

Eclipses da Lua e do Sol

Rosa M. Ros

*União Astronómica Internacional
Universidade Politécnica da Catalunha, Espanha*



Objetivos

- Compreender porque é que a Lua tem fases.
- Compreender a causa dos eclipses da Lua.
- Compreender o motivo dos eclipses do Sol.
- Determinar as distâncias e diâmetros do sistema Terra-Lua-Sol.



Jogos de luzes e sombras

- Sistema Terra-Lua-Sol: fases e eclipses.
- Posições relativas e sombras.



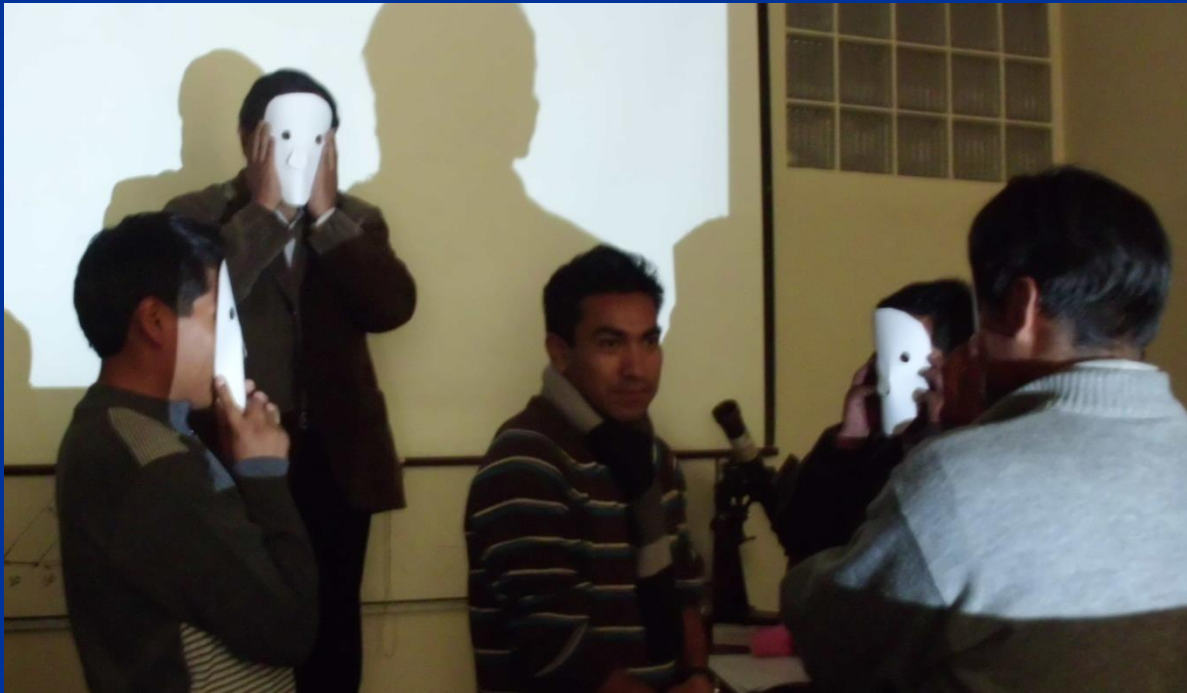
Atividade 1: Modelo da face oculta da Lua

- 2 voluntários: um ao centro (a Terra) e o outro que girará à volta dela (a Lua). Colocamos a Lua de face voltada para a Terra e fazemos com que gire, por translação, 90° e também sobre si mesma, por rotação, 90° , ficando de novo de face voltada para a Terra e assim sucessivamente.



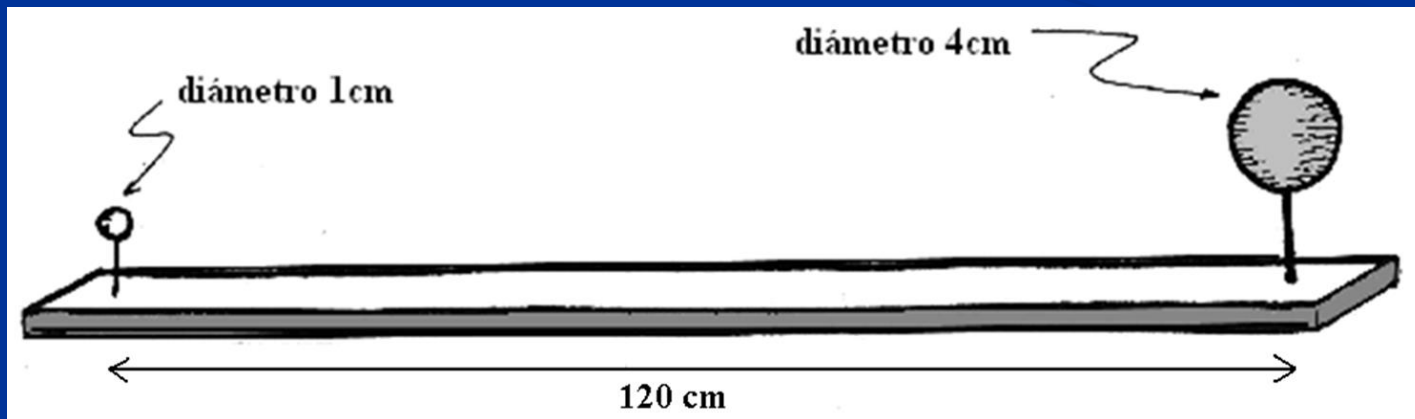
Atividade 2: Modelo com lanterna (Sol); Fases da Lua

- 5 voluntários: um no centro (Terra) e os outros 4 à sua volta simulando as 4 fases da Lua com uma máscara (totalmente iluminada, parcialmente iluminada ou não iluminada).



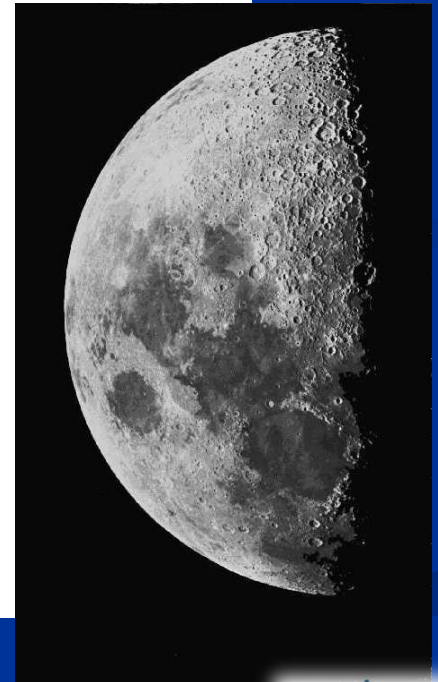
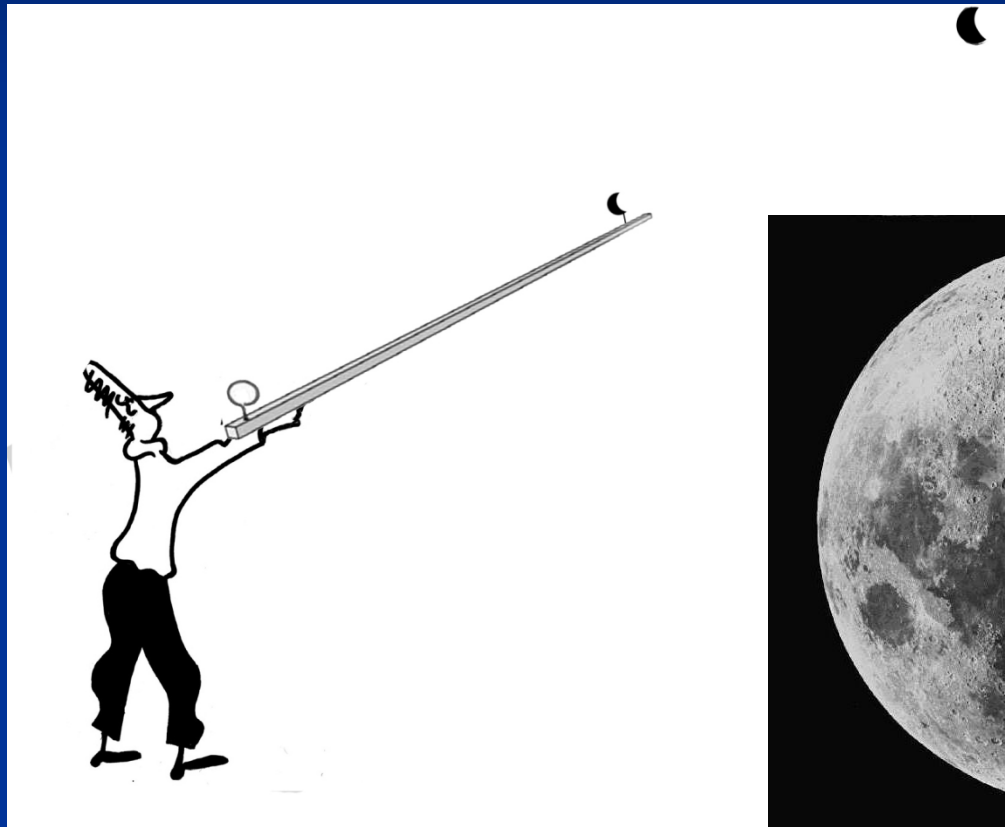
Distâncias e diâmetros do Sistema Terra-Lua-Sol

Diâmetro da Terra	12 800 km		4 cm
Diâmetro da Lua	3 500 km		1 cm
Distância Terra-Lua	384 000 km		120 cm
Diâmetro do Sol	1 400 000 km		440 cm = 4,4 m
Distância Terra-Sol	150 000 000 km		4 700 cm = 0,47 km



Atividade 3: Simulação das Fases da Lua

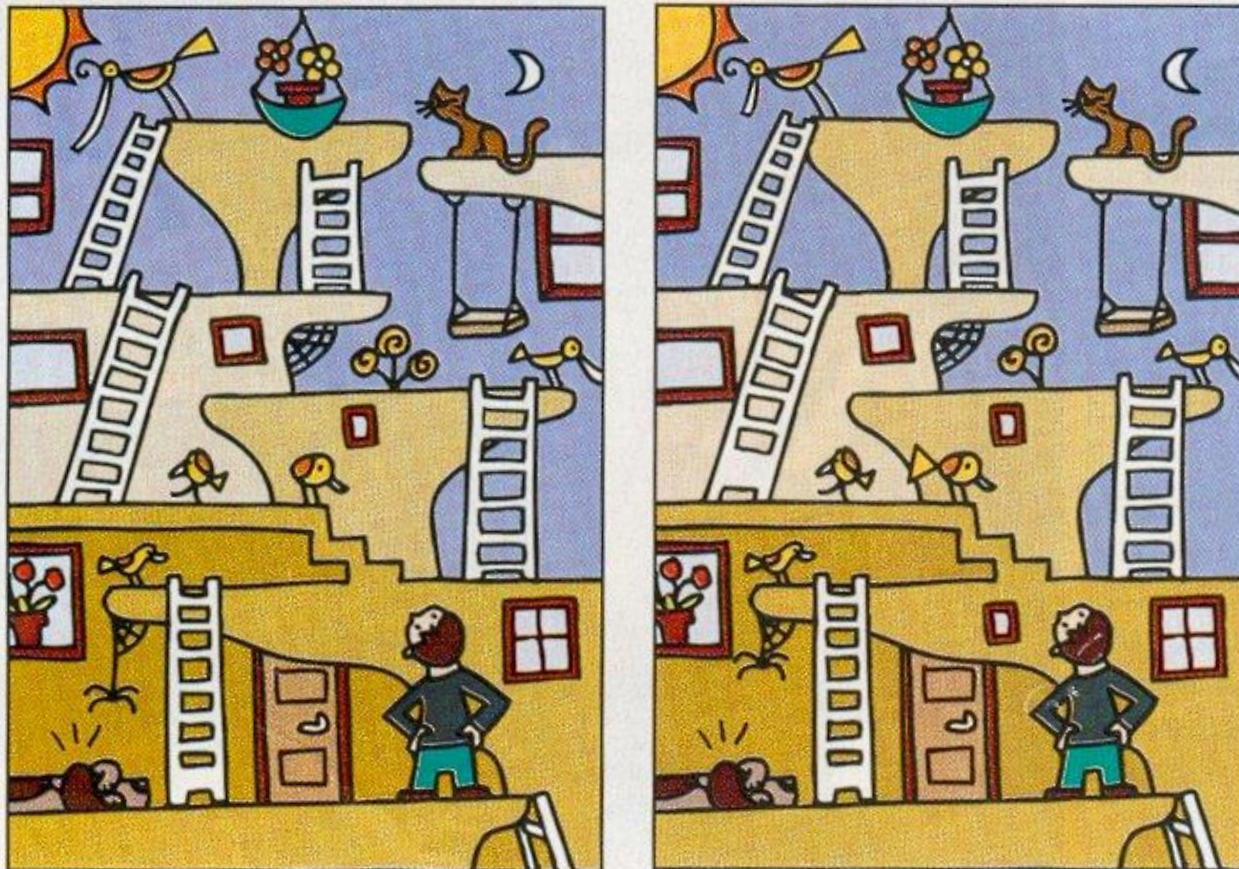
- Apontar a pequena lua do modelo para a Lua e ver-se-ão as duas com a mesma fase.



Atividade 4: Erros e mitos

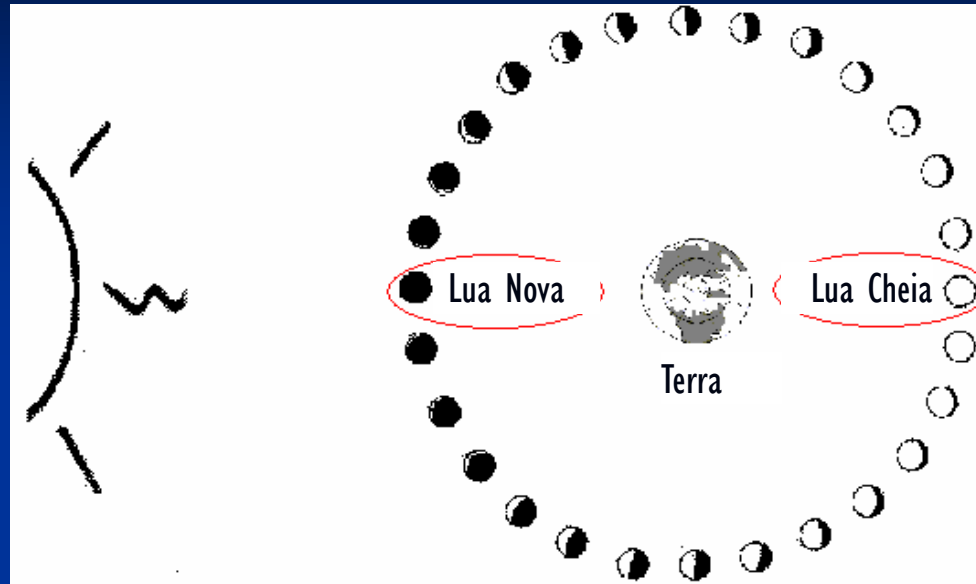
Os 7 erros

Procura as 7 diferenças que existem entre o desenho da esquerda e o da direita



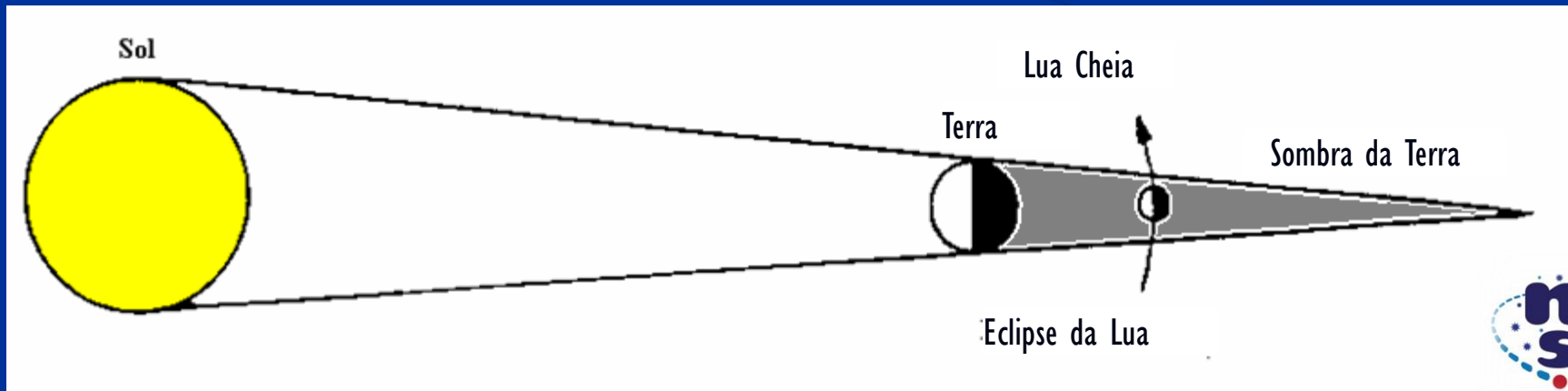
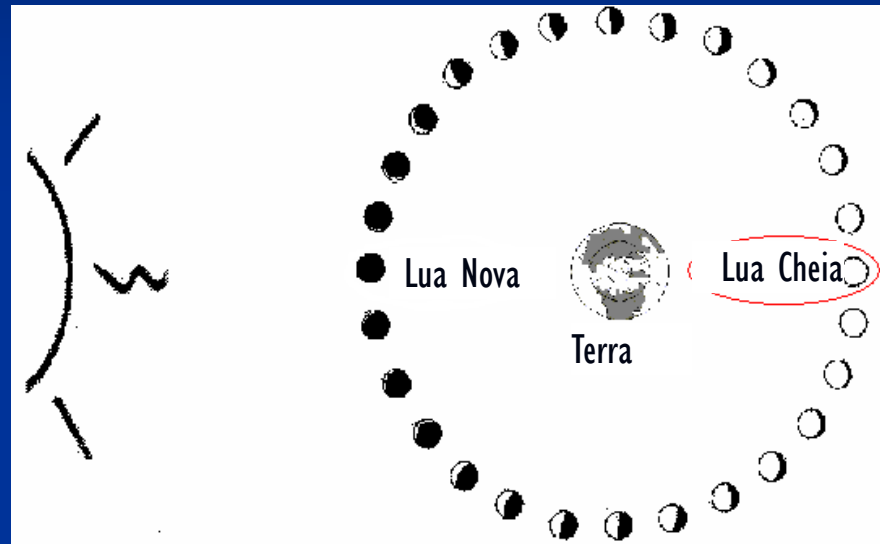
- Fases da Lua de acordo com a posição do Sol.

Fases da Lua e Eclipses

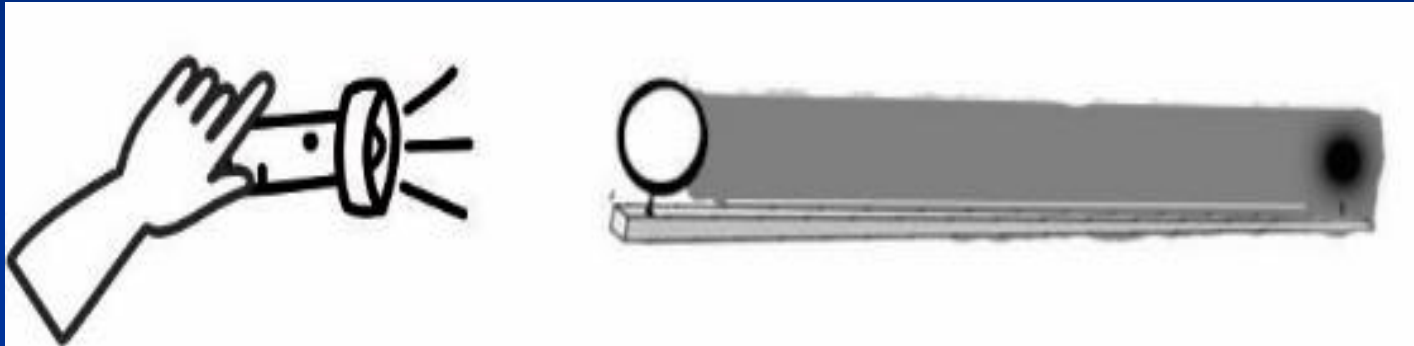


Atividade 5: Eclipses da Lua

- Os eclipses lunares apenas ocorrem durante a fase de Lua Cheia.



Atividade 5: Simulação de um Eclipse Lunar



Atividade 5: Eclipse da Lua



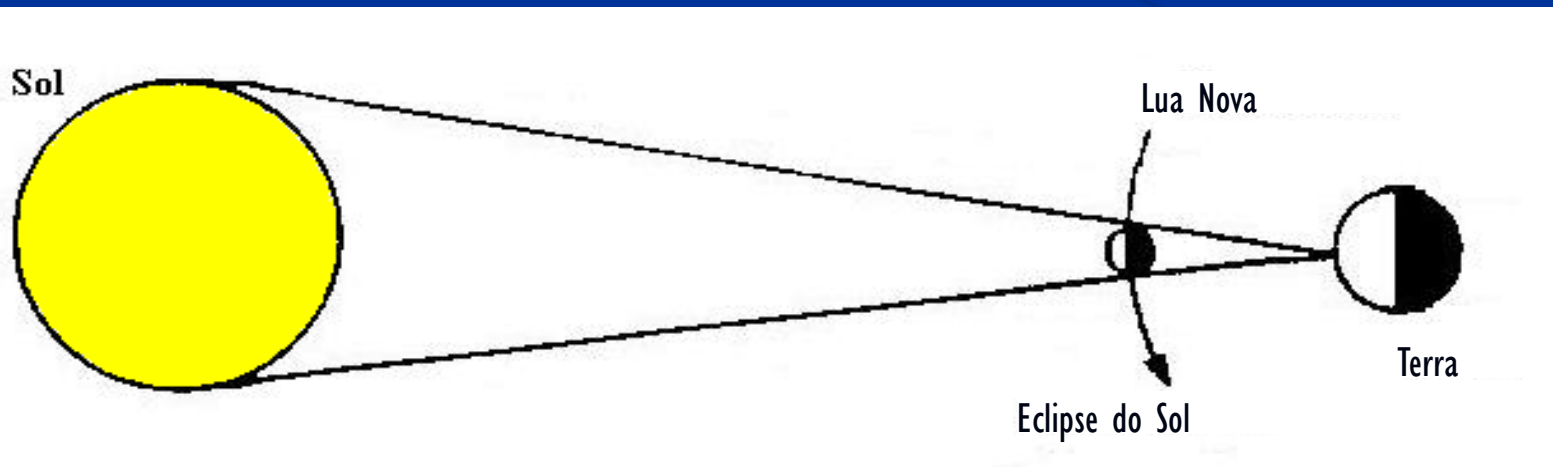
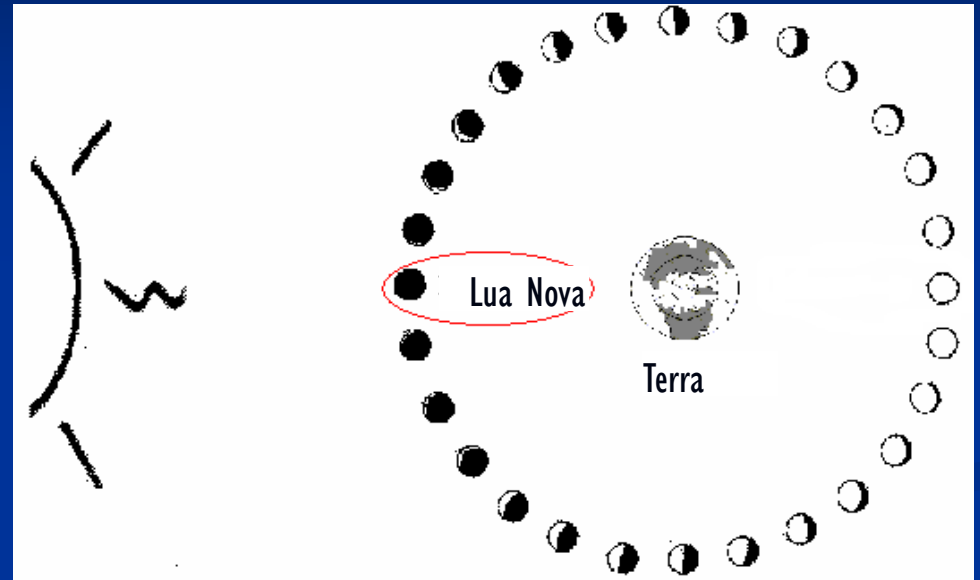
Atividade 5: Eclipse da Lua

- Os eclipses lunares apenas são visíveis em metade da Terra (lado noite).

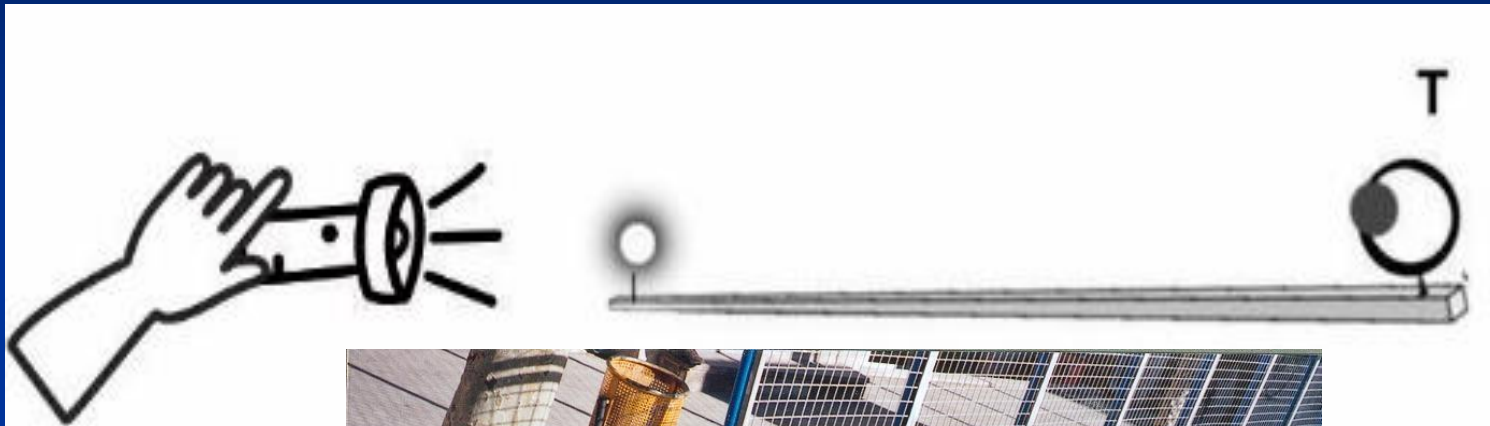


Atividade 6: Eclipses do Sol

- Os eclipses solares apenas ocorrem durante a fase de Lua Nova.



Atividade 6: Simulação de um Eclipse Solar



Detalhe do Eclipse Solar

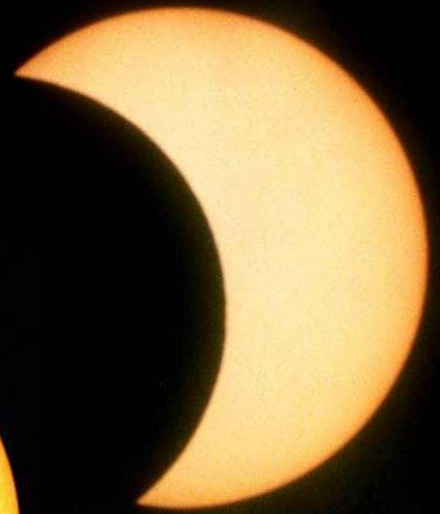
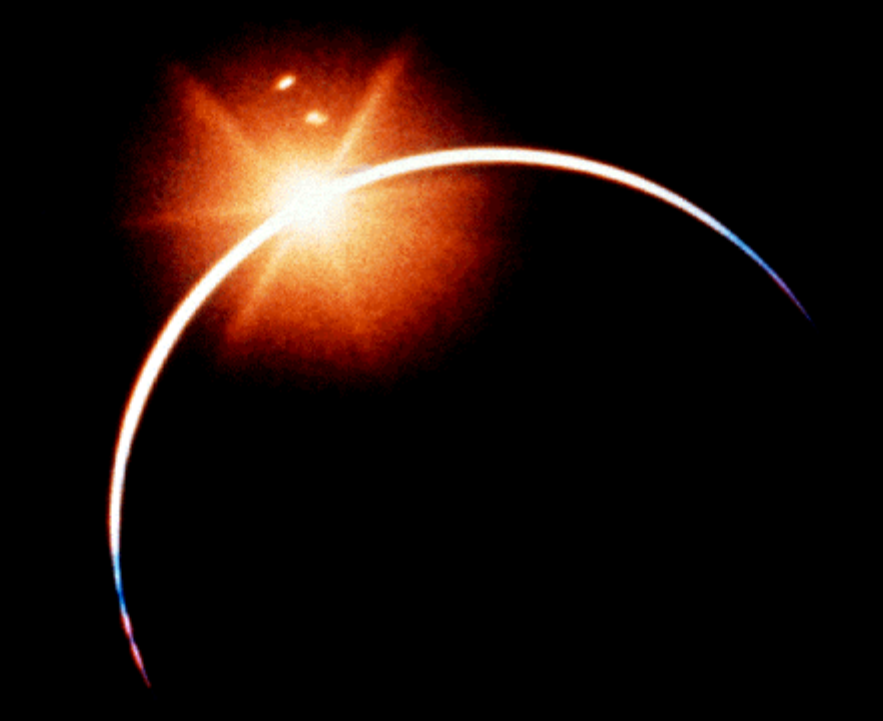
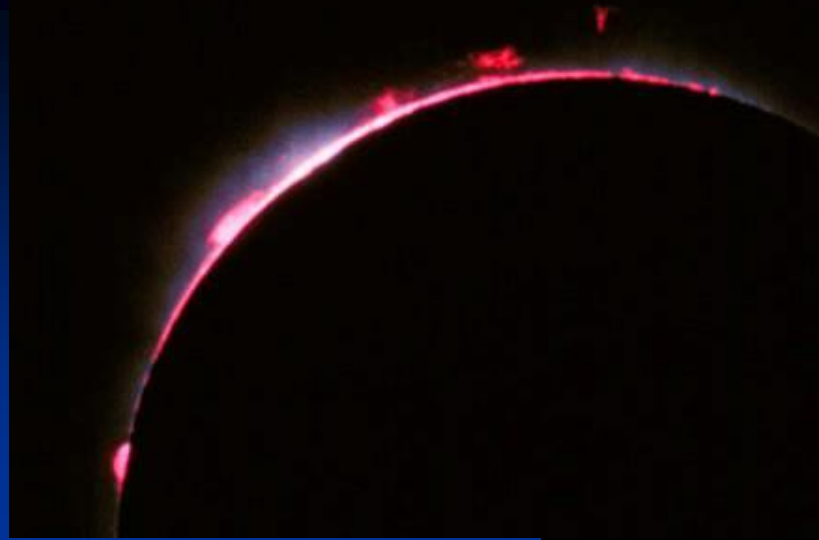
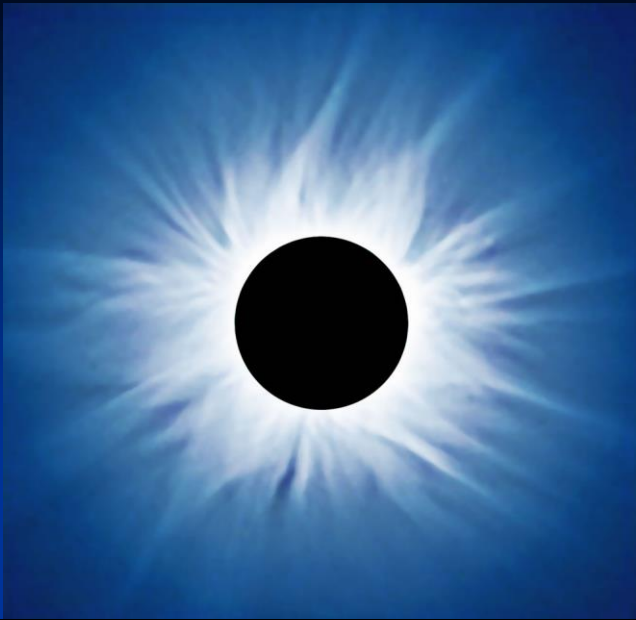




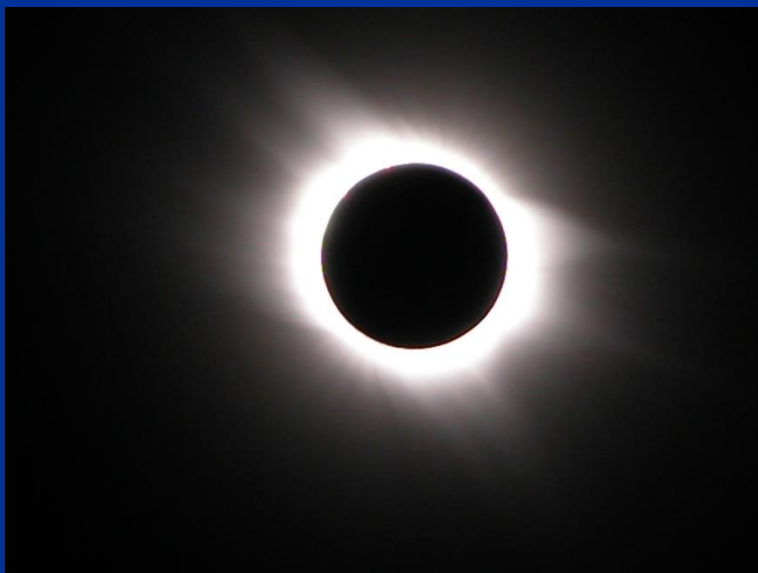
Atividade 6: Eclipses do Sol

- Os eclipses solares apenas são visíveis numa pequena região da Terra.





...para nos emocionar!



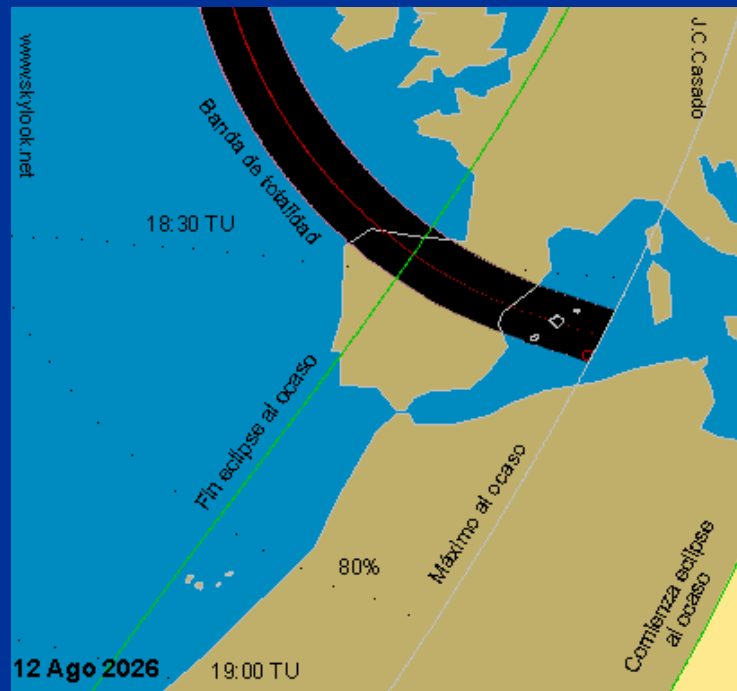
Observações...

- Somente ocorre:
um **eclipse lunar** quando é fase de **Lua Cheia**
e um **eclipse solar** quando é fase de **Lua Nova**.
- Um eclipse solar só se vê numa faixa reduzida da Terra.
- É muito difícil que a Terra e a Lua estejam “bem alinhadas” para que se produza um eclipse cada vez que seja fase de Lua Nova ou fase de Lua Cheia.



Para terminar... como exemplo...

- Próximo eclipse total do Sol em Espanha: 12 agosto de 2026 (o último ocorreu em 2004 num região diferente).







- Em cada ano ocorrem 0 ou 3 eclipses lunares.



Distâncias e diâmetros num outro pequeno modelo

(para visualizar e compreender melhor as distâncias ao Sol)

Diâmetro da Terra	12 800 km		2,1 cm
Diâmetro da Lua	3 500 km		0,6 cm
Distância Terra-Lua	384 000 km		60 cm
Diâmetro do Sol	1 400 000 km		220 cm
Distância Terra-Sol	150 000 000 km		235 m

Pintando o Sol



Atividade 7: Observando o Sol da Terra, com a Lua próxima, a eclipsá-lo



Se todos os meses há uma Lua Nova e
uma Lua Cheia...

Porque é que não há eclipses solares e
eclipses lunares todos os meses?



Porque ...

O plano do movimento da Terra em torno do Sol não coincide com o plano do movimento da Lua em torno da Terra.



Os planos fazem um ângulo de 5° entre si e os diâmetros angulares do Sol e da Lua são de apenas $0,5^\circ$.

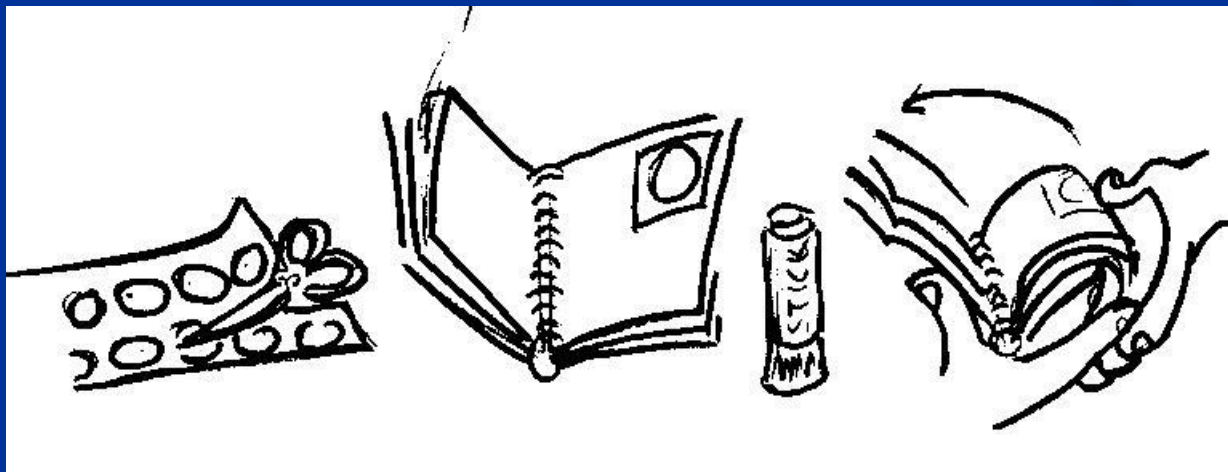


Os eclipses apenas podem acontecer se o Sol e a Lua estiverem perto da linha de interseção dos dois planos.



Atividade 8: “Cinema de Dedo” simulador de eclipses

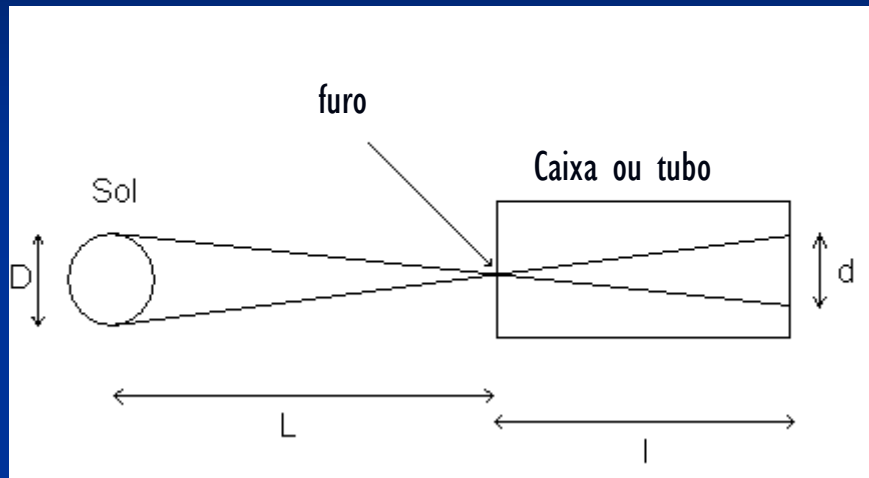
1. Recortar e numerar as fotografias.
2. Colar cada foto num caderno de argolas, por ordem.
3. Passar as páginas rapidamente para obter o simulador.



Atividade 9: Determinação do diâmetro solar por câmara escura, observação e medições



Atividade 9: Determinação do diâmetro do Sol



podemos estabelecer a proporção e calcular o diâmetro do Sol

$L = 150\,000\,000$ km distância Terra-Sol,

$l =$ comprimento do tubo,

$d =$ diâmetro do Sol sobre papel semitransparente

$$\frac{D}{L} = \frac{d}{l}$$

$$D = \frac{dL}{l}$$

Atividade 10: Experiência de Aristarco 310-230 a.C.

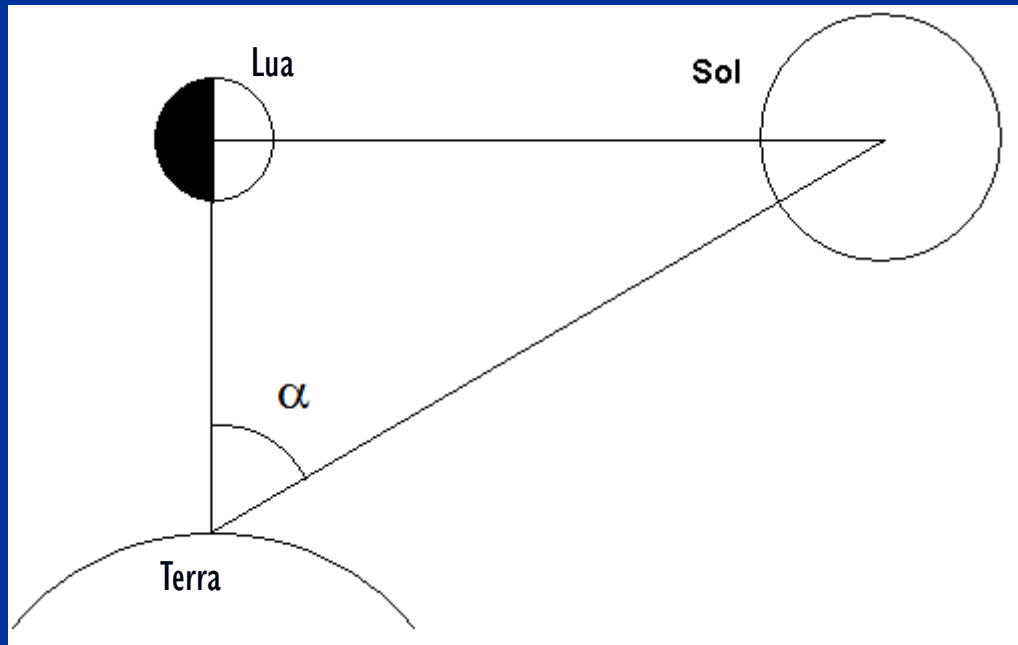
- Estabeleceu relações entre as distâncias Terra-Lua-Sol e os seus diâmetros (mas não conseguiu determinar nenhum valor exato). Houve que esperar por Eratóstenes.
 - 1) Distâncias Terra-Lua e Terra-Sol.
 - 2) Raio da Lua e do Sol.
 - 3) Distância Terra-Lua e raio da Lua ou distância Terra-Sol e raio do Sol.
 - 4) Cone da sombra terrestre e raio da Lua.
 - 5) Relacionar tudo.



1) Distâncias Terra-Lua e Terra-Sol

■ $\cos \alpha = TL / TS$ portanto

$$TS = TL / \cos \alpha$$



1) Distâncias Terra-Lua e Terra-Sol

- Aristarco $\alpha = 87^\circ$
resulta que $TS = 19 TL$
- Atualmente $\alpha = 89^\circ 51'$
portanto **$TS = 400 TL$**



2) Raio da Lua e do Sol

- Observando a partir da Terra, os diâmetros da Lua e do Sol possuem o mesmo valor: $0,5^\circ$.

Portanto,

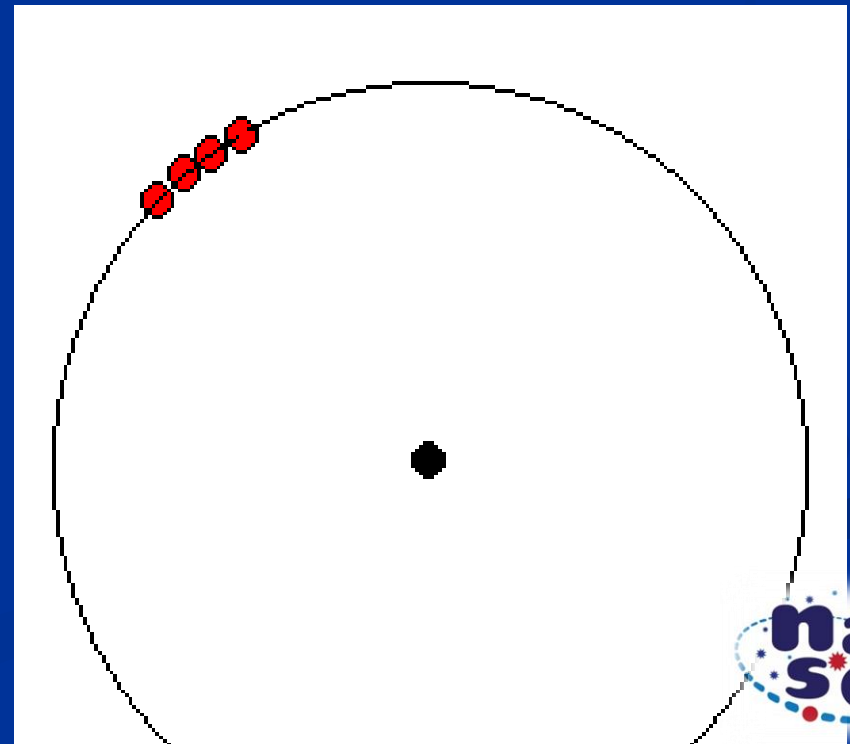
verifica-se que

$$R_s = 400 R_L$$



3) Distância Terra-Lua e raio da Lua

- Diâmetro da Lua observado a partir da Terra: $0,5^\circ$.
- 720 vezes este diâmetro perfaz a trajetória **circular** da Lua.
- $2 R_L 720 = 2 \pi TL$
- $TL = 720 R_L / \pi$

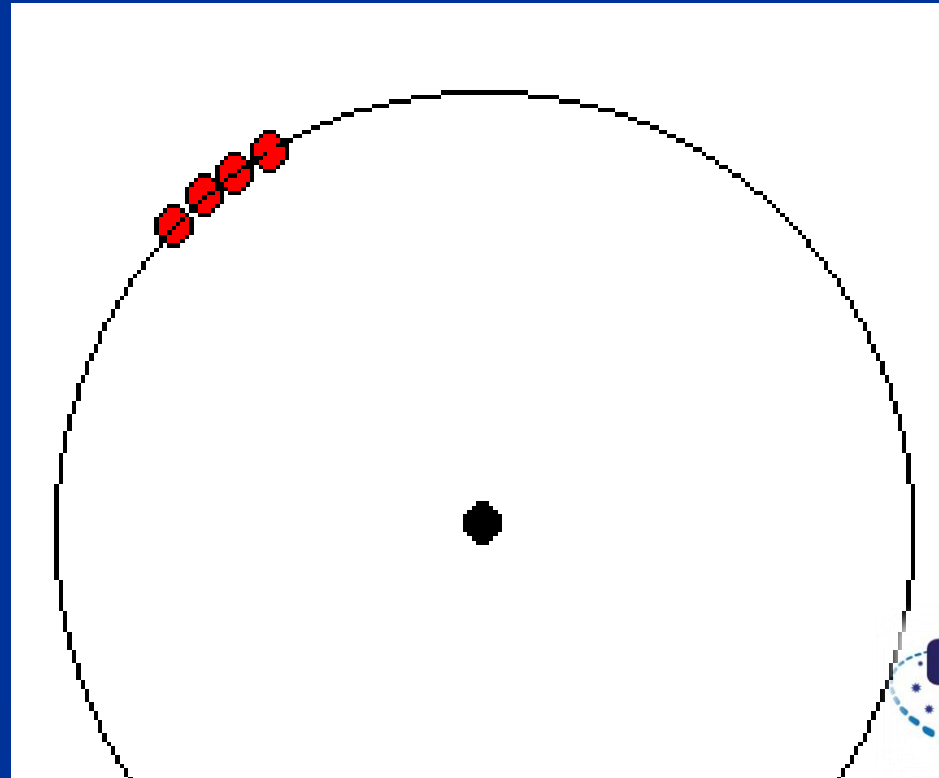


3) Distância Terra-Sol e raio do Sol

- Analogamente

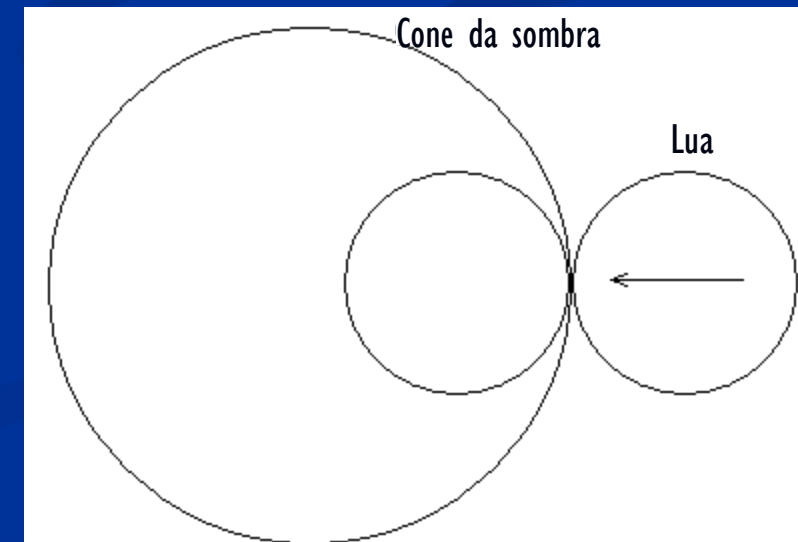
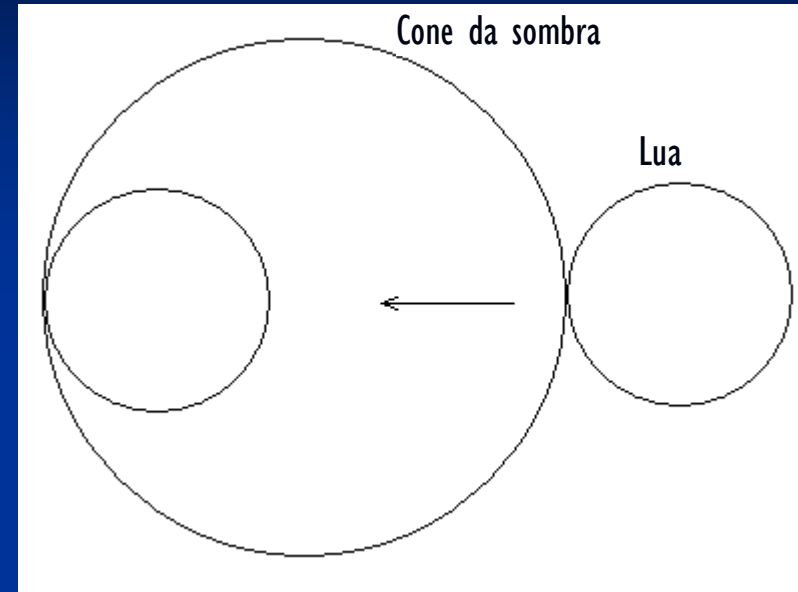
- $TS = 720 R_s / \pi$

Aristarco
1º modelo
heliocêntrico



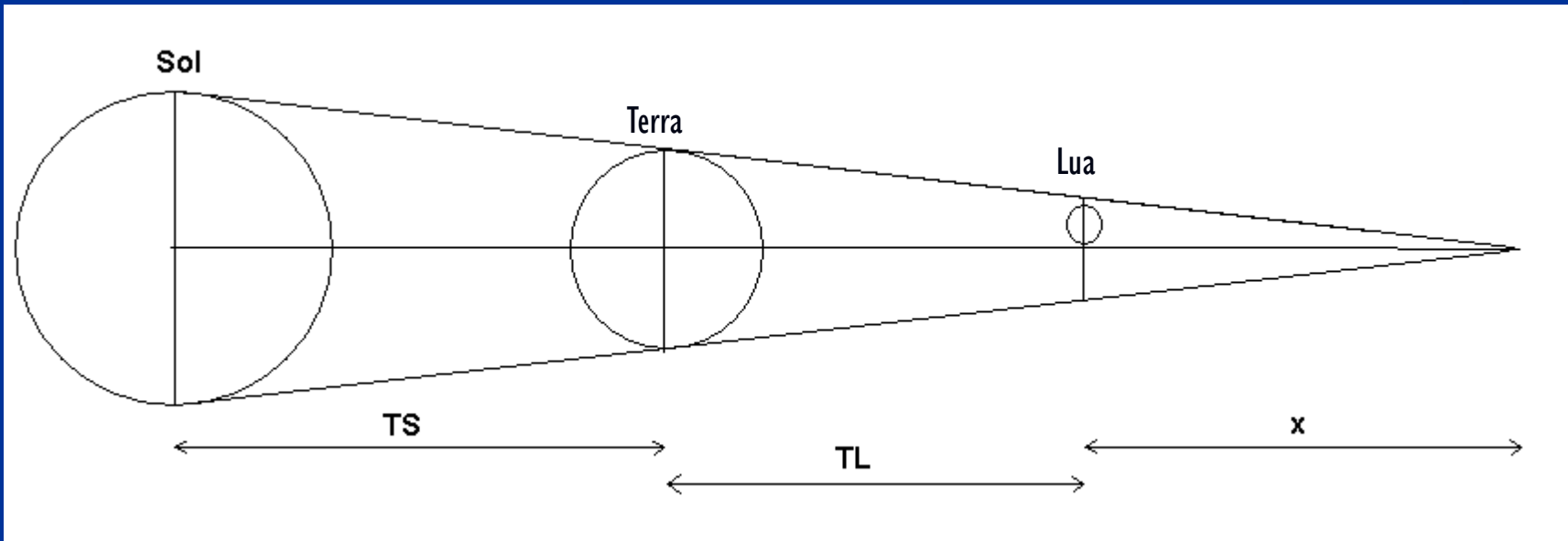
4) Cone da sombra da Terra e raio da Lua

- Num eclipse da Lua, Aristarco observou que o tempo que a Lua levava a atravessar o cone da sombra da Terra era o dobro de tempo necessário para que a superfície da Lua ficasse coberta (isto é, numa proporção 2:1).
- Na realidade é **2,6 : 1**



5) Relacionando tudo

$$\frac{x+TL+TS}{R_S} = \frac{x+TL}{R_T} = \frac{x}{2,6 R_L}$$



Resolvendo o sistema em função do raio terrestre, vem que:

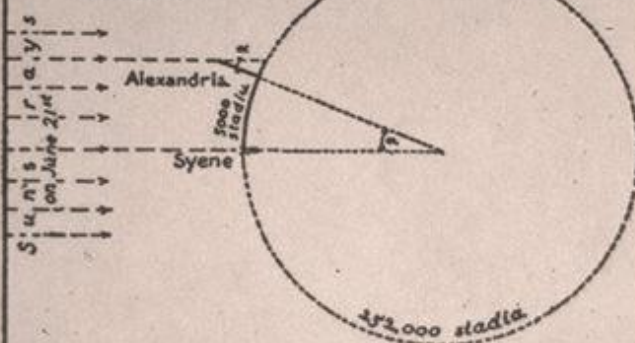
- $R_L = (401 / 1\,440) R_T$
 - $TL = (401 / (2\pi)) R_T$
 - $R_S = (2\,005 / 18) R_T$
 - $TS = (80\,200 / \pi) R_T$
-
- **Considerando $R_T = 6\,645$ km, resulta que**
 - $R_L = 1\,850$ km (real 1\,738 km)
 - $TL = 424\,000$ km (real 384\,000 km)
 - $R_S = 740\,000$ km (real 696\,000 km)
 - $TS = 169\,600\,000$ km (real 149\,680\,000 km)



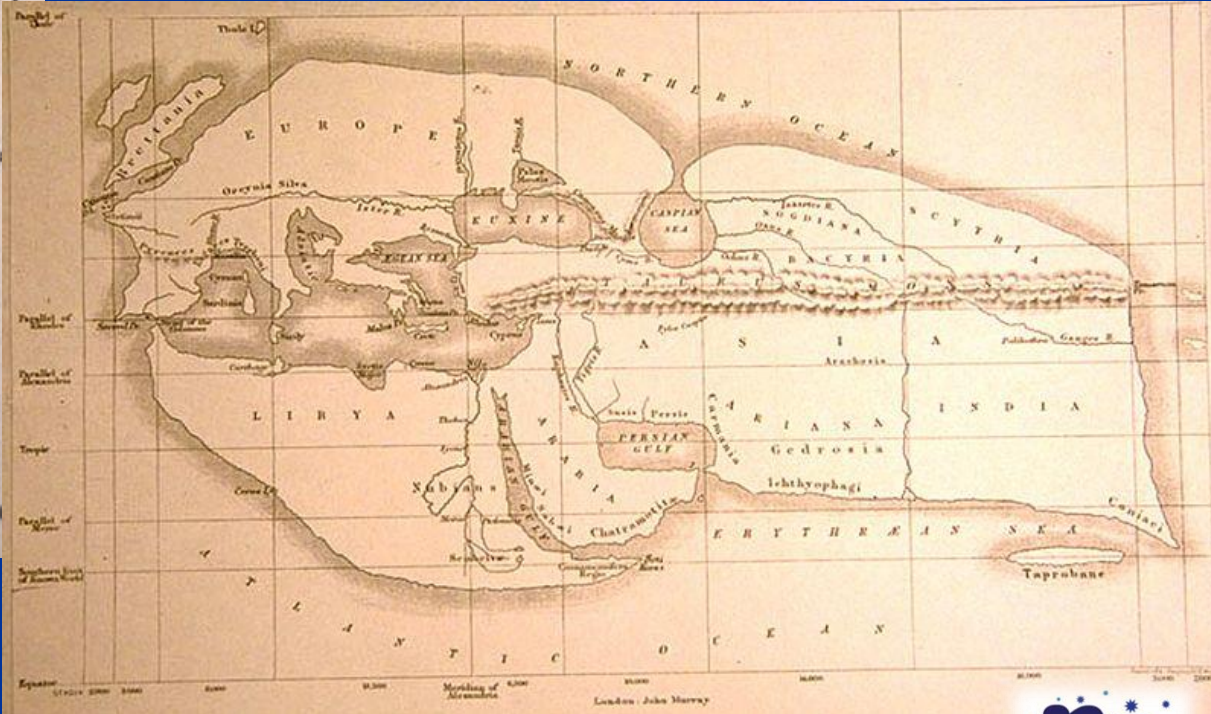
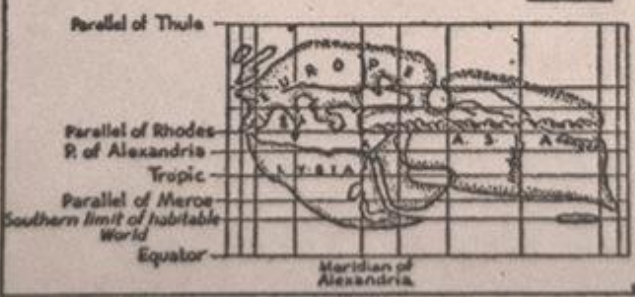
Atividade 11: Experiência de Eratóstenes

280-192 a.C.

SIZE OF THE EARTH AS MEASURED BY ERATOSTHENES (276-195 B.C.)



THE PARALLELS AND MERIDIANS OF ERATOSTHENES



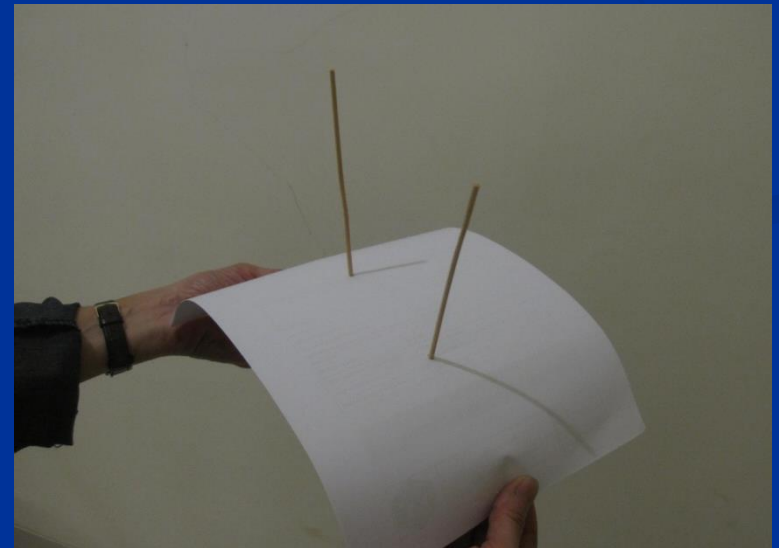
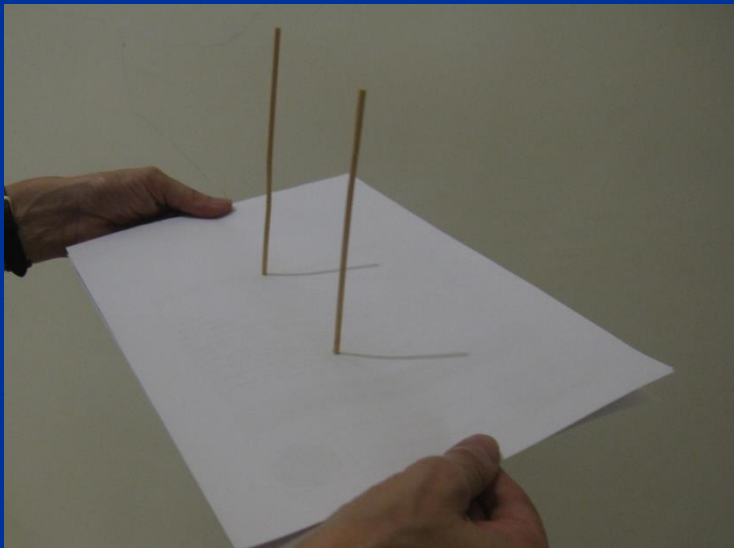
Atividade 11: Eratóstenes de novo

- Duas cidades sobre o mesmo meridiano.
- Observações simultâneas.



Sombras diferentes...

- Então... a Terra é uma esfera!



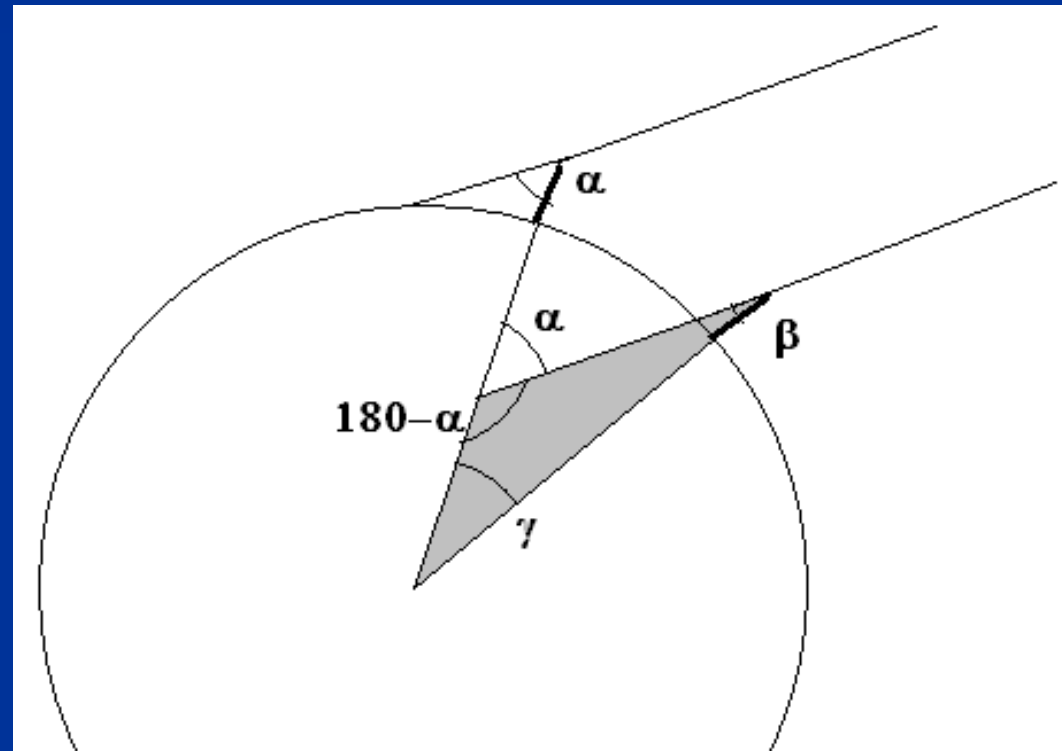
- $\pi = \pi - \alpha + \beta + \gamma$

- pelo que $\gamma = \alpha - \beta$

- donde se determina α e β

Atividade 11:

Eratóstenes de novo



Atividade 11: Eratóstenes de novo

- Medindo o comprimento do prumo (ou da vara) e da sua sombra.



$$\alpha = \arctan (\text{prumo}) / (\text{sombra})$$

Atividade 11: Eratóstenes de novo

- por proporção

$$2\pi R_T / 2\pi = d / \gamma$$

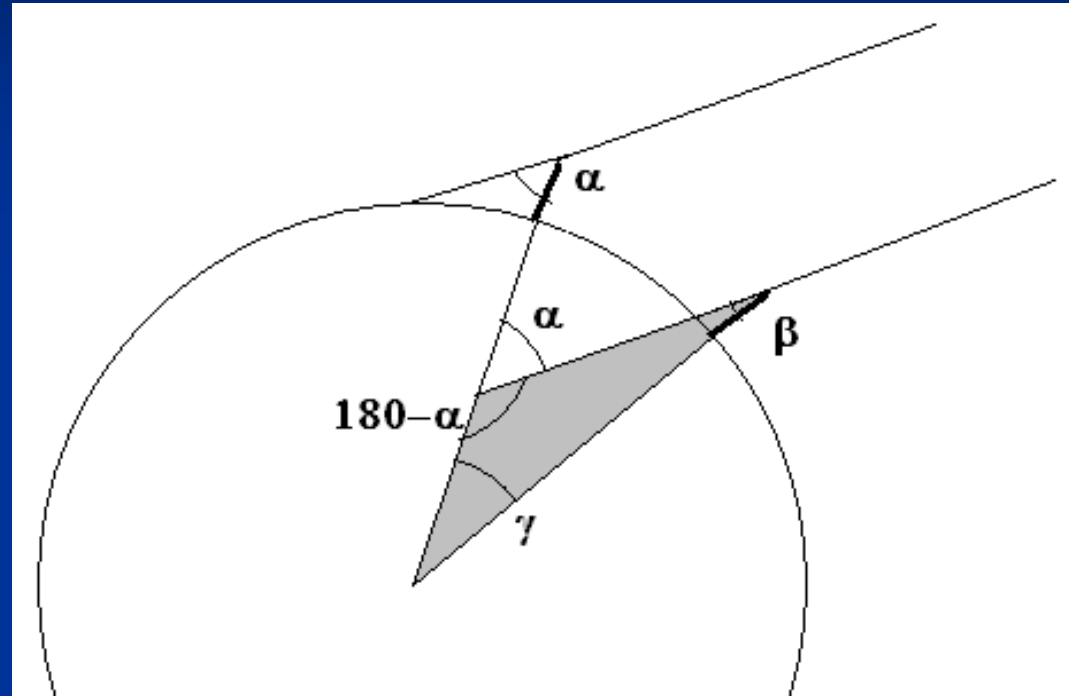
- determina-se

$$R_T = d / \gamma$$

- Conhecendo γ

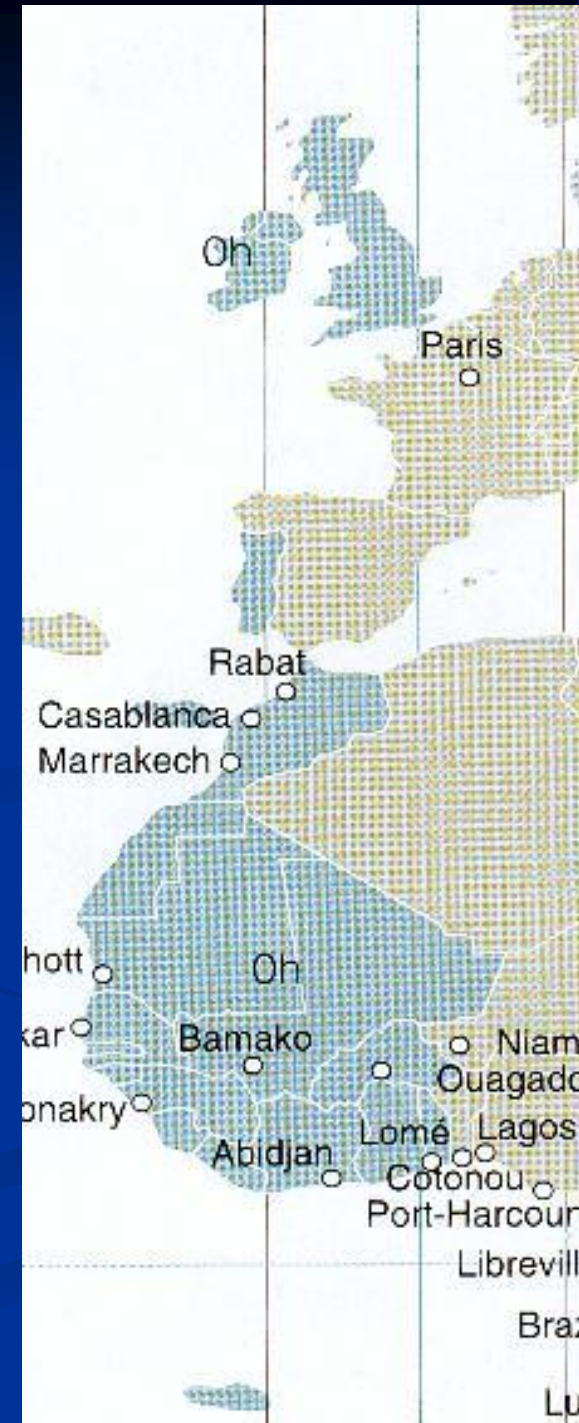
$$\gamma = \alpha - \beta$$

- d é a distância entre as cidades (mapa do exército)



Resultados obtidos com o método de Eratóstenes

- Ripoll - Barcelona
- $\alpha = 0,5194$ radianos
- $\beta = 0,5059$ radianos
- $\gamma = 0,0135$ radianos
- $d = 89,4$ km
- $R_T = 6\,600$ km (real $6\,378$ km)



Conclusões

- Compreenderam-se o que são eclipses.
- Estabeleceram-se relações de tamanhos para o sistema Terra-Lua-Sol.
- Comprovou-se que observando e trabalhando os dados recolhidos se pode conhecer muito mais sobre o Universo.



Muito obrigado
pela sua atenção!

