

Universidade Federal do Rio Grande do Sul
Instituto de Física
Departamento de Astronomia

Introdução à Astronomia

Prof. Rogério Riffel

Por que estudamos astronomia?



Por que estudamos astronomia?

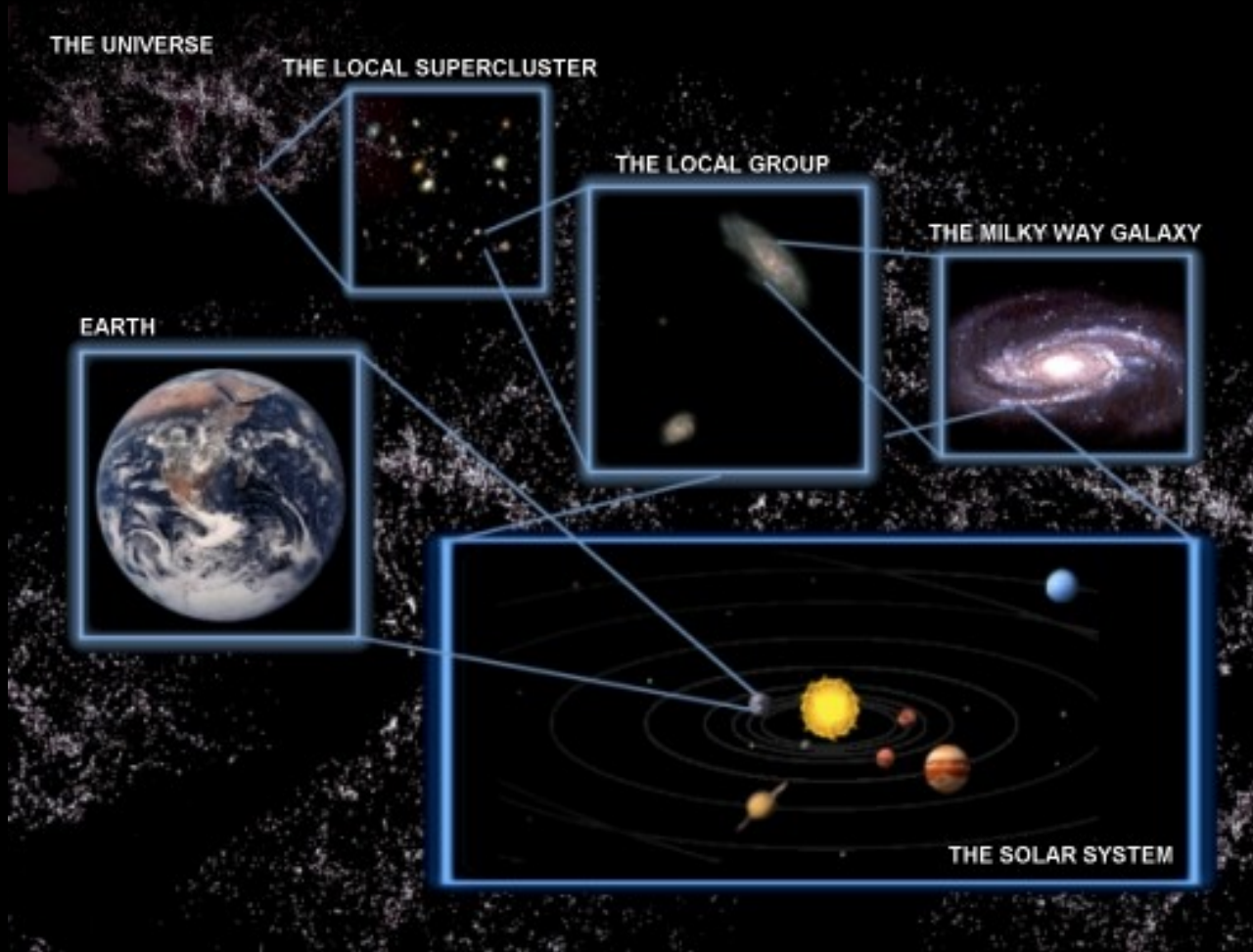
Para entender o lugar onde vivemos (universo);

Inovação tecnológica;

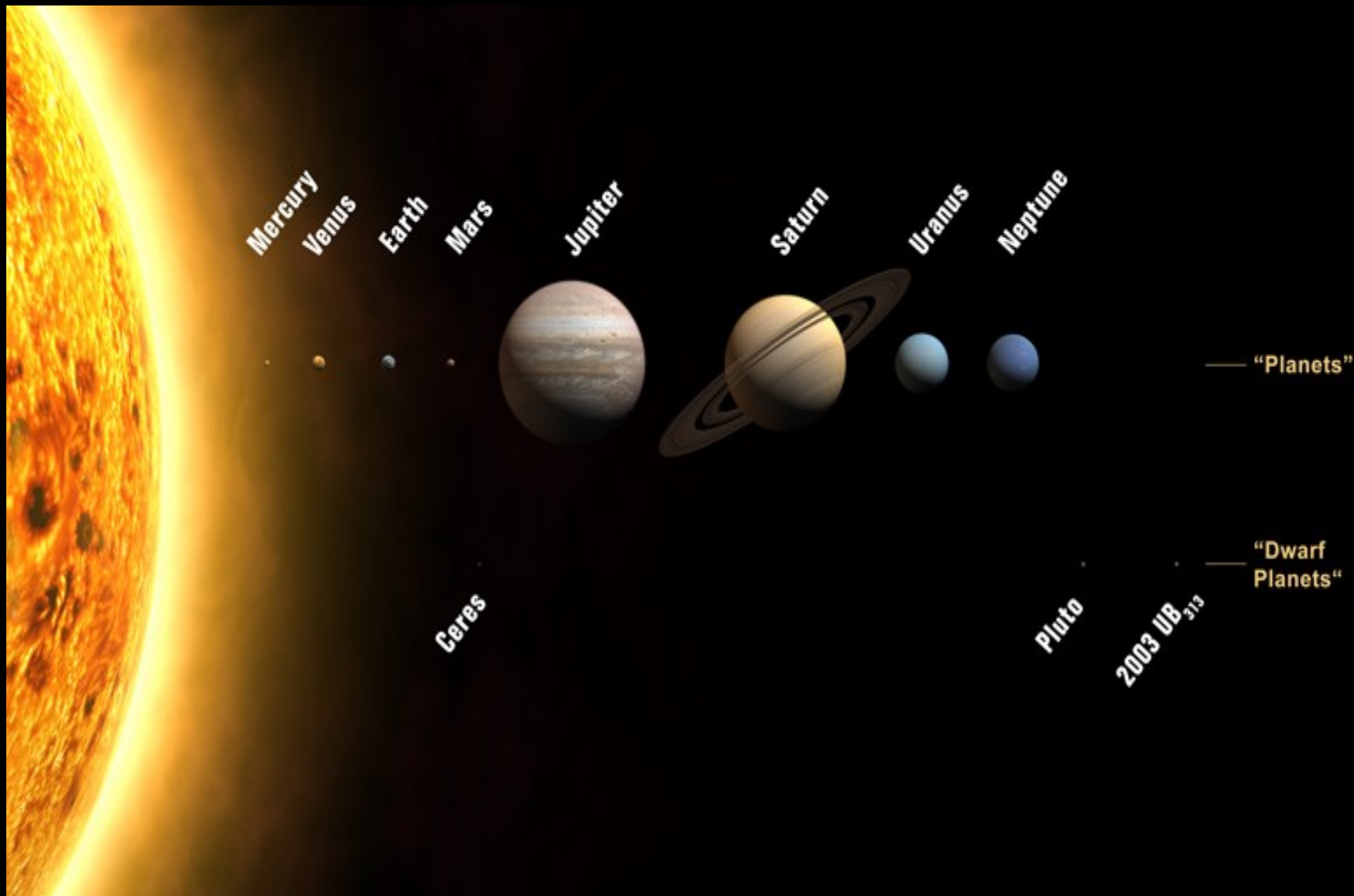
Ciência Básica;



Nosso Lugar no Universo



Nosso Lugar no Universo



Nosso Lugar no Universo



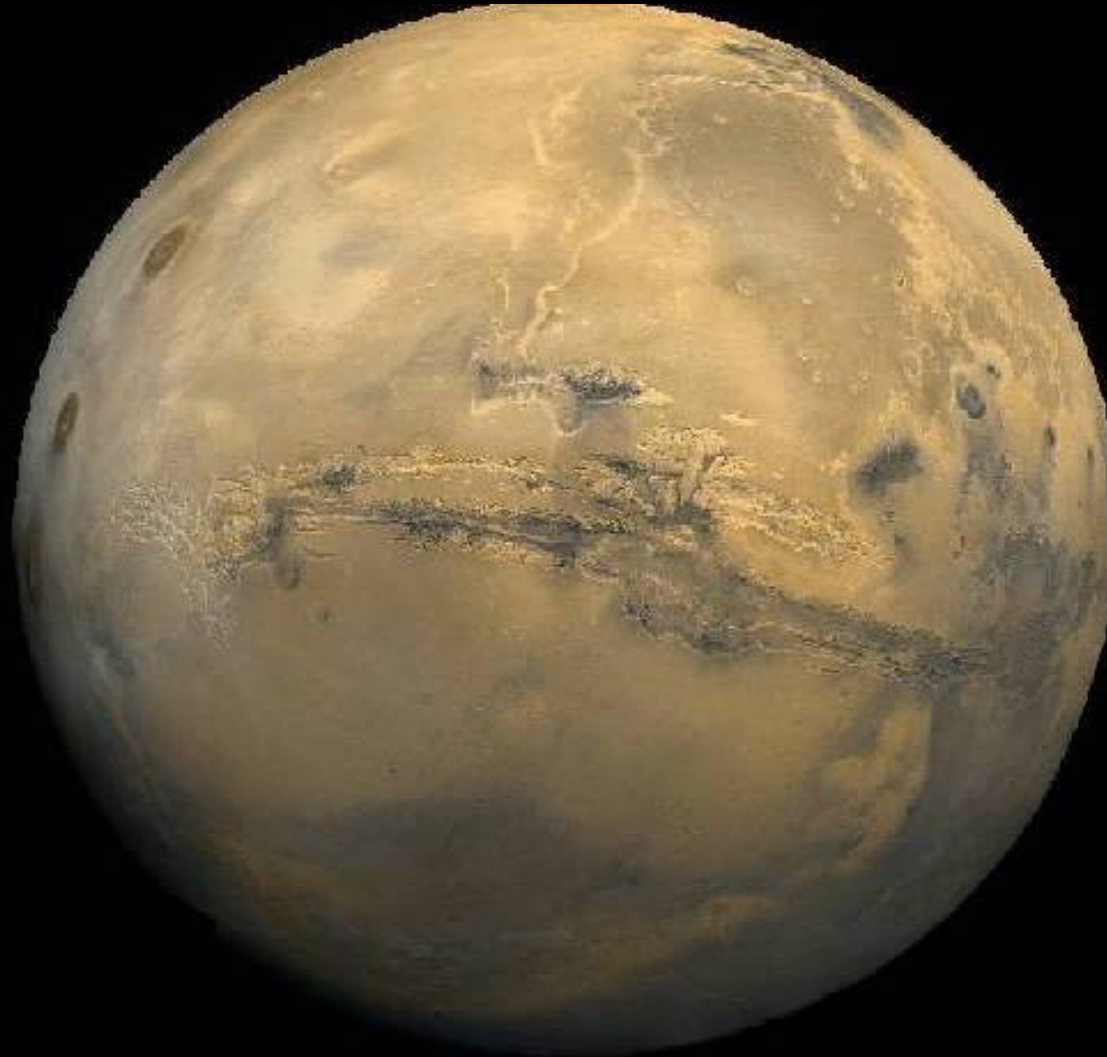
Algumas imagens



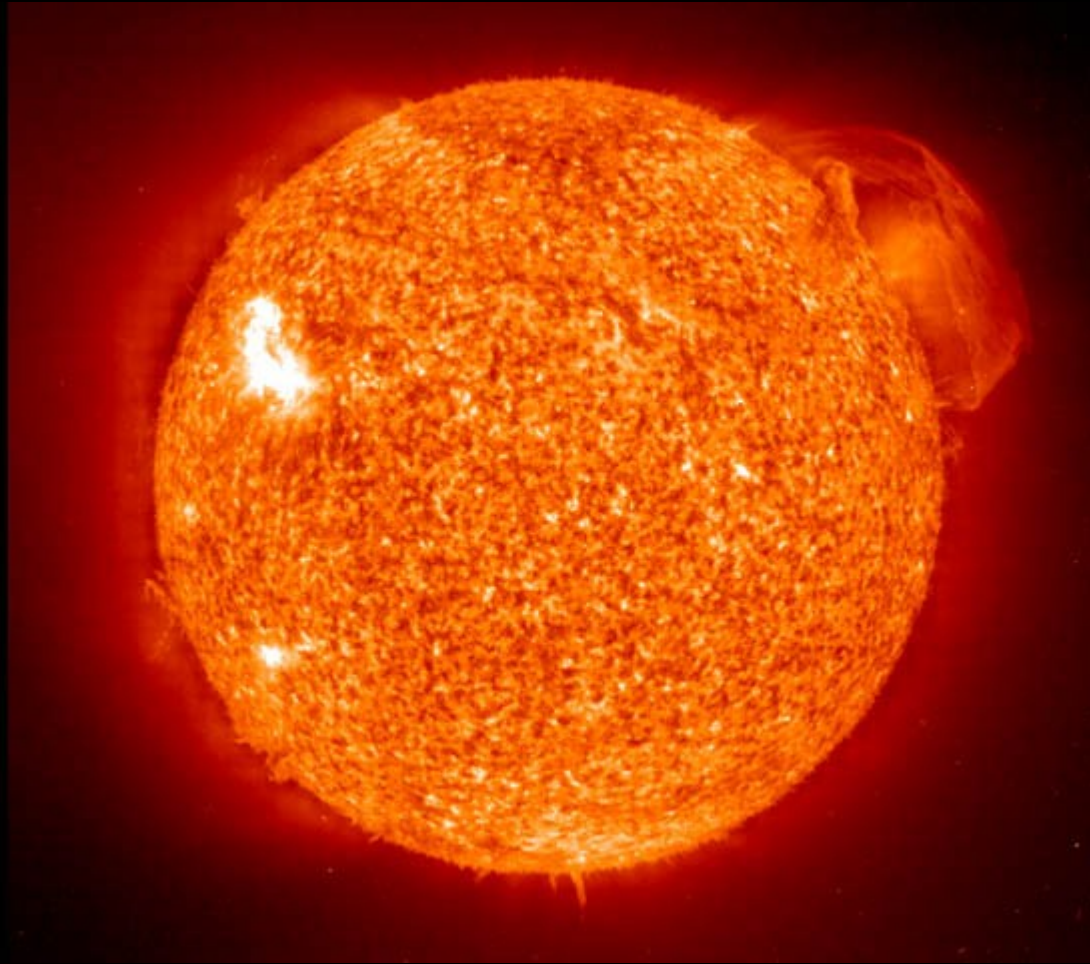
Aglomerado Globular 47 tuc.



Marte



Sol



Nebulosa de Órion



NGC 3310

Starburst Galaxy NGC 3310



NASA and The Hubble Heritage Team (STScI/AURA)
Hubble Space Telescope WFPC2 • STScI-PRC01-26

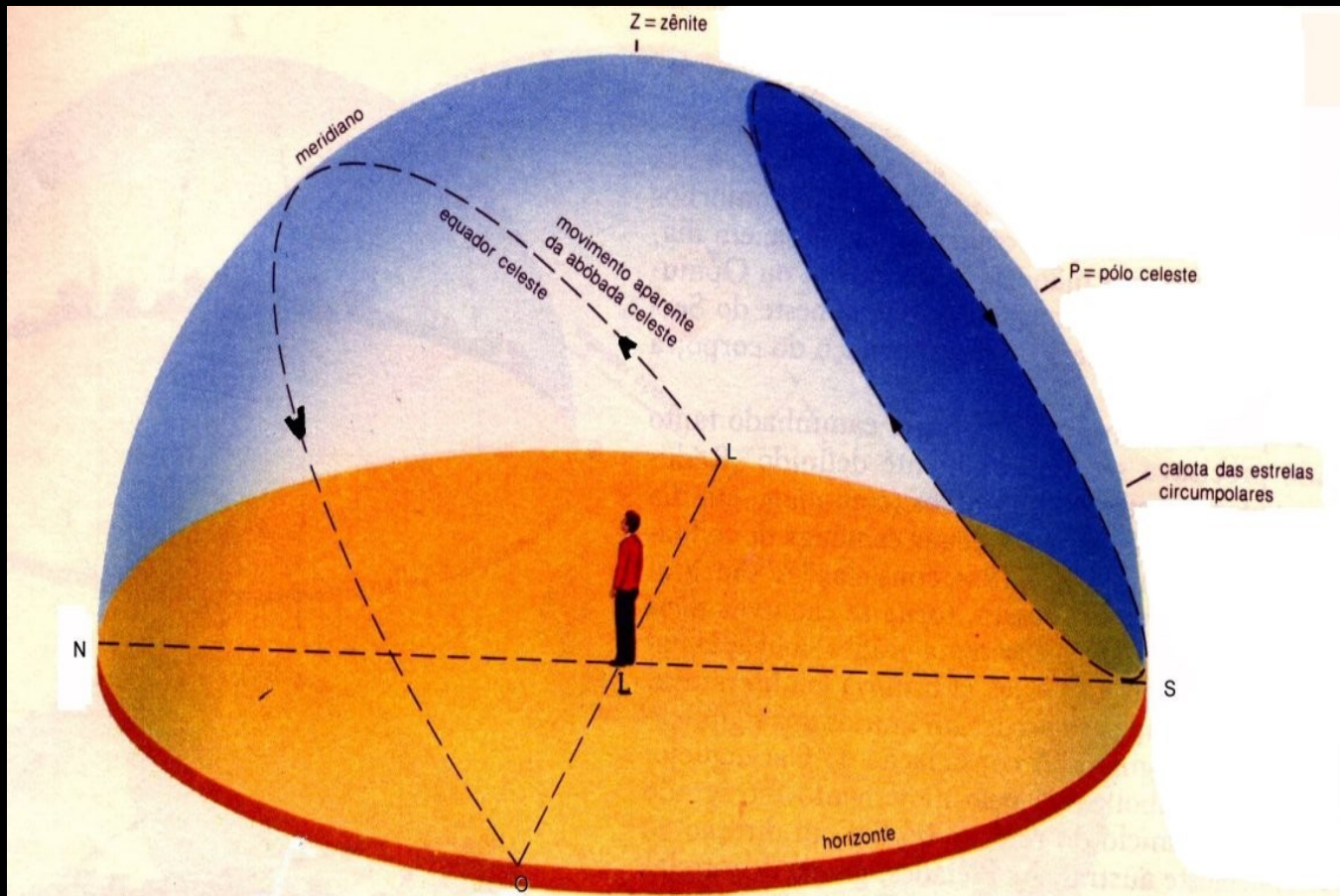
Hubble
Heritage

Astronomia: Ciência que estuda a posição, os movimentos e a constituição dos corpos celestes.

Astrofísica: Parte da Astronomia que estuda os astros, aplicando, especialmente, os diversos métodos da Física.

Definições Importantes

A esfera celeste: Observando o céu noturno (no campo ou praia) temos a impressão de estarmos no meio de uma esfera enorme (cheia de estrelas); o que levou os gregos a definirem a esfera celeste.



A esfera Celeste

Os astros nascem no leste e se põem no oeste, o que causa a impressão de que a esfera celeste está girando de leste para oeste.

Esse movimento é chamado de movimento diurno dos astros e é um reflexo do movimento de rotação da Terra;

Existem algumas estrelas que descrevem uma circunferência completa no céu – estrelas circumpolares (altas latitudes).

Planos e pontos Importantes

Horizonte: É o plano tangente à Terra e perpendicular à vertical do lugar onde se encontra o observador.

Zênite: É o ponto no qual a vertical do lugar intercepta a esfera celeste, acima do observador.

Nadir: É o ponto diametralmente oposto ao Zênite.

Meridiano do lugar: círculo entre os polos celestes, formando 90° com o horizonte.



Definições Importantes

Pólos: Norte e Sul é o ponto em que o prolongamento do eixo de rotação da Terra intercepta a esfera celeste.

Leste e Oeste intersecção do horizonte com o equador celeste.



Sistemas de Coordenadas

Para determinar a posição de um astro no céu, precisamos definir um sistema de coordenadas;

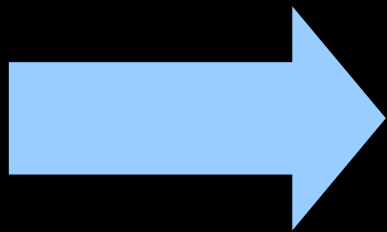
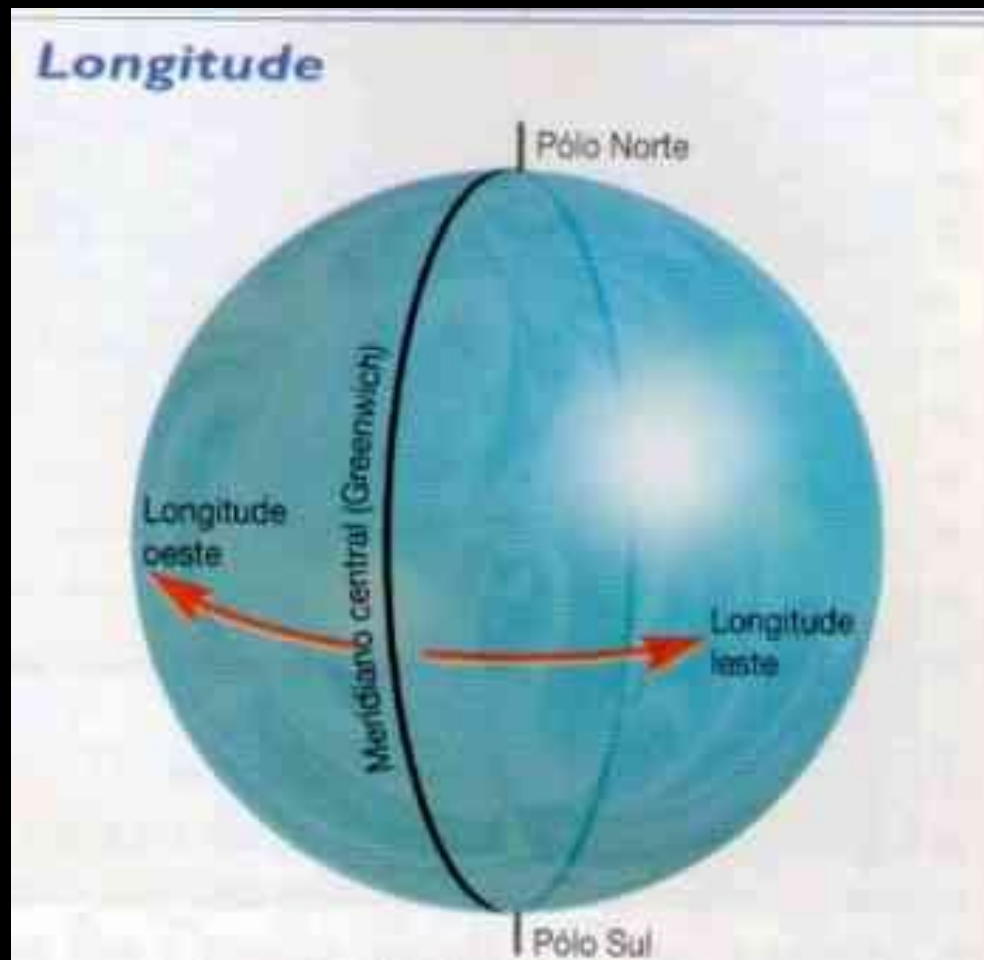
Utilizamos apenas coordenadas angulares, sem nos preocuparmos com as distâncias dos astros;

A posição dos astros será determinada através de dois ângulos de posição.



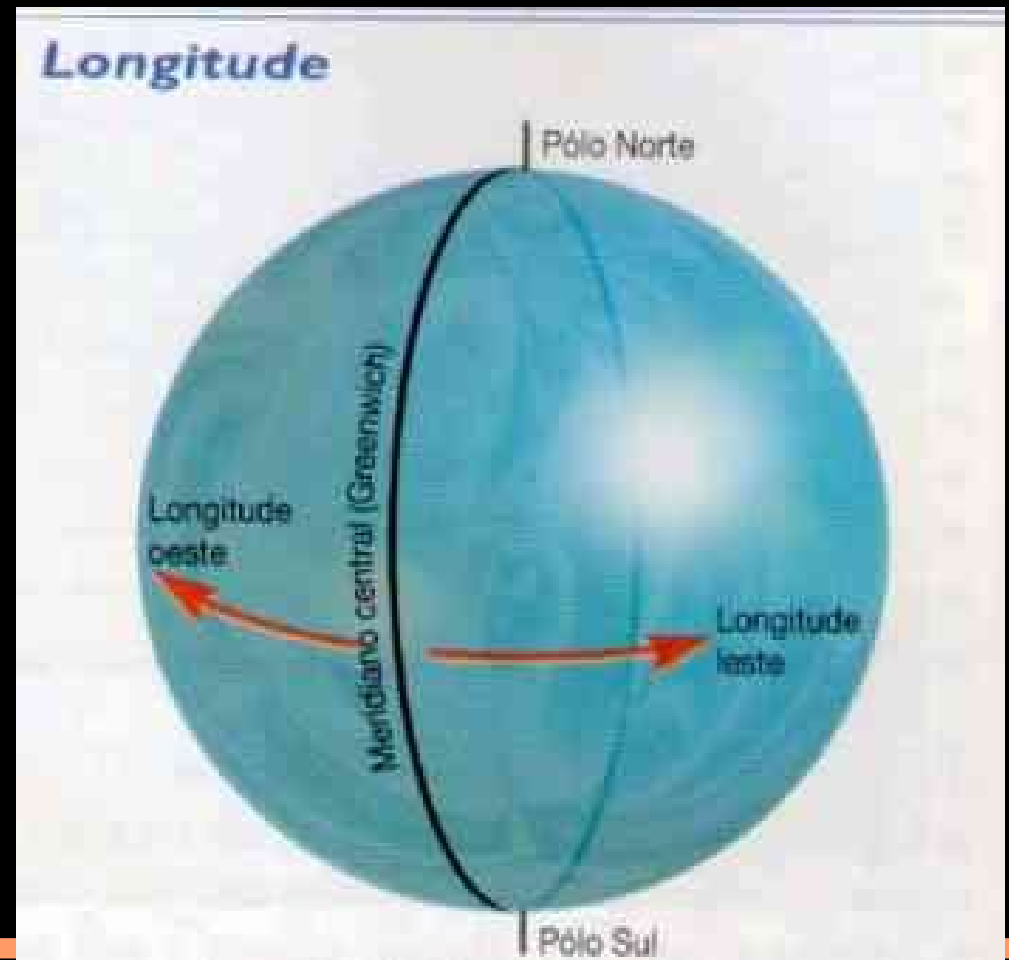
Sistemas de Coordenadas

Longitude geográfica (λ): 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.

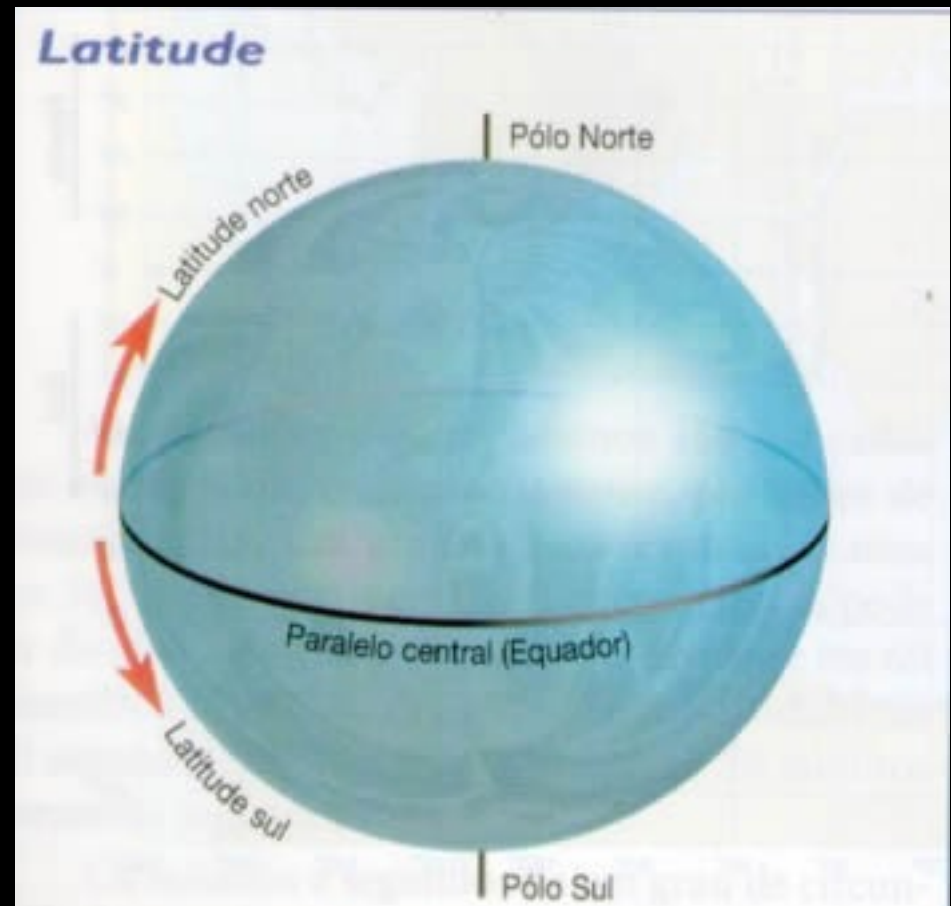
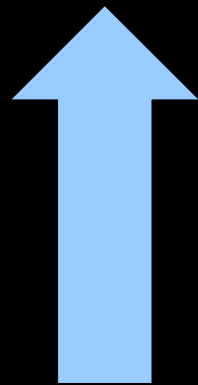


Sistemas de Coordenadas

Na Conferência Internacional Meridiana, realizada em Washington em outubro de 1884, foi definida como variando de 0 a $+180^\circ$ (Oeste de Greenwich) e de 0 a -180° (Leste). Na convenção usada em astronomia, varia entre $-12h$ (Oeste) e $+12h$ (Leste).



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



O Sistema Equatorial Celeste

Ascensão reta (α ou AR): ângulo medido sobre o equador, com origem no meridiano que passa pelo ponto **Vernal**, e extremidade no meridiano do astro.

$$0 \leq \alpha \leq 24h$$

$$0 \leq \alpha \leq 360^\circ$$

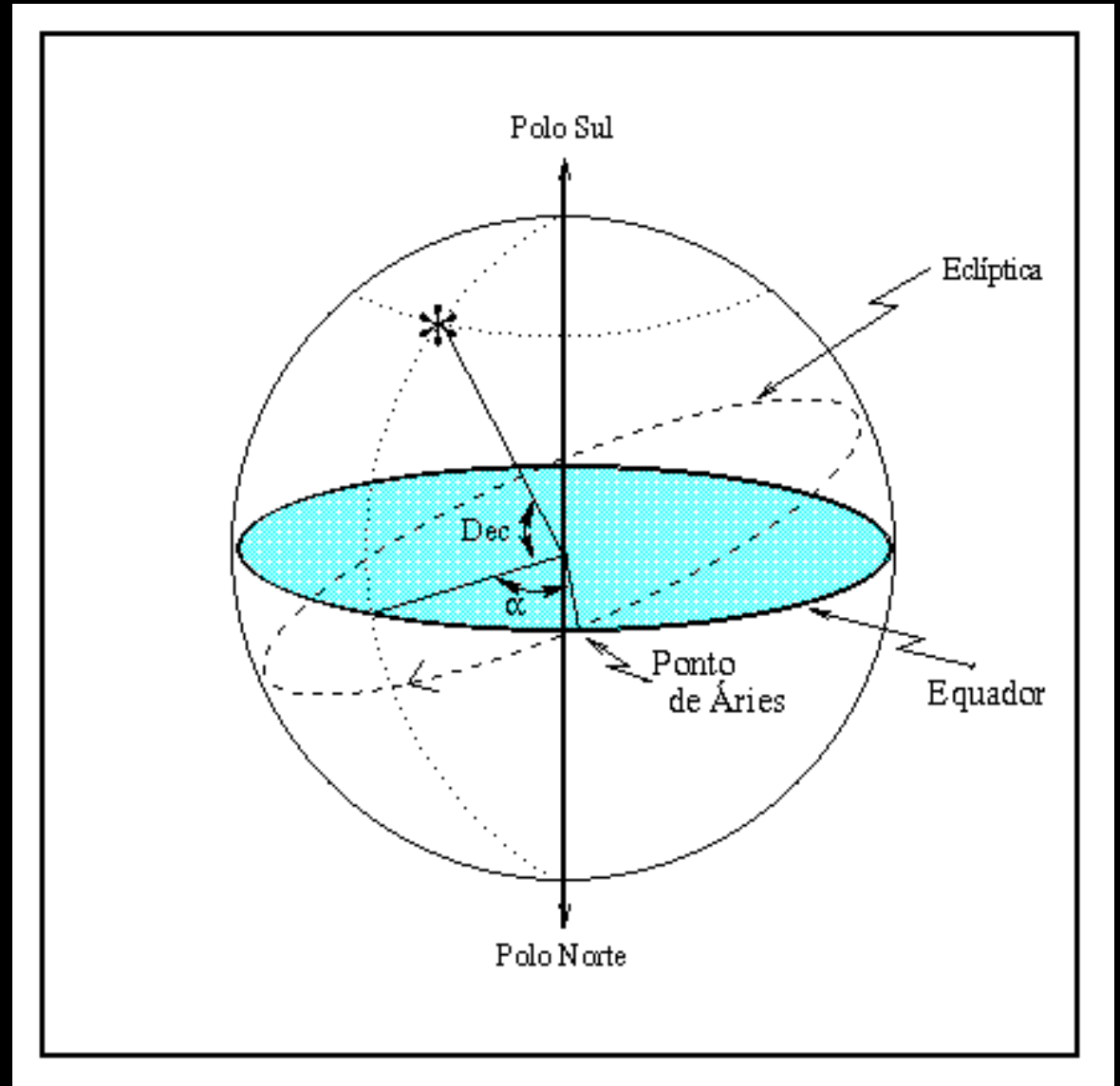


O plano fundamental é o Equador Celeste.

Não depende das coordenadas do lugar!



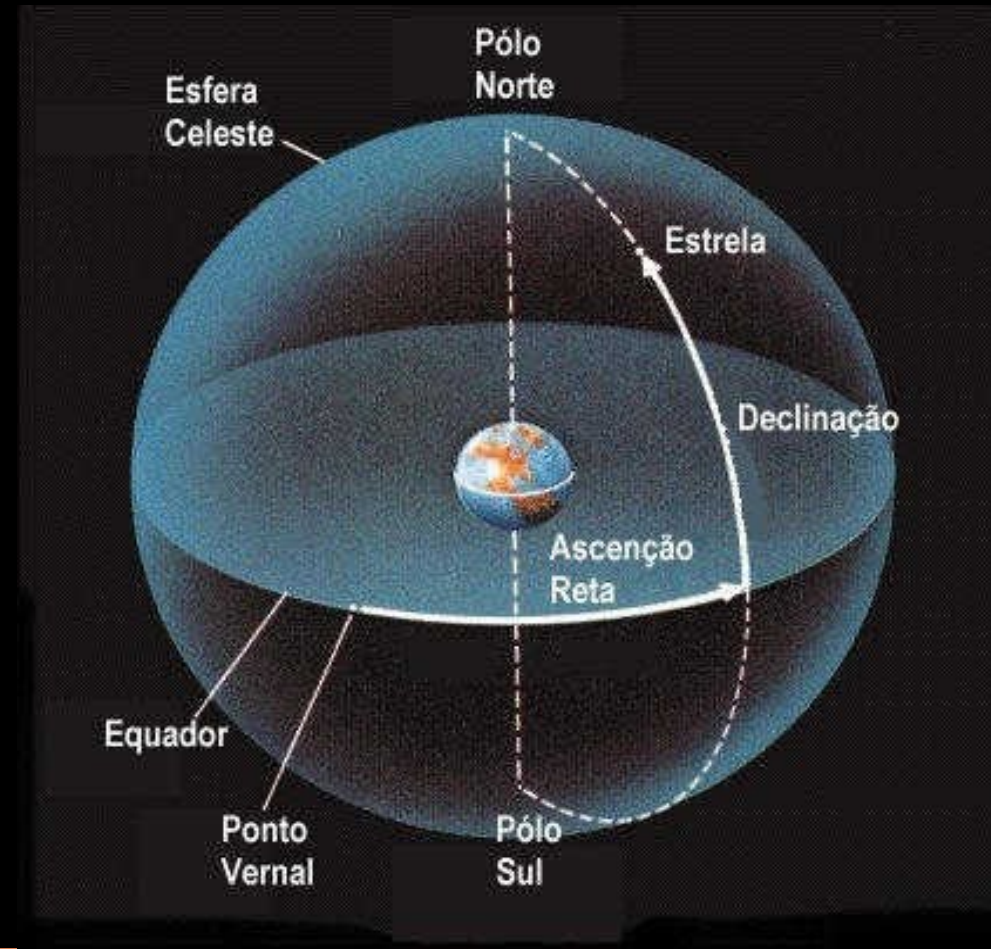
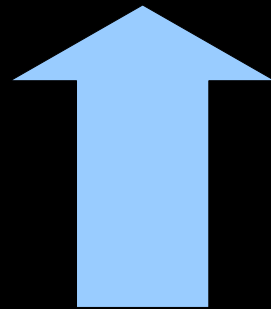
O Ponto Áries, também chamado Ponto Gama (γ), ou Ponto Vernal, é um ponto do equador, ocupado pelo Sol no equinócio de primavera do hemisfério norte, isto é quando o Sol cruza o equador vindo do hemisfério sul (geralmente em 22 de março de cada ano).



O Sistema Equatorial Celeste

Declinação (δ ou DEC): ângulo medido sobre o meridiano do astro (perpendicular ao equador), com origem no equador e extremidade no astro.

$$-90^{\circ} \leq \delta \leq +90^{\circ}$$



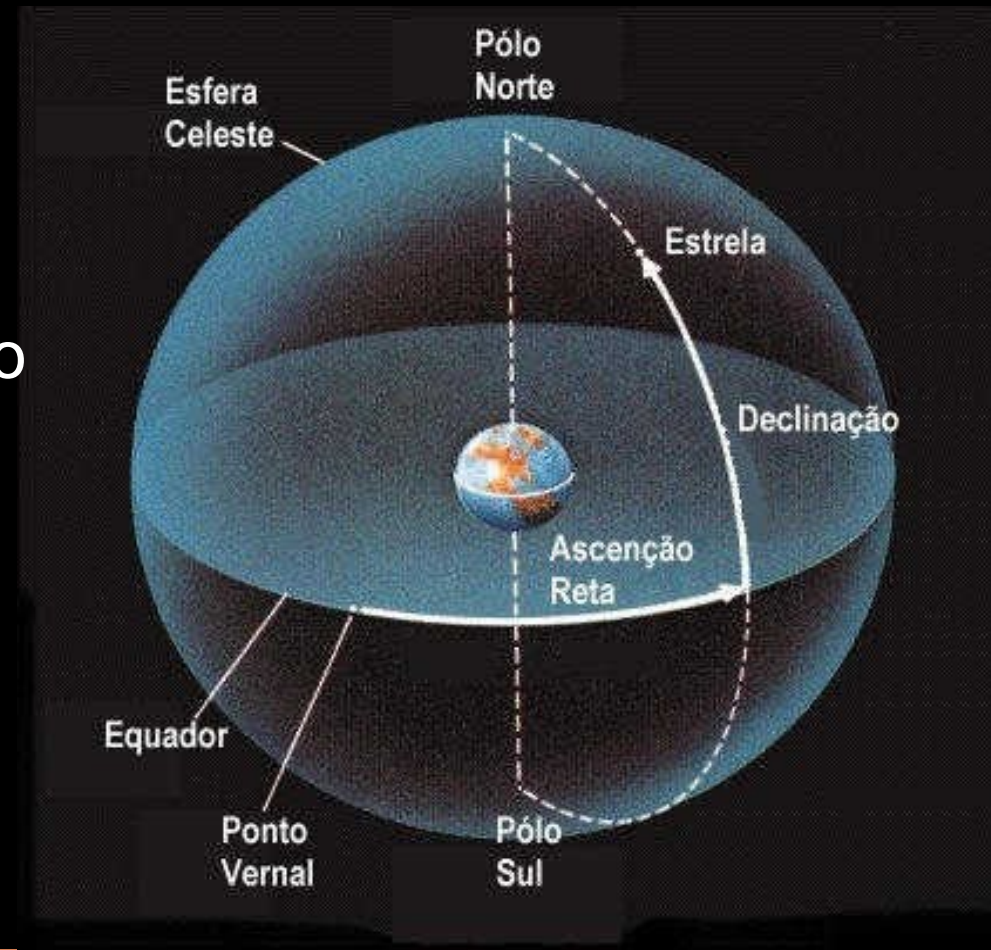
O Sistema Equatorial Celeste

Declinação (δ ou DEC): ângulo medido sobre o meridiano do astro (perpendicular ao equador), com origem no equador e extremidade no astro.

$$-90^{\circ} \leq \delta \leq +90^{\circ}$$

O complemento da declinação se chama distância polar (Δ)

$$\Delta + \delta = 90^{\circ}$$

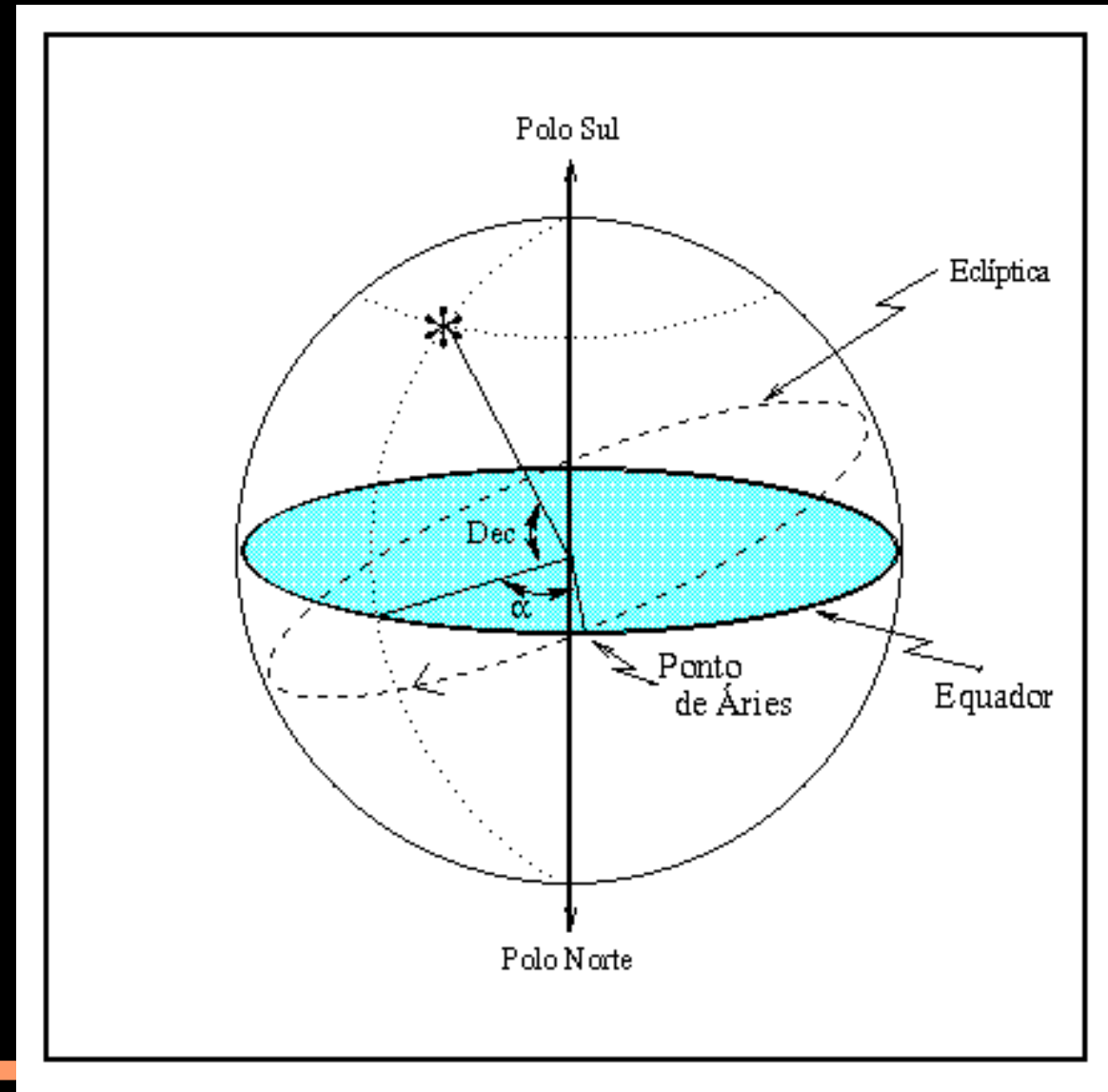


O Sistema Equatorial Celeste

Declinação (δ ou DEC): ângulo medido sobre o meridiano do astro (perpendicular ao equador), com origem no equador e extremidade no astro.

$$\Delta + \delta = 90^\circ$$

$$0^\circ \leq \Delta \leq 180^\circ$$



O Sistema Equatorial Celeste

O sistema equatorial celeste é fixo na esfera celeste e, portanto, suas coordenadas não dependem do lugar e instante de observação. A ascensão reta e a declinação de um astro permanecem praticamente constantes por longos períodos de tempo.



Movimento diurno dos astros

Leste  Oeste.

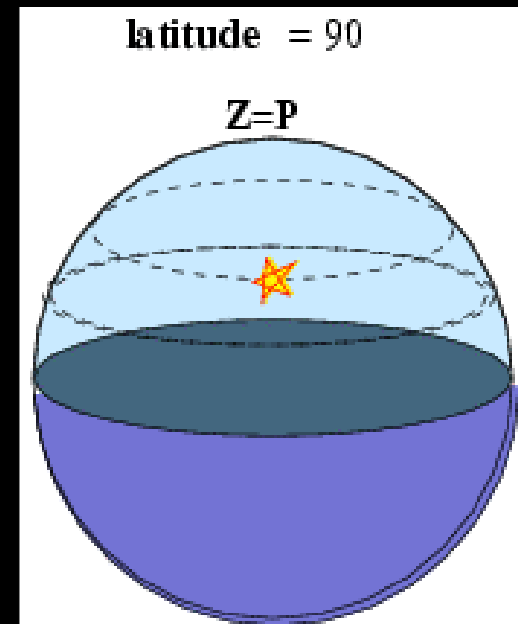
Reflexo do movimento de rotação da Terra (de Oeste p/ leste).

Ao longo do dia os astros descrevem arcos paralelos ao equador (depende da latitude do lugar).

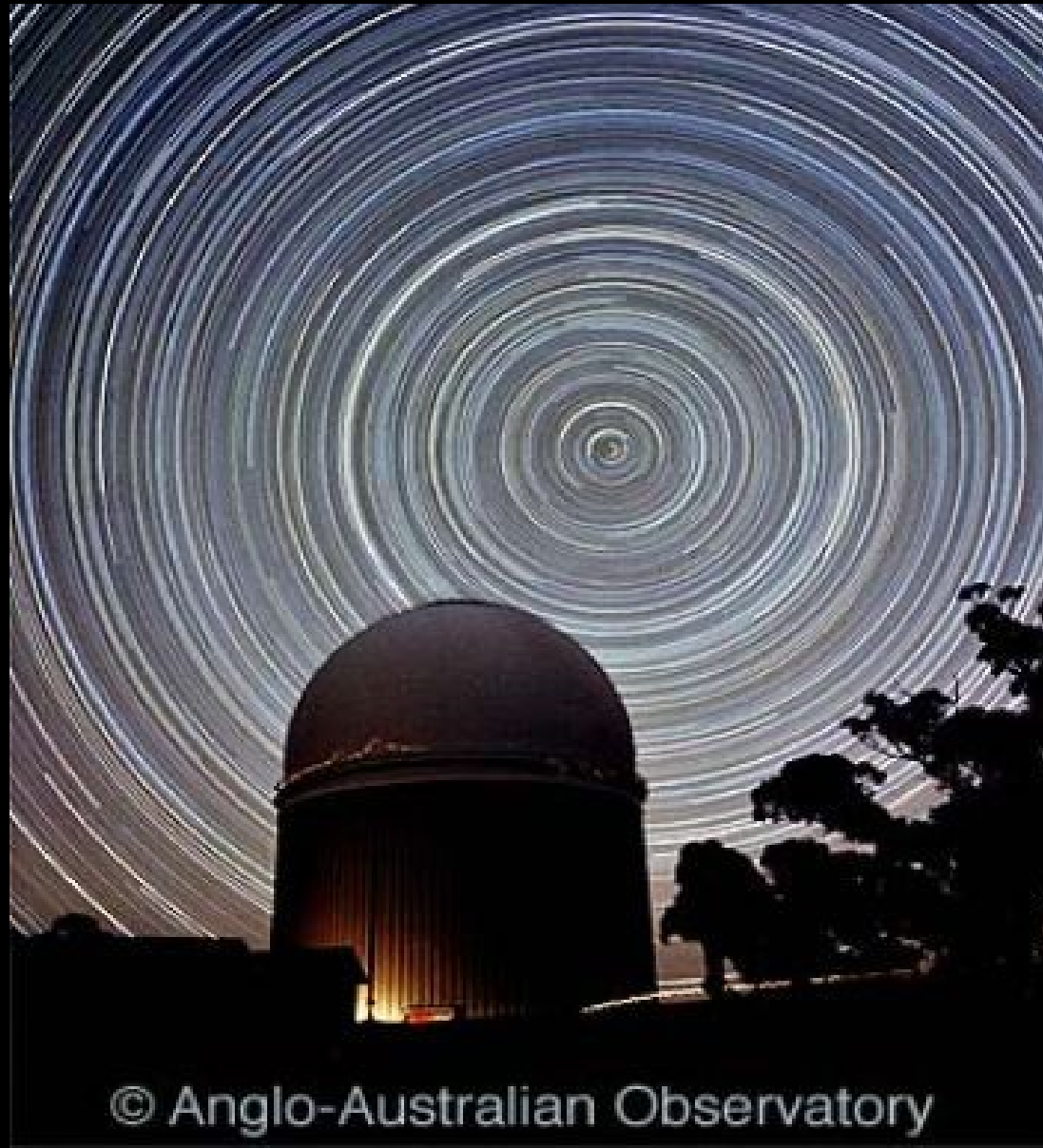


Movimento dos Astros

Nos Pólos ($\phi = \pm 90$) – Todas as estrelas ficam 24h acima do horizonte (Sol da Meia Noite)



Estrelas Circumpolares

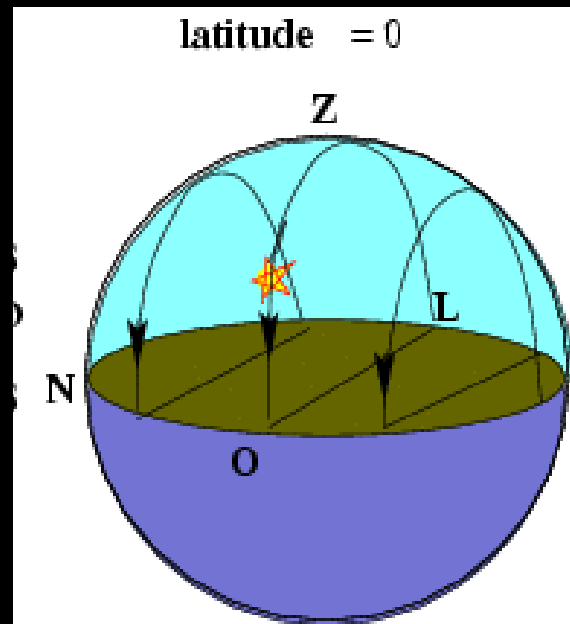


© Anglo-Australian Observatory



Movimento dos Astros

Nos Equador ($\phi=0$) – Todas as estrelas nascem e se põe (12h acima do horizonte e 12h abaixo).

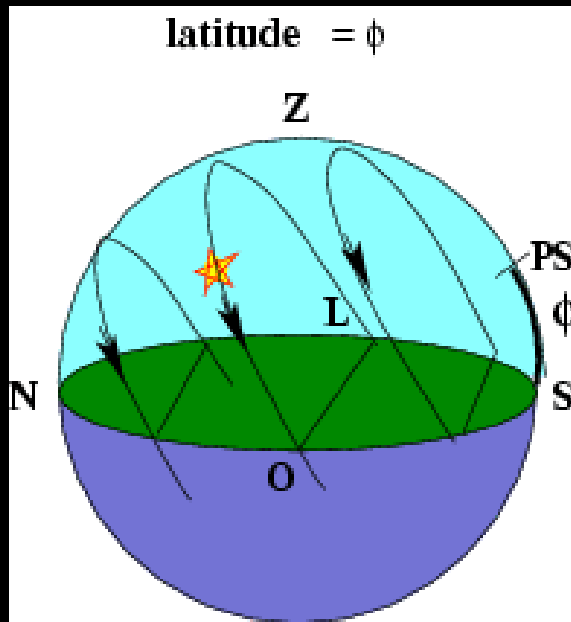


Movimento diurno das estrelas em Mauna Kea



Movimento diurno dos astros

Latitude Intermediária – Possibilidades anteriores combinadas.



Fenômenos do movimento diurno

Nascer e ocaso: são os instantes em que o astro aparece e desaparece no horizonte, respectivamente.

Passagem Meridiana: É o instante em que o astro atinge a máxima altura, ou a mínima distância zenital.

Nota: Os astros fazem duas passagens meridianas por dia: a passagem meridiana superior (quando sua elevação é máxima) e a passagem meridiana inferior (quando sua elevação é mínima)

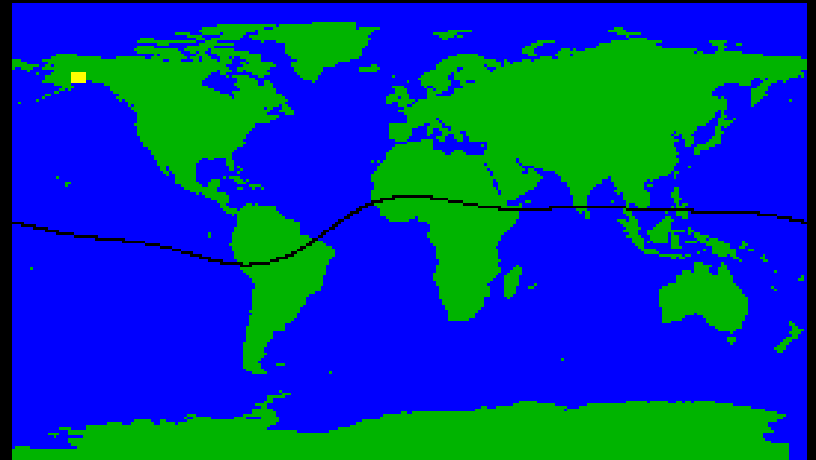
Campo Magnético Terrestre

- Assemelha-se ao campo criado por um dipolo magnético (ímã).
- A linha imaginária entre os pólos Sul e Norte Magnético apresenta uma inclinação (11,3 graus) em relação ao eixo de rotação da Terra.
- A teoria do dínamo é a mais aceita para a origem do campo magnético.



Campo Magnético Terrestre

- A posição dos polos magnéticos varia com o tempo (independentemente um do outro).

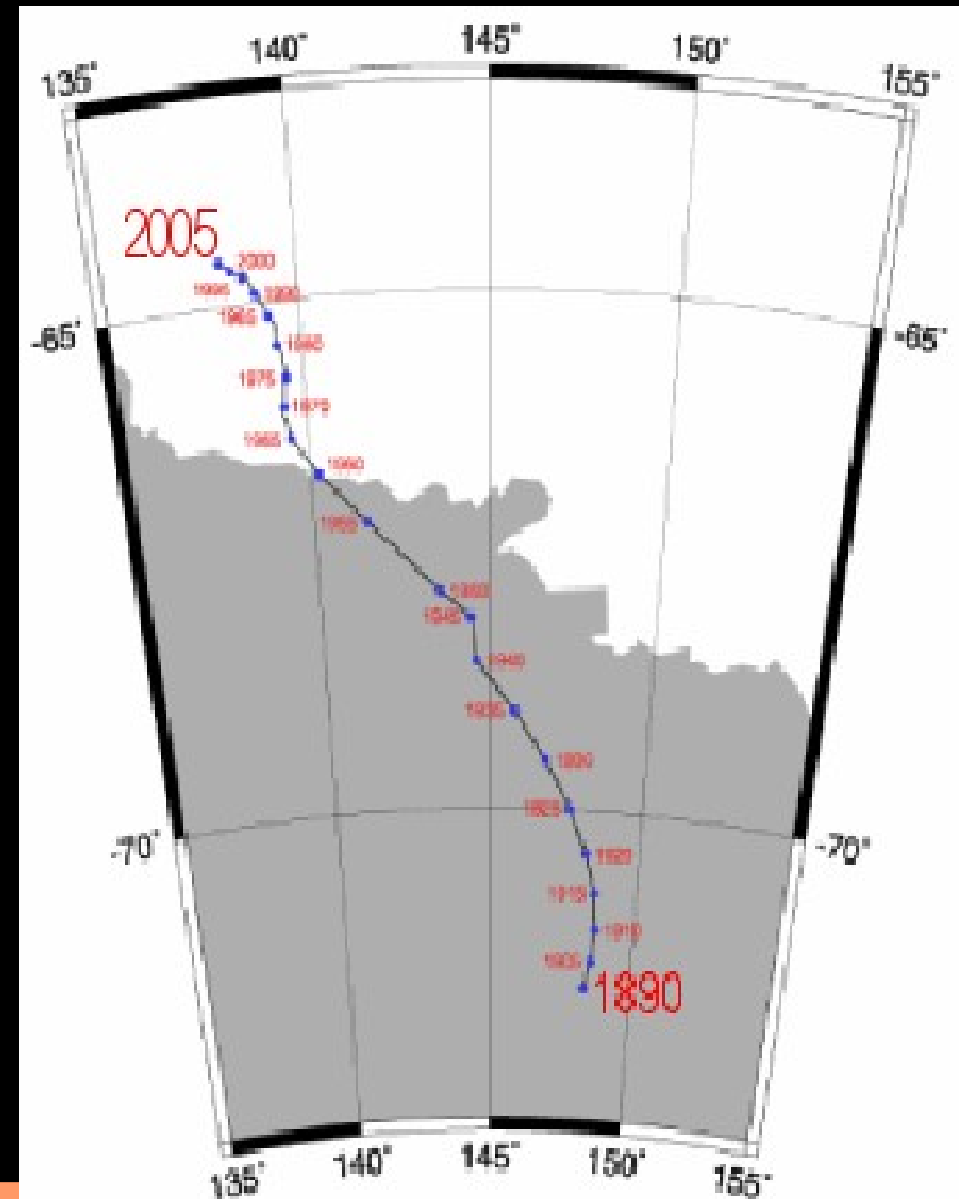


Campo Magnético Terrestre

Deslocamento N



Deslocamento S

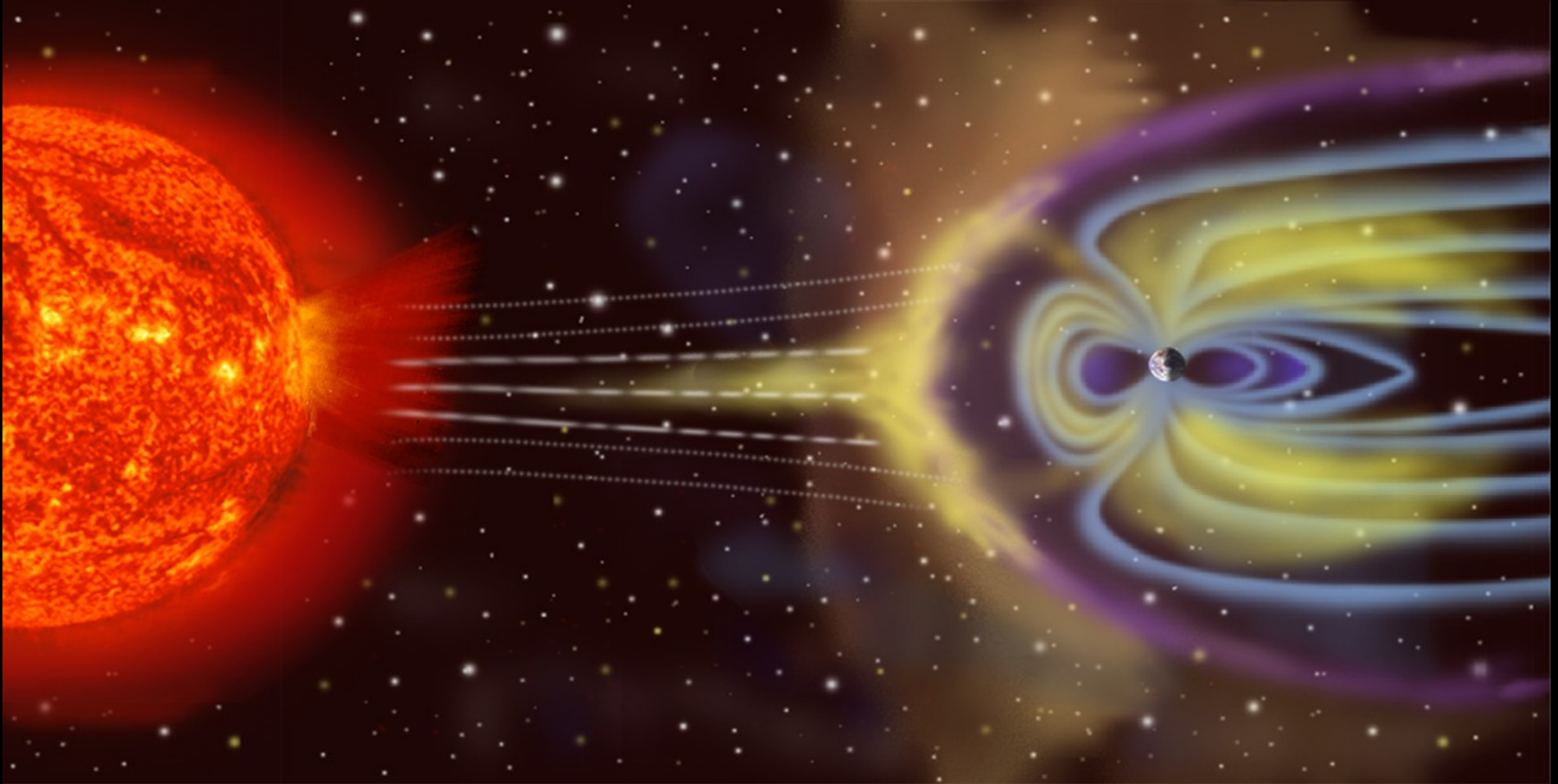


Campo Magnético Terrestre

- O Campo não é como o de um ímã (movimento coordenado de elétrons).
- Como $T > 1000\text{K}$ (T de Curie) o movimento dos elétrons torna-se aleatória.
- A Terra (diferente de um ímã) tem a magnetosfera (camada externa da Atmosfera) .



Campo Magnético Terrestre



Campo Magnético Terrestre

- A magnetosfera protege a terra das partículas carregadas emitidas pelo Sol (vento solar).

- Auroras:

Boreal – hemisfério Norte.

Austral – hemisfério Sul.

- Produzidas quando as partículas carregadas colidem com a atmosfera do planeta.



Aurora Austral-- Nova Zelândia



© Copyright 1997 Craig Richardson

Aurora Boreal-- Alasca





Introdução à Astronomia

Parte 2 – Aula 1

**Movimento Anual do Sol,
Fases da Lua e Eclipses**

Sol, Terra e Lua



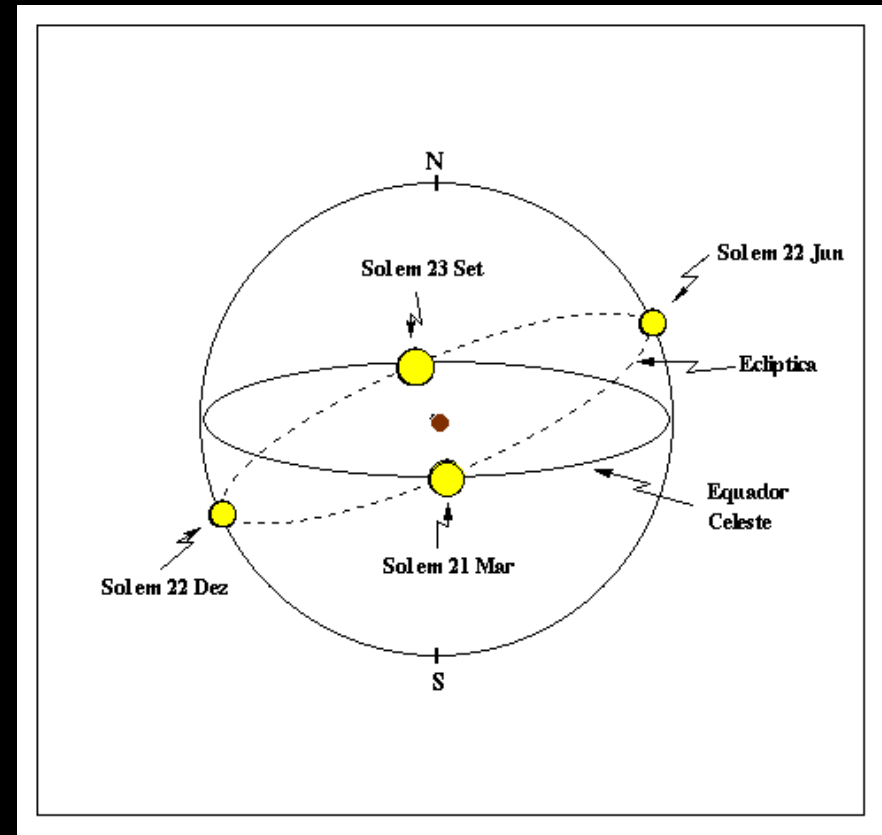
Movimento Anual do Sol

Como reflexo da translação da Terra em torno do Sol, o Sol descreve uma trajetória na esfera celeste ao longo do ano - **a eclíptica**.

Plano orbital da Terra \neq Equador terrestre \rightarrow Plano trajetória aparente do Sol \neq Equador celeste

Plano orbital da Terra tem um inclinação de $23^{\circ}27'$ em relação ao equador da Terra.

A trajetória aparente do Sol apresenta a mesma inclinação em relação ao equador celeste (obliquidade da eclíptica = $23^{\circ}27'$)

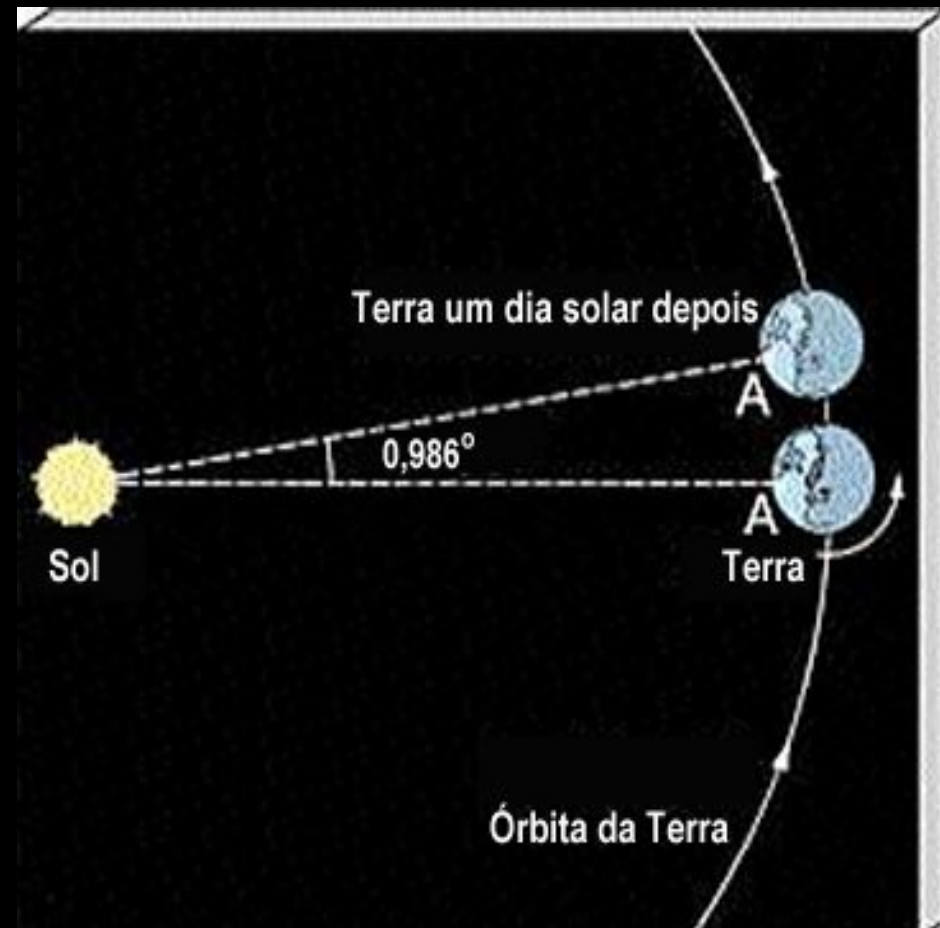


Movimento diurno do Sol

Dia solar: toma como referência o sol. Dura 24h.

Dia sideral: toma como referência uma estrela fixa. Dura ~ 23h56m.

O Sol sobe/desce $\sim 1^\circ$ no céu em 24h, devido ao movimento de translação da Terra.



O movimento anual do Sol em Porto Alegre

(veja: <http://astro.if.ufrgs.br/dia.htm>)

Solstício de Inverno: 22/Jun

$$H_{inv} = 90 - (\phi_{lugar} + 23)$$

Solstício de verão: 22 Dez

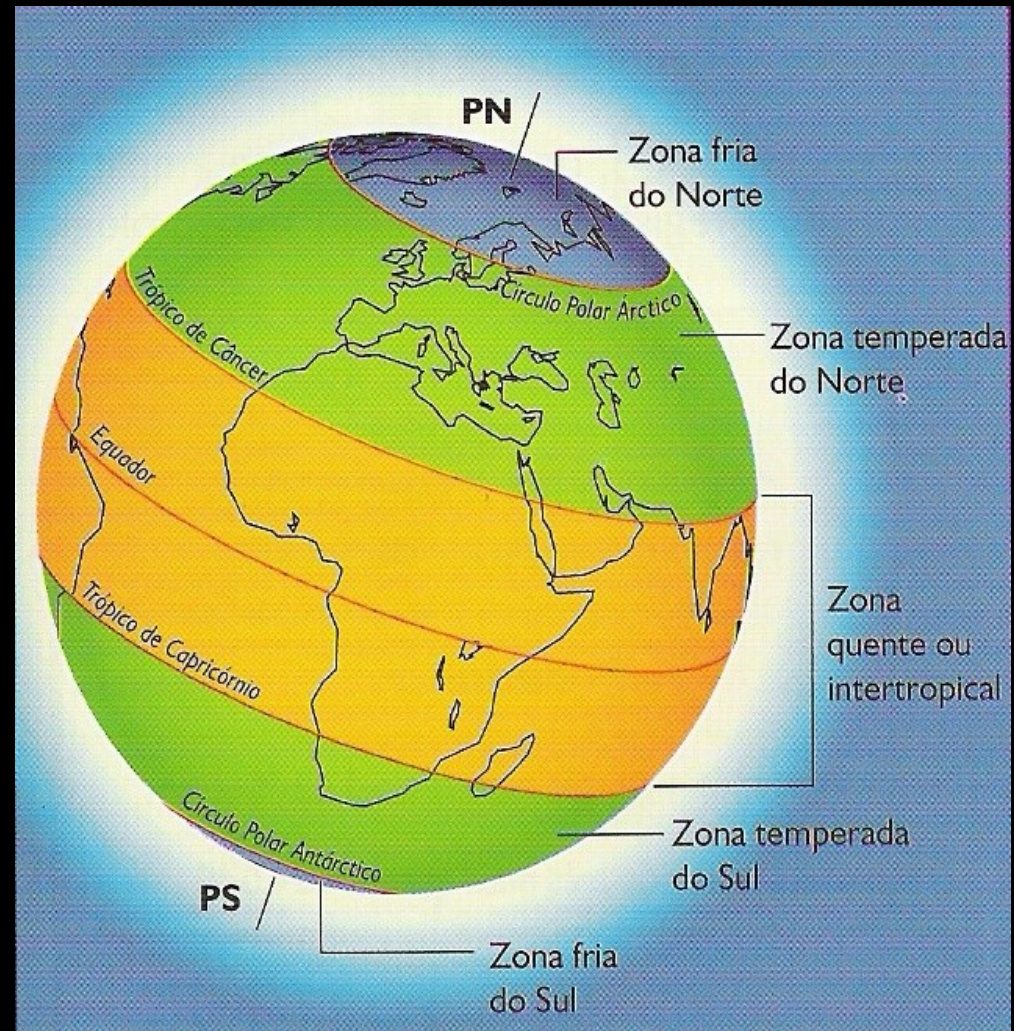
$$H_{ver} = 90 - (\phi_{lugar} - 23)$$

Para POA: $\phi \sim 30^\circ$

Para qualquer Astro

$$Z = \pm (\delta - \phi)$$

O sinal se refere a culminação ao norte ou ao sul do zênite.



O movimento anual do Sol em Porto Alegre

(veja: <http://astro.if.ufrgs.br/dia.htm>)

Figura 1 - Altura (ângulo com a horizontal) do Sol ao meio-dia em Porto Alegre.

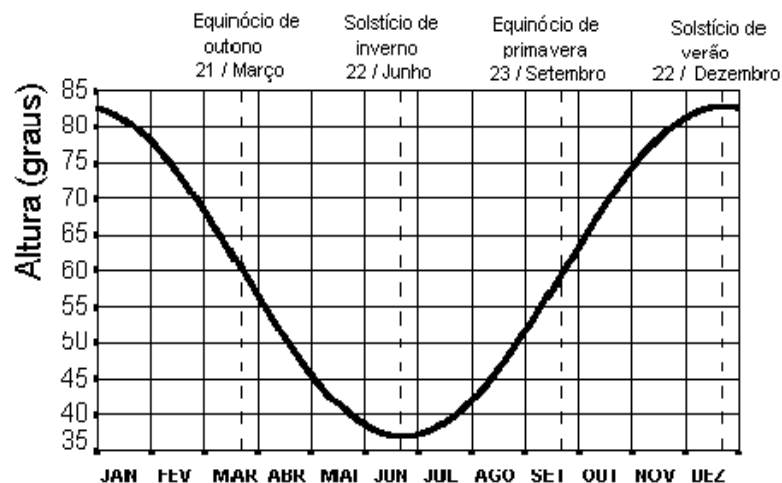
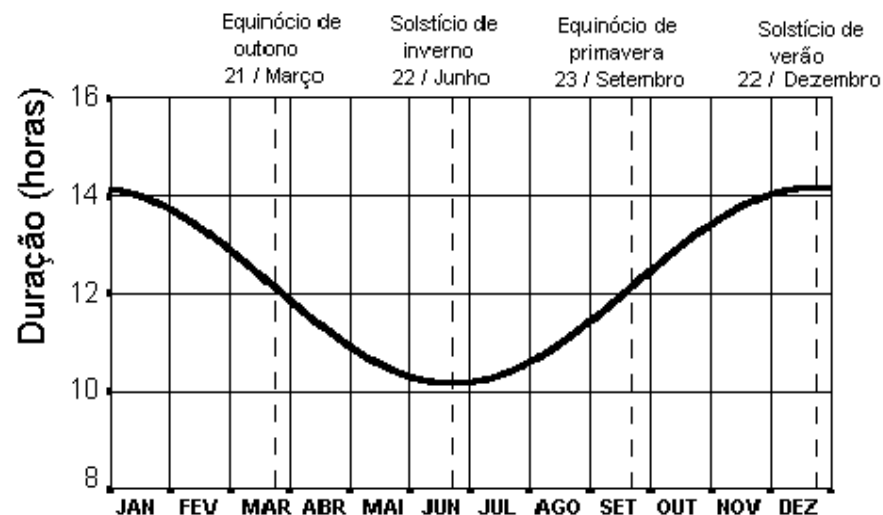


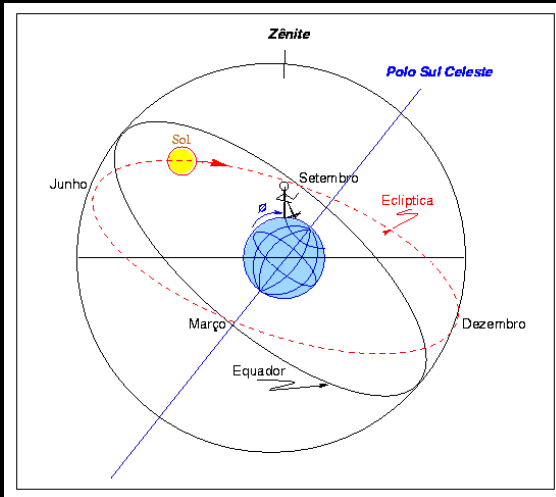
Figura 3 - Duração do dia em Porto Alegre.



Movimento Anual do Sol

Será que o Sol se põe sempre no ponto cardeal oeste?

Qual é a causa das estações do ano?



Por do Sol em Porto Alegre em diferentes épocas do ano

O ponto do horizonte oeste onde o Sol se põe varia em direção ao sul de junho a dezembro, e em direção ao norte de dezembro a junho.

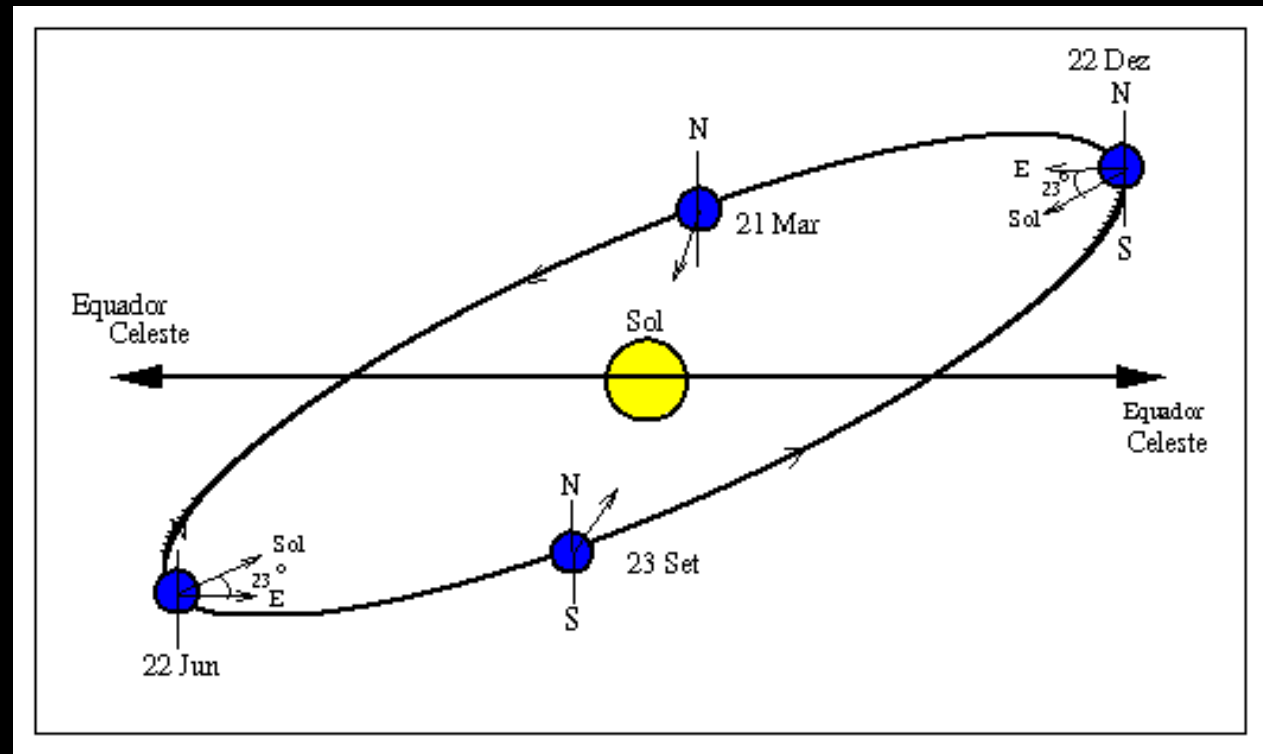


As Estações do Ano

Causas: Translação da Terra em torno do Sol

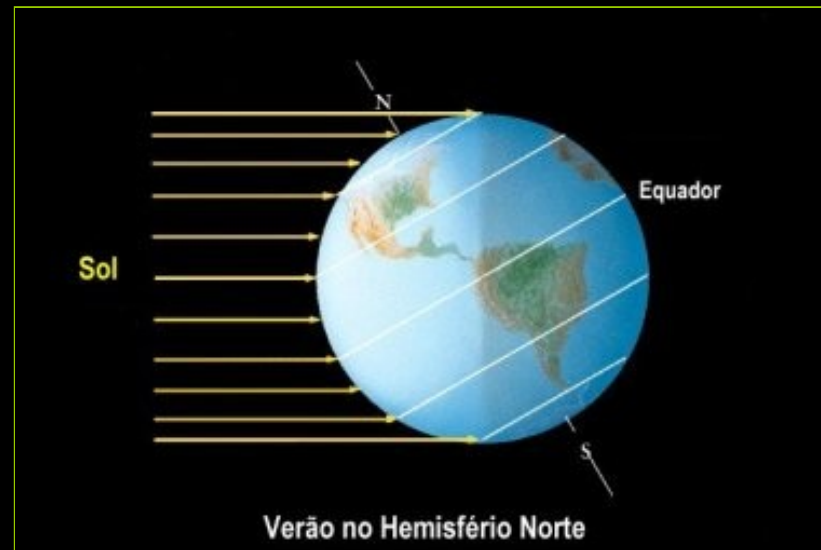
Inclinação do plano orbital da Terra em relação ao equador

(obliquidade da eclíptica $\neq 0$)



As Estações do Ano

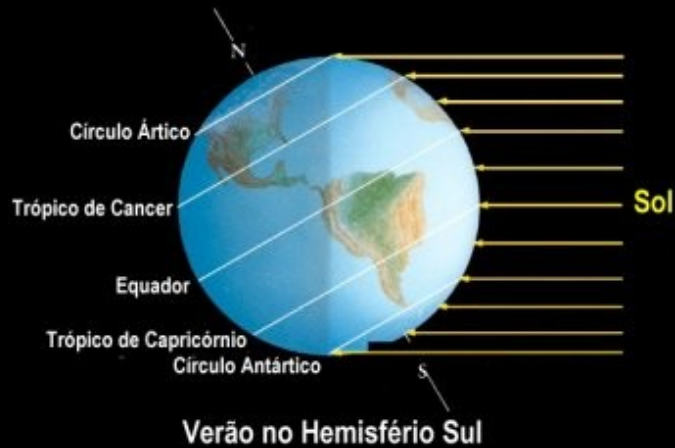
Resultado: Em certas épocas do ano, o **hemisfério norte** está mais voltado para o Sol, e se aquece mais durante o dia; em outras épocas, o **hemisfério sul** está mais voltado para o Sol .



No **solstício de junho** o Sol incide diretamente no **trópico de Câncer**;

No **solstício de dezembro** o sol incide diretamente no **trópico de Capricórnio**.

Posições características do Sol



~ 21 Mar.: O Sol cruza o Equador, indo de Hemisfério Sul para o Hemisfério Norte;
Equinócio de **Outono** (**Primavera**) no **HS** (**HN**).

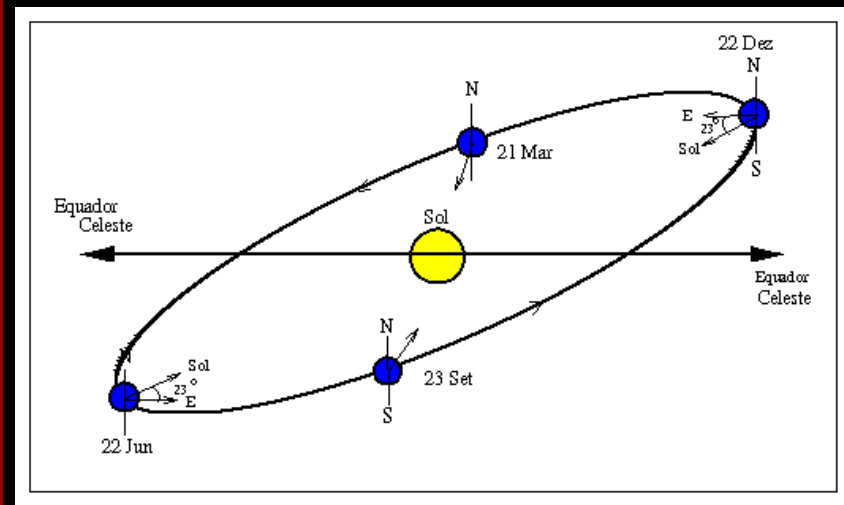
~22 Jun.: O Sol está na máxima declinação norte, incidindo diretamente na região do Trópico de Câncer na Terra;

Solstício de **Inverno** (**Verão**) no **HS** (**HN**).

~ 23 Set.: O Sol cruza o Equador, indo de Hemisfério Norte para o Hemisfério Sul;
Equinócio de **Primavera** (**Outono**) no **HS** (**HN**).

~22 Dez.: O Sol está na máxima declinação sul, incidindo diretamente na região do Trópico de Capricórnio na Terra;

Solstício de **Verão** (**Inverno**) no **HS** (**HN**).



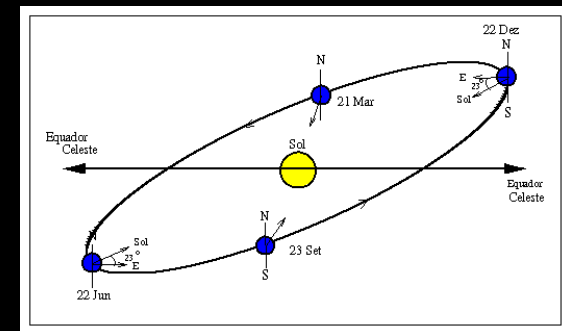
Estações em diferentes latitudes

- A órbita da Terra em torno do Sol é uma elipse e a distância da Terra ao Sol varia somente 3% sendo menor em Janeiro.
- Lembrar que o Hemisfério Norte também está mais próximo do Sol, e é inverno lá.
- A causa das estações do ano é a inclinação do eixo de rotação da Terra com relação à sua órbita!

- No Equador, as estações do ano são muito parecidas: O Sol fica 12h acima do horizonte e 12 abaixo.

- A única diferença é a altura máxima: o Sol cruza o meridiano $23^{\circ}27'$ ao N do Zênite em ~ 22 Jun. e o meridiano $23^{\circ}27'$ ao S do Zênite em ~ 22 Dez.

- A medida que se afasta do Equador, as estações ficam mais acentuadas e as diferenças tornam-se máximas nos pólos.



Insolação

Constante Solar: A quantidade de energia solar que chega, por unidade de tempo e por unidade de área, a uma superfície perpendicular aos raios solares, à distância média Terra-Sol.

Vale: 1367 W/m^2 , medido por satélites logo acima da atmosfera terrestre.

- Devido à rotação da Terra, a energia média incidente no topo da atmosfera, por unidade de área e por unidade de tempo, é aproximadamente $1/4$ da constante solar.
- A atmosfera reflete 39% da radiação, de forma que apenas 61% é usada no aquecimento da Terra.

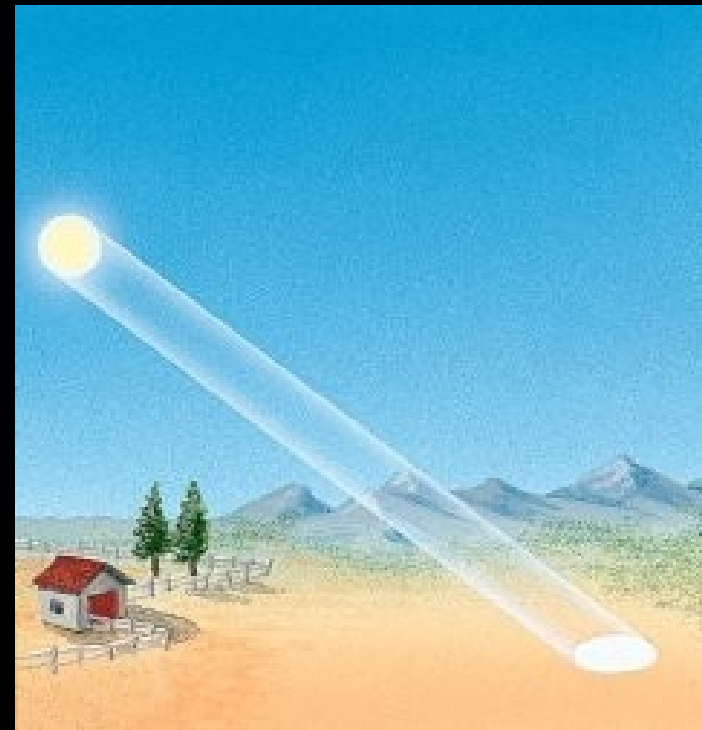
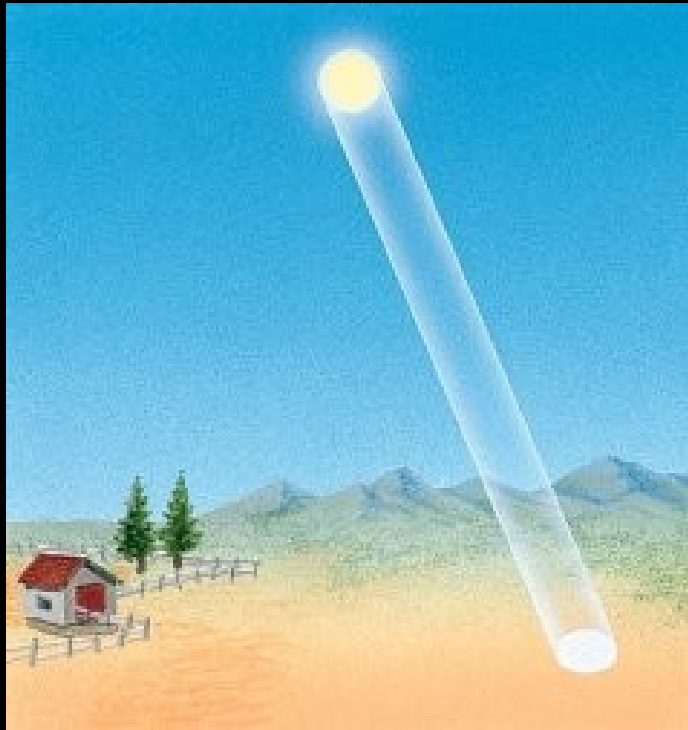
Energia média que chega perpendicularmente à superfície da Terra, por unidade de tempo e por unidade de área  **$0.61 \times 1/4 \times 1367 \approx 208 \text{ W/m}^2$**

No Quadro.

Insolação

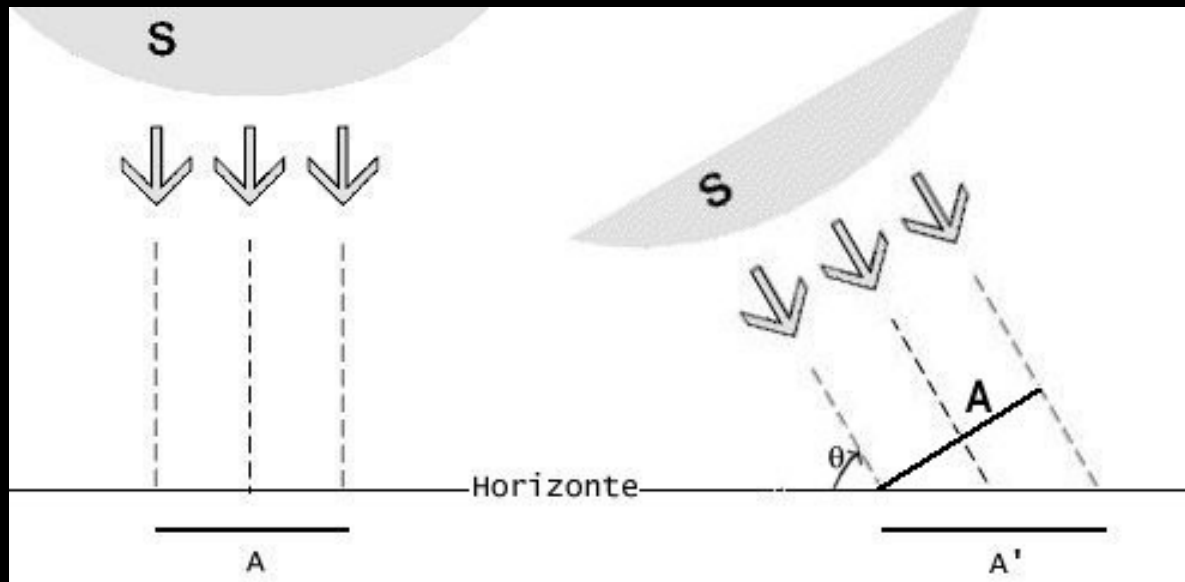
Insolação Solar: Quantidade de energia por unidade de área e por unidade de tempo que chega em um determinado lugar da superfície da Terra,

$$I = E_z/A$$



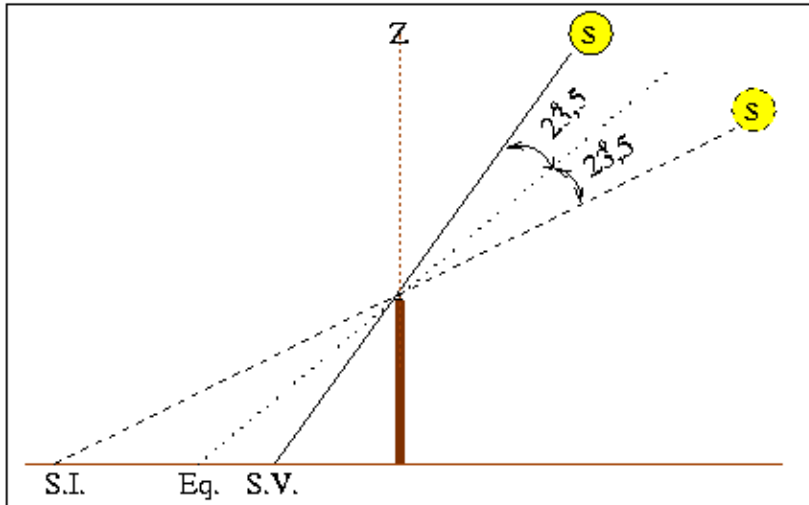
A insolação depende da área em que a energia solar é distribuída!

Insolação



$$A' = A / \sin \theta$$

Insolação em Porto Alegre



Porto Alegre: Latitude = 30°

Meio dia no SV (~21 Dez.)

$$z_v = (30^\circ - 23,5^\circ) = 6,5^\circ \text{ do Zênite}$$

$$\theta_v = 90^\circ - 6,5^\circ = 83,5^\circ \text{ do horizonte}$$

Meio dia no SI (~21 Jun.)

$$z_i = (30^\circ + 23,5^\circ) = 53,5^\circ \text{ do Zênite}$$

$$\theta_i = 90^\circ - 53,5^\circ = 36,5^\circ \text{ do horizonte}$$

$$I_v/I_i = (E_z/A_v)/(E_z/A_i) = \text{sen}\theta_v/\text{sen}\theta_i = 0,99/0,59 = 1,68$$

A insolação em Porto Alegre é 68% maior no verão do que no inverno!

Insolação em Porto Alegre

- Levando em conta a variação da distância da Terra ao Sol (3%):

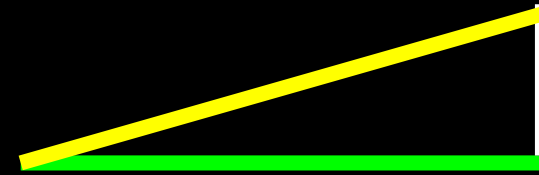
$$E_z = \frac{E_{\odot}}{4\pi D_{\otimes\odot}^2}$$

$$\frac{I_{\text{afélio}}}{I_{\text{periélio}}} = 0,97^2 = 0,94$$

- Em janeiro (periélio), a insolação solar é 6% maior do que em junho (afélio). Este pequeno efeito é contrabalançado pela maior concentração de água no Hemisfério Sul.
- Além da insolação, a duração do dia, que é de 14h 10m no Solstício de Verão e 10h 10m no Solstício de Inverno, em Porto Alegre, contribui nas estações do ano.

A Lua

- Sua distancia é de 384 000 km (medido por um feixe de laser, ~ 60 Raios da Terra);
- Diâmetro aparente médio da Lua é de 31'5" (0,518°) – o mesmo do Sol;
- $D = 384\ 000 * \text{sen}(0,518^\circ) = 3476 \text{ km}$;
- Sua massa é 1/81 da massa da Terra;
- A medidas em que a Lua se move em torno da Terra ela passa por um ciclo da fases, durante a qual sua forma parece variar gradualmente.



$$\text{Sen}(\theta) = \text{Diâmetro}/\text{distancia}$$



A Lua

- Inclinação da órbita em relação à órbita da Terra: 5°
- Diâmetro aparente \approx diâmetro aparente do Sol $\approx 0,5^\circ$
- Move-se $360^\circ/27,3\text{dias} = \sim 13^\circ\text{dia}$ para leste.
- Como o Sol move-se 1° ($360^\circ/365\text{d}$) por dia para leste, logo a lua move-se $12^\circ/\text{dia}$ para leste em relação ao Sol.
- A lua cruza o meridiano local ~ 50 minutos mais tarde que no dia anterior.



Fases da Lua

- **Lua Nova:** A face iluminada não pode ser vista da Terra.
 - A lua está na mesma direção do Sol (está no céu durante o dia);
 - Nasce ~6h e se põe ~18h.
- **Lua Quarto-Crescente:** Metade do disco iluminado pode ser visto da terra.
 - Vista do HS a forma lembra a letra C e no HN a letra D;
 - Lua e Sol vistos da Terra, estão separados de 90° ;
 - A Lua está a leste de Sol, que portanto ilumina seu lado oeste;
 - Nasce ~meio-dia e se põe ~meia-noite.
- **Lua Cheia:** Toda a face iluminada da Lua está voltada para a Terra. Diâmetro aparente médio da Lua é de $31'5''$ ($0,518^\circ$) – o mesmo do Sol;
 - Lua e Sol vistos da Terra, estão em direções opostas;
 - Nasce ~18h e se põe ~6h do dia seguinte.
- **Lua Quarto-Minguante:** Metade do disco iluminado pode ser visto da Terra.
 - Vista do HS a forma lembra a letra D e no HN a letra C;
 - A Lua está a oeste do Sol, que ilumina seu lado leste;
 - Nasce ~meia-noite e se põe ~meio-dia.

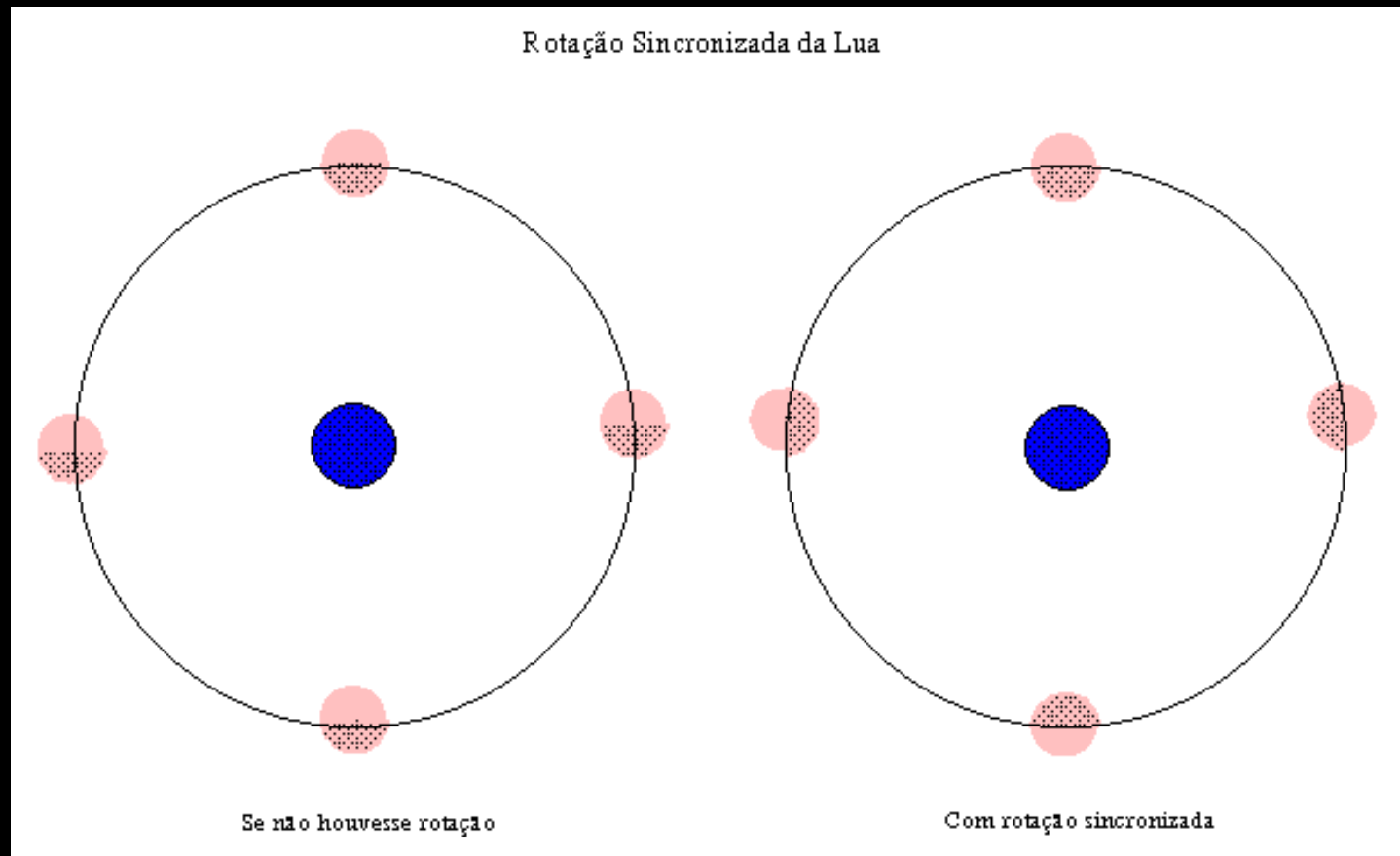
Fases da Lua

Agosto 2008						
Seg	Ter	Qua	Qui	Sex	Sab	Dom
				1 Nova	2	3
4	5	6	7	8	9	10
11	12	13	14	15	16 Chela	17
18	19	20	21	22	23	24
25	26	27	28	29	30 Nova	31



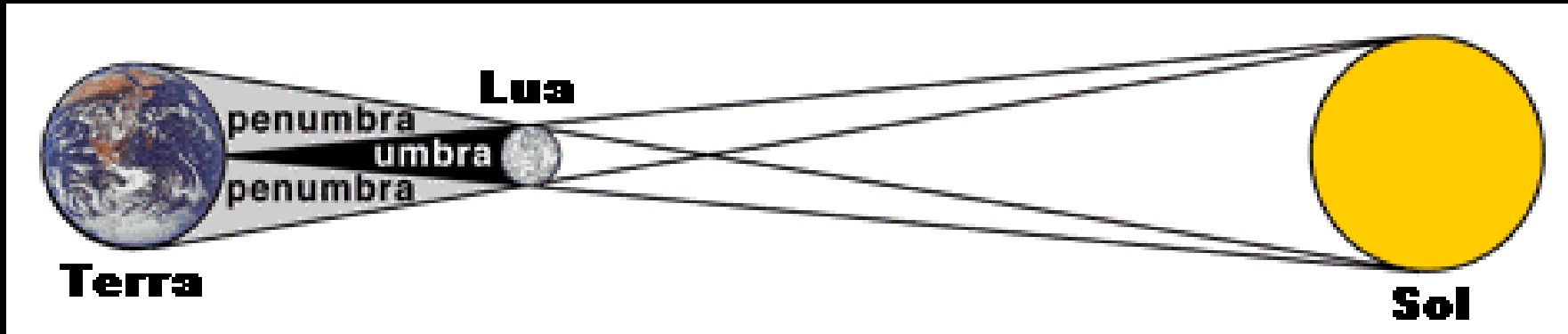
Rotação da Lua

- A lua tem rotação sincronizada com a translação;
Mantém sempre a mesma face voltada para a Terra.



Eclipses

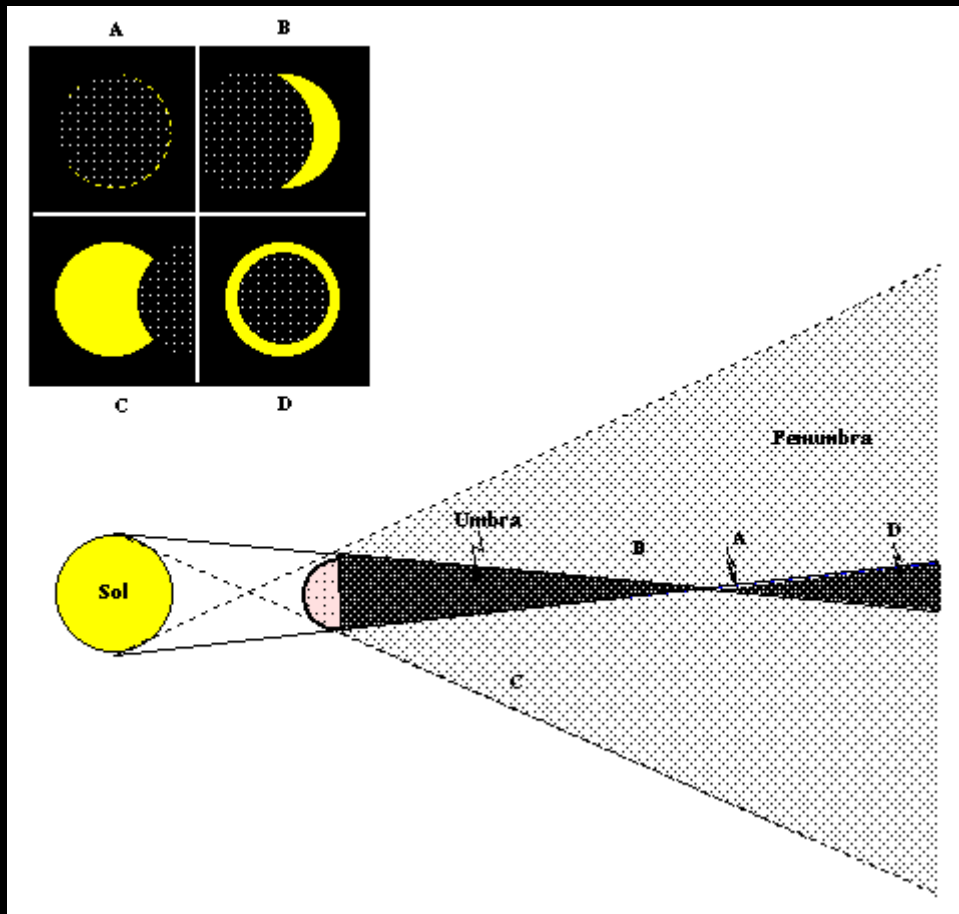
- Os eclipses acontecem quando ocorre o alinhamento entre Sol, Terra e Lua, de forma que **a sombra da Lua atinge a Terra (eclipse solar)** ou a **Lua fique na sombra da Terra (eclipse lunar)**.



Umbra: região da sombra que não recebe luz de nenhum ponto da fonte.

Penumbra: região da sombra que recebe luz de alguns pontos da fonte.

Eclipse Solar



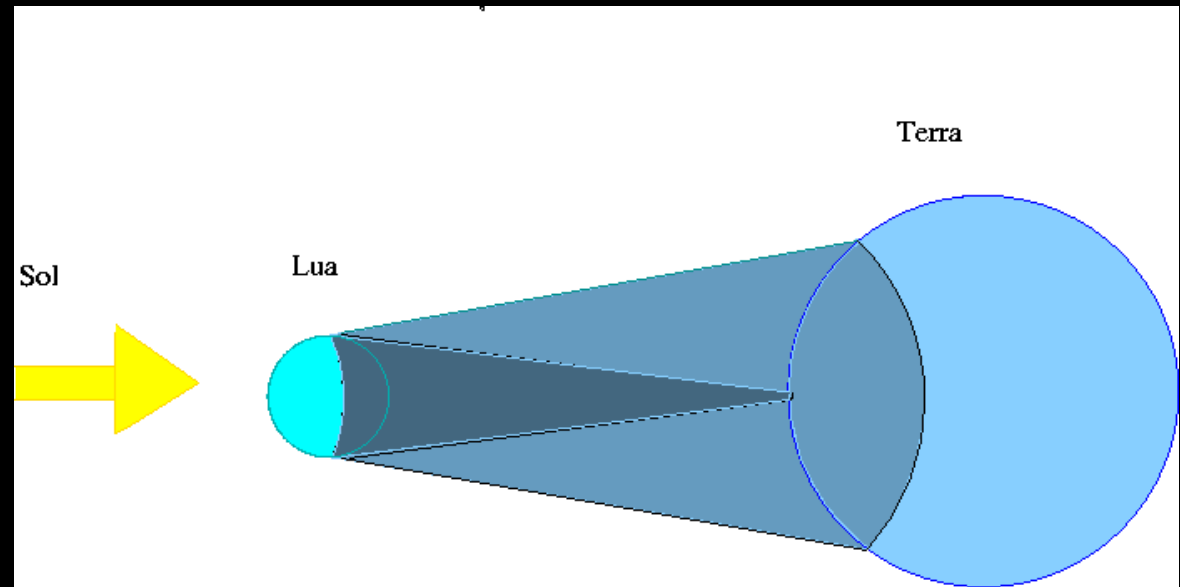
Eclipse solar total: acontece na faixa da Terra varrida pela umbra.

Eclipse solar parcial: acontece nas duas faixas (mais largas) da Terra varridas pela penumbra.

Eclipse solar anular: acontece quando a Terra é atingida pelo prolongamento da umbra. A Lua está próxima de seu apogeu.

Eclipse Solar

- Durante um eclipse solar, a umbra da Lua na Terra tem sempre menos que 270 km de largura.



- A sombra se move a pelo menos 34 km/min para Leste, devido a órbita da Lua em torno da Terra, o máximo de um eclipse dura no máximo 7,5 min.
- Um eclipse solar só é visível em uma estreita faixa sobre a Terra, chamada **caminho do eclipse**.
- Em uma região de aproximadamente 3000 km de cada lado do caminho do eclipse, ocorre um eclipse parcial.

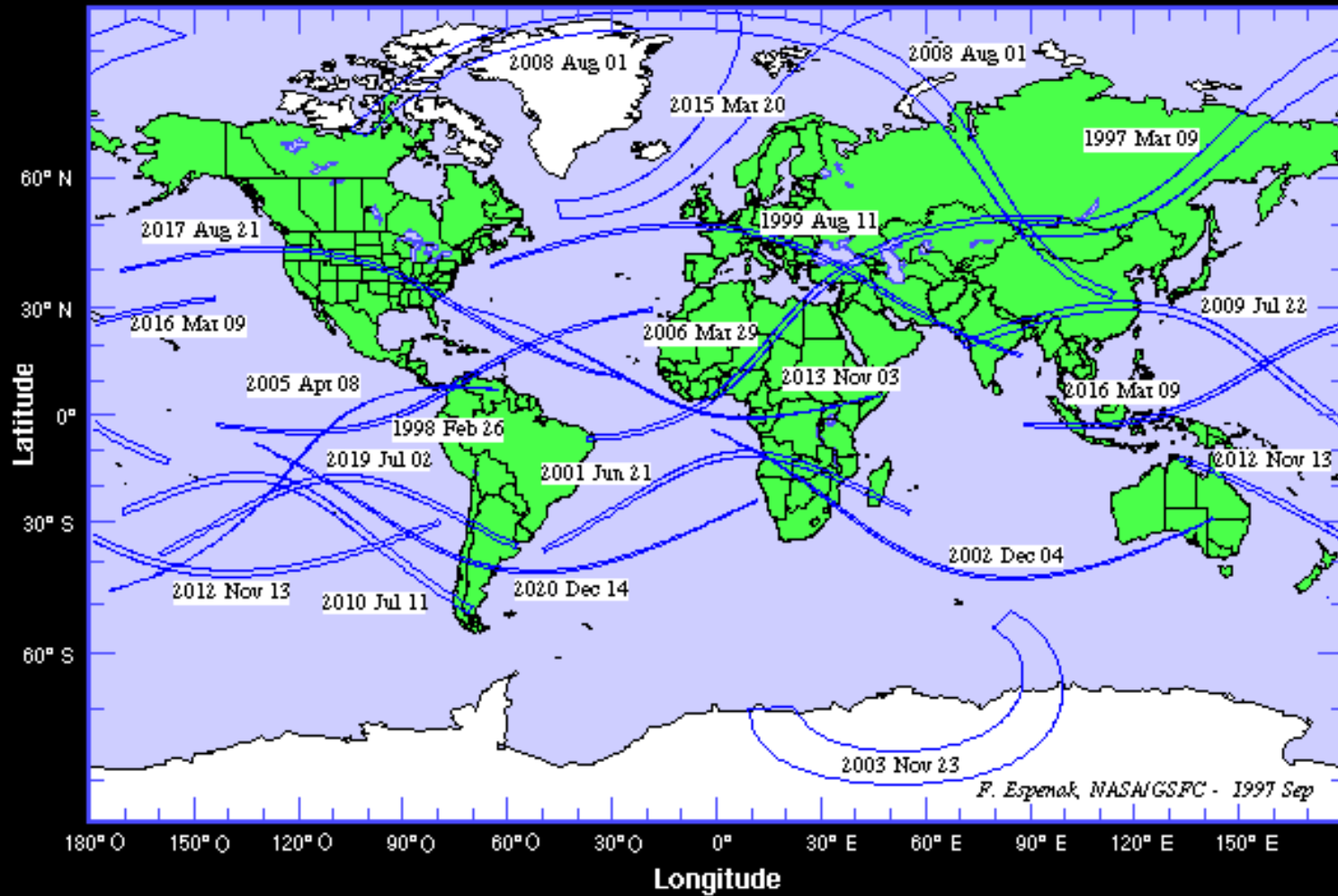
Geometria da Sombra nos eclipses:

Lembrete: é extremamente perigoso olhar o Sol diretamente. Qualquer exposição acima de 15 segundos danifica permanentemente o olho sem apresentar dor (veja: <http://astro.if.ufrgs.br/eclipses/eclipse.htm>)

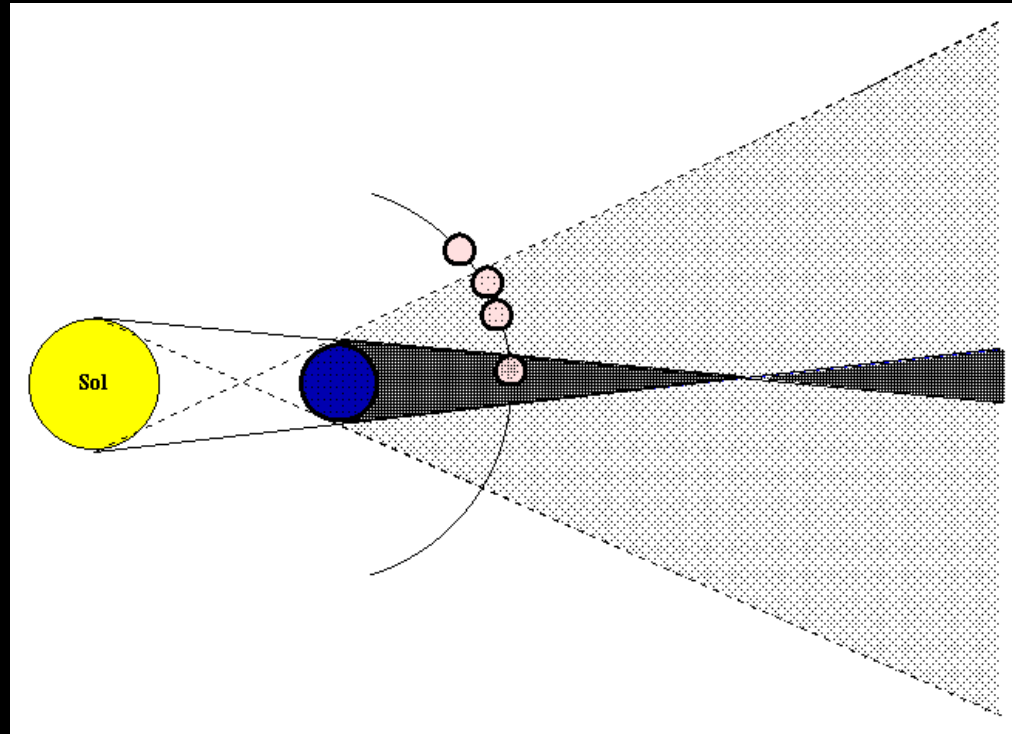


Eclipse Solar

Eclipses solares totais : 1996 - 2020



Eclipse Lunar



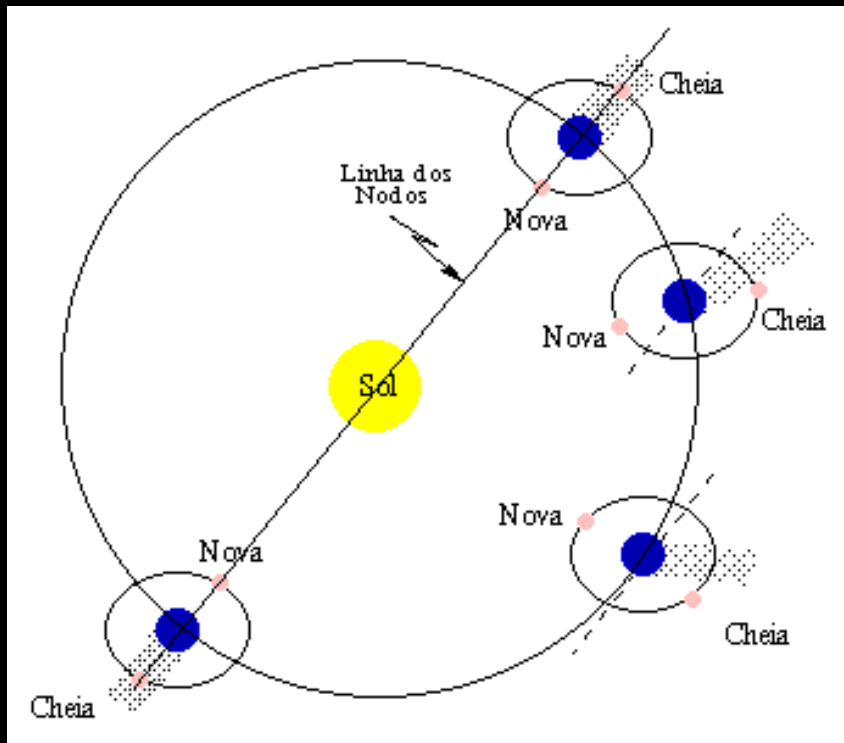
Eclipse total: A Lua fica inteiramente imersa na umbra da Terra.

Eclipse parcial: Parte da Lua passa pela umbra da Terra.

Eclipse penumbral: A Lua passa somente pela penumbra.

Temporada dos eclipses

- Se o plano orbital da Lua coincidisse com o plano da eclíptica, um eclipse solar ocorreria a toda Lua Nova e um eclipse Lunar a toda Lua Cheia;
- O plano está inclinado em 5,2 graus e portanto a Lua precisa estar próxima da linha dos nodos para ocorrer um eclipse;



Linha dos Nodos: linha de intersecção do plano da órbita da Terra em torno do Sol com o plano da órbita da Lua em torno da Terra.

Temporada dos eclipses

- Só ocorrem eclipses quando a Lua está na fase de Lua Cheia ou Nova, e quando o Sol está sobre a *linha dos nodos*.
- Solar total $< 10,3^\circ$; Lunar total $< 4,6^\circ$.
- As épocas do ano em que a Lua está próxima das linhas dos nodos são **as temporadas dos eclipses**.
- Em cada temporada ocorrem de um a três eclipses (2 solares e 1 lunar) e as temporadas estão separadas por 173 dias;
- Em um ano ocorrem no mínimo 2 eclipses (solares) e no máximo 7 (5 solares e 2 lunares ou 4 solares e 3 lunares).

