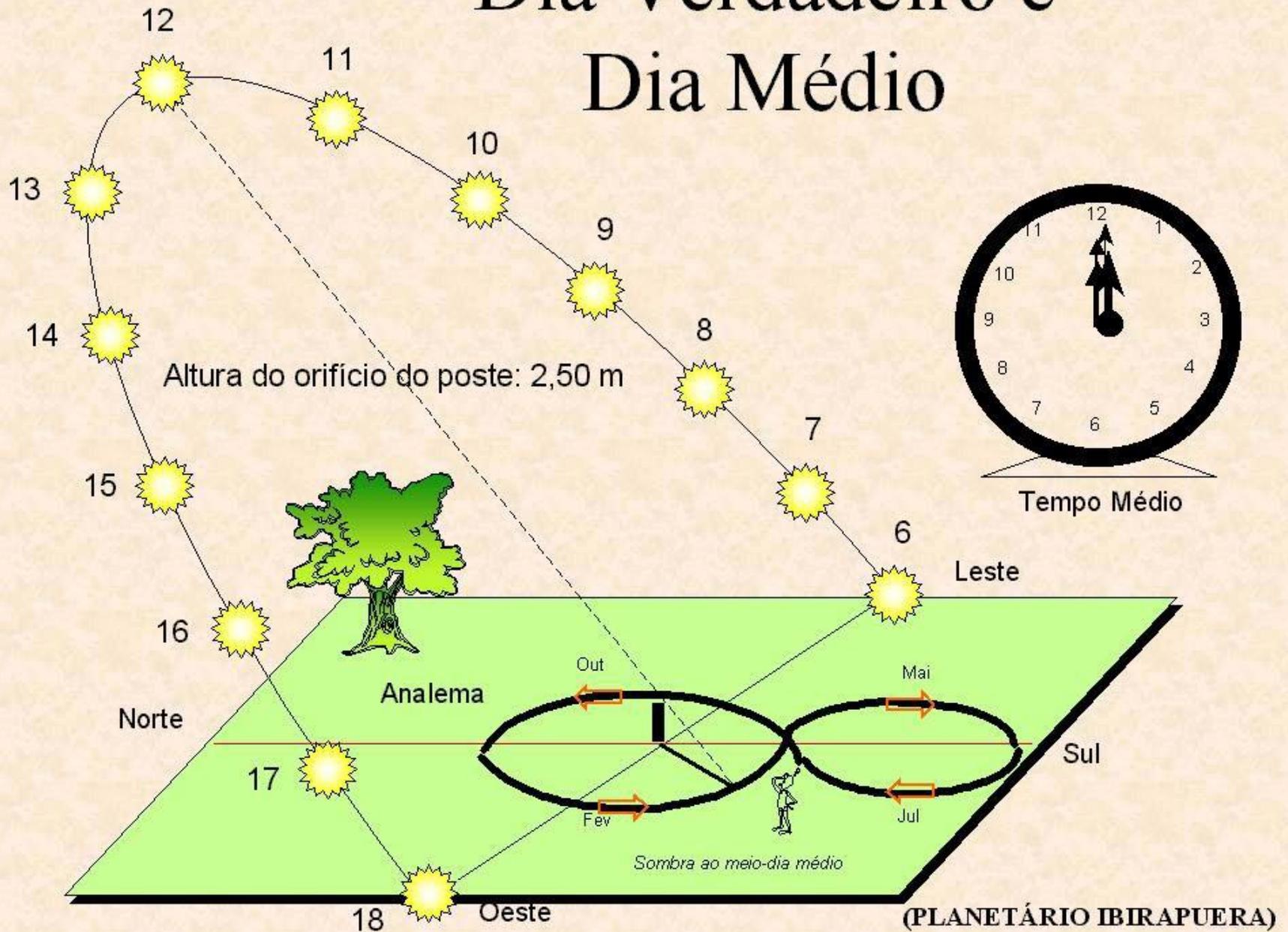
Analema: movimento aparente do Sol durante o ano, registrando sua posição sempre no mesmo horário. É consequência da geometria orbital.



No caso da Terra tem o conhecido formato de “oito”.
Mas para Marte é diferente (formato de pêra).

Dia Verdadeiro e Dia Médio

Roberto Boczko
IAGUSP

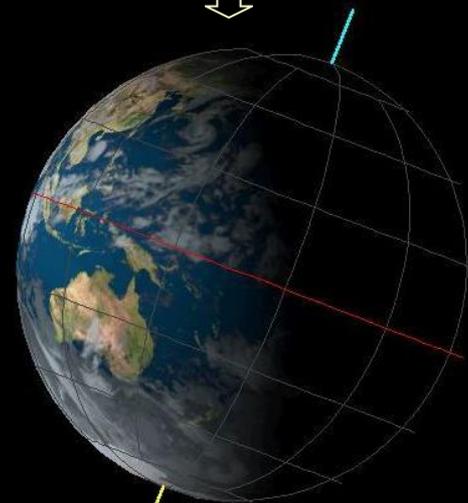


Estações Sazonais

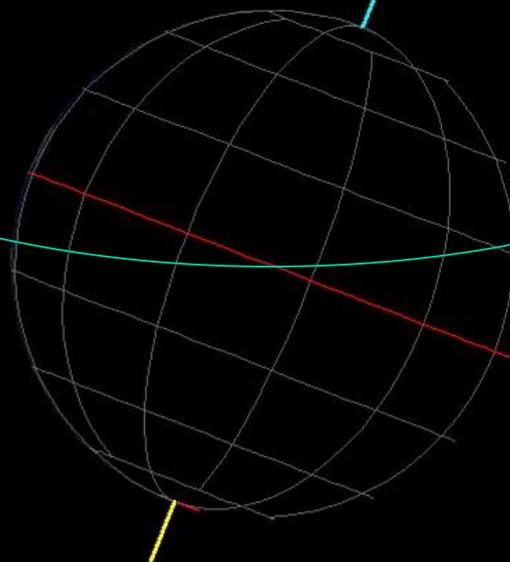
Equinócio de outono
• Noite e dia iguais



Verão no hemisfério sul
• Dia mais longo que noite
• Dia longo na calota polar
• Terra próxima do Periélio
• Solstício de verão



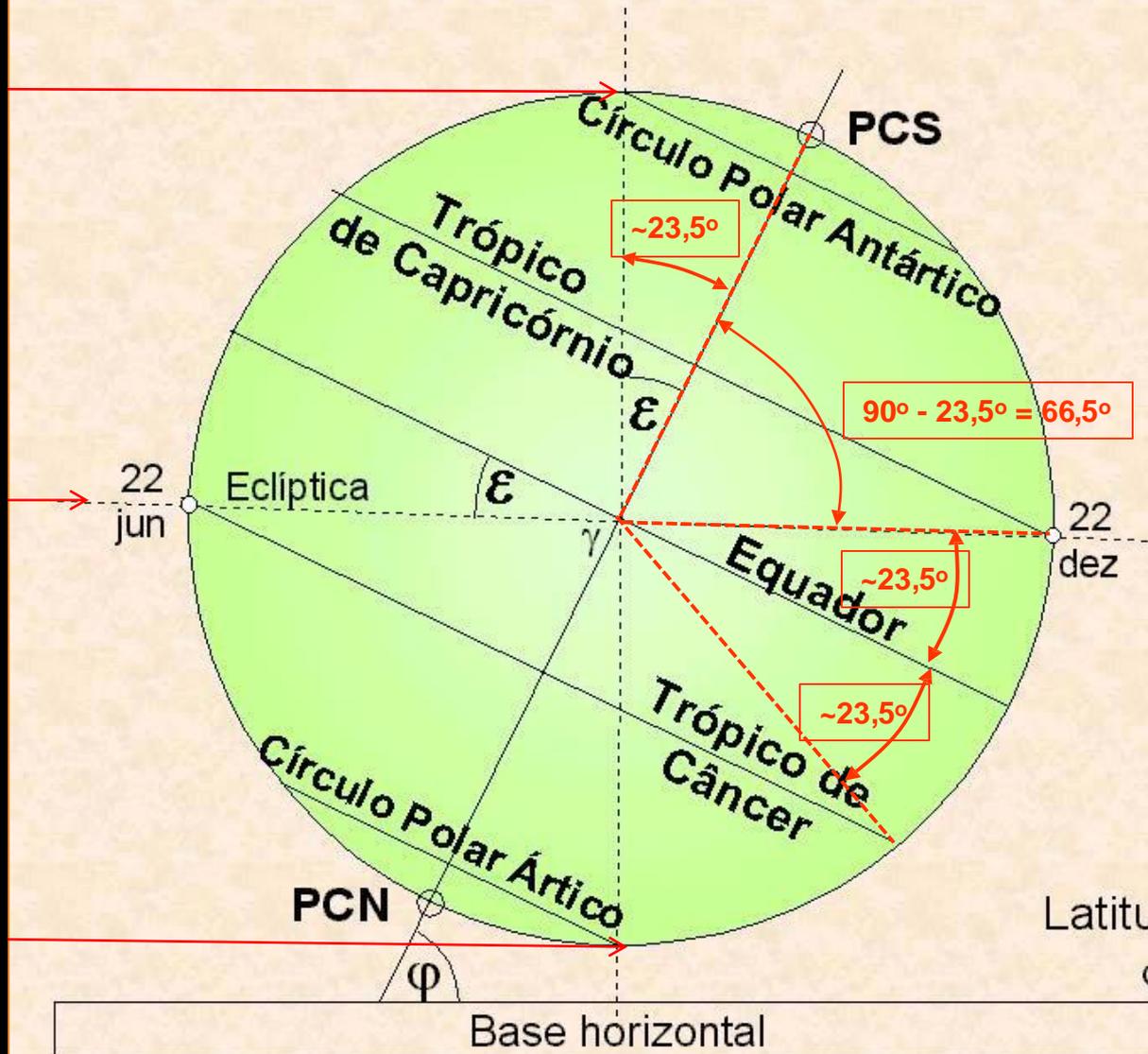
Inverno no hemisfério sul
• Noite mais longa que dia
• Noite longa na calota polar
• Terra próxima do Afélio
• Solstício de inverno



• Equinócio de primavera
• Noite e dia iguais

Esfera Armilar

Paralelos Importantes



Latitudes:

Círculo Polar Ártico: $66,5^\circ$

Trópico Câncer: $23,5^\circ$

Trópico de Capricórnio: $-23,5^\circ$

Círculo Polar Antártico: $-66,5^\circ$

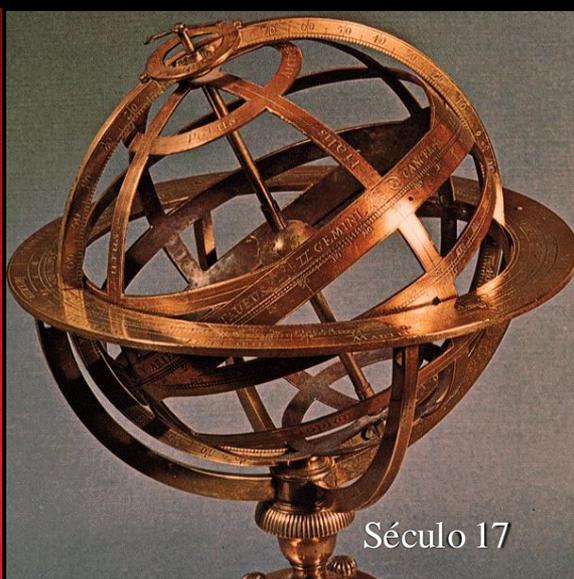
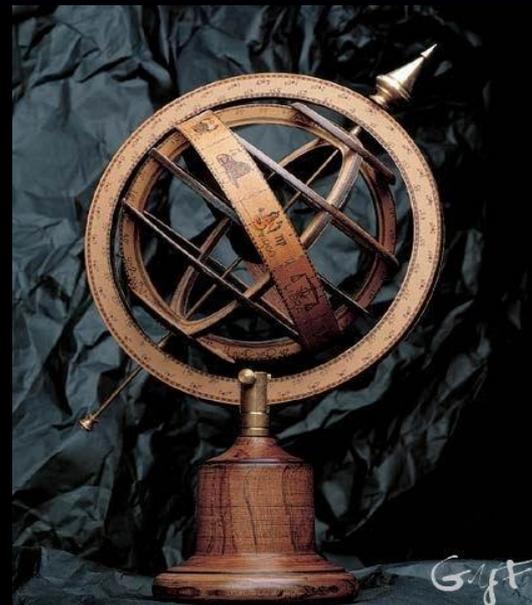
Obliquidade da eclíptica

$$\epsilon = 23^\circ 26' 21,448''$$

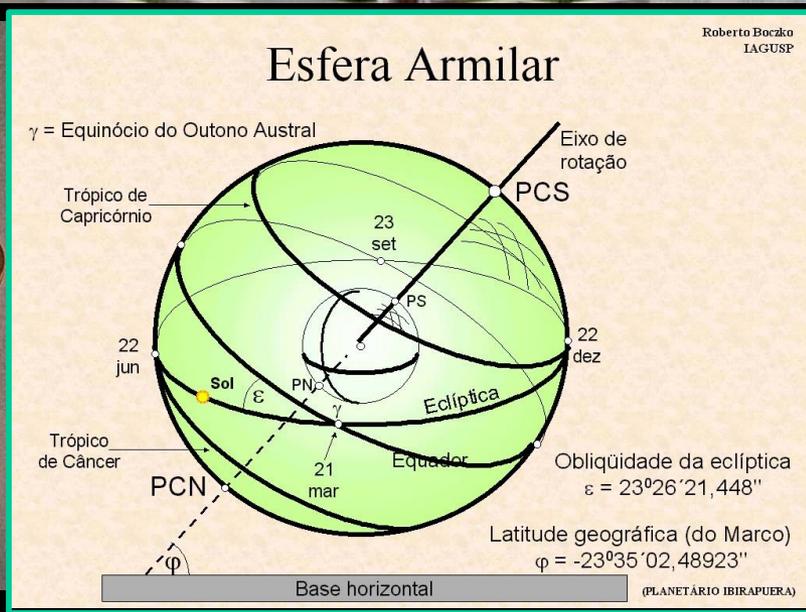
Latitude geográfica (do Marco)

$$\varphi = -23^\circ 35' 02,48923''$$

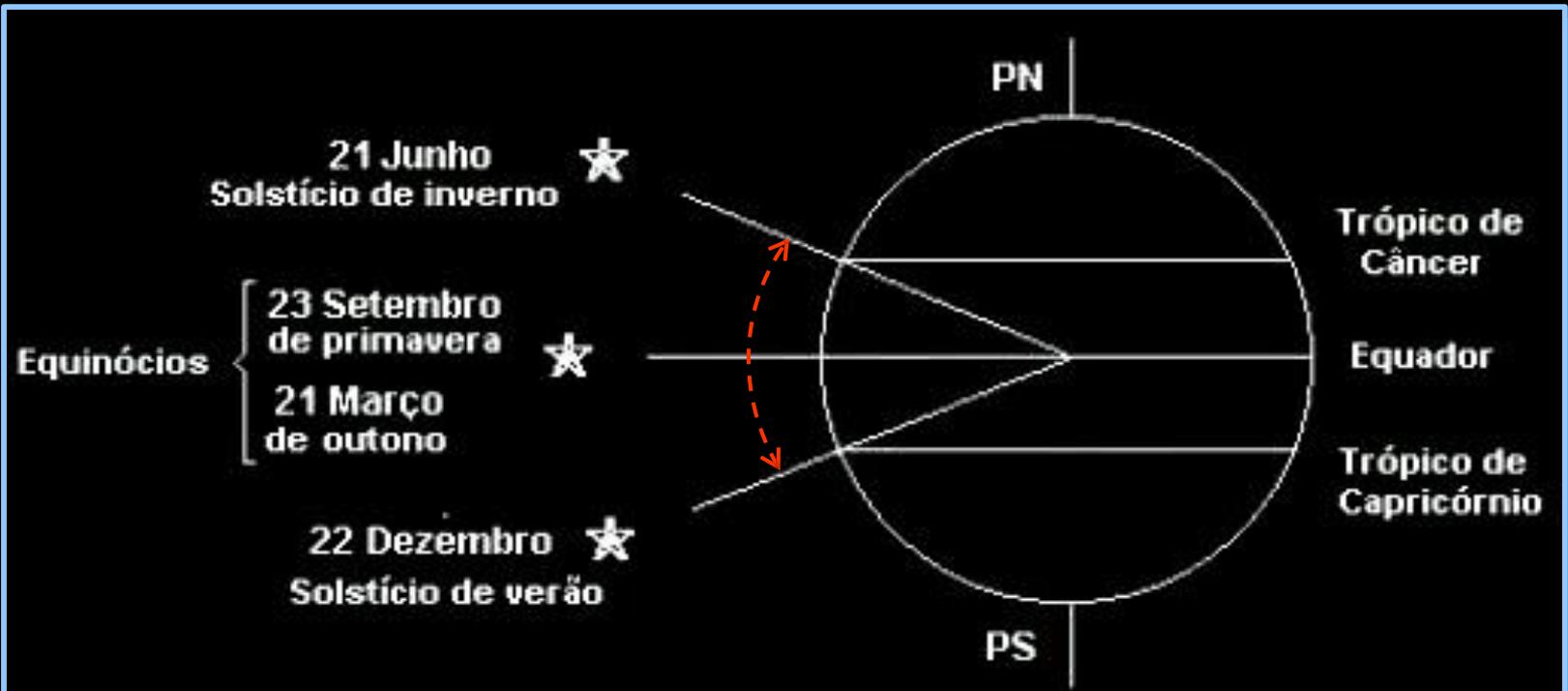
Esfera Armilar



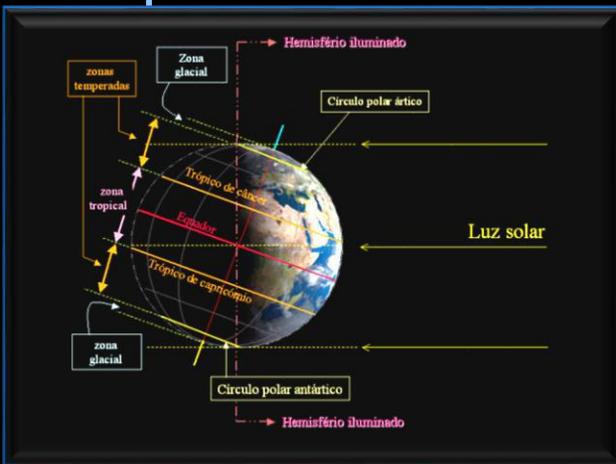
Século 17



Movimento Aparente do Sol



- Entre os trópicos, o Sol passa **duas** vezes pelo zênite.
- Nos trópicos, apenas **uma** vez.
- Fora dos trópicos, **jamais**.



Círculos Polares

Ártico

Antártico



Círculos Polares

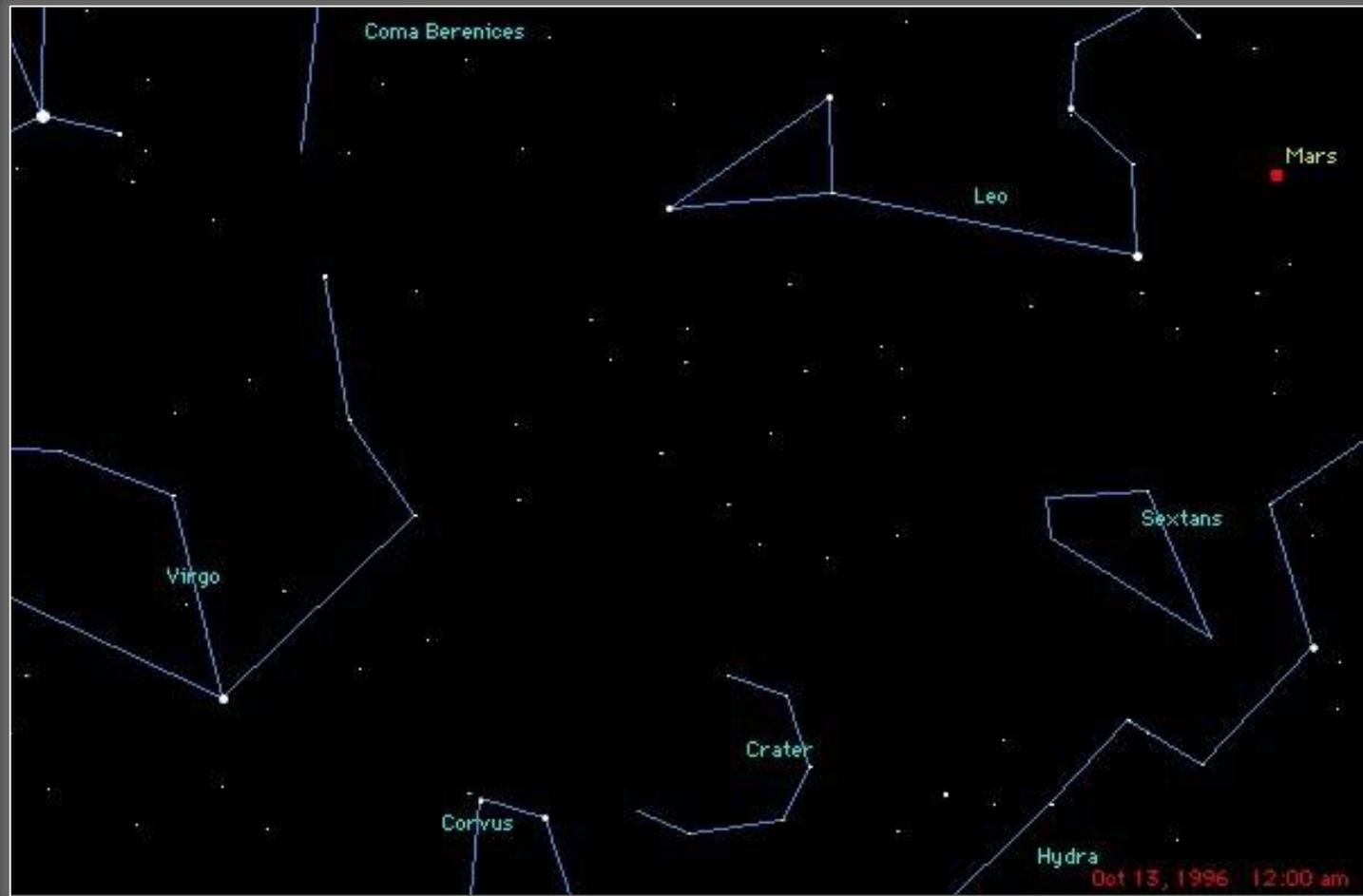
Ártico



Sol-da-meia-noite na Noruega



Inversão de movimento



<http://www.lasalle.edu/~smithsc/Astronomy/retrograd.html>

Consequência da geometria e do período de translação: quanto maior for a órbita do planeta externo, maior será a quantidade de laçadas

Variação do diâmetro aparente da Lua



Perigeu



Apogeu

Movimento aparente
durante 1 mês sinódico

- Apresenta fases durante um período de lunação (mês sinódico)
 - Tamanho aparente varia (órbita elíptica)
- Nos mostra sempre a mesma face (movimento sincronizado)

Movimento da Lua relativamente às estrelas

Crepúsculos

Período de transição entre dia e noite. A atmosfera espalha a luz solar, impedindo a mudança repentina entre dia e noite (e vice-versa).



Civil

Náutico

Astronômico

Sol 6° abaixo do horizonte

Sol 12° abaixo do horizonte

Sol 18° abaixo do horizonte

Crepúsculos

Na Lua não há crepúsculo: a passagem entre dia e noite, ou noite e dia, é repentina. Mesmo durante o “dia”, fora da direção do Sol o céu é escuro. Na Lua vê-se estrelas durante o “dia”.

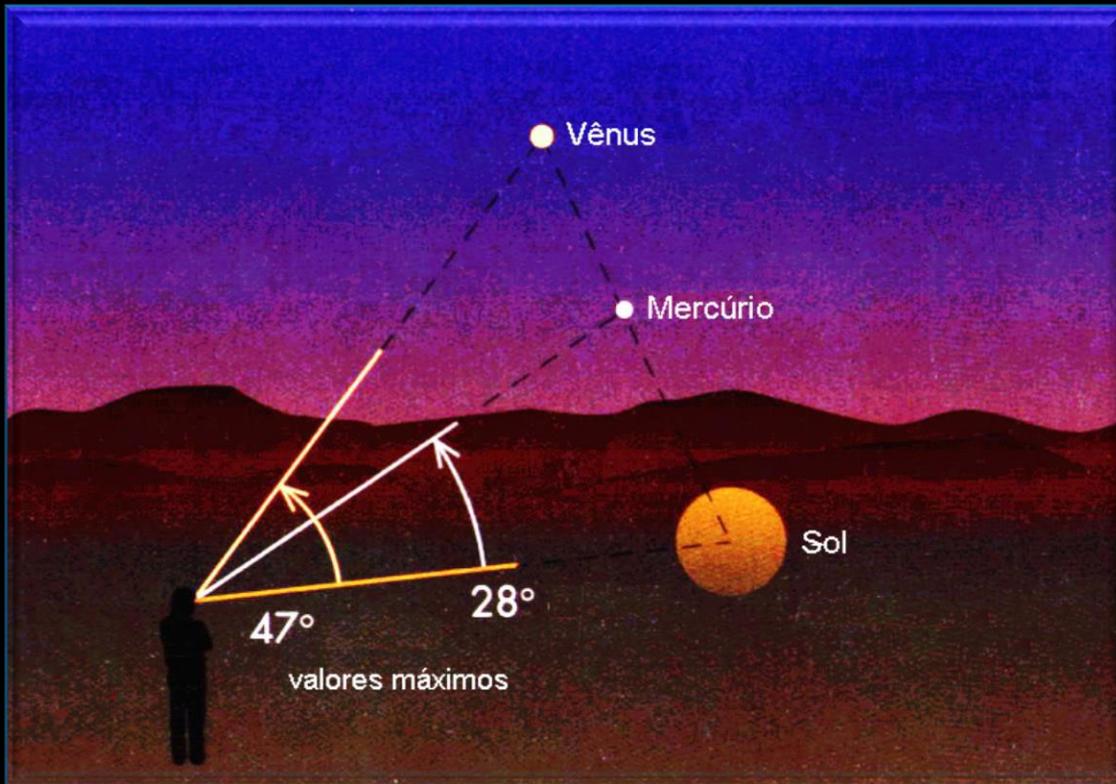


Sol visto da Lua



Terra nascente vista da Lua (Apollo 8, 1968)

Crepúsculos

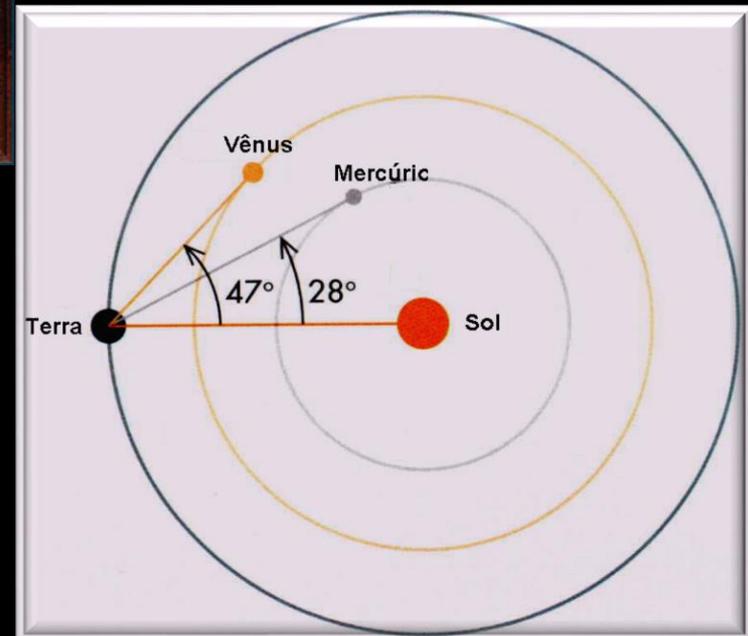


**“Estrelas”
matutinas ou
vespertinas**

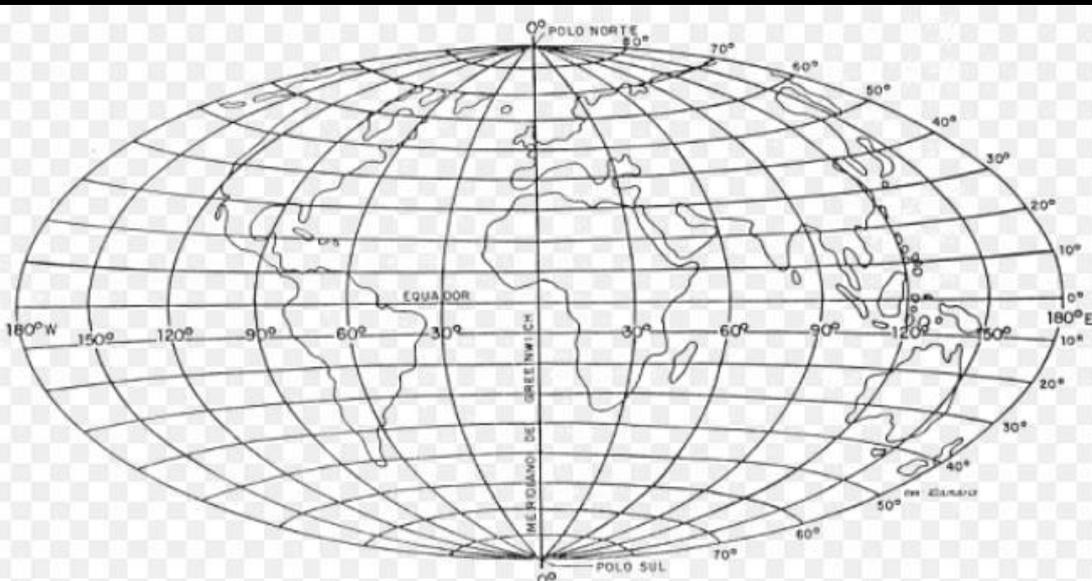
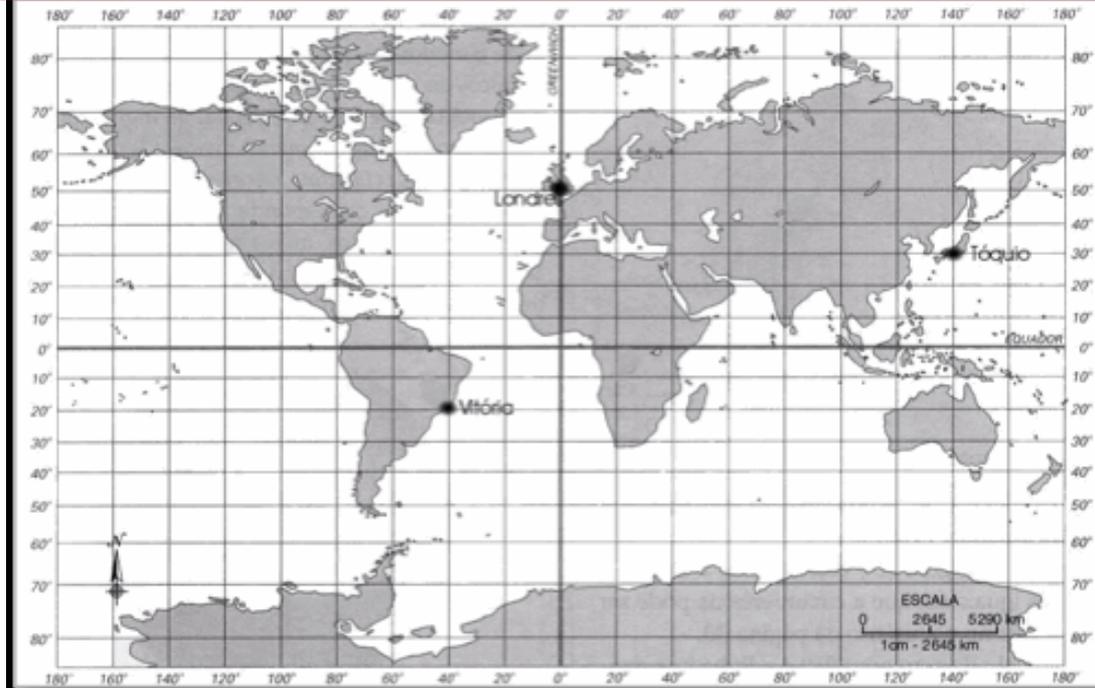
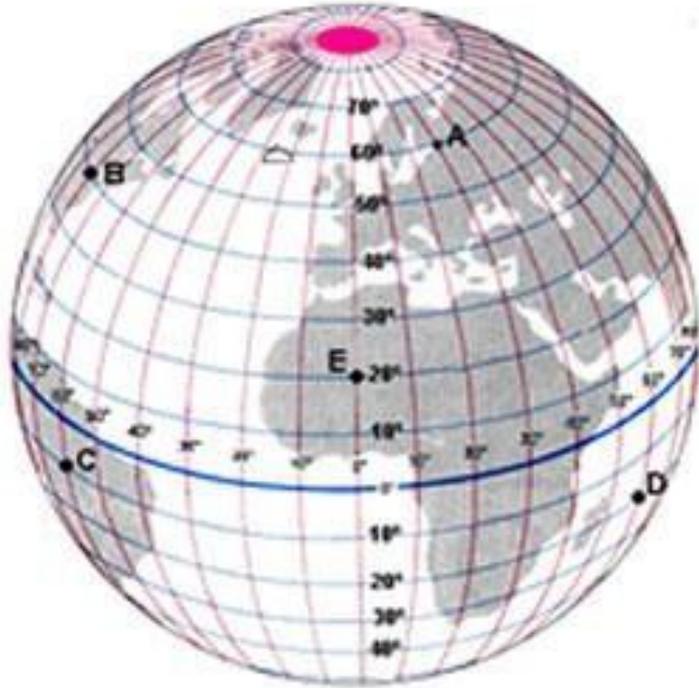
Elongações máximas. Nem sempre os planetas estão do mesmo lado.

Em relação ao Sol, se estiverem:

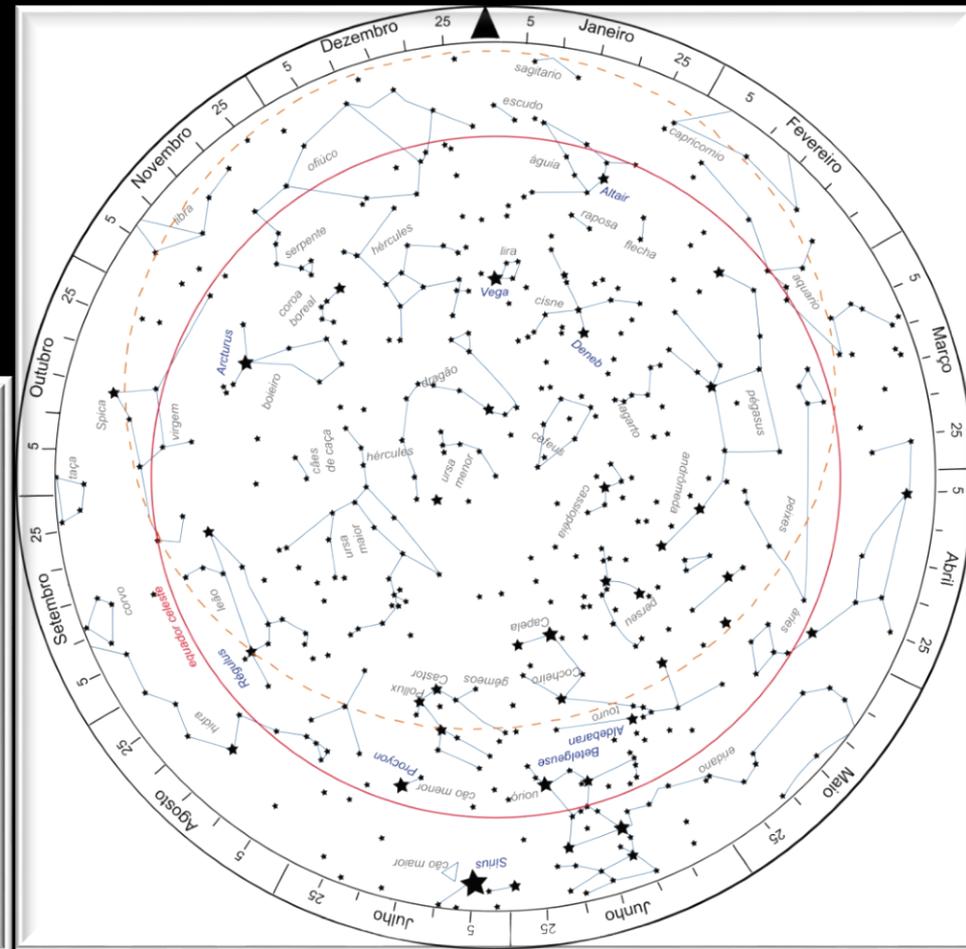
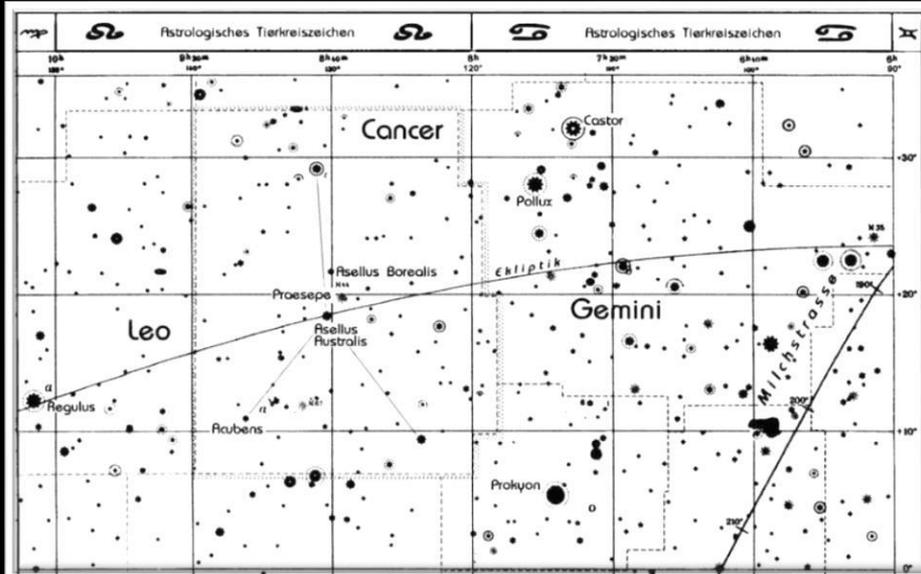
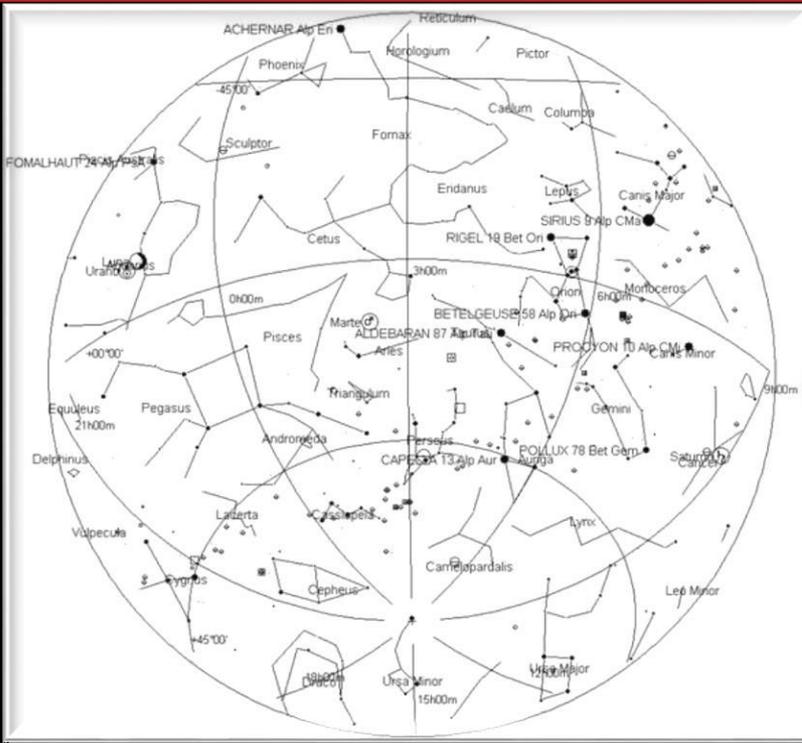
- à leste – vespertinas (Sol se põe primeiro)
- à oeste – matutinas (planetas nascem primeiro)



Coordenadas em um Globo (Esfera)



Coordenadas em um Globo (Esfera)



Coodenadas Geográficas

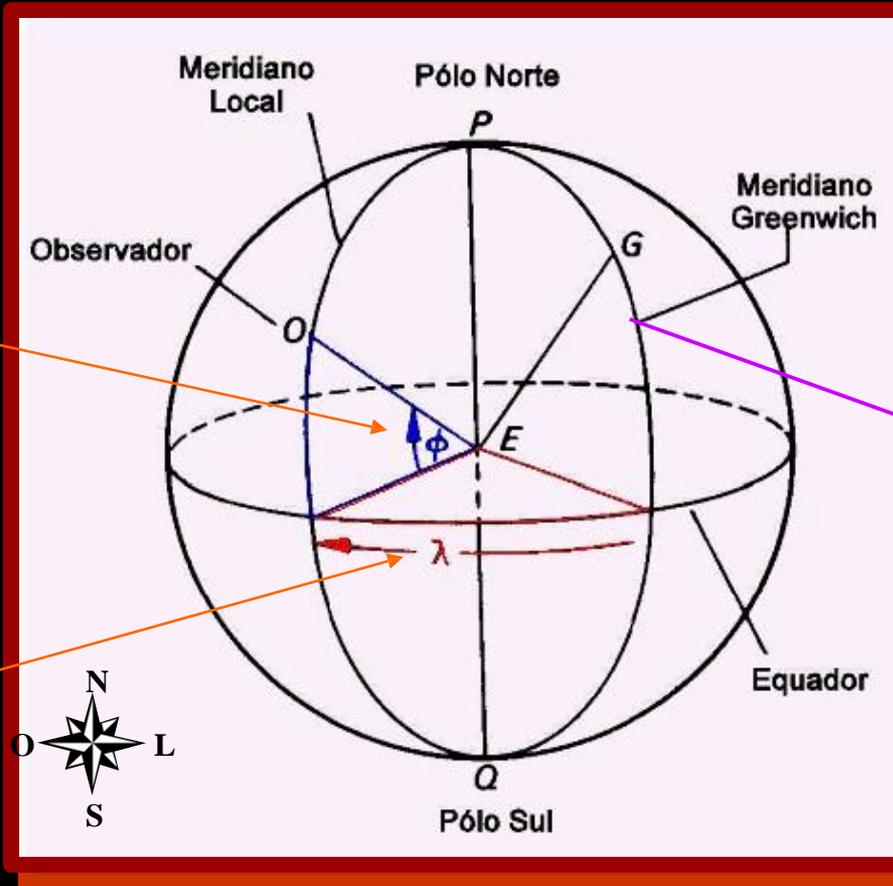


Latitude

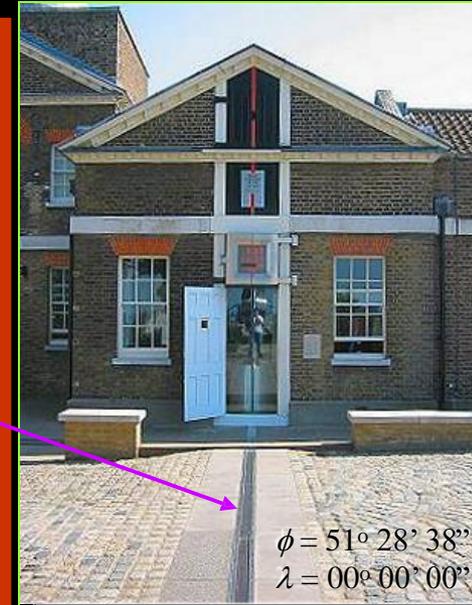
ao norte (+)
ou ao sul (-)
do equador.
Medida em
graus.

Longitude

à leste ou à
oeste do
meridiano de
Greenwich.
Medida em
graus.



São Paulo:
 $\phi = -23^{\circ} 32' 00''$;
 $\lambda = 46^{\circ} 37' 00''$ O



Luneta de trânsito do
Observatório de
Greenwich.
A linha do meridiano
está marcada no chão.

A proposta de torná-lo o meridiano de referência surgiu no séc.18, como decorrência do prestígio da marinha inglesa e seu empenho em confeccionar mapas que facilitavam a navegação.

Hora Local, Fuso Horário e Linha Internacional de Data

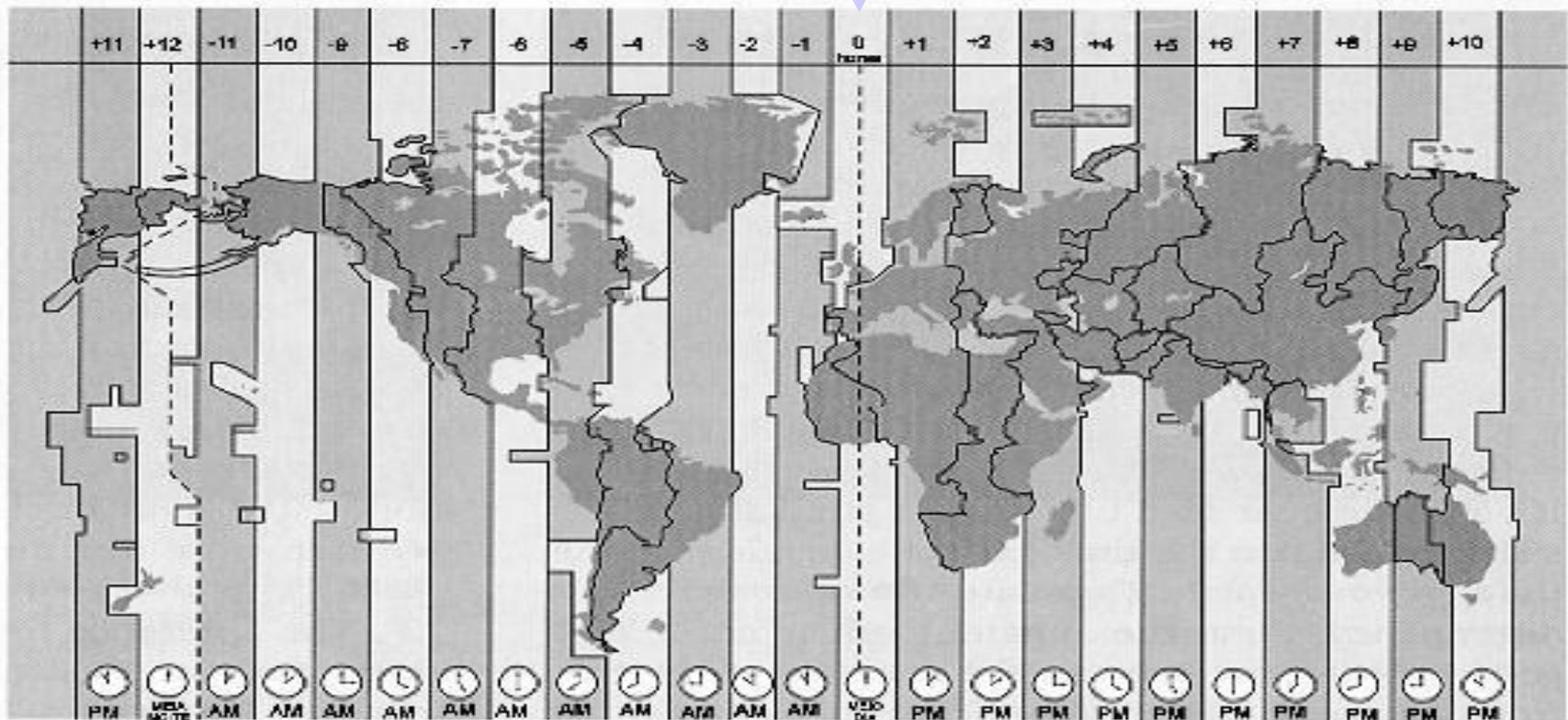
Há 24 fusos de 1 hora, com 15° cada. A referência é o meridiano que passa pelo Observatório Real de Greenwich. A hora de Greenwich é chamada **Hora Universal**, e sua relação com a hora legal é:

hora universal (UT) = hora legal + hora de fuso a oeste de Greenwich

A maior parte do território brasileiro tem hora de fuso de “+3 horas.

Extremo leste: Fernando de Noronha (+2 horas); Extremo oeste: Acre (+5 horas).

Linha Internacional da Data (ou Linha de Mudança de Data).

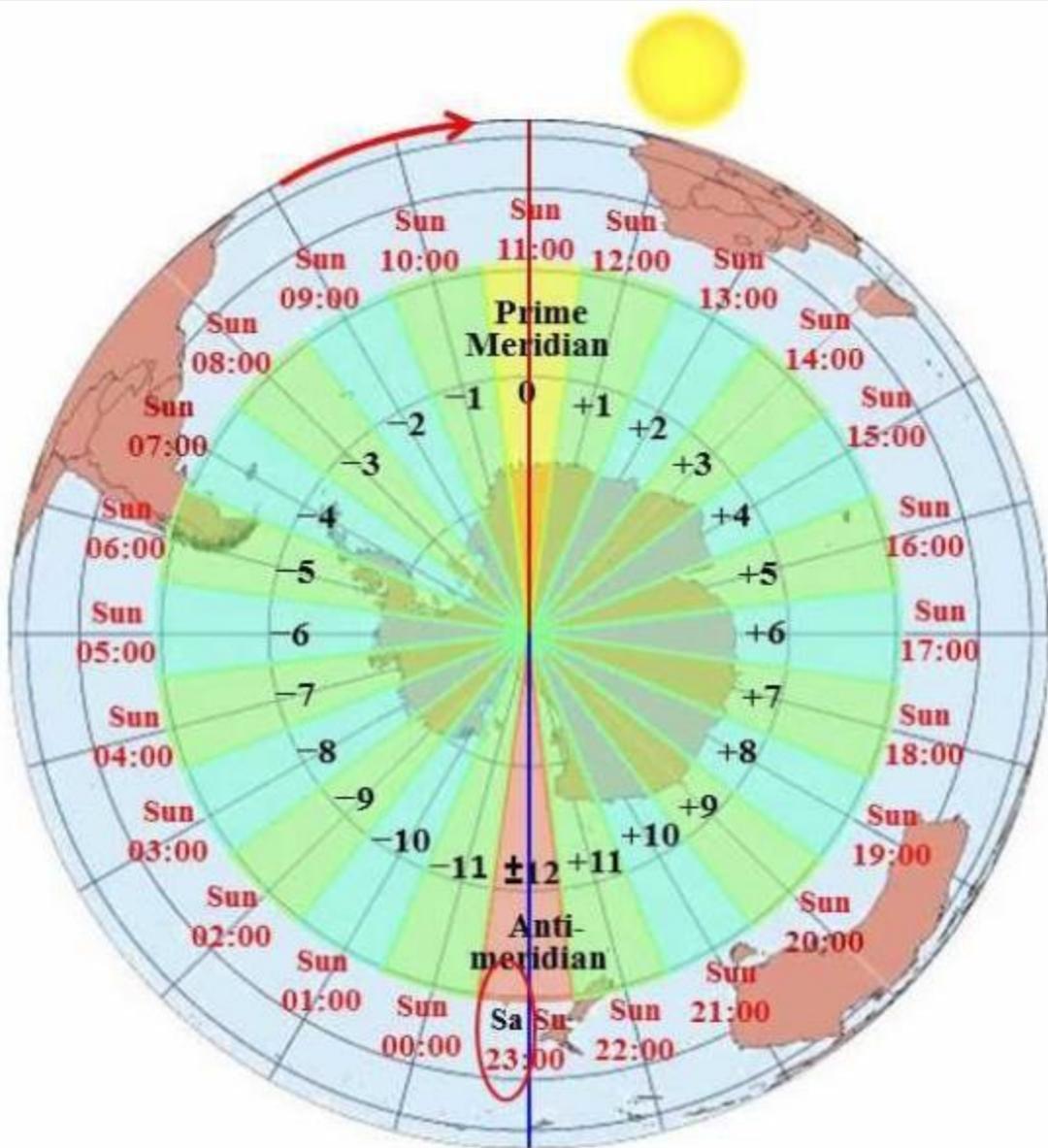


Perde 1 dia   Ganha 1 dia

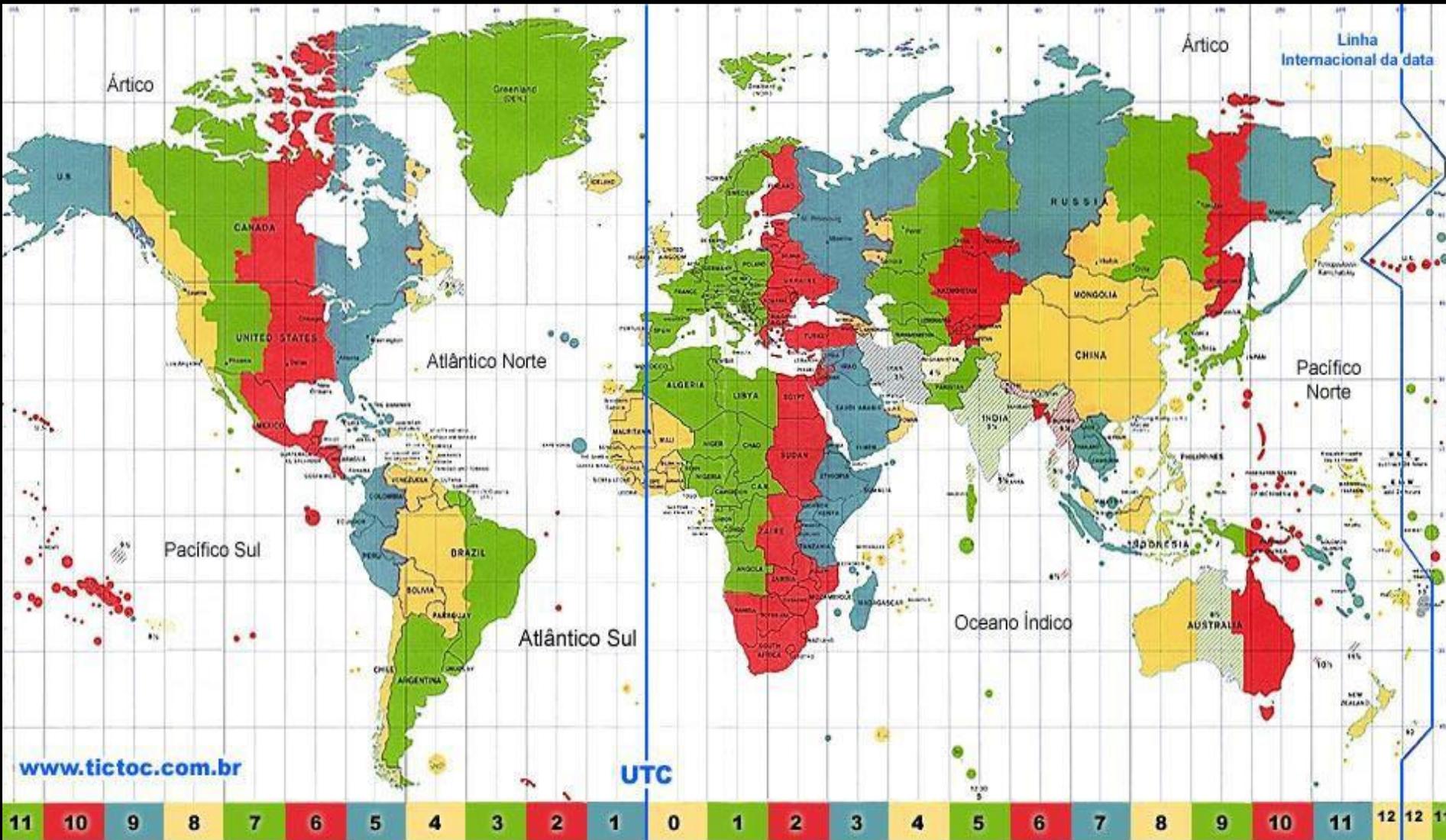
Ao cruzar o meridiano 180° (Linha Internacional de Mudança de Data), ocorre a mudança de data, sendo que no sentido oeste-leste deve-se retroceder e no sentido leste-oeste deve-se adiantar um dia.



<https://www.slideshare.net/profesjoapaulo/geo/reviso-para-ai-1-primeiros-anos>



Hora Local, Fuso Horário e Linha Internacional de Data



Coordenadas Celestes Horizontais

O sistema horizontal é mais intuitivo porque é baseado no horizonte local. Por esta razão, **as coordenadas horizontais variam com a posição do observador.**

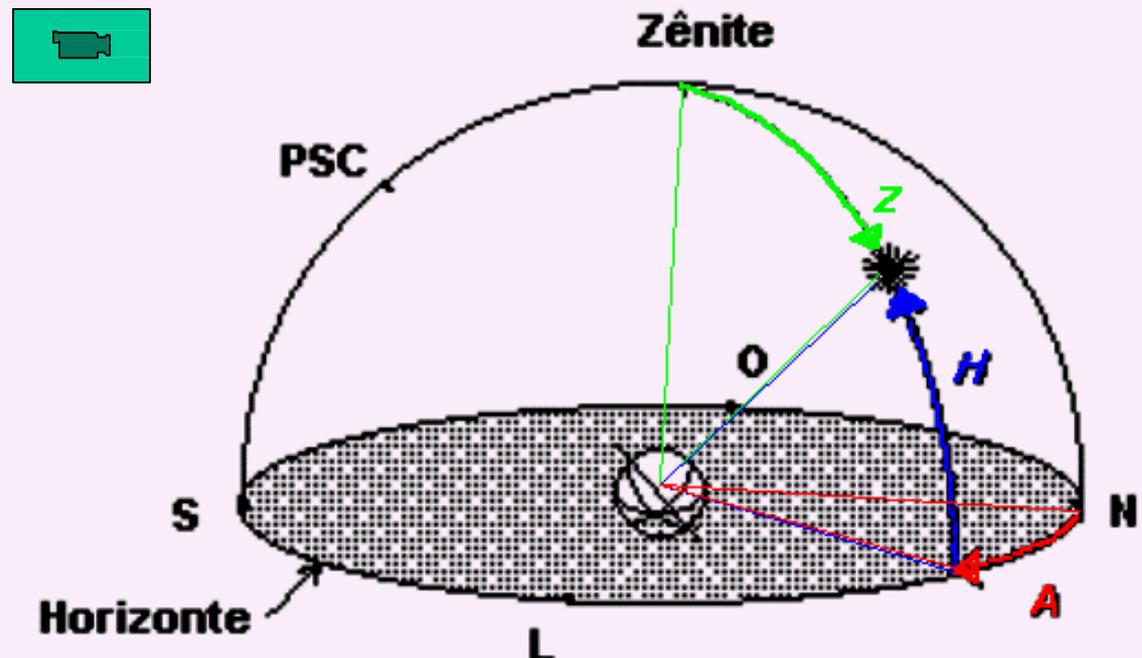
Azimute (A): abertura angular entre os meridianos do observador e do objeto. Sentido: Norte em direção à Leste. $A(\text{Norte}) = 0$, $A(\text{Leste}) = 90^\circ$, $A(\text{Sul}) = 180^\circ$ e $A(\text{Oeste}) = 270^\circ$.

Altura (H): abertura angular entre o horizonte e o objeto, medido sobre o meridiano do objeto. $H(\text{horizonte}) = 0^\circ$; $H(\text{zênite}) = 90^\circ$.

Distância zenital (Z): ângulo entre o zênite e o objeto:

$$Z = (90^\circ - H),$$

medido a partir do zênite e sobre o meridiano do objeto.

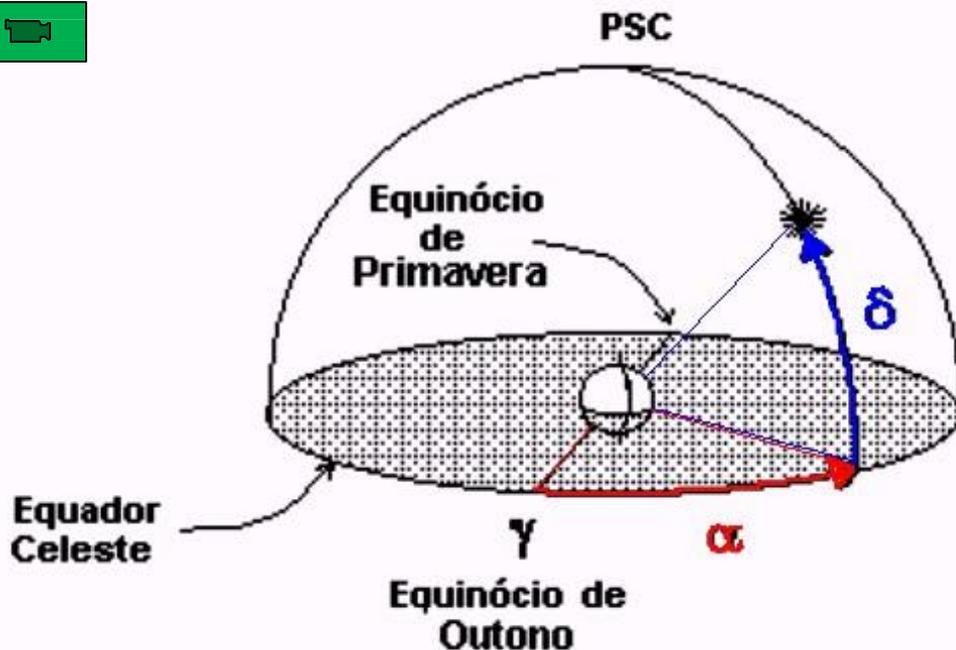


Coordenadas Celestes Equatoriais

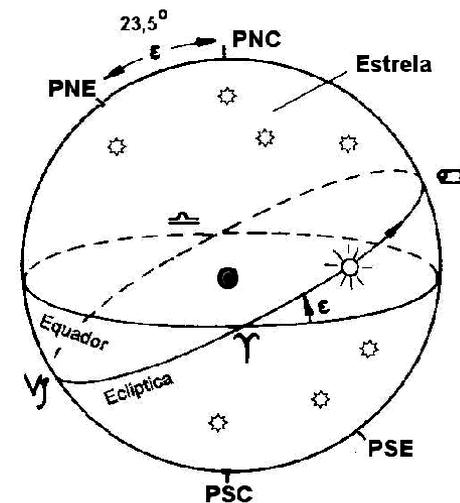
Ascensão reta (α): abertura angular entre o equinócio de outono (ponto gama) e o meridiano do astro. É medido em hora (0h a 24h), em sentido oposto ao do movimento da esfera celeste.

Declinação (δ): abertura angular entre o equador e o astro. É medido sobre o meridiano do astro, em graus: 0° à 90° (hemisfério norte) ou 0° a -90° (hemisfério sul).

**É um sistema válido para qualquer observador.
As coordenadas não dependem do local.**



Equinócios: ☊ de Primavera; γ de Outono



Solstícios: α de Verão; ω de Inverno

Coordenadas Celestes Horárias

Sistema híbrido, baseado no equador celeste e no meridiano do observador.

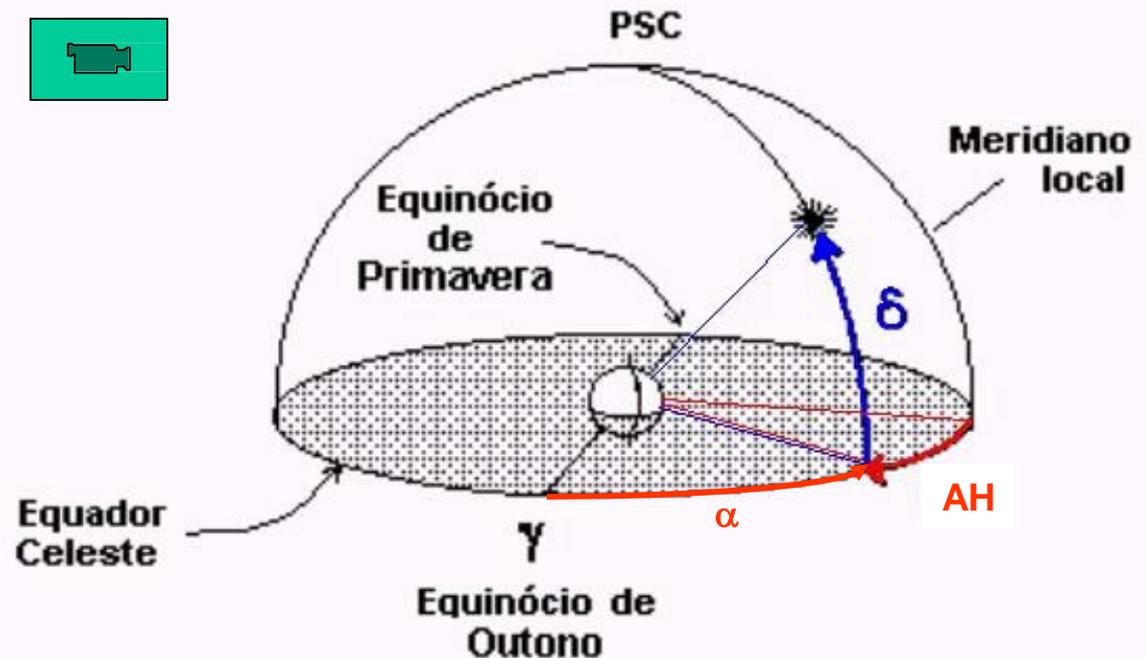
Ângulo horário (h): distância angular entre os meridianos local e o do astro. Medido em hora, sobre o equador celeste e na direção do Oeste (ou no sentido horário, olhando do PNC).

Declinação (δ): mesma do sistema equatorial.

Enquanto a ascensão reta de um astro é constante, o ângulo horário aumenta com o passar do tempo. O ângulo horário do ponto γ é chamado *tempo sideral (TS)*:

$$TS = AH + \alpha.$$

O valor de TS não deve superar 24h; quando isto acontecer, subtrai-se 24h.



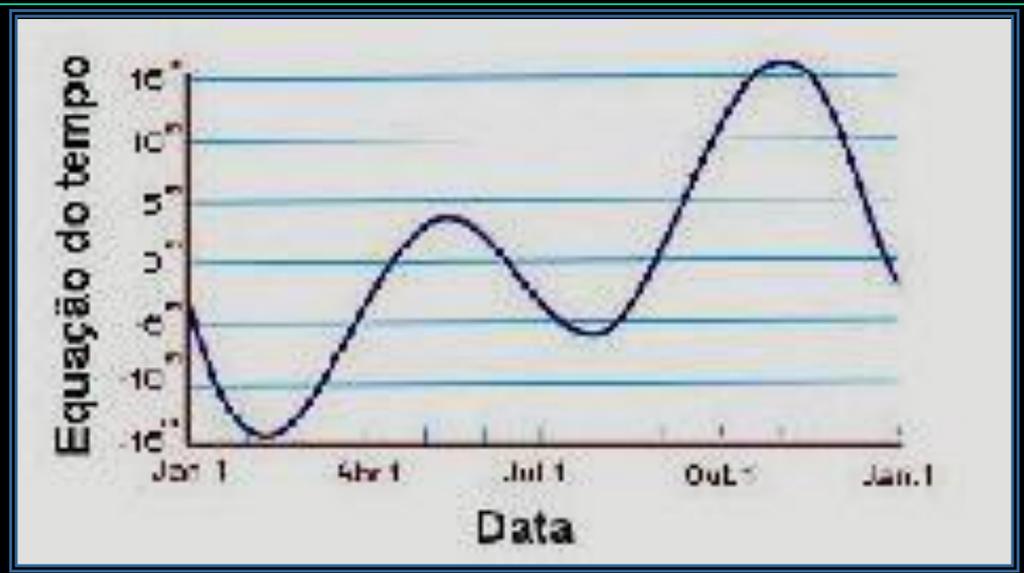
Movimento Diário

- **Dia sideral:** tempo decorrido entre duas passagens sucessivas de uma estrela pelo meridiano local. Vale 23h 56m 04,09s. Este é o período de rotação da Terra.
- **Dia solar verdadeiro:** intervalo de tempo entre duas passagens sucessivas do Sol pelo meridiano local. Como a órbita da Terra é elíptica, sua velocidade orbital não é constante: mínima no periélio e máxima no afélio.
- **Dia solar médio:** média anual dos dias solares verdadeiros. Vale 24 h. É como se a órbita da Terra fosse circular (velocidade constante).

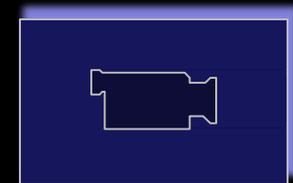
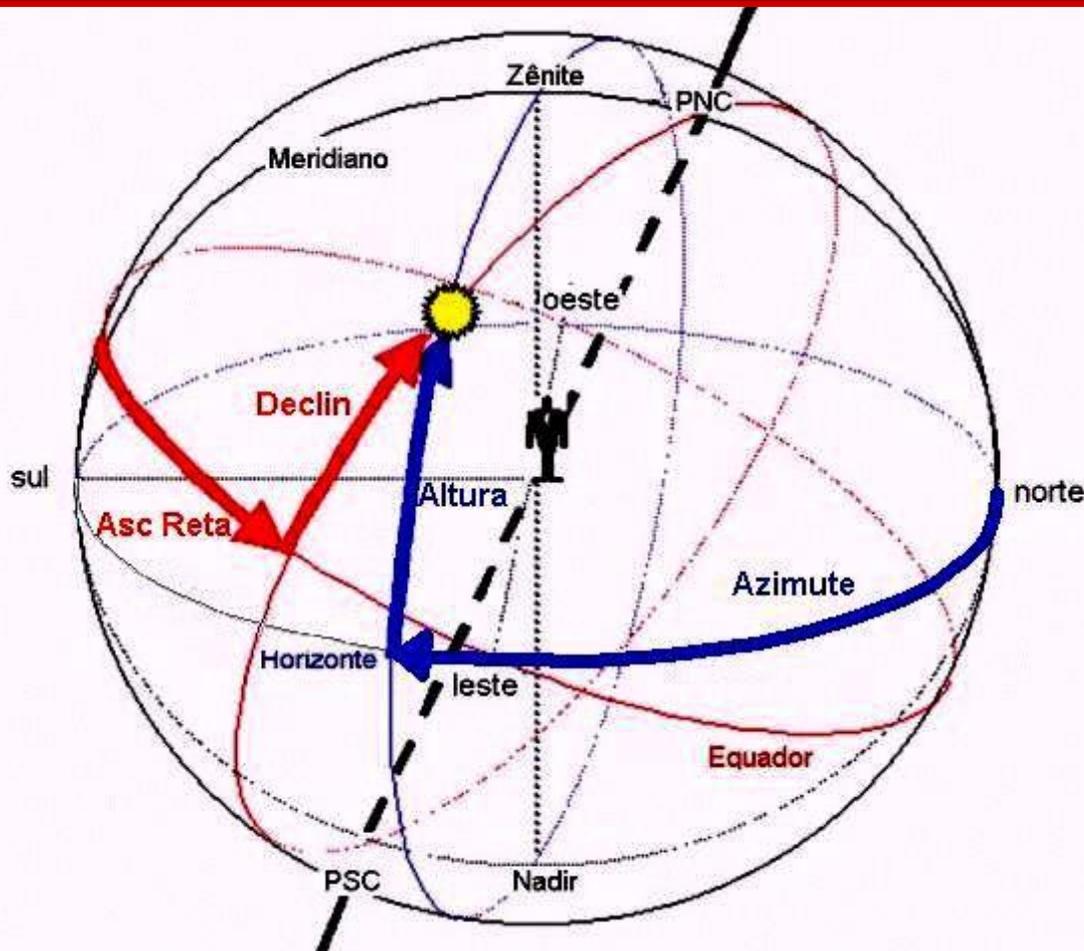
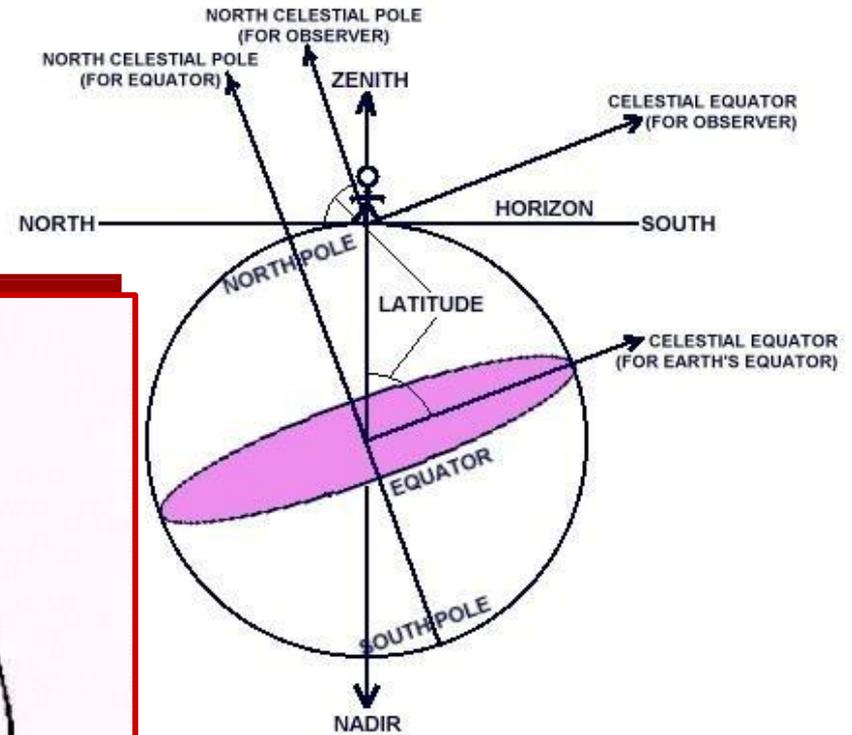
A relação entre os dias solares é dada pela **Equação do Tempo**:

$$ET = T_m - T_o;$$

T_m e T_o são, respectivamente, tempos solares médio e verdadeiro



Equivalência de Coordenadas Celestes Equatoriais e Horizontais

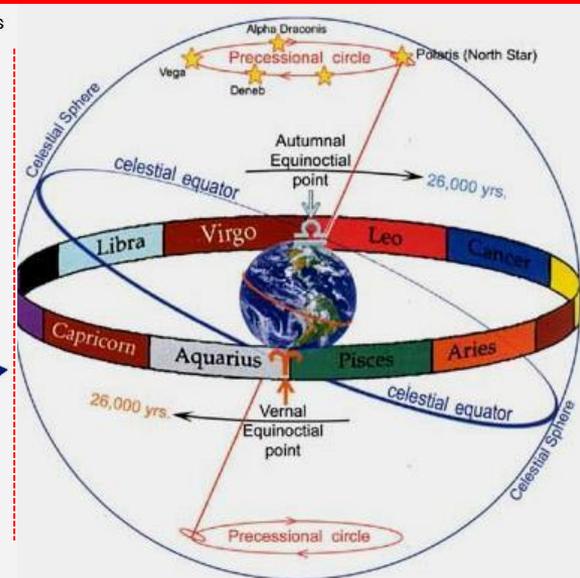
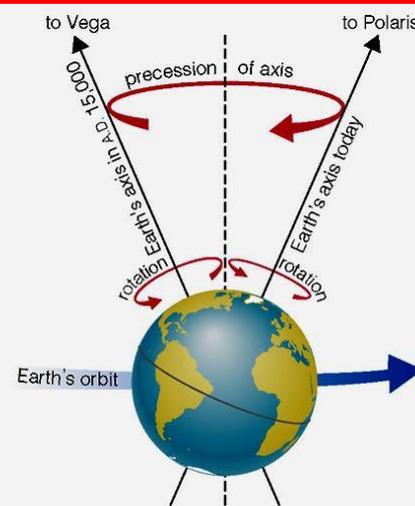
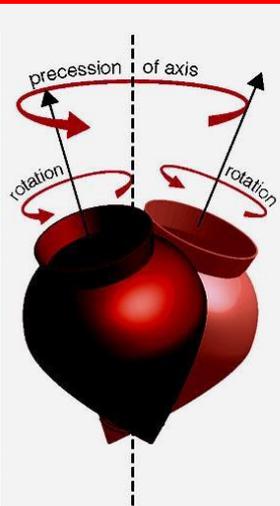


Precessão e Nutação



Precessão do eixo: movimento do eixo em torno da normal à eclíptica, decorrente da atração gravitacional do Sol e da Lua.

Período: ~ 25.770 anos (em relação às estrelas). **Consequência:** a linha de intersecção do plano do equador terrestre com o plano da eclíptica também precessiona \Rightarrow equinócio vernal precessiona \Rightarrow ascensão reta muda! Quando oficialmente definido, o ponto *gama* estava na constelação de Áries, daí ser chamado *primeiro ponto de Áries*; hoje ele está em Peixes.



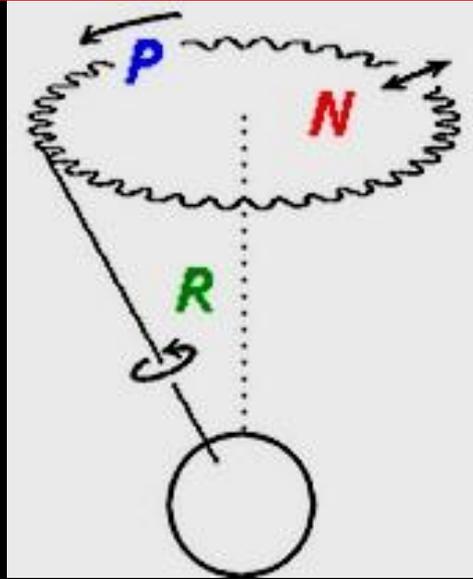
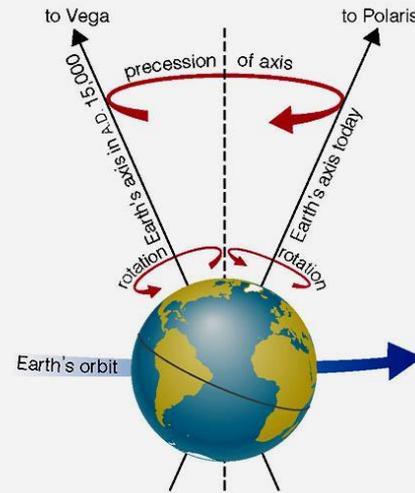
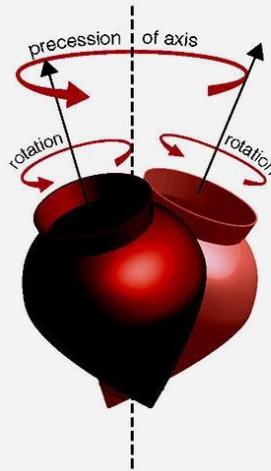
© 2005 Pearson Education, Inc., publishing as Addison Wesley

Polaris (alfa da Ursa Menor): $\alpha = 02^h 37^m 06,32^s$; $\delta = 89^\circ 17' 47,3''$; (1950)

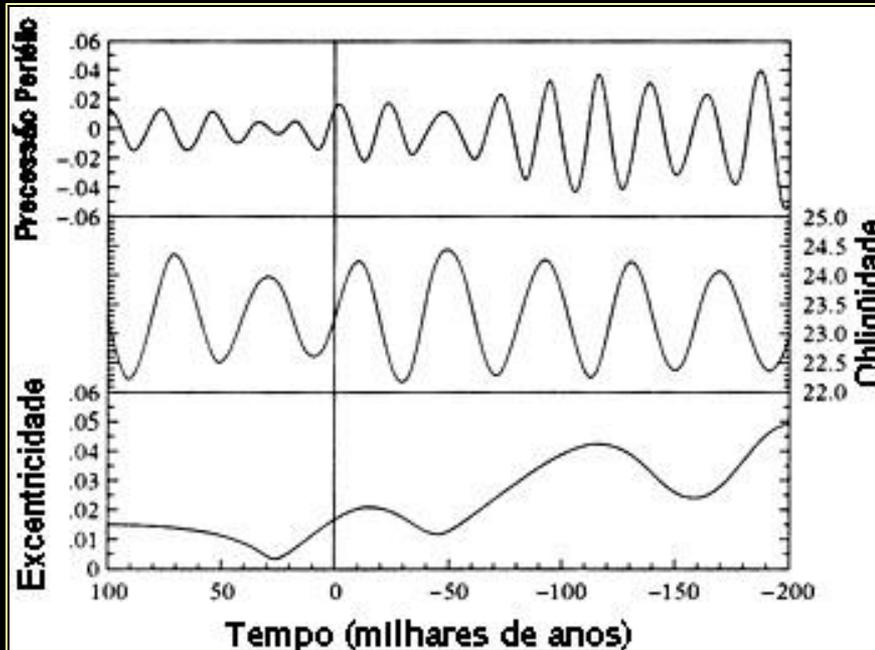
Precessão e Nutação

Nutação: uma espécie de precessão sobre a precessão, provocada pela pelas variações na inclinação da órbita da Lua em relação à órbita da Terra.

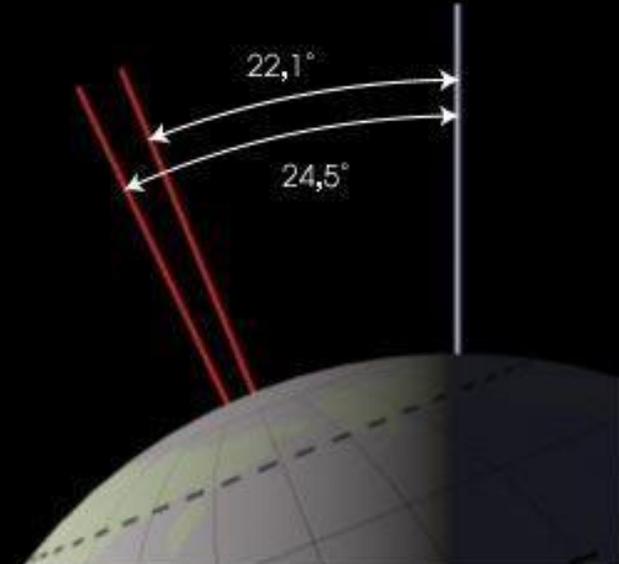
Período = 18,6 anos.



Efeitos múltiplos (muitos objetos)



Variação da obliquidade da eclíptica

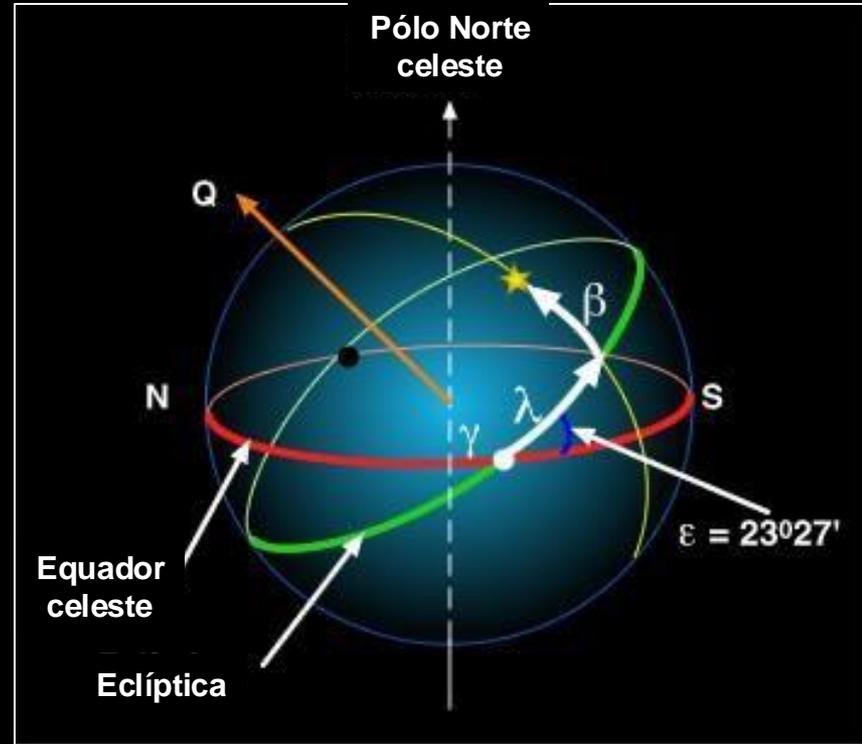
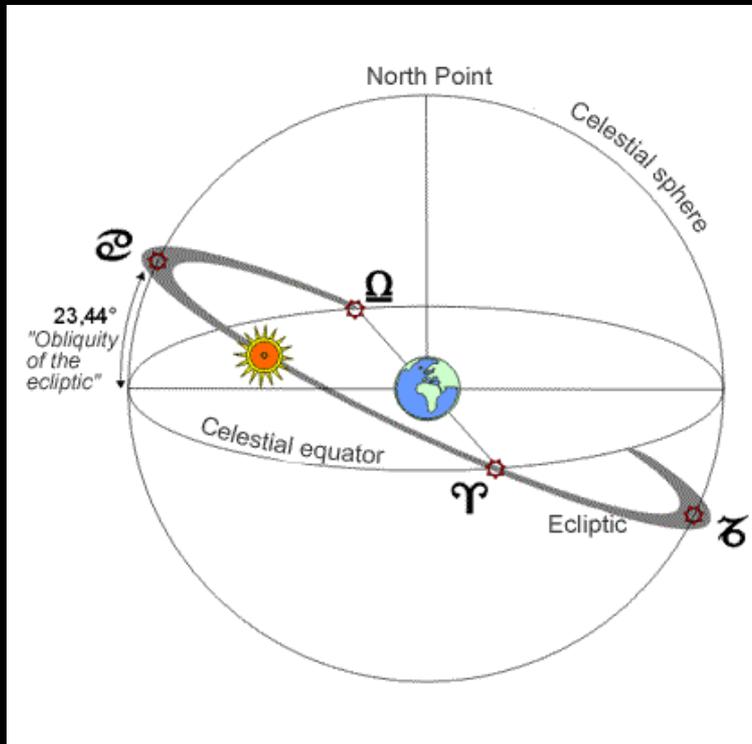


Variação da precessão do periélio e da excentricidade da órbita da Terra em torno do Sol.

Variação da obliquidade da eclíptica, entre 22,1° e 24,5°, com período de ~41 mil anos. É conhecido como "Ciclo de Milankovitch". Foi proposto em 1920 para explicar o ciclo de glaciação, mas as evidências indicam ciclo climático mais importante com ~100 mil anos, o que coincide com o ciclo de excentricidade.

Coordenadas Celestes Eclípticas

Sistema Eclíptico: conveniente para definir posições e movimentos no Sistema Solar porque toma como referência o plano da eclíptica.

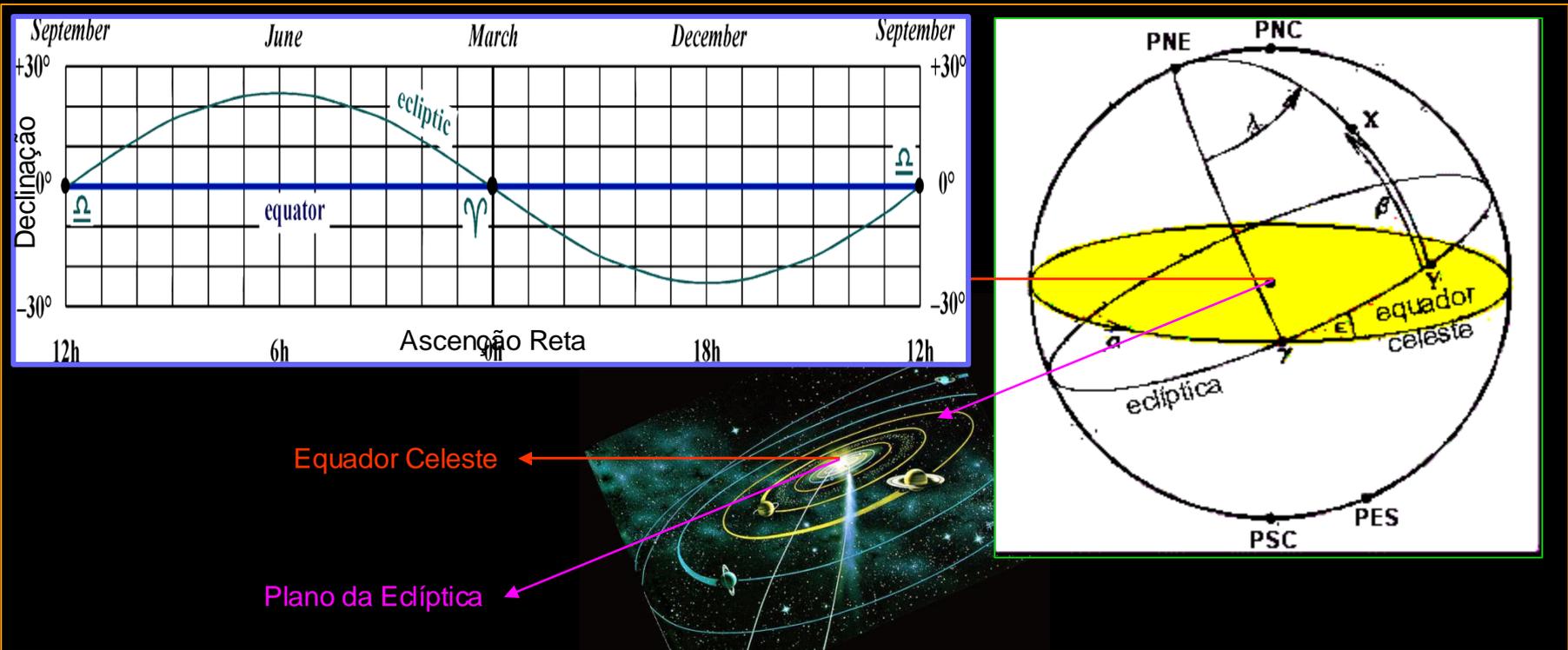


Latitude Eclíptica (β): (análoga à declinação): distância angular entre objeto e eclíptica. Negativa ao sul e positiva ao norte.

Longitude Eclíptica (λ): (análoga à ascensão reta): distância angular entre o Ponto Gama e o meridiano do objeto. Medido no mesmo sentido da asc, reta, porém sobre a eclíptica.

Coordenadas Celestes Eclípticas

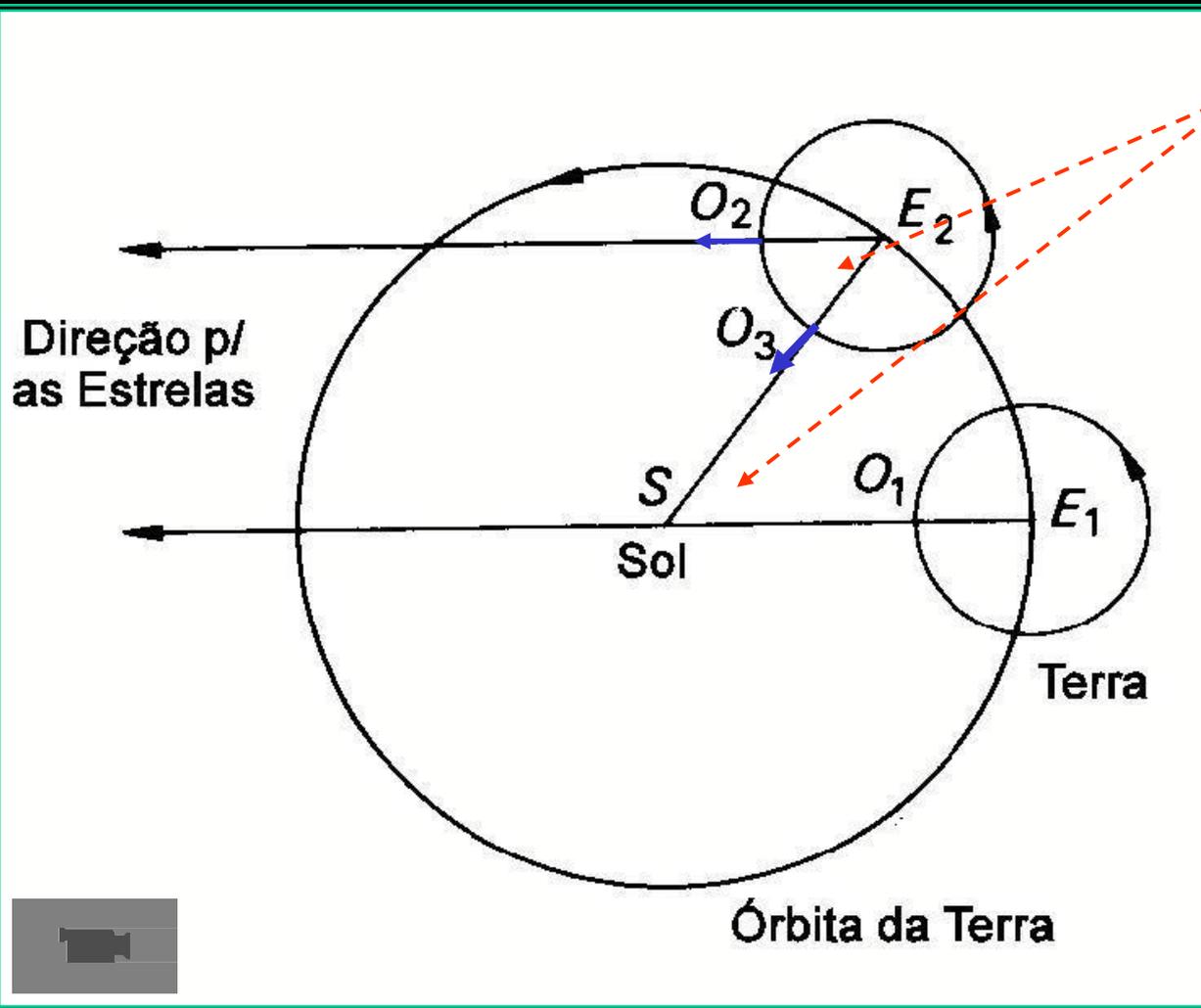
Sistema Eclíptico: conveniente para definir posições e movimentos no Sistema Solar porque toma como referência o plano da eclíptica.



Latitude Eclíptica (β): (análoga à declinação): distância angular entre objeto e eclíptica. Negativa ao sul e positiva ao norte.

Longitude Eclíptica (λ): (análoga à ascensão reta): distância angular entre o Ponto Gama e o meridiano do objeto. Medido no mesmo sentido da asc, reta, porém sobre a eclíptica.

Movimento Diário



TRANSLAÇÃO
Mesmo ângulo
Valor médio:
 $360^\circ/365,25d = 0,98^\circ/d$

ROTAÇÃO
 $360^\circ \rightarrow 24h$
 $0,98^\circ \rightarrow 3,92 \text{ min}$

“na média”, o Sol demora a cada dia 3,92 minutos mais para cruzar o meridiano que as estrelas longínquas.

Sol \rightarrow dia solar
Estrelas \rightarrow dia sideral