

SISTEMA SOLAR:

Terra+Lua+Sol

+

ECLIPSES

Sérgio Mittmann dos Santos

Astronomia

Licenciatura em Ciências da Natureza

IFRS – Câmpus Porto Alegre

2022

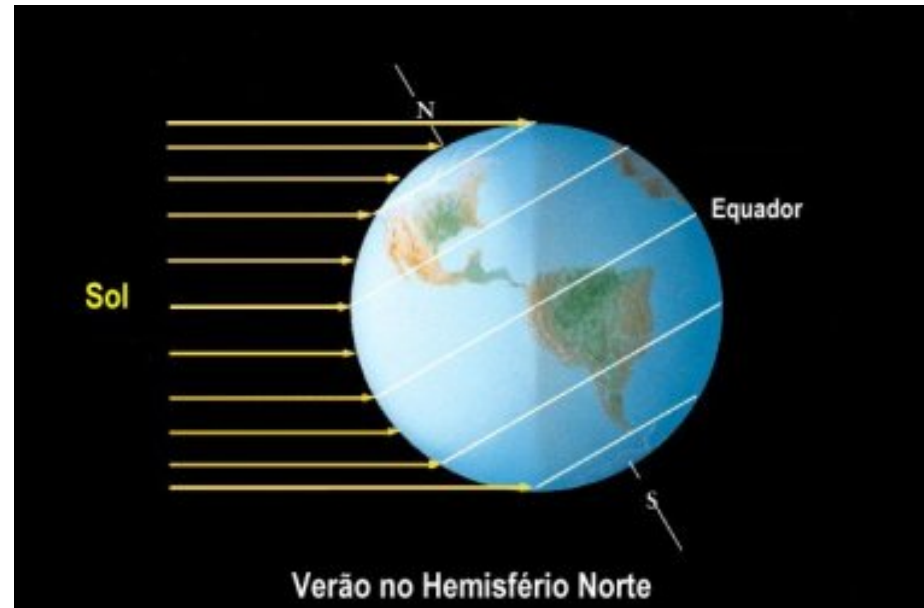
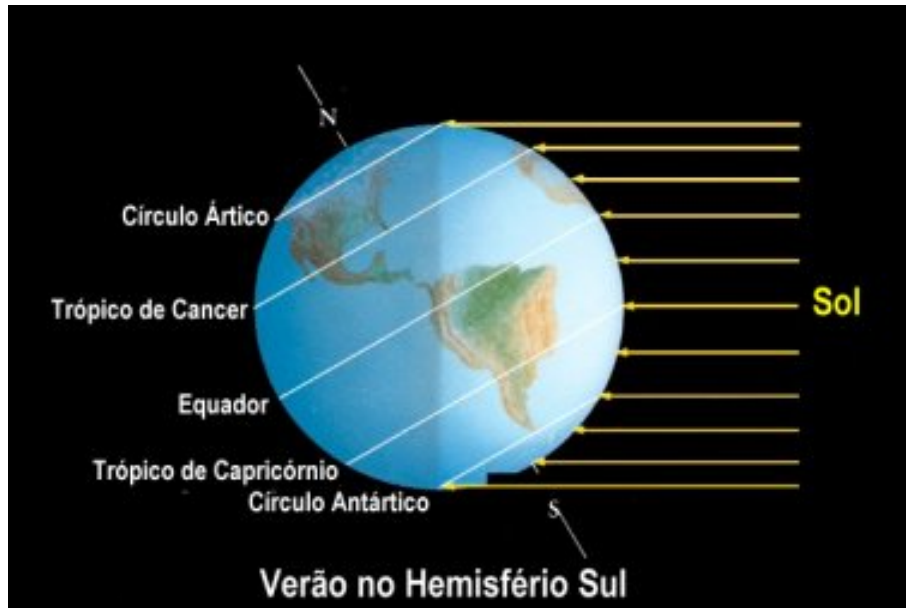
TERRA

Movimentos Principais

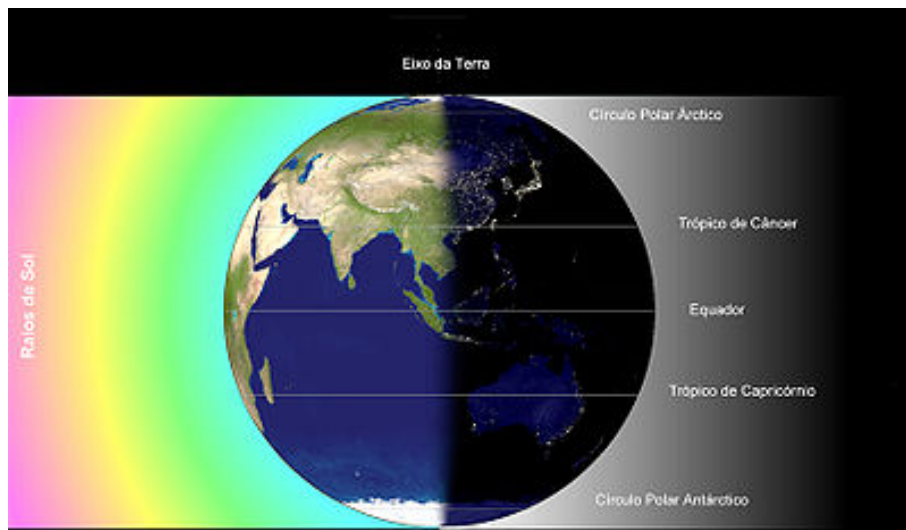
- Rotação Terra gira em torno de si mesma, em torno de seu eixo imaginário

Movimentos Principais (cont.)

- Translação Movimento que a Terra executa ao redor do Sol



Insoleção = (Energia solar/Área) sen h_Sol

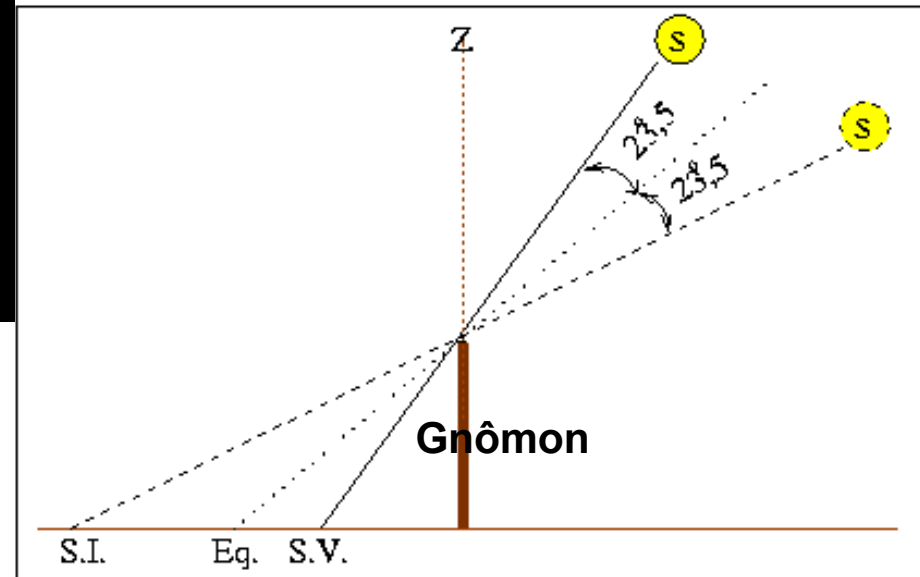


- Entre os trópicos $-23,5^\circ \leq \phi \leq 23,5^\circ$
Regiões tropicais → Clima mais ameno +
Distinção entre as estações quase imperceptível
- Abaixo e acima dos trópicos Jamais
haverá Sol a pino (no zênite)
- Nos trópicos Sol a pino 1 vez por ano →
Solstício (Sol parado) de verão (N ou S)
- Entre os trópicos Sol a pino 2 vezes por
ano → Equinócio (igual noite) de
primavera e de outono

Translação (cont.)

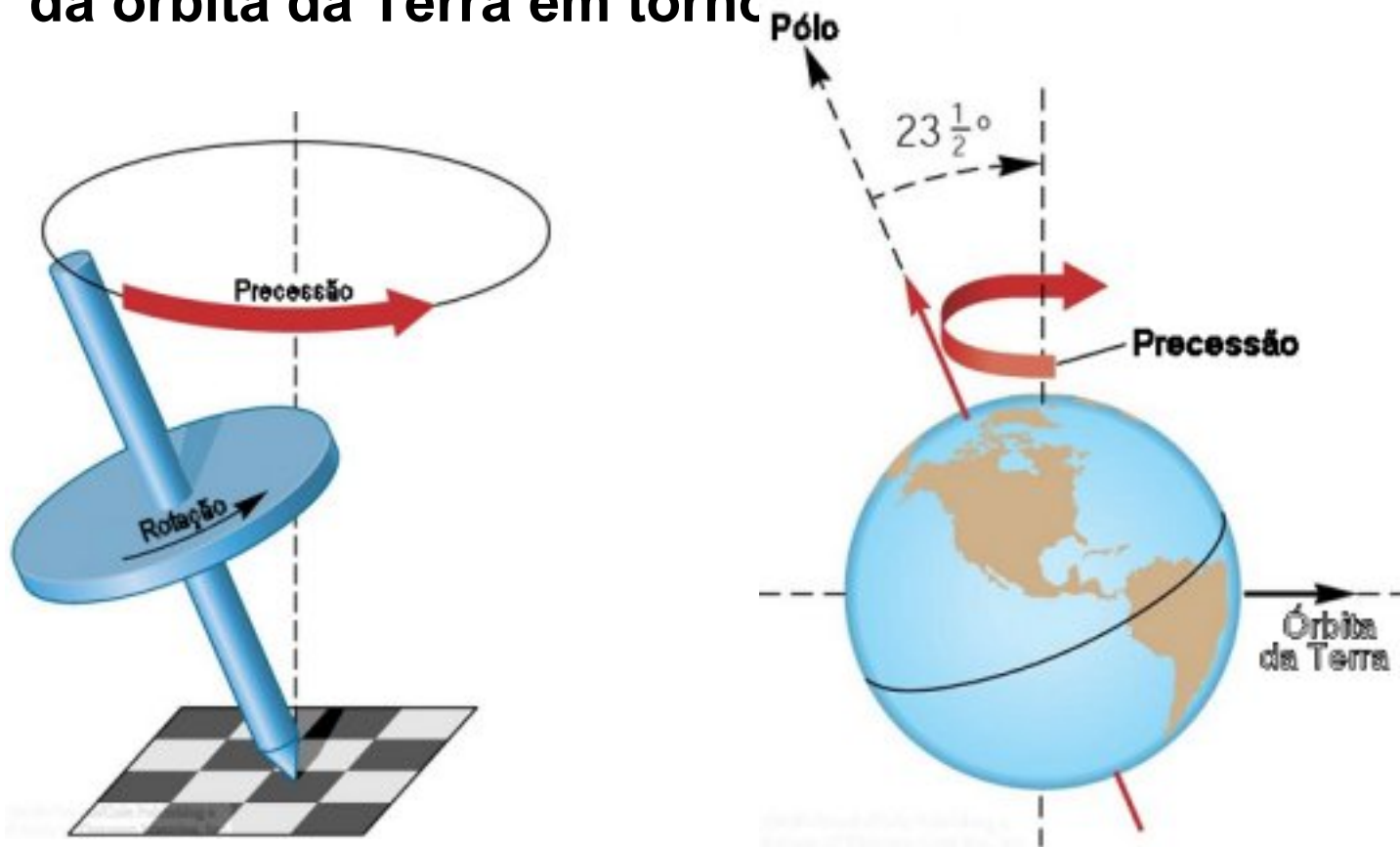


- Entre *Eq.* e *z*, ângulo=latitude ϕ
- No equador, $\phi=0$, então, distância zenital $z = \pm 23,5^\circ$
- Em Porto Alegre, $\phi \approx 30^\circ$, então, $6,5^\circ \leq z \leq 53,5^\circ$



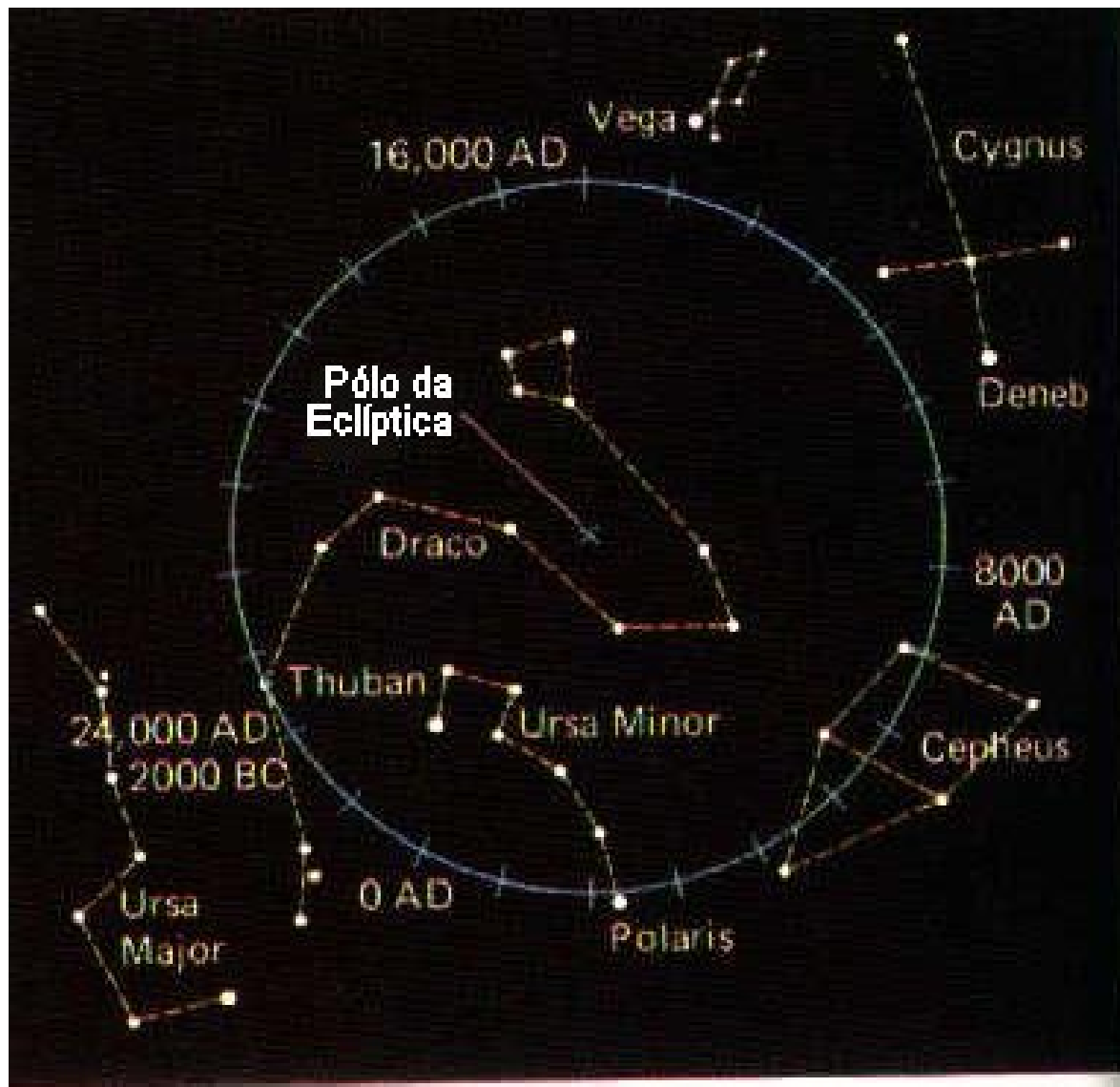
Movimentos Principais (cont.)

- **Precessão** Movimento de deslocamento do eixo da Terra, executando uma trajetória semelhante à de um pião
 - Percebido por Hiparco, em 129 a.C.
 - De modo análogo a um pião, o eixo da Terra descreve uma superfície cônica em torno da reta normal ao plano da órbita da Terra em torno do Sol

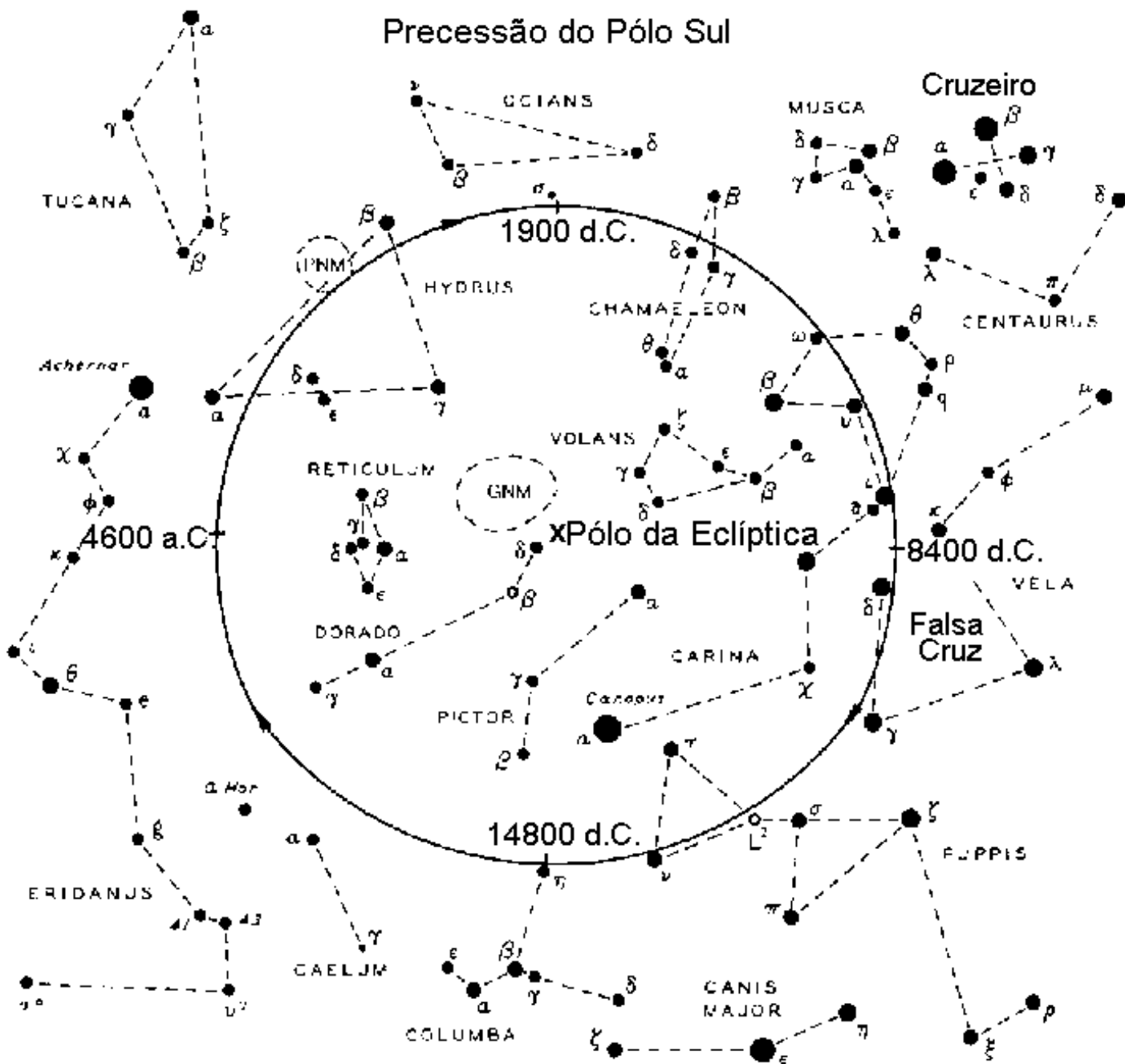


Precessão (cont.)

- Demora aproximadamente 25.770 anos até completar uma precessão
- Equinócio de primavera no hemisfério N (dia=noite; \approx 21.março)
A posição do Sol ocorre em diferentes constelações da eclíptica (zodiacais)
 - Início do séc. 21 Sol na constelação de Peixes, próximo à de Aquário

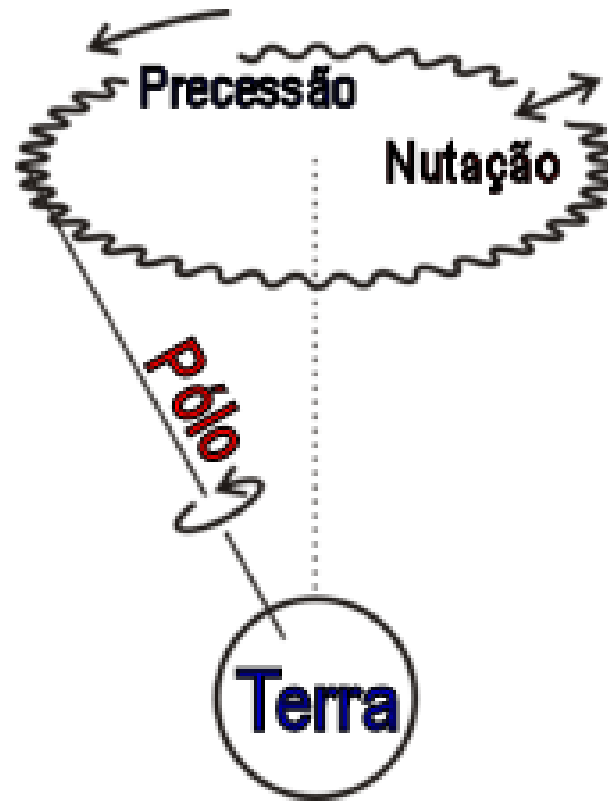


Precessão do Pólo Sul



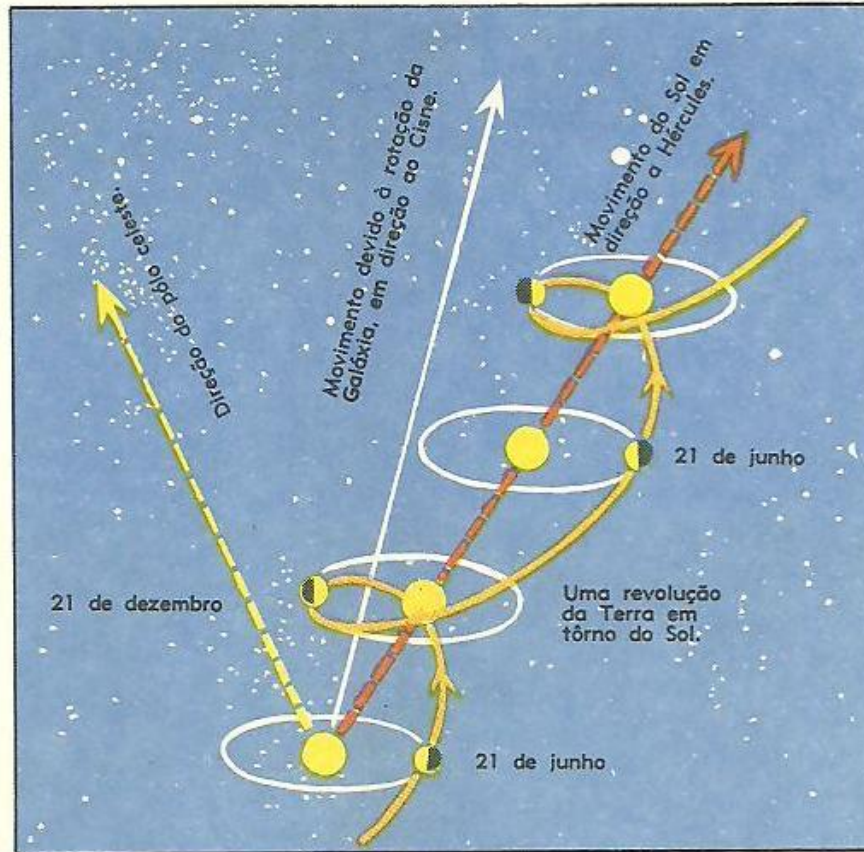
Movimentos Principais (cont.)

- **Nutação** Pequena oscilação periódica do eixo de rotação da Terra, com um ciclo de 18,6 anos, causada pela força gravitacional da Lua à Terra
 - Provocada por uma inclinação de $5,1^\circ$ do plano da órbita da Lua em relação à eclíptica, por causa da qual a precessão é durante cerca de 9 anos de maior e depois cerca de 9 anos de menor intensidade



Movimentos Principais (cont.)

- **Revolução** Movimento executado pela Terra ao redor do centro da Via Láctea junto com o Sol, descrevendo uma trajetória helicoidal



MOVIMENTO DO SOL E DA TERRA — A Terra descreve uma espiral em redor do Sol, enquanto este se dirige a um ponto situado na constelação de Hércules.

Exercício

- **Demonstre todos os cálculos que comprovam a veracidade do que diz o texto a seguir.**

Exercício

- **Demonstre todos os cálculos que comprovam a veracidade do que diz o texto a seguir.**

Aquarius

When the Moon is in the Seventh House

And Jupiter aligns with Mars

Then peace will guide the planets

And love will steer the stars

This is the dawning of the age of Aquarius

The age of Aquarius

Aquarius!

Aquarius!

Exercício

- **Demonstre todos os cálculos que comprovam a veracidade do que diz o texto a seguir. Dica: a era de Áquario inicia em 2620.**

Aquarius

When the Moon is in the Seventh House

And Jupiter aligns with Mars

Then peace will guide the planets

And love will steer the stars

This is the dawning of the age of Aquarius

The age of Aquarius

Aquarius!

Aquarius!

LUA LUNAÇÃO X MÊS SIDERAL

- Mês Lunar ou Lunação ou Mês Sinódico ou Período Sinódico da Lua Tempo entre 2 fases iguais consecutivas **29d12h44min2,9s**
- Mês Sideral ou Período Sideral da Lua Tempo para a Lua completar 1 volta em torno da Terra em relação a uma estrela **27d7h43min11s**

ROTAÇÃO E TRANSLAÇÃO SINCRONIZADAS

- Não é casual
- Forças de maré exercidas pela Terra sobre a Lua provocaram a orientação de elevações maiores da superfície lunar voltada para a Terra
 - Velocidade da Lua reduziu com esse processo → Lua se afastou, para manter o momento angular L

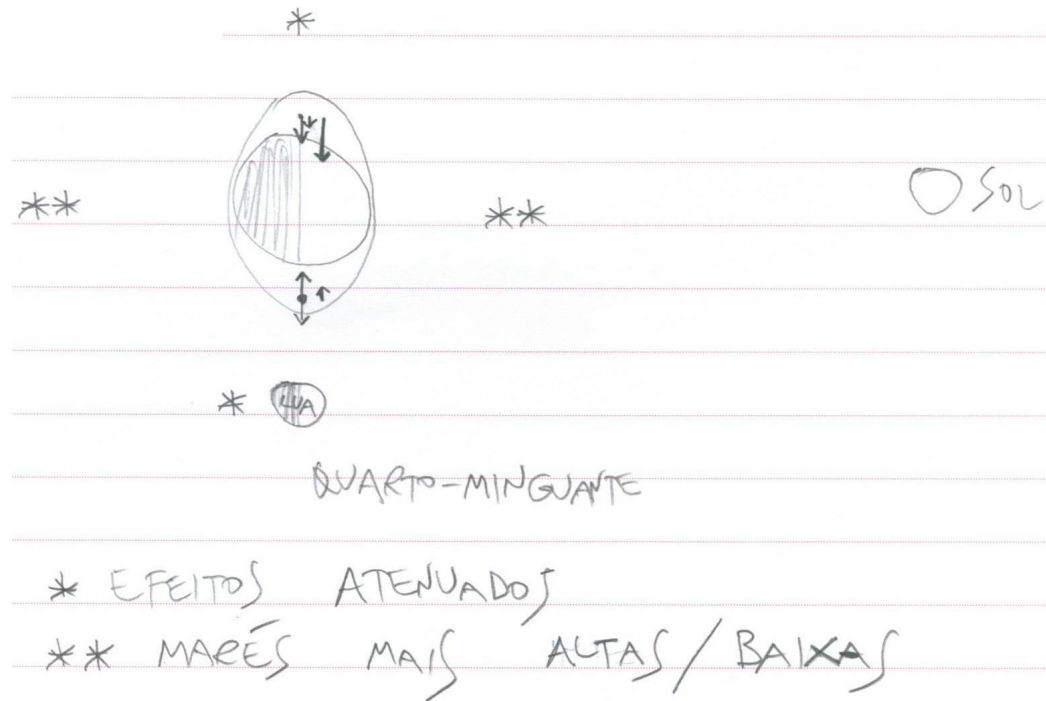
$$L = I \omega$$

$$L = (M R^2) \omega$$

L constante (conservação do momento angular) → ω diminui → I aumenta (R aumenta)

MARÉS

- Na Terra Fenômeno resultante da atração gravitacional exercida pela Lua sobre a Terra
 - Em menor escala, a atração gravitacional do Sol contribui
- Ocorrem 2 marés altas no mesmo local a cada dia lunar (tempo para cruzar o meridiano local) = **24h48min**
- Por causa desse fenômeno também, o diâmetro equatorial da Terra é 40 km maior que o diâmetro polar, isto é, a Terra é achatada nos polos e bojuda no Equador



Teorias Lunares

- **455 a.C. ANAXÁGORAS**
 - Rocha lançada pela Terra
- **1873 ÉDOUARD ROCHE**
 - Teoria da coagregação
 - Lua formada a partir da mesma nuvem nebular de partículas e gases que formou a Terra
 - Lua deveria ter o mesmo material da Terra, mas as composições básicas são diferentes ($Fe_{\text{Lua}} < Fe_{\text{Terra}}$)
- **1878 GEORGE DARWIN** filho de Charles Darwin *A Origem das Espécies*
 - Fissão da Terra
 - Lua afasta-se cada vez mais da Terra (3,8 cm/ano)
 - Rotação da Terra deveria ser muito maior
- **1909 THOMAS JEFFERSON JACKSON SEE**
 - Teoria da captura
 - Necessidade da existência de um meio resistente para frear a Lua
- **1974 WILLIAM HARTMANN e DON DAVIS**
 - Teoria do impacto gigante
 - Há 4,5 bilhões de anos, Terra colide com um objeto do tamanho de Marte
 - Colisão dá origem à rotação da Terra
 - Lua é formada a partir de parte do material do objeto que colidiu, após ter orbitado a Terra e aglutinar-se
 - Simulações computacionais de Robin Canup confirmam a teoria
 - Teoria atualmente aceita

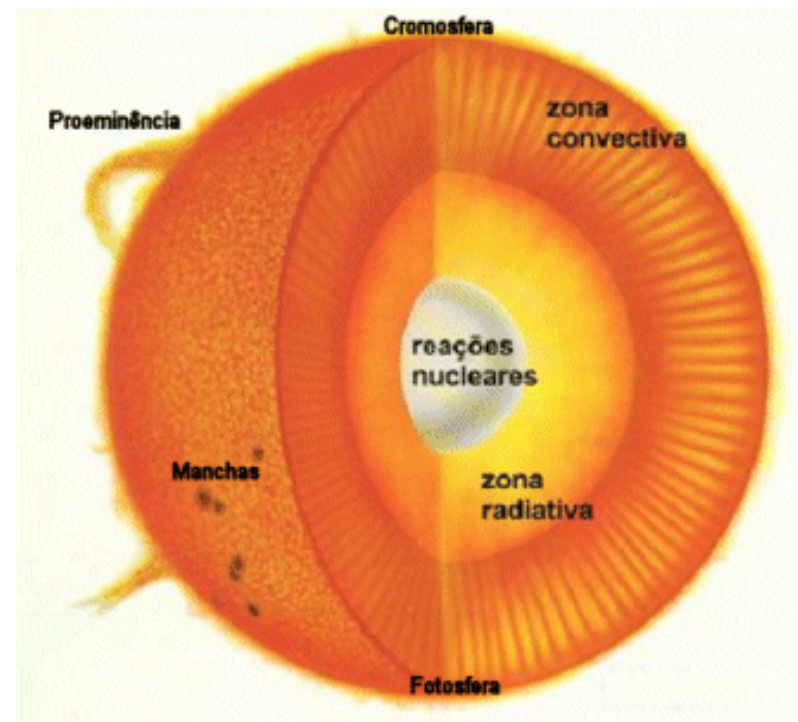
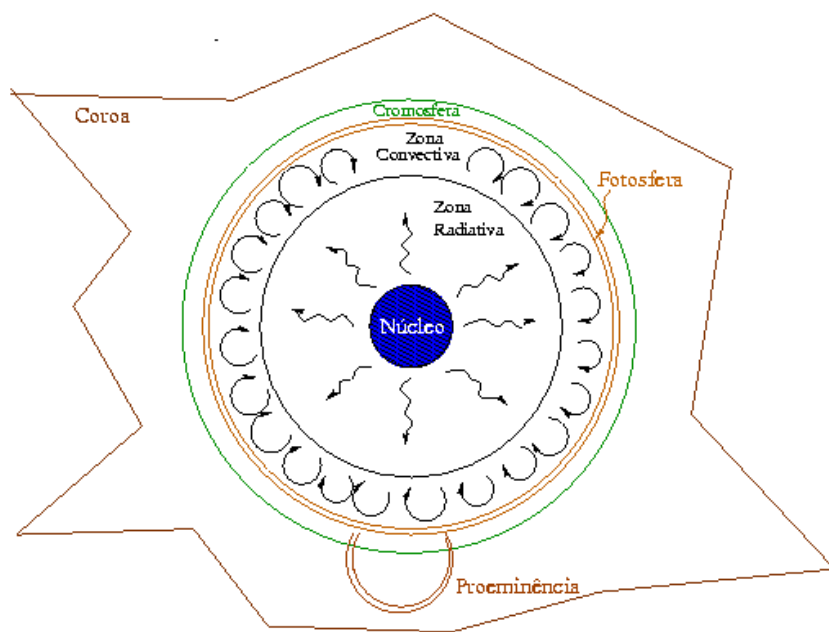
SOL

Introdução

- **Enorme esfera de gás incandescente, em cujo núcleo acontece a geração de energia através de reações termonucleares**
- **Estudo do Sol serve de base para o conhecimento das outras estrelas, que, de tão distantes, aparecem para nós como meros pontos de luz**
- **Brilho aparente é 200 bilhões de vezes maior do que o de Sírius, a estrela mais brilhante do céu noturno, mas é uma estrela bastante comum**

Principais características

Massa	$M = 1,989 \times 10^{30} \text{ kg} \approx 333\,000 M_{\text{Terra}}$
Raio	$R = 695\,500 \text{ km} = 109 R_{\text{Terra}}$
Densidade média	$d = 1409 \text{ kg/m}^3$
Densidade central	$d_c = 160\,000 \text{ kg/m}^3$
Distância	$1 \text{ UA} = 149\,600\,000 \text{ km}$
Luminosidade	$L = 3,9 \times 10^{26} \text{ watts} = 3,9 \times 10^{33} \text{ ergs/s}$
Temperatura efetiva (fotosfera)	$T_{\text{ef}} = 5785 \text{ K}$
Temperatura central	$T_c = 15\,000\,000 \text{ K}$
Composição química principal	Hidrogênio = 91,2 %
	Hélio = 8,7%
	Oxigênio = 0,078 %
	Carbono = 0,043 %
Período rotacional no equador	25,67 d
na latitude 75°	33,40 d



NÚCLEO

- Temperatura de cerca de 15.000.000 K
- Região onde a energia é produzida por reações termonucleares

ZONA RADIATIVA

- Energia flui por radiação, isto é, não há movimento das parcelas de gás, só fótons

ZONA CONVECTIVA

- Estende-se por cerca de 15% do raio solar
- Transporte de energia pelo movimento das parcelas de gás

FOTOSFERA

- Cerca de 330 km de espessura e temperatura de 5785 K
- Camada visível do Sol

CROMOSFERA

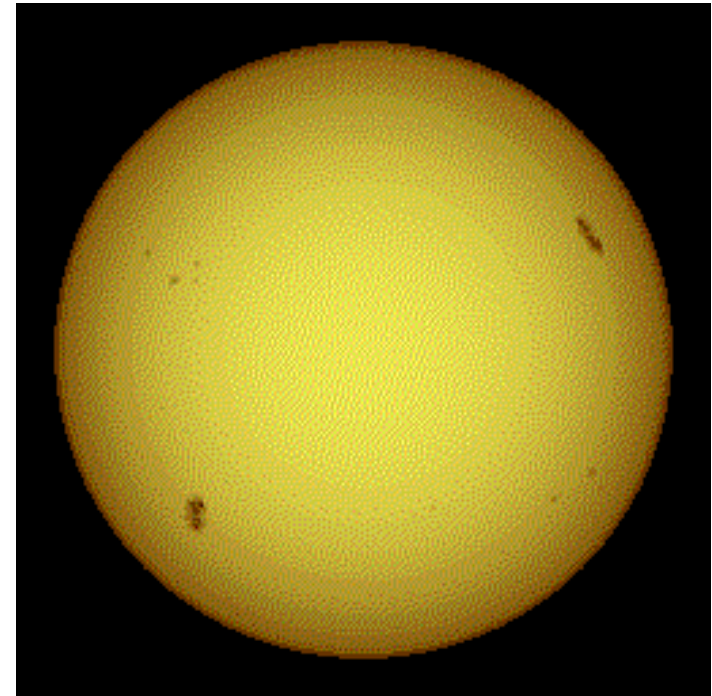
- Camada da atmosfera solar logo acima da fotosfera
- Tem cor avermelhada e é visível durante os eclipses solares, logo antes e após a totalidade
- Estende-se por 10 mil km acima da fotosfera e a temperatura cresce da base para o topo, tendo um valor médio de 15 mil K

COROA

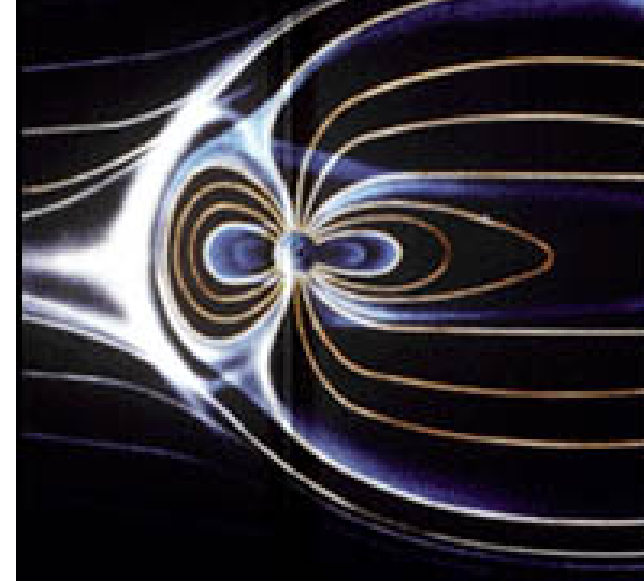
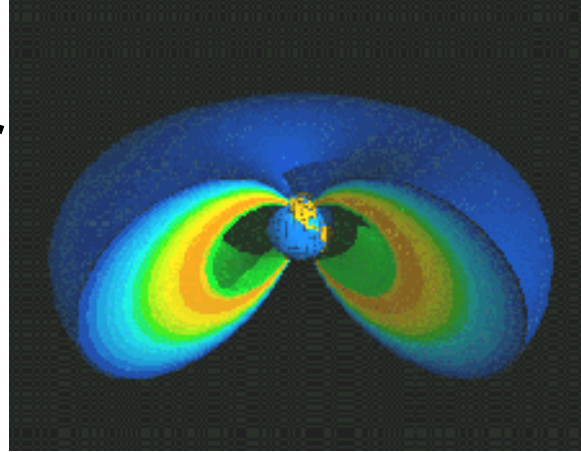
- Acima da cromosfera, também visível durante os eclipses totais
- Estende-se por cerca de 2 raios solares.

Fotosfera: Manchas Solares

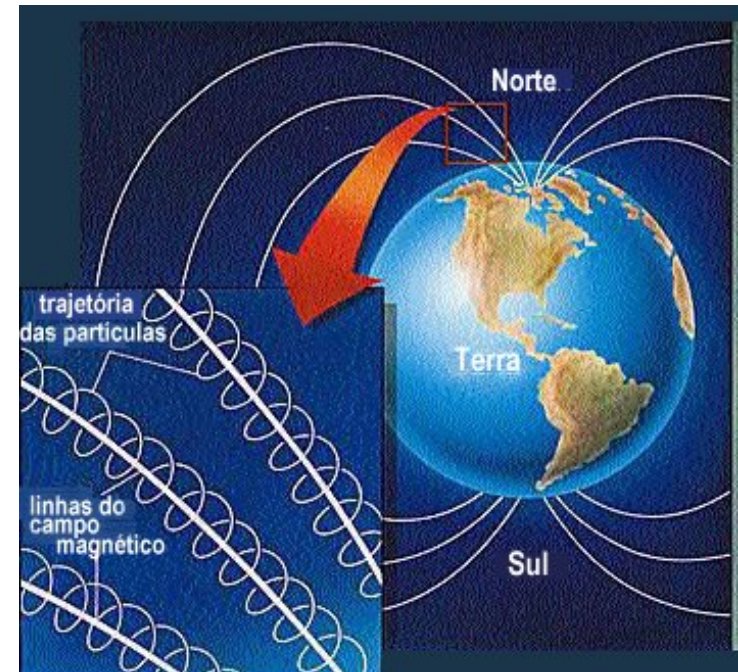
- Regiões irregulares que aparecem mais escuras do que a fotosfera circundante
- Muitas vezes podem ser observadas a olho nu
- Registradas na China em 28 a.C.
- Estudo científico começou com o uso do telescópio
- Observadas, por projeção da imagem do Sol, por Galileu e outros
- Constituídas de 2 partes
 - UMBRA Parte central mais escura, com temperaturas em torno de 3800 K
 - PENUMBRA Região um pouco mais clara e com estrutura radial em torno da umbra
- São mais frias, porque o campo magnético local impede a convecção e, portanto, que o calor das partes mais internas suba à fotosfera
- Tendem a se formar em grupos e estão associadas a intensos campos magnéticos no Sol
- Seguem um ciclo de 11 anos em que o número de manchas varia entre máximos e mínimos, descoberto em 1843 pelo astrônomo amador alemão Samuel Heinrich Schwabe (1789-1875)



Coroa: Vento Solar



- Fluxo contínuo de partículas emitidas da coroa, que acarretam uma perda de massa por parte do Sol em torno de $10^{-13} \cdot M_{\text{Sol}}$ por ano
- Atingem a Terra aproximadamente 7 prótons/cm³, viajando a cerca de 400 km/s; antes de atravessarem a atmosfera terrestre, chegam cerca de 1500 prótons/m²/s
- Capturado pelo campo magnético da Terra, quando forma o **CINTURÃO DE VAN ALLEN** na magnetosfera terrestre
 - **CINTURÃO DE VAN ALLEN** Descoberto pelo físico americano James Alfred Van Allen (1914-2006) em 1958
 - Permite que as partículas carregadas do vento solar entrem na atmosfera da Terra apenas pelos polos, causando as **AURORAS**



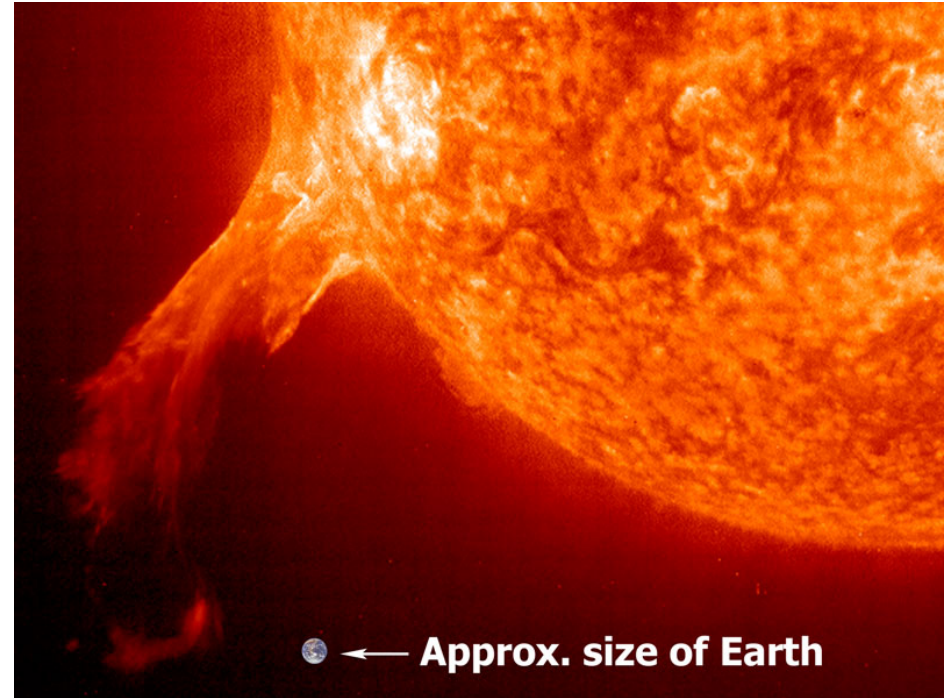
AURORAS

- Fenômenos luminosos de excitação e desexcitação dos átomos de oxigênio e nitrogênio
- Acontecem acima de 60 km
- Acima de 100 000 V
- Geram acima de 1 milhão de MW



Coroa: Ejeções de massa

- **Viajam a aproximadamente 1 milhão km/h**
- **Levam de 1 a 4 dias para alcançar a Terra**
- **Quando atingem a Terra, têm milhões de quilômetros de extensão**
 - **Danos a satélites**
 - **Erro no posicionamento de navios e aviões de vários quilômetros, tanto pelo sistema GPS (Global Positioning System) quanto por outros sistemas**
 - **Danos às redes de energia elétrica, induzindo voltagens de milhares de volts e queimando transformadores**
 - **Danos nas tubulações metálicas de gaseodutos, já que as correntes induzidas aumentam drasticamente a corrosão**
 - **Aumentam também a incidência de radiação ionizante nas pessoas, principalmente em voos de alta altitude, como os supersônicos e astronáuticos**

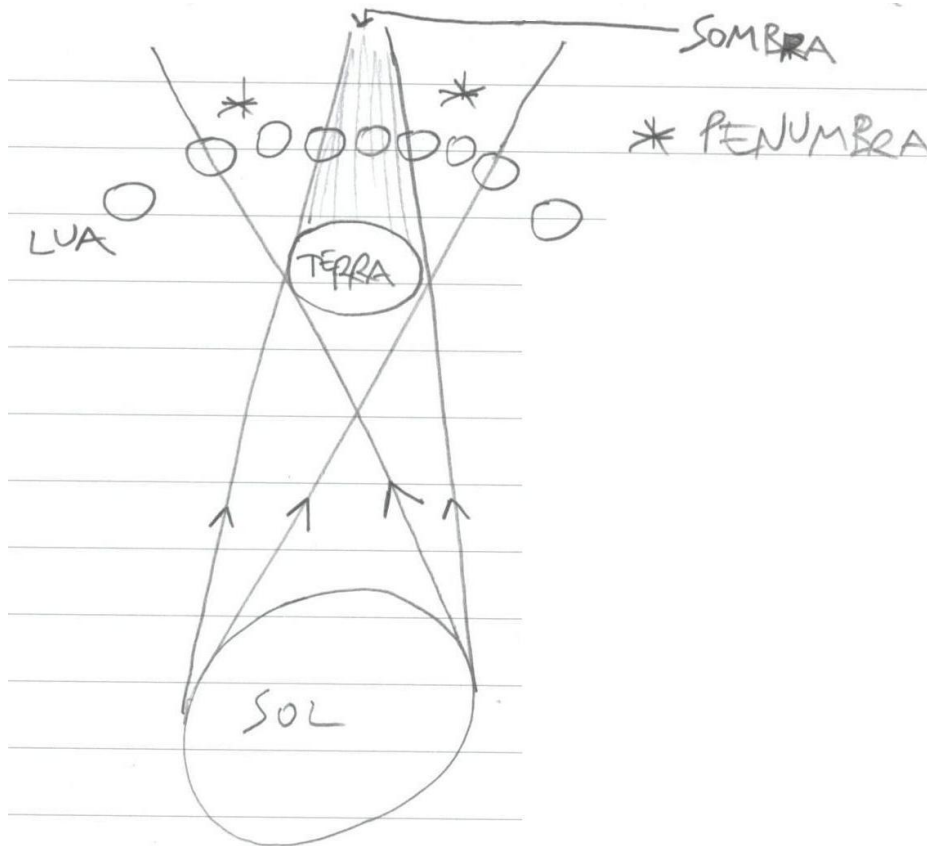


ECLIPSES

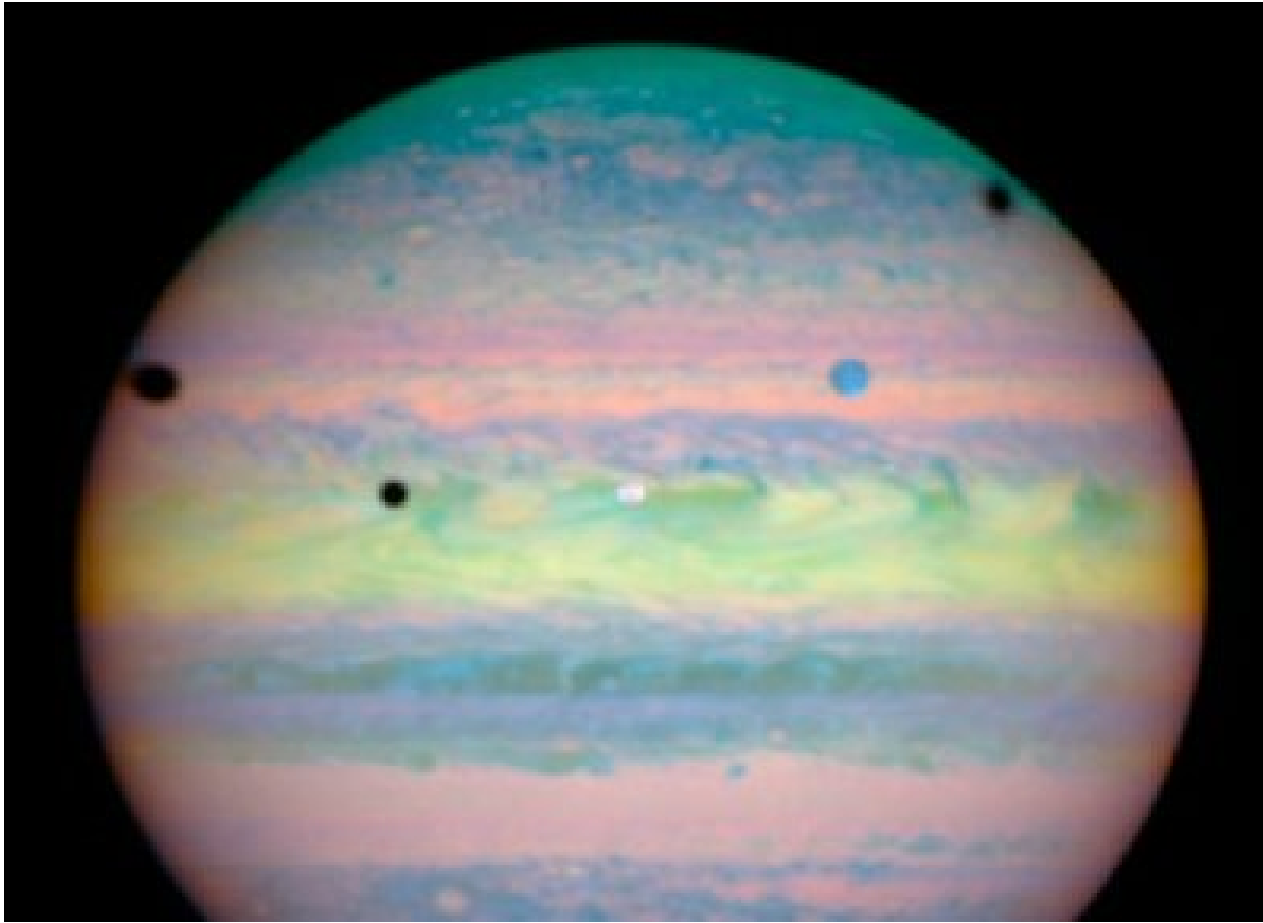
Definição

- **ECLIPSES [LUNARES, SOLARES]**
- **Ocorrem quando há alinhamento Terra-Lua-Sol**
- **Ocorrem quando a Lua passa por regiões onde o plano da sua órbita coincide com o plano da órbita da Terra = plano da eclíptica**
- **Com o uso da geometria e da cinemática dos movimentos lunar e solar, determina-se que ocorrem, por ano,**
 - **Mínimo 2 eclipses solares**
 - **Máximo 7 eclipses = 2 lunares + 5 solares ou 3 lunares + 4 solares**
- **Lua Cheia → Eclipse Lunar**
- **Lua Nova → Eclipse Solar**

Tipos



- **PENUMBRA** Região da sombra que não recebe luz de todos os pontos do Sol
- **SOMBRA** Não recebe luz de nenhum ponto do Sol
- **ECLIPSE...**
 - **PENUMBRAL PARCIAL:** Difícil percepção
 - **PENUMBRAL TOTAL:** Difícil percepção
 - **UMBRAL PARCIAL**
 - **UMBRAL TOTAL**



- **Hubble 16.nov.2004 Júpiter com os 3 satélites Io (branco), Ganímedes (azul) e Calisto (apenas a sombra é visível no alto à direita)**

Referências

- K. S. Oliveira Fo. e M. F. O. Saraiva. **Astronomia e astrofísica**, 2a. ed. São Paulo: Livraria da Física, 2004
- W. J. Maciel (ed.). **Astronomia e astrofísica**. São Paulo: EdUSP, 1991
- G. J. Pauwels. ***Atlas geográfico Melhoramentos***, 41a. ed. São Paulo: Melhoramentos, 1980
- M. Forman. ***Hair***. EUA, 1979
- The History Channel. ***O Universo***, 1a. temporada, DVD 2 (44:13). Log On Editora Multimídia
- www.portaldoastronomo.org