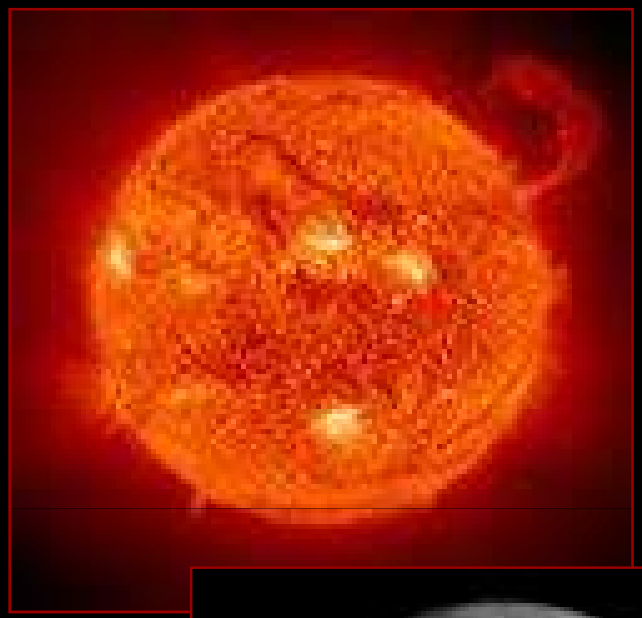
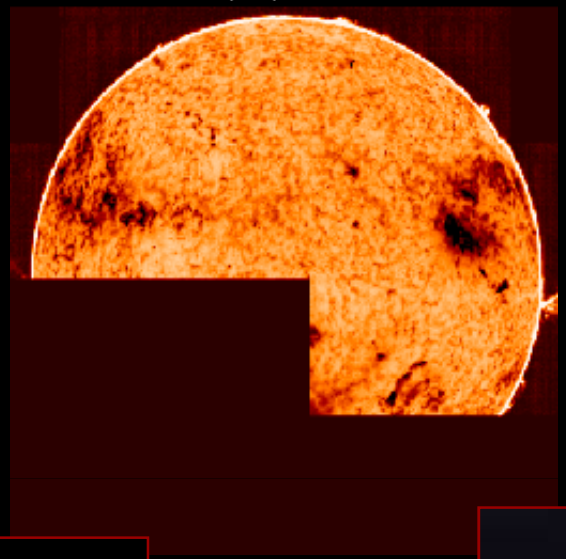
Movimento Anual do Sol, Fases da Lua e Eclipses

Rogemar A. Riffel

Sol, Terra e Lua

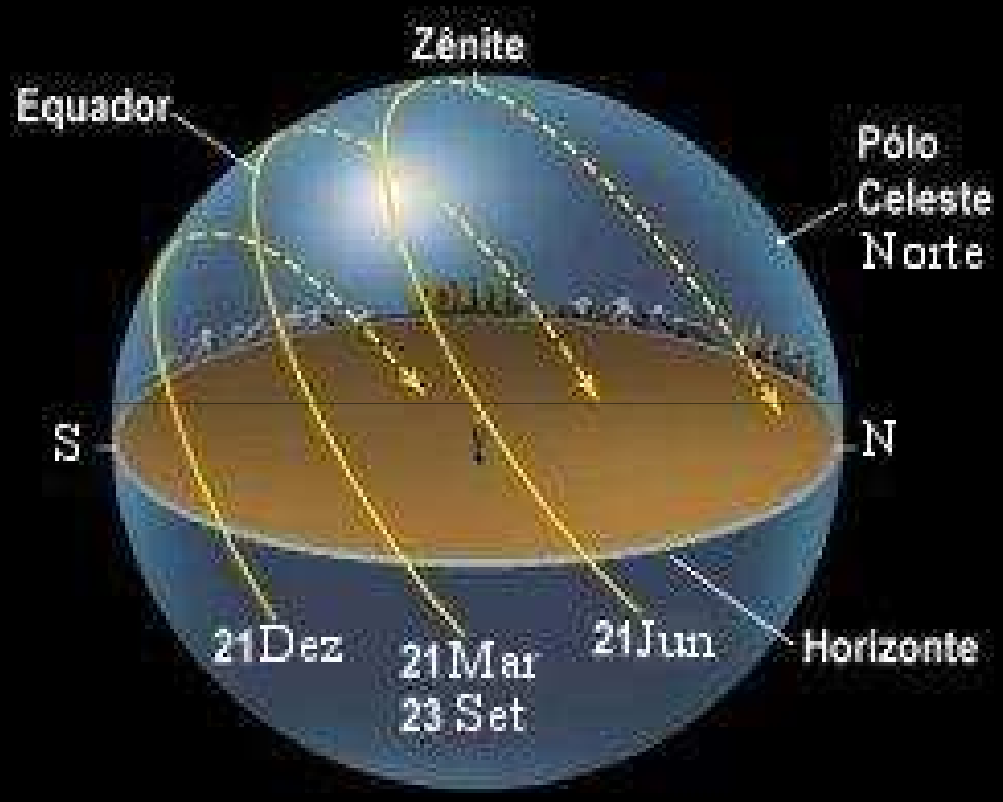




Movimento Diurno do Sol

Relembrando a aula passada

- De leste para oeste;
- O círculo diurno do Sol varia de dia para dia;
- Equinócio: O Sol cruza o equador celeste;
- Solstício: O Sol atinge a máxima declinação;



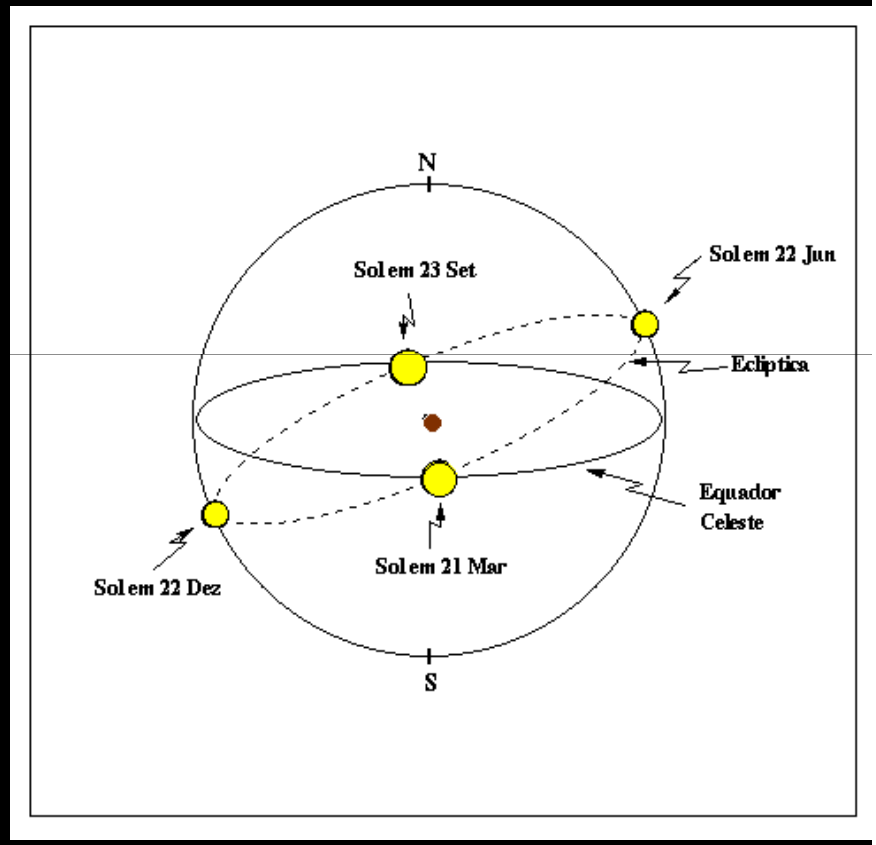
Movimento Anual do Sol

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 ≠ Equador terrestre → Plano trajetória aparente do Sol ≠ Equador celeste

Plano orbital da Terra tem uma inclinação de 23°27' em relação ao equador da Terra.

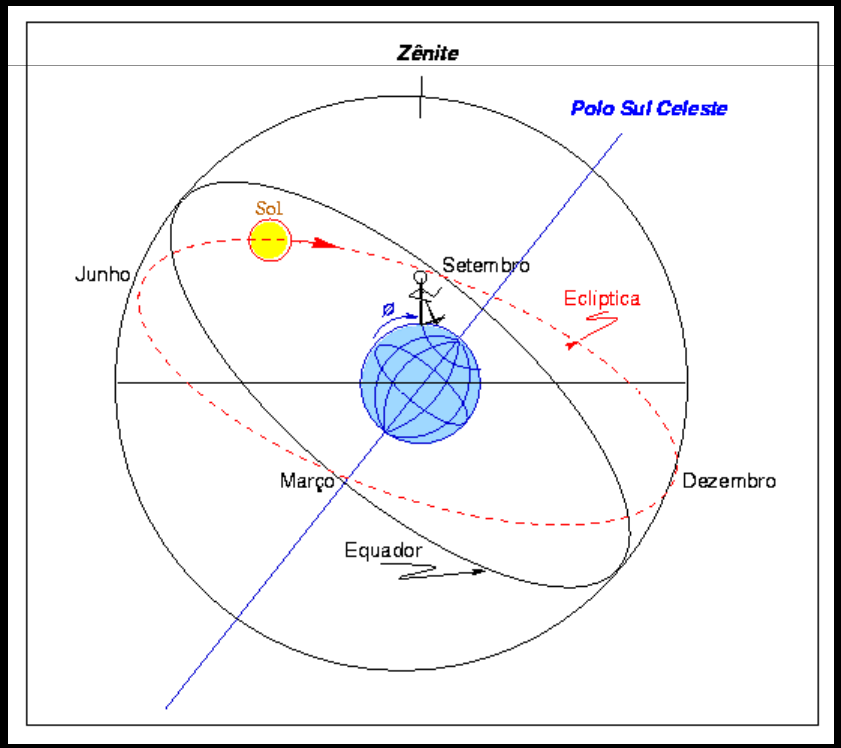
A trajetória aparente do Sol apresenta a mesma inclinação em relação ao equador celeste (obliqüidade da eclíptica = 23°27')



Movimento Anual do Sol

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

Qual é a causa das estações do ano?



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

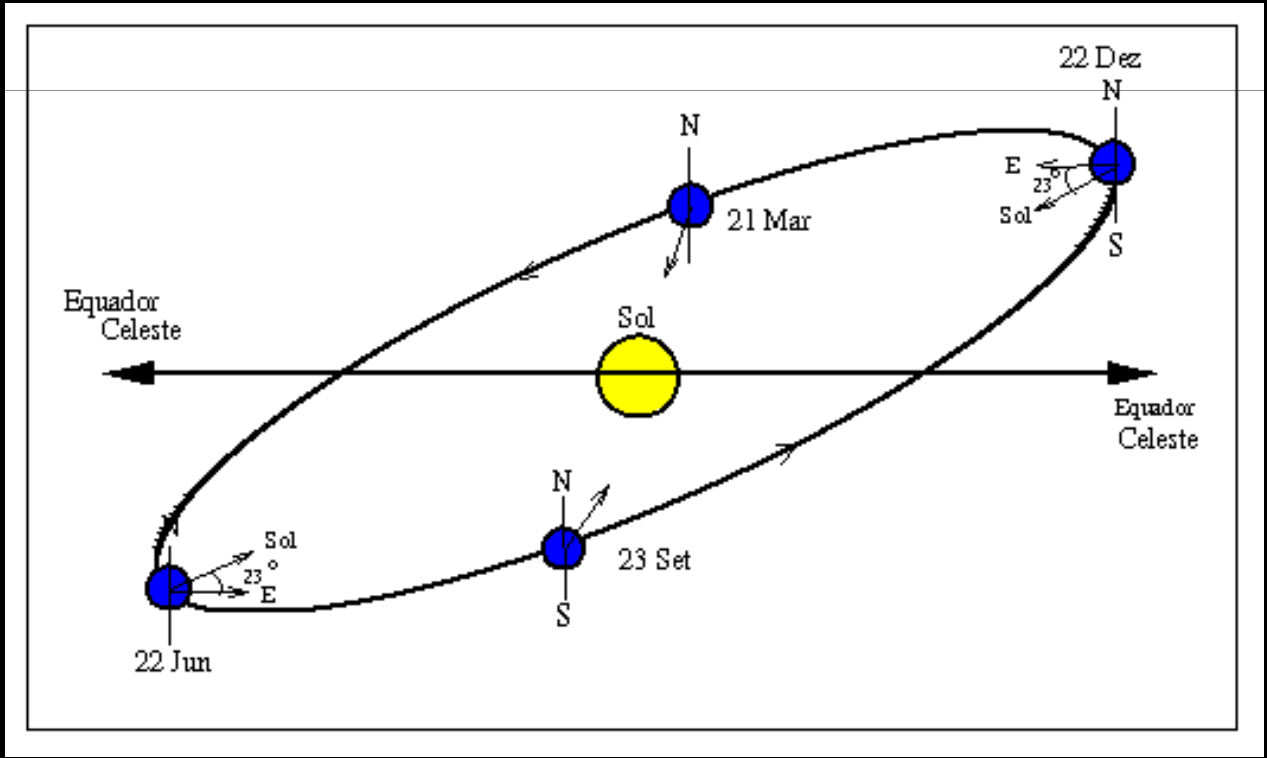
O ponto do horizonte oeste onde o Sol se põe varia em direção ao sul de junho a dezembro, e em direção ao norte de dezembro a junho.

Fotos por Maria de Fátima Saraiva

As Estações do Ano

Causas: Translação da Terra em torno do Sol

Inclinação do plano orbital da Terra em relação ao equador (obliqüidade da eclíptica ≠ 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 .

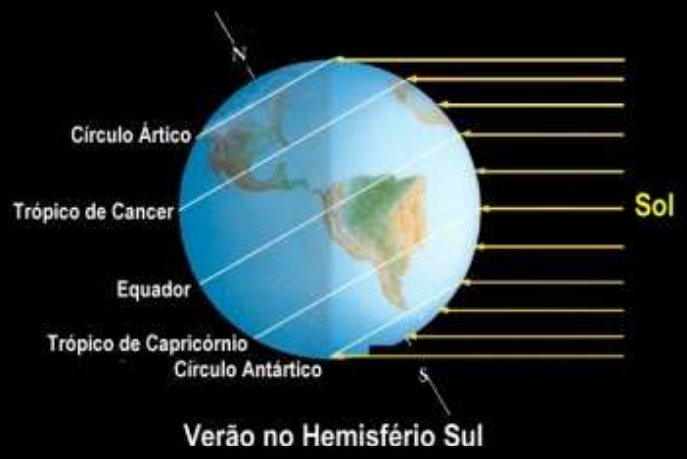
No solstício de junho o Sol incide diretamente no trópico de Câncer;

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 dezembro o sol incide diretamente no trópico de Capricórnio.

Posições características do Sol



~ 21 Mar.: O Sol cruza o Equador, indo do 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;

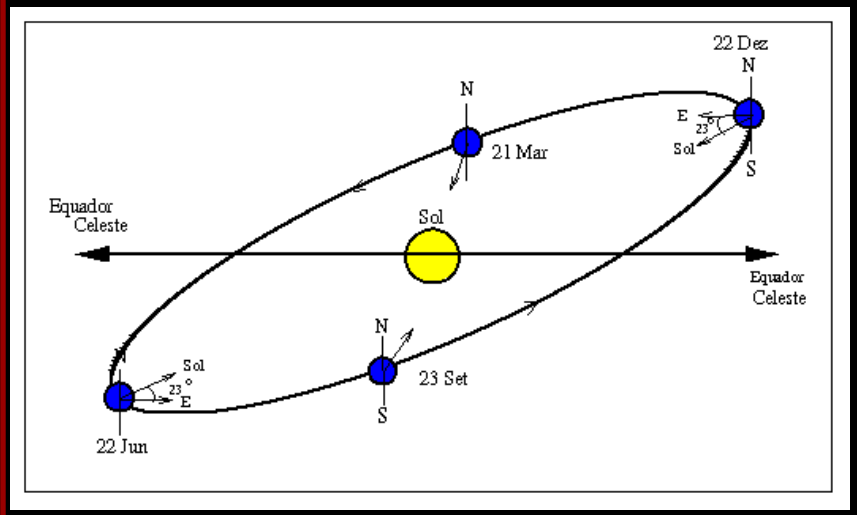
Solstício de Inverno (Verão) no HS (HN).

~ 23 Set.: O Sol cruza o Equador, indo de Hemisfério Norte para o Hemisfério Sul;

Equinócio de Primavera (Outono) no HS (HN).

~22 Jun.: 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.

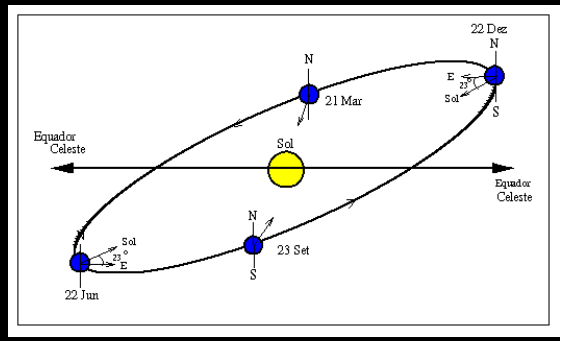
- Lembrar que o Hemisfério Norte também está mais próximo do Sol, e é inverno lá.

- 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 12h abaixo.

- A única diferença é a altura máxima: o Sol cruza o meridiano $23^0 27'$ ao N do Zênite em ~22 Jun. e o meridiano $23^0 27'$ ao S do Zênite em ~23 Set.

- 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.

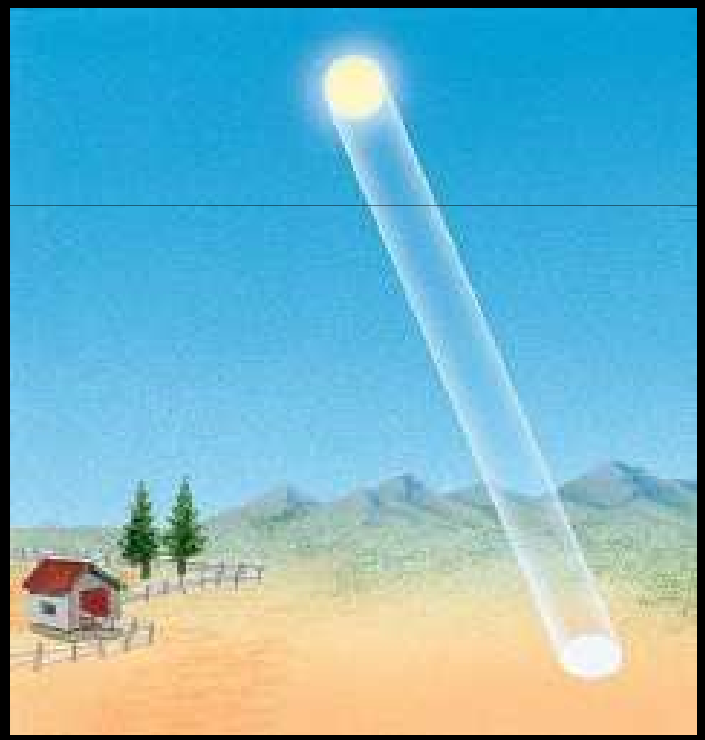
• A atmosfera reflete 39% da radiação, de forma que apenas 61% é usada no aquecimento da Terra.

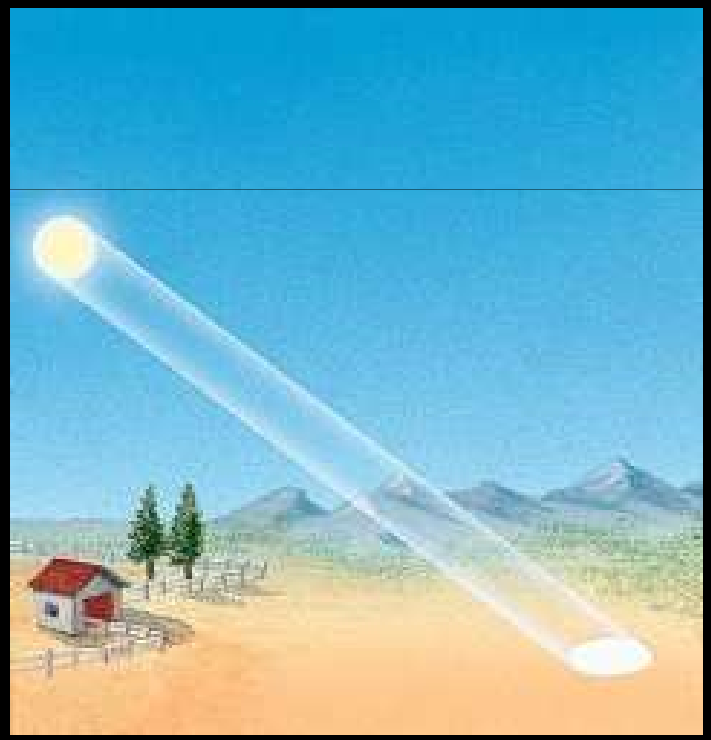
Energia média que chega perpendiculamente à superfície da Terra, por unidade de tempo e por unidade de área ⇒ **$0.61 \times 1/4 \times 1367 \approx 208\ W/m^2$**

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,

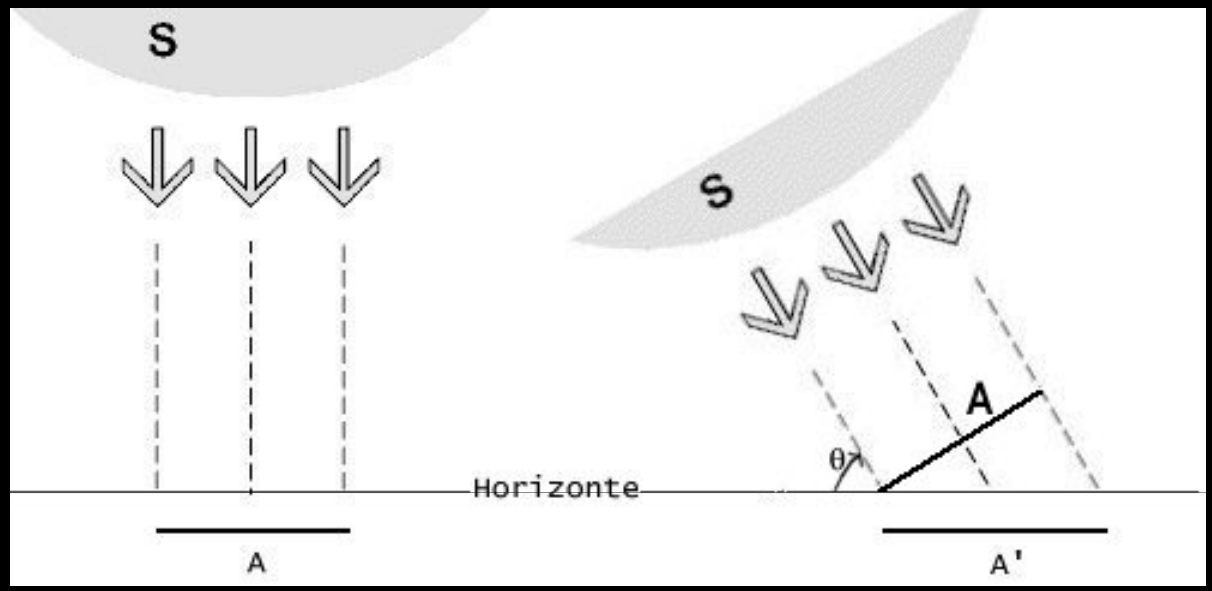
$$I = E_Z/A$$





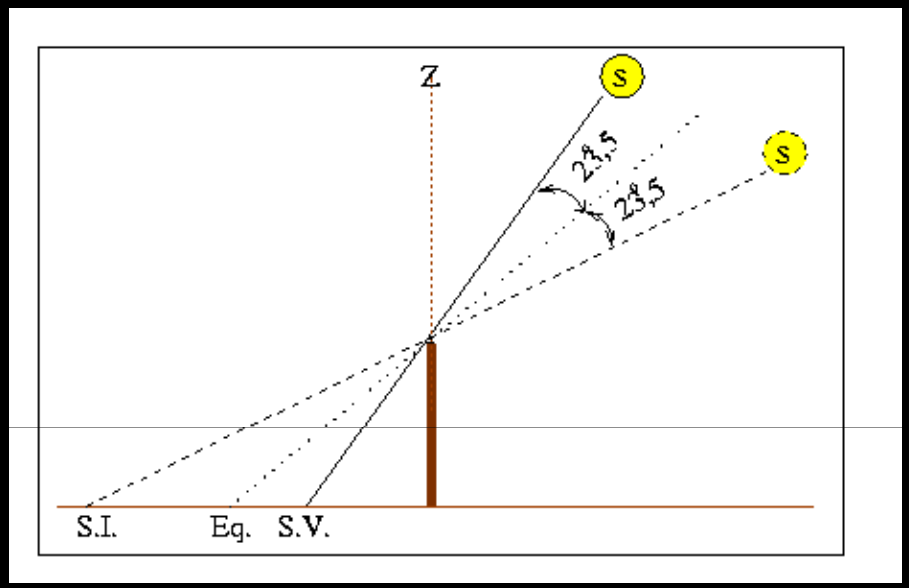
A insolação solar depende da área em que a energia solar é distribuída!

Insolação



$A' = A/\text{sen}\ \theta$

Insolação em Santa Maria



Santa Maria: Latitude = $29{,}5^0$

Meio dia no SV (~21 Dez.)

$z_V = (29{,}5^0 - 23{,}5^0) = 6^0$ do Zênite

$\theta_V = 90^0 - 6^0 = 84^0$ do horizonte

Meio dia no SI (~21 Jun.)

$z_I = (29{,}5^0 + 23{,}5^0) = 53^0$ do Zênite

$\theta_I = 90^0 - 53^0 = 37^0$ do horizonte

$$I_V/I_I = (E_Z/A_V)/(E_Z/A_I) = \text{sen}\theta_V/\text{sen}\theta_I = 1{,}65$$

A insolação em Santa Maria é 65% maior no verão do que no inverno!

Insolação em Santa Maria

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

$$E_z = \frac{E_\odot}{4\pi D^2_{\otimes\odot}},$$

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

- 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 Santa Maria, contribui nas estações do ano.

A Lua

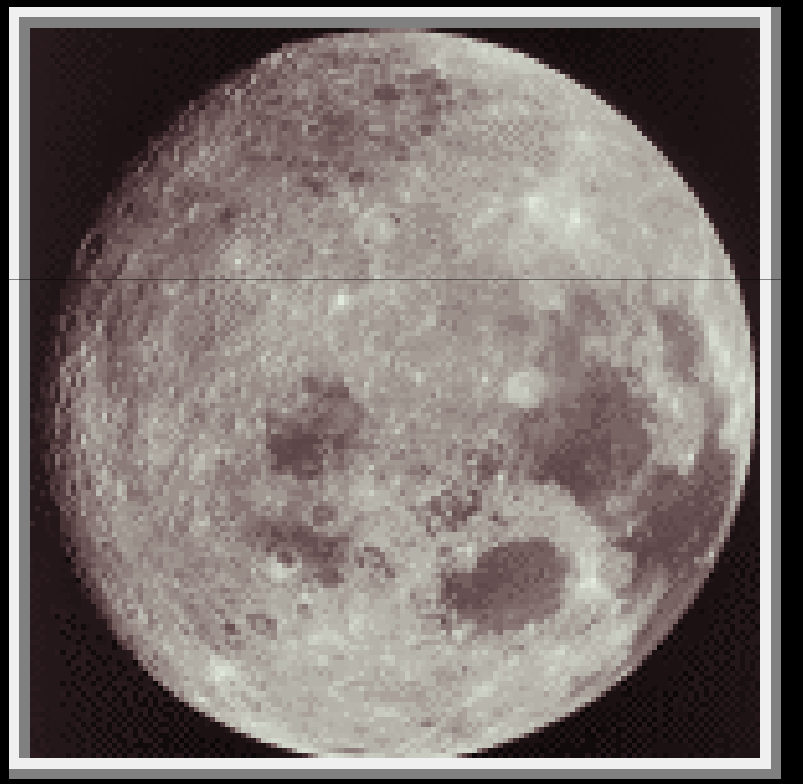
- Sua distancia é de 384 000 km (medido por um feixe de laser);

- Diâmetro aparente médio da Lua é de 31'5" ($0{,}518^0$) – o mesmo do Sol;

- D = 384 000 * sen ($0{,}518^0$) = 3476 km;

- Sua massa é 1/81 da massa da Terra;

- A medida 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.



A Lua

Fases da Lua

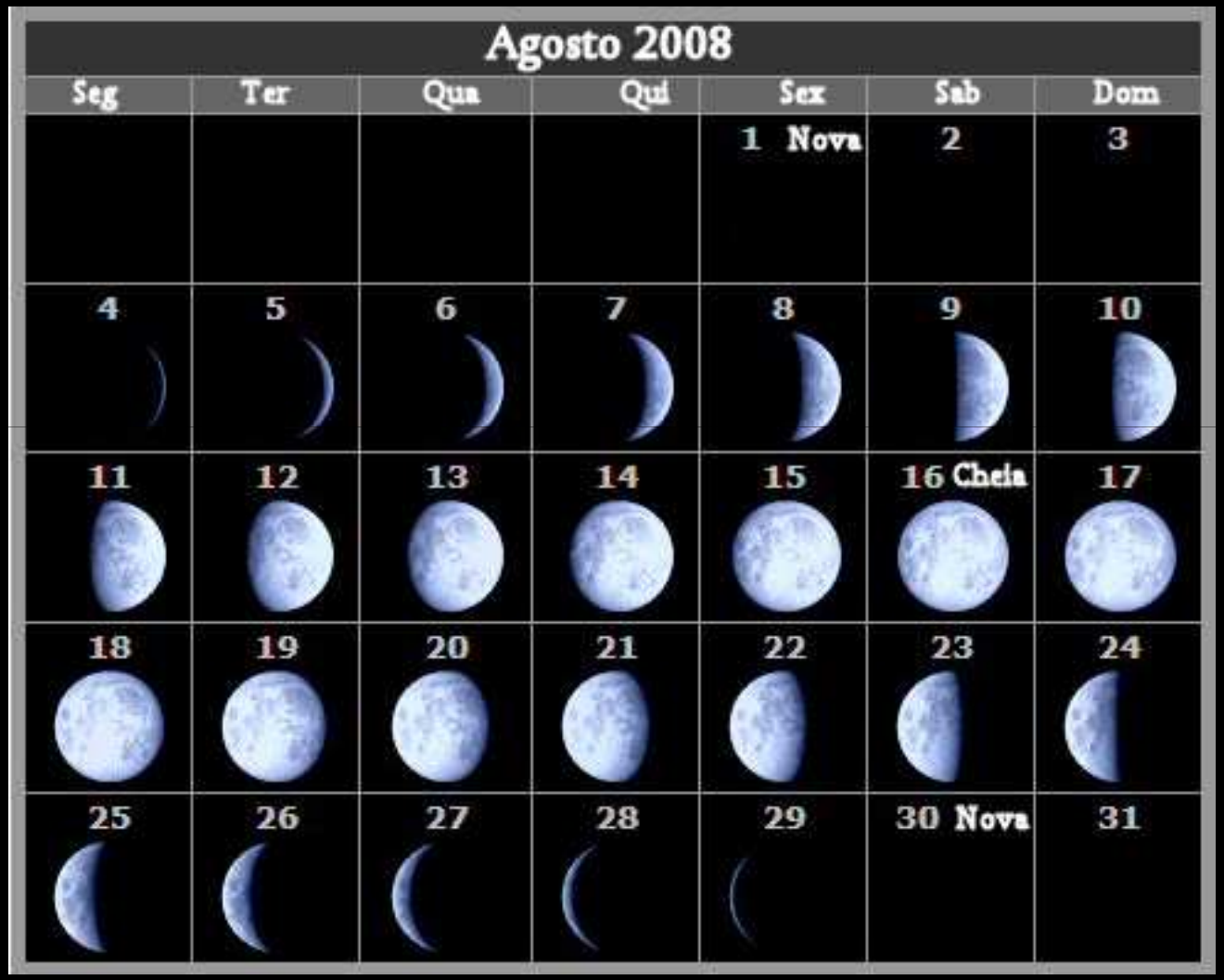
- Lua Nova: A face iluminada não pode ser vista da Terra.
  - A lua está na mesma direção do Sol (está no céu durante o dia);
  - Nasce ~6h e se põe ~18h.

- 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 90^0;
  - 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" ($0{,}518^0$) – o mesmo do Sol;
  - Lua e Sol vistos da Terra, estão em direções opostas;
  - Nasce ~18h e se põe ~6h do dia seguinte.

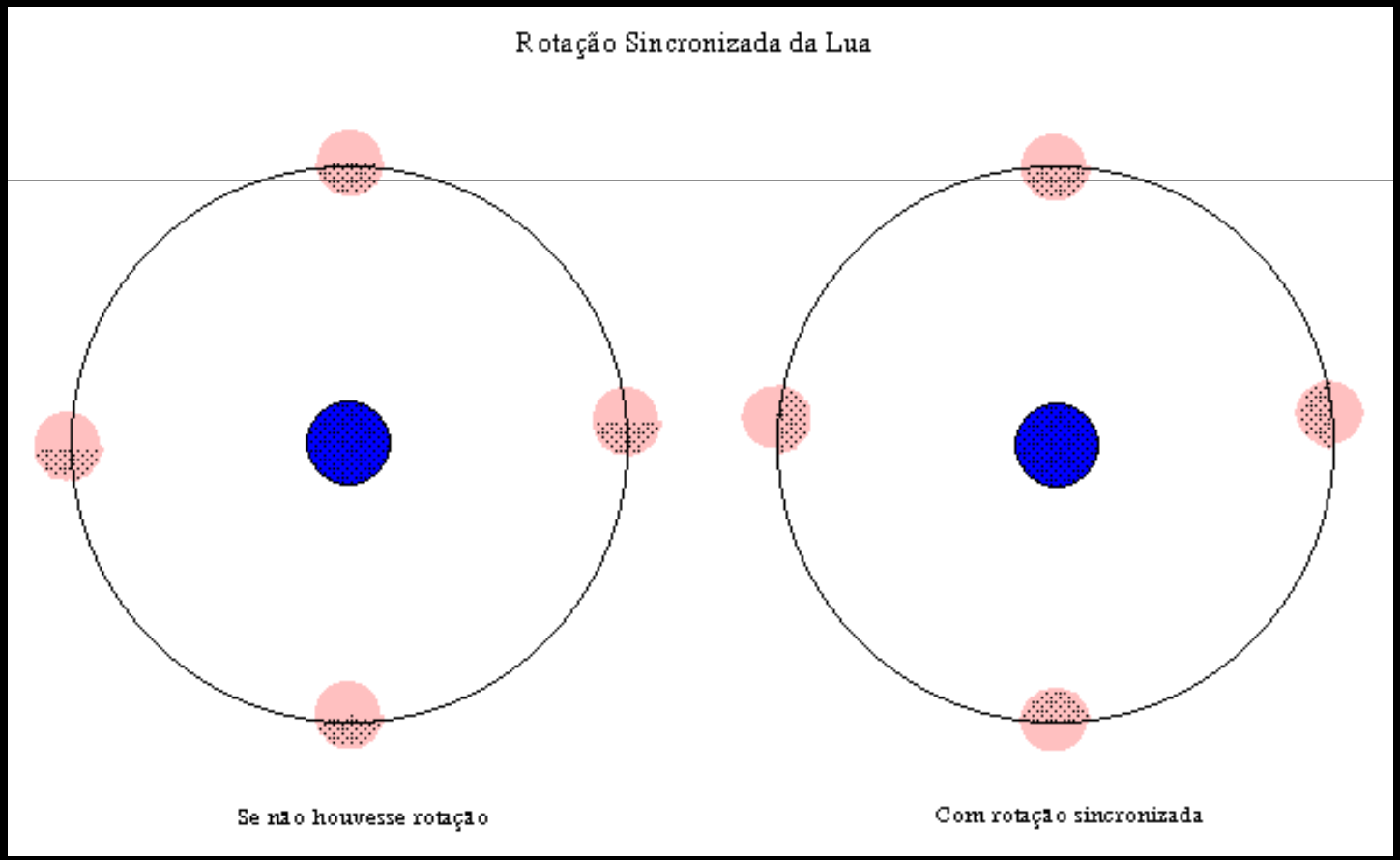
- Lua Quarto-Minguante: Metade do disco iluminado pode ser visto da Terra.
  - Vista do HS a forma lembra a letra D e no HN a letra C;
  - A Lua está a oeste do Sol, que ilumina seu lado leste;
  - Nasce ~meia-noite e se põe ~meio-dia.

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 Cheia
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.



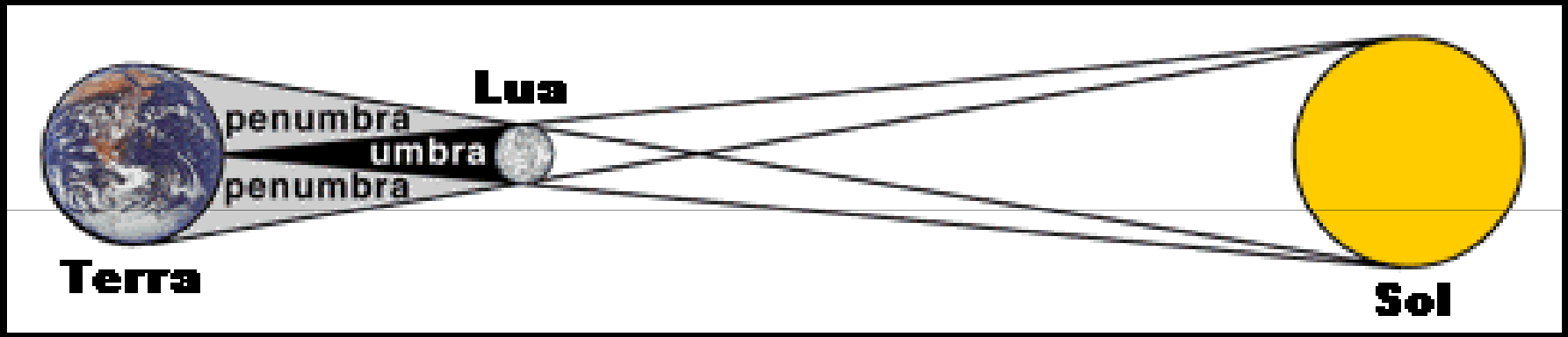
Face voltada para a Terra

Face voltada para a Terra - Eclipse

Face voltada para a Terra

Eclipses

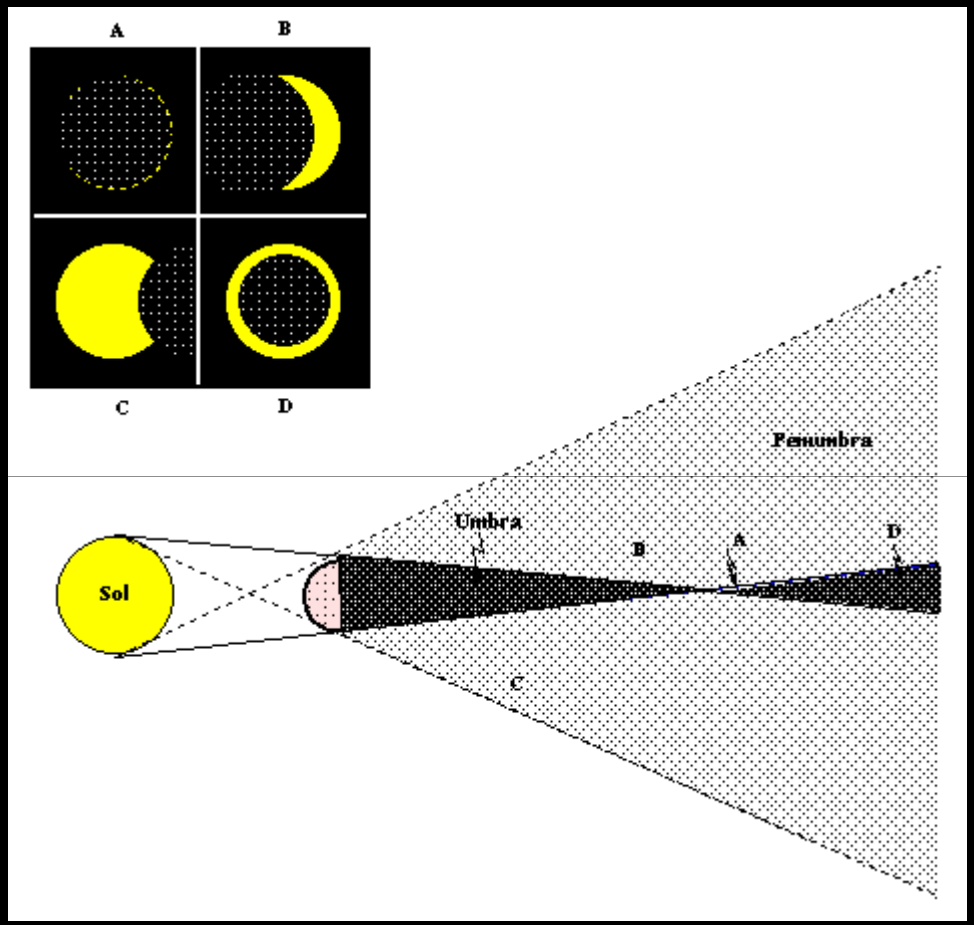
• Os eclipses acontecem quando ocorre o alinhamento entre Sol, Terra e Lua, de forma que a sombra da Lua atinge a Terra (eclipse solar) ou a Lua fique na sombra da Terra (eclipse lunar).



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

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

Eclipse Solar



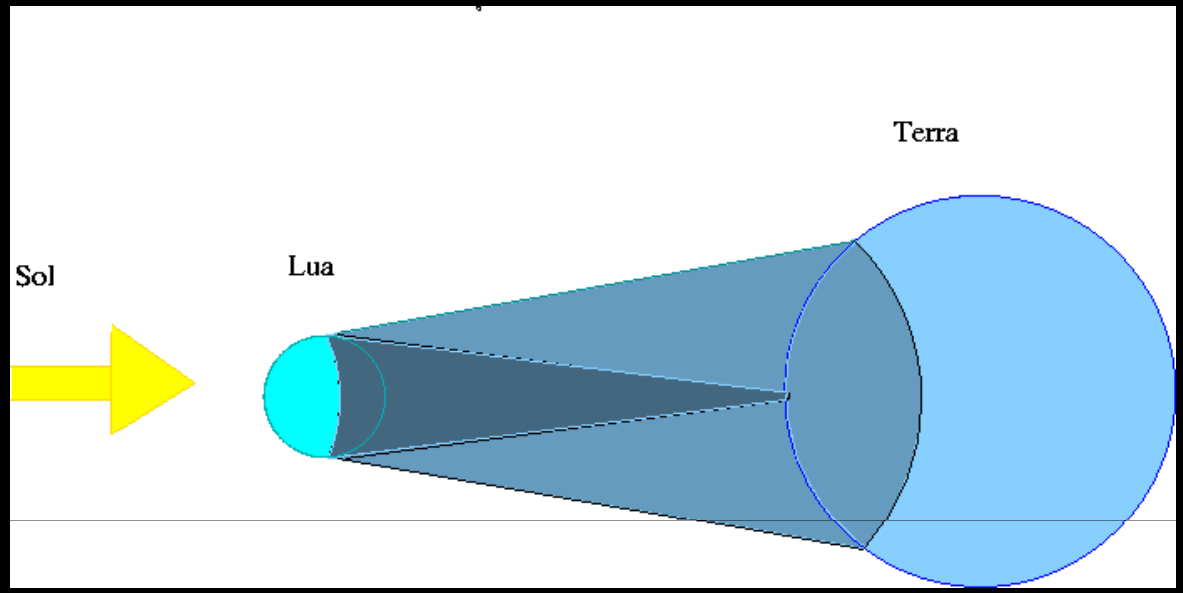
Eclipse solar total: acontece na faixa da Terra varrida pela umbra.

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

Elipse 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.

Eclipse Solar

3 Nov. 1994

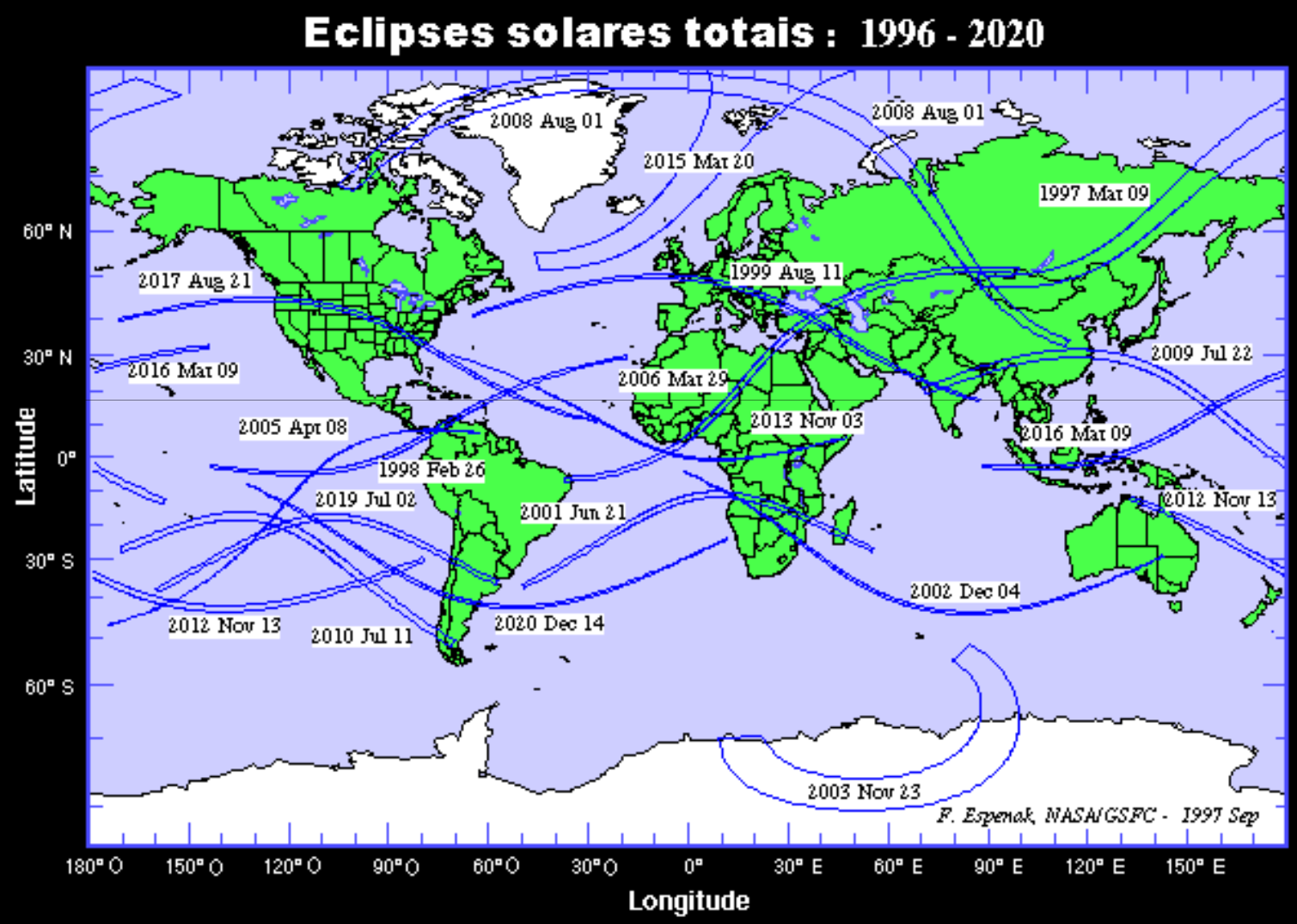
Simulação do eclipse solar total visível do Brasil em 94. A umbra é um pontinho preto que aparece no centro da penumbra. Cada imagem está separada por 10 minutos e a simulação total dura 2h 20m.

Eclipse Solar

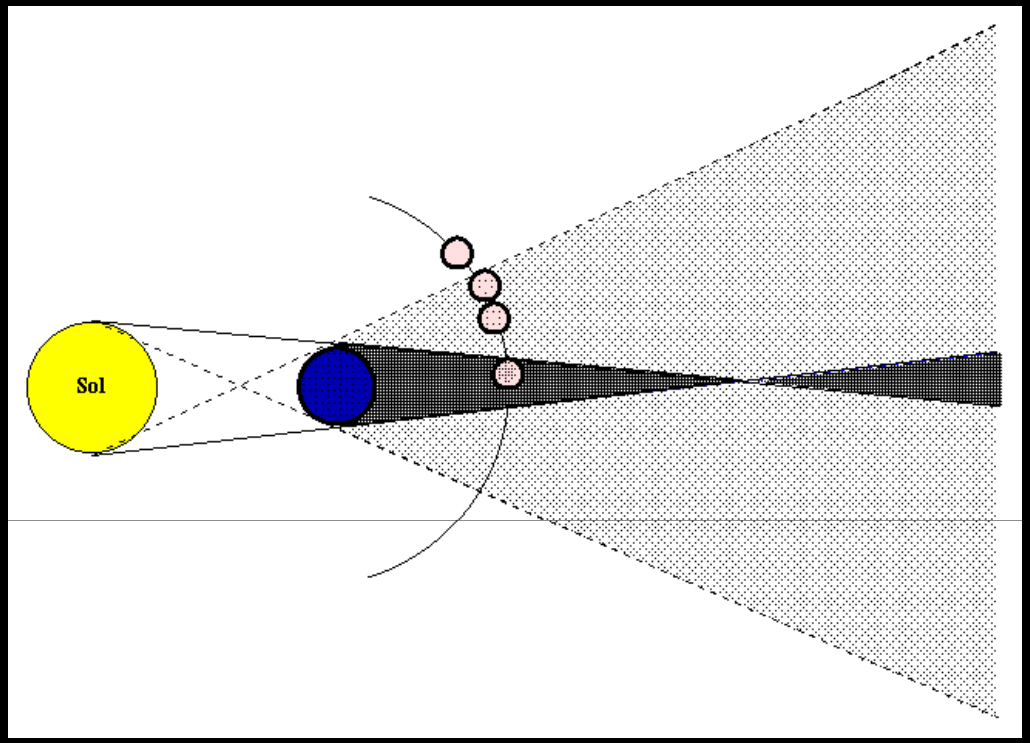
Eclipse visto em Nov. de 1994
Criciúma, SC.

Creditos: Kepler de Souza Oliveira Filho

Eclipse Solar



Eclipse Lunar



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

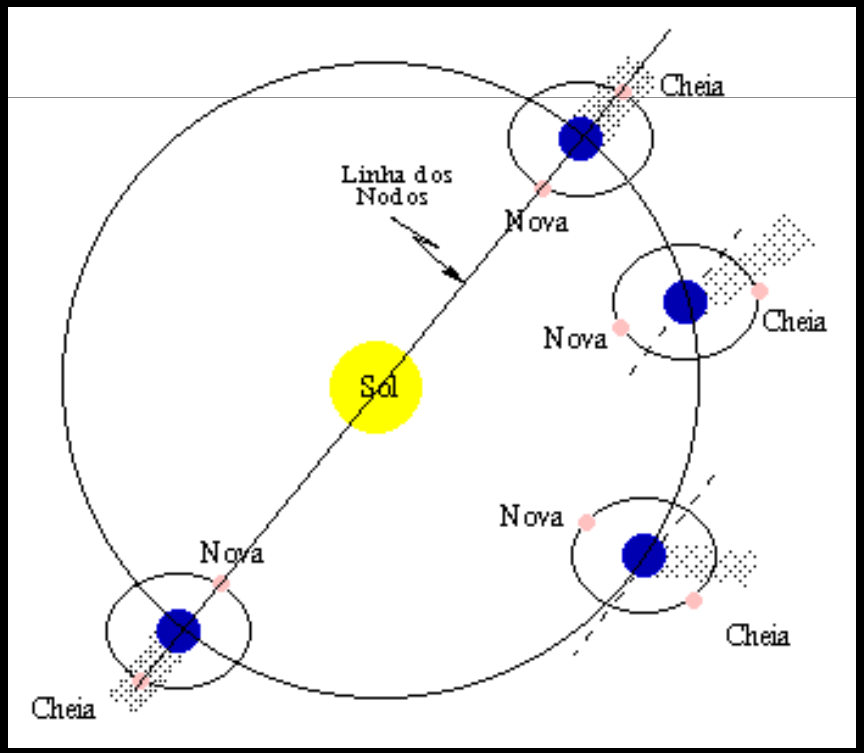
Elipse parcial: Parte da Lua passa pela umbra da Terra.

Elipse 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;

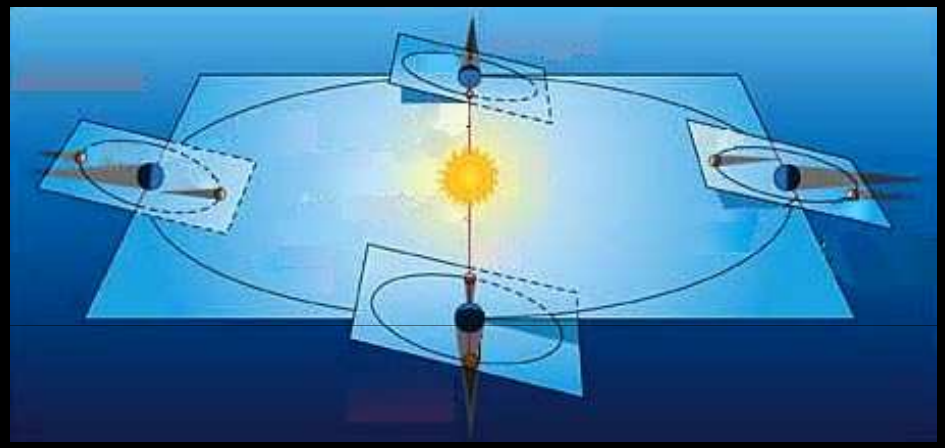
- O plano está inclinado em 5,2 graus e portanto a Lua precisa estar próxima da linha dos nodos para ocorrer um eclipse;



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

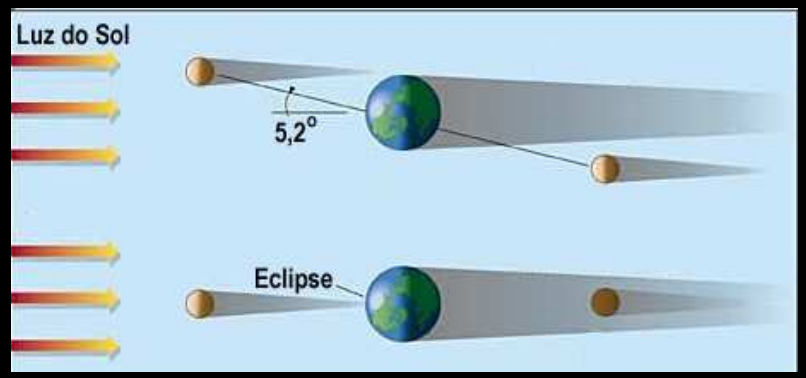
- Só ocorrem eclipses quando a Lua está na fase de Lua Cheia ou Nova, e quando o Sol está sobre a ***linha dos nodos***.



- Solar total < $10{,}3^0$; Lunar total < $4{,}6^0$.

- 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).