

# Horizonte local e relógios de Sol

Rosa M. Ros

*União Astronómica Internacional*  
*Universidade Politécnica da Catalunha, Espanha*



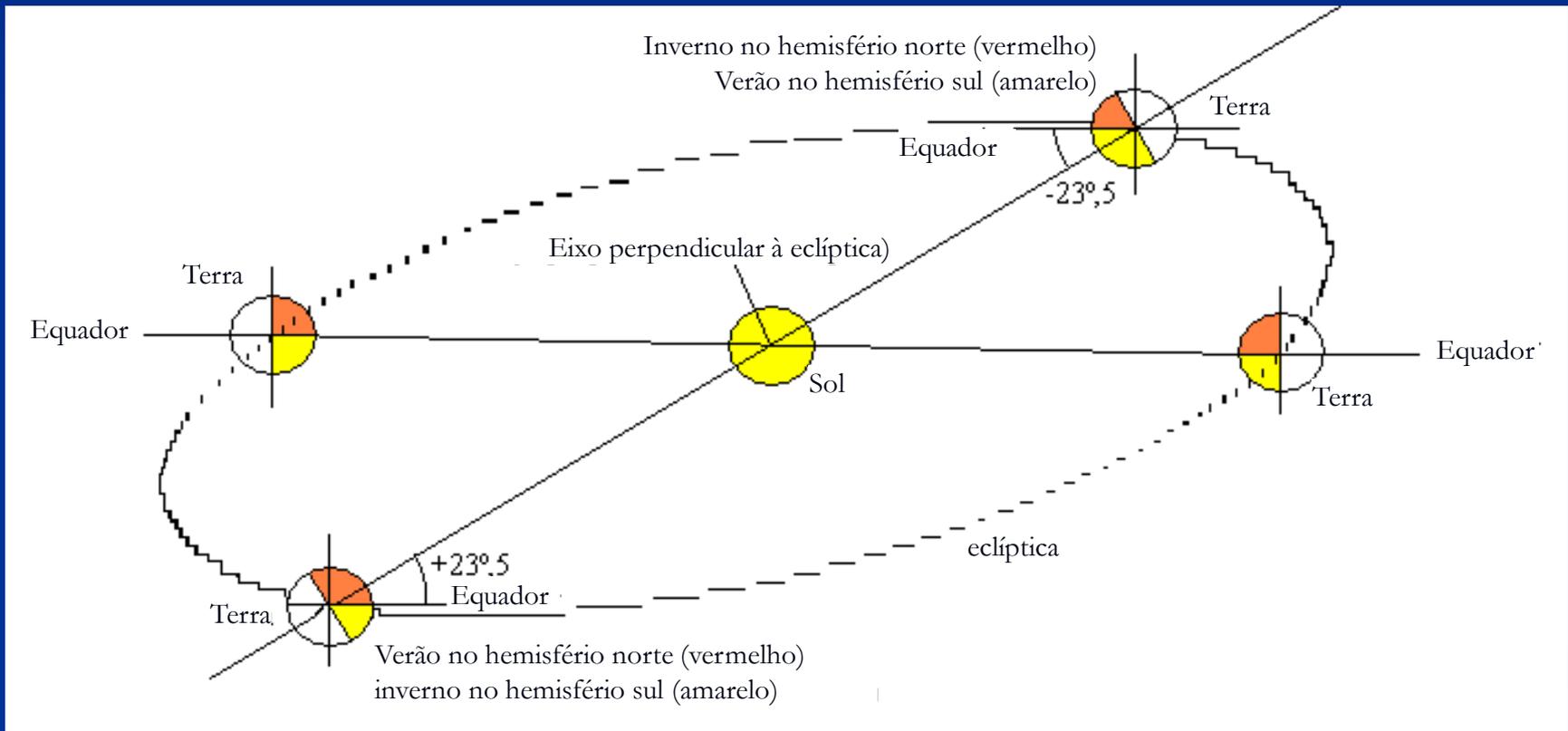
# Objetivos

- Compreender o movimento diurno do Sol.
- Compreender o movimento anual do Sol.
- Compreender o movimento da abóbada celeste.
- Compreender a construção de um relógio de Sol.



# A Terra roda e move-se

movimento de rotação (dia e noite)  
movimento de translação (estações do ano)



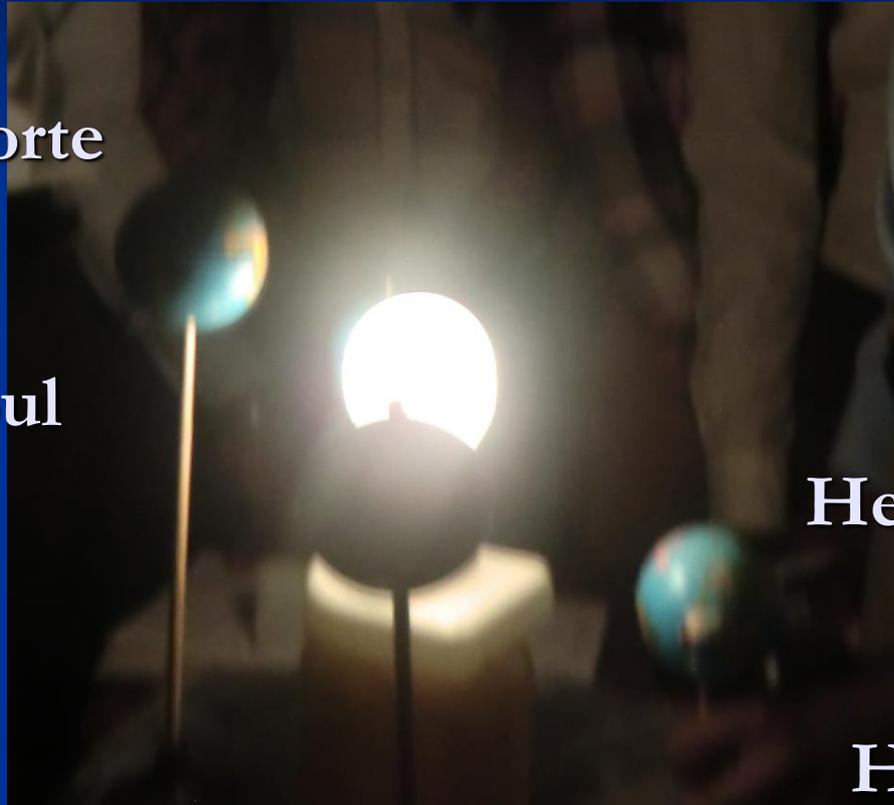
# Atividade 1: 4 globos terrestres com o Sol (lâmpada) no meio

A linha desde o centro do Sol até ao centro da Terra forma  $23,5^\circ$  com o solo (que representa o plano do equador).



Inverno no  
Hemisfério Norte

Verão no  
Hemisfério Sul

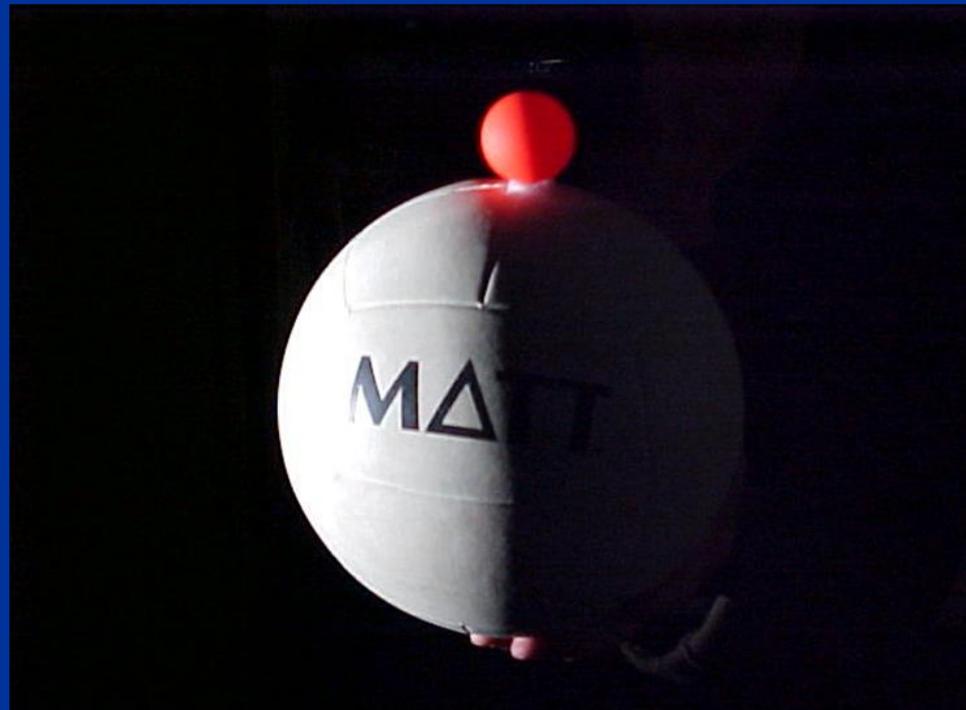


Verão no  
Hemisfério Norte

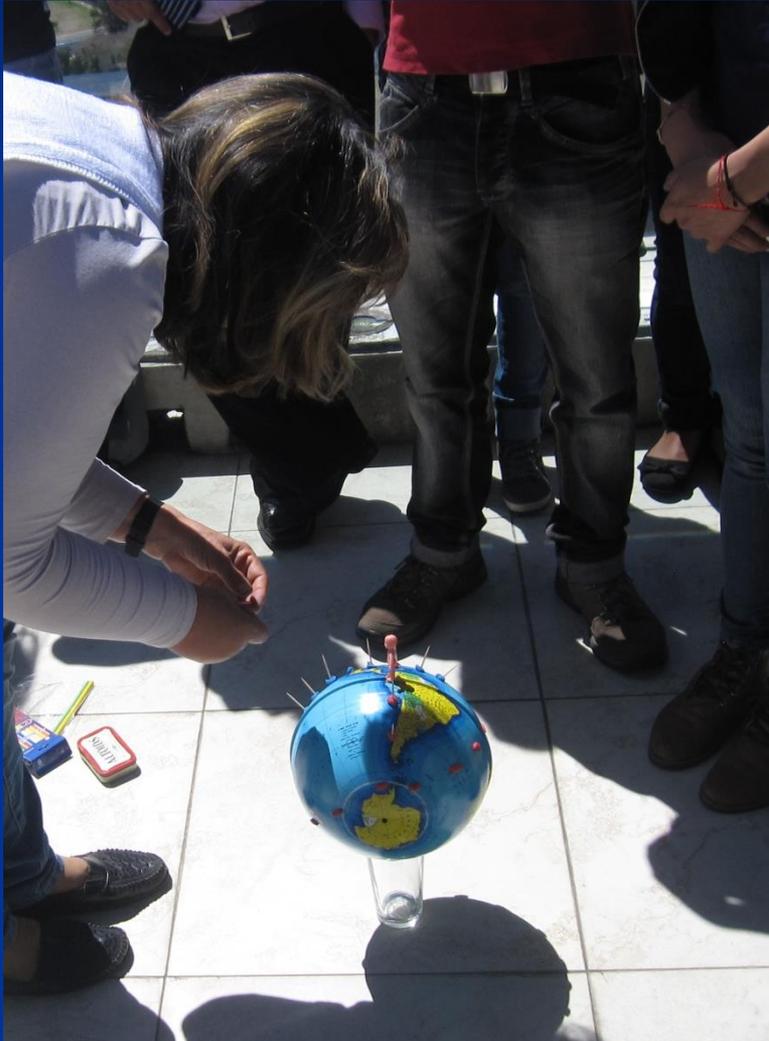
Inverno no  
Hemisfério Sul

## Atividade 2: Terra paralela

Um foco de luz ilumina duas esferas da mesma forma e produz igual área de luz e sombra.



## Atividade 2: Terra paralela



- O globo deve ser retirado do seu suporte e colocado sobre um copo.
- O eixo terrestre deve ser alinhado com uma bússola.
- O local onde o observado se encontra deve ser assinalado.

# Atividade 2: Terra paralela

Colocamos:

- Um boneco a marcar a nossa posição.
- Pedacos de plasticina ao longo da linha luz/sombra (ao longo do tempo)
- Palitos para estudar a sua sombra.



## Atividade 2: Terra paralela

- O Polo Norte está no lado iluminado portanto é verão no hemisfério norte (Sol da meia noite).
- O Polo Sul está na sombra indicando que é inverno no hemisfério sul.



## Atividade 2: Terra paralela

- O Polo Norte está na sombra portanto é inverno no hemisfério norte.
- O Polo Sul está iluminado e por isso é verão no hemisfério sul.



## Atividade 2: Terra paralela

A linha luz/sombra passa pelos dois polos, o que quer dizer que é o primeiro dia de primavera ou o primeiro dia de outono.



# Atividade 2: Terra paralela

Verão no  
hemisfério norte



Inverno no  
hemisfério sul

Inverno no  
hemisfério norte



Verão no  
hemisfério sul

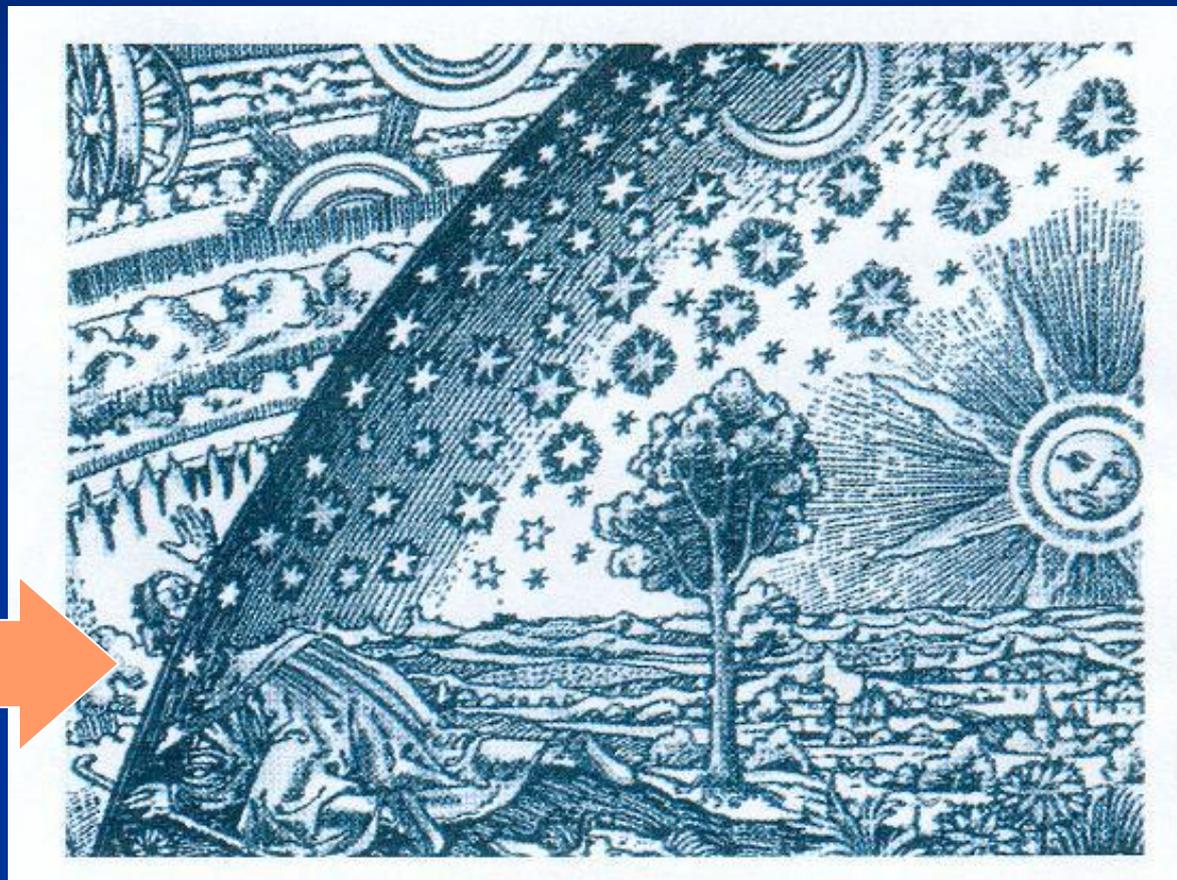
Equinócio no  
hemisfério norte



Equinócio no  
hemisfério sul

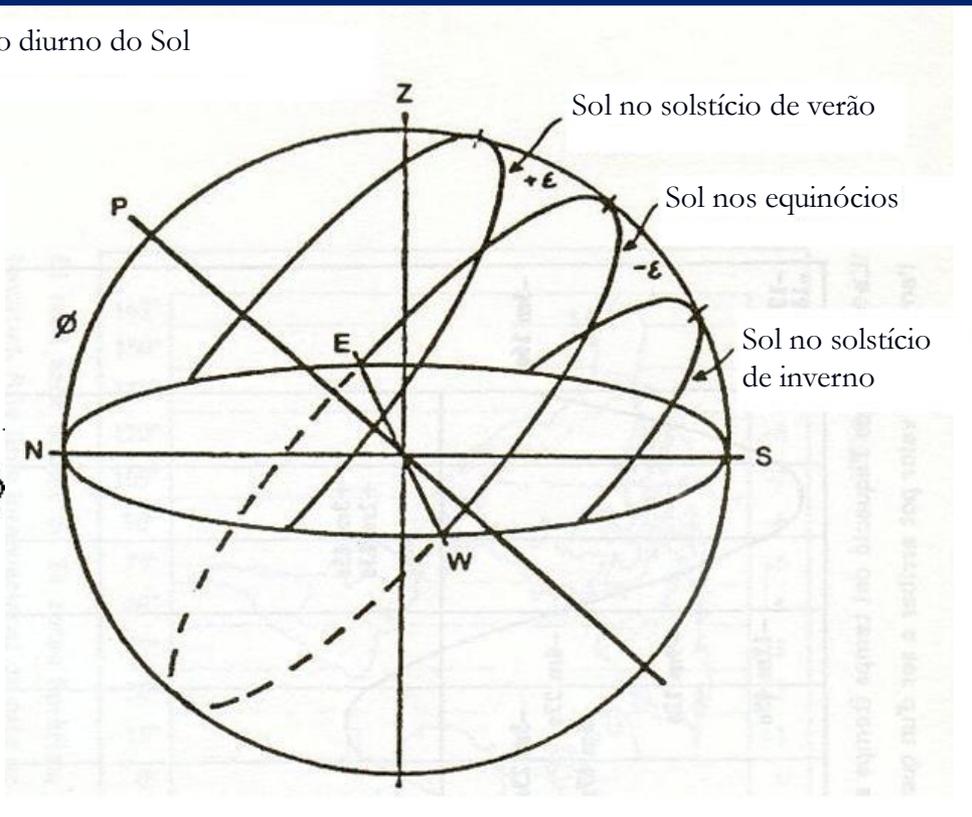
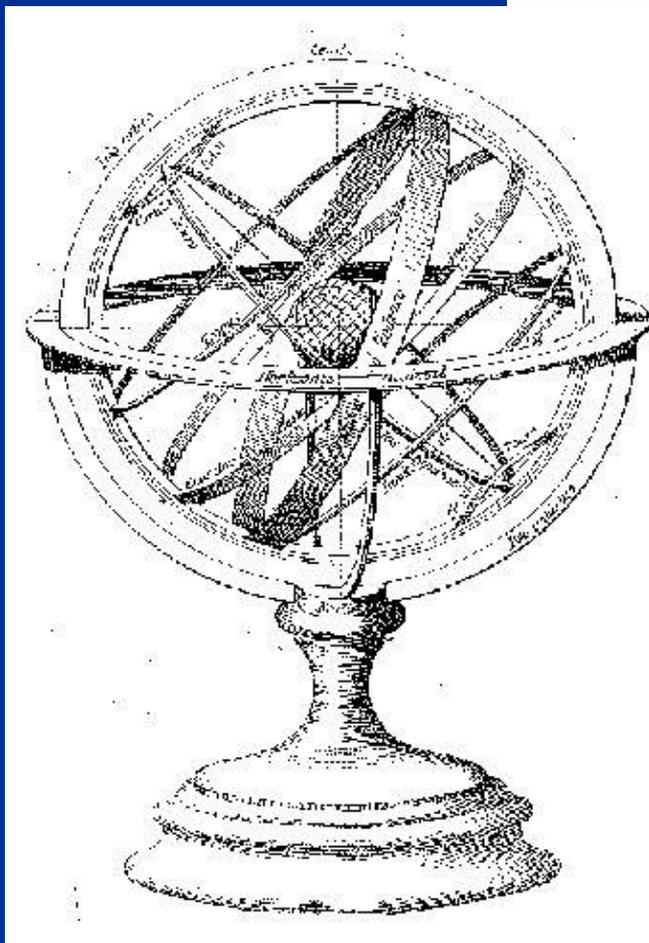
# Movimentos de Rotação e Translação de dia e de noite

- Não é a mesma visão:  
de dentro e  
de fora

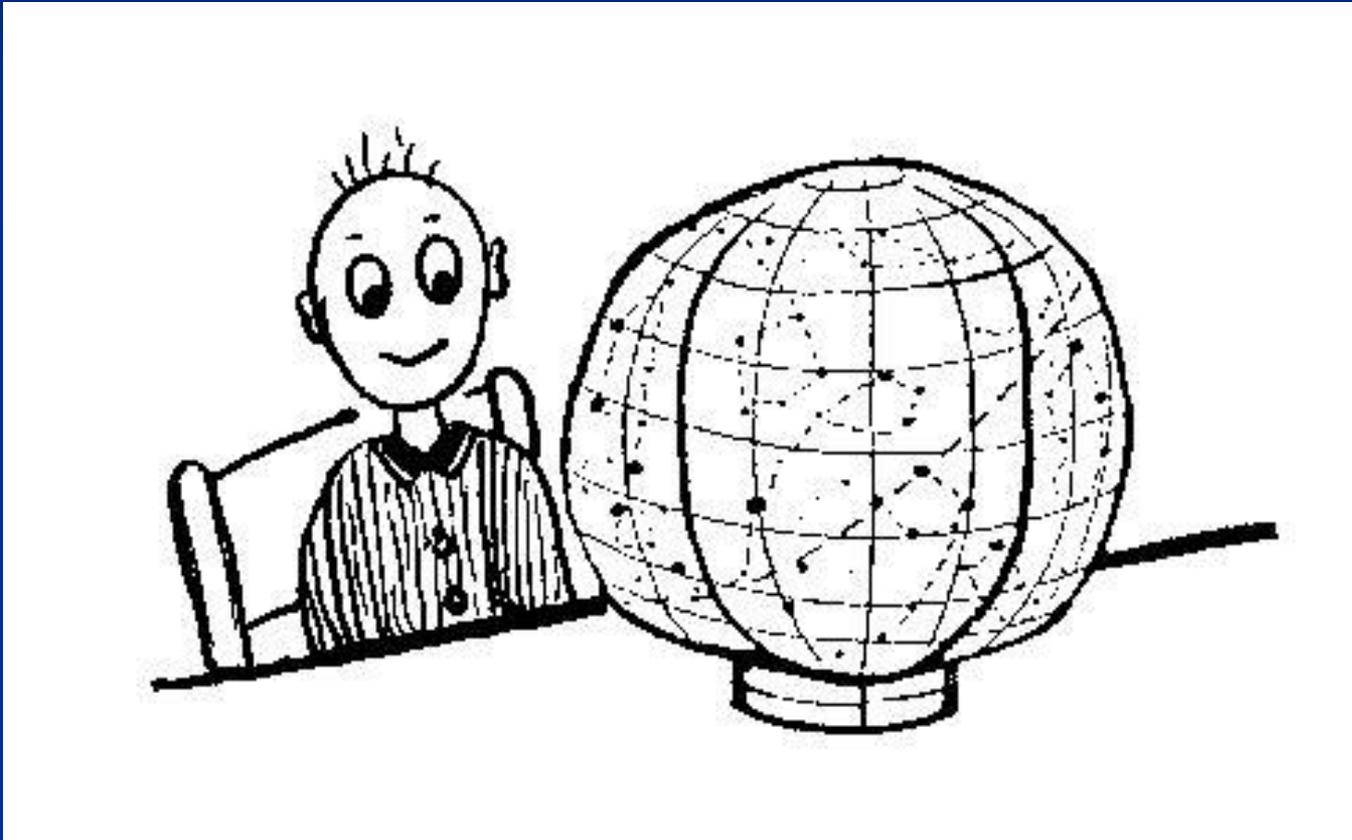


# Esfera celeste “de fora”

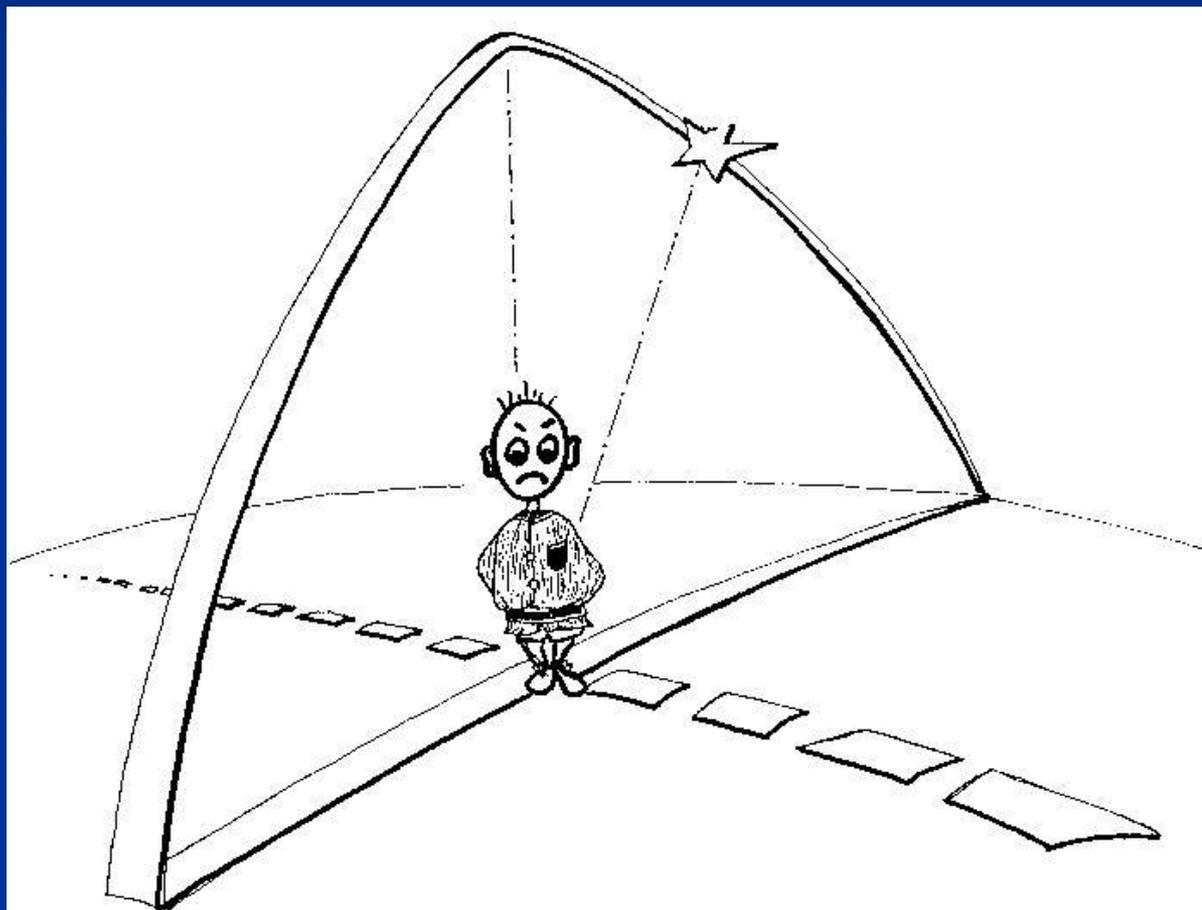
Movimento diurno do Sol



...parece-nos que está tudo controlado



mas ao sair da aula, ...está descontrolado



# Todas as escolas têm um “Laboratório de Astronomia” gratuito

- ...um pátio ou terraço;
- ...um céu por cima das suas cabeças, com estrelas, planetas e outros astros;
- ...dias e noites mais claros ou mais escuros.

**DEVEM USÁ-LO !**



**Atividade 3: Vamos  
construir um modelo  
do horizonte visível  
da nossa escola**



# Começamos por fotografar o lugar de observação

- Horizonte local.

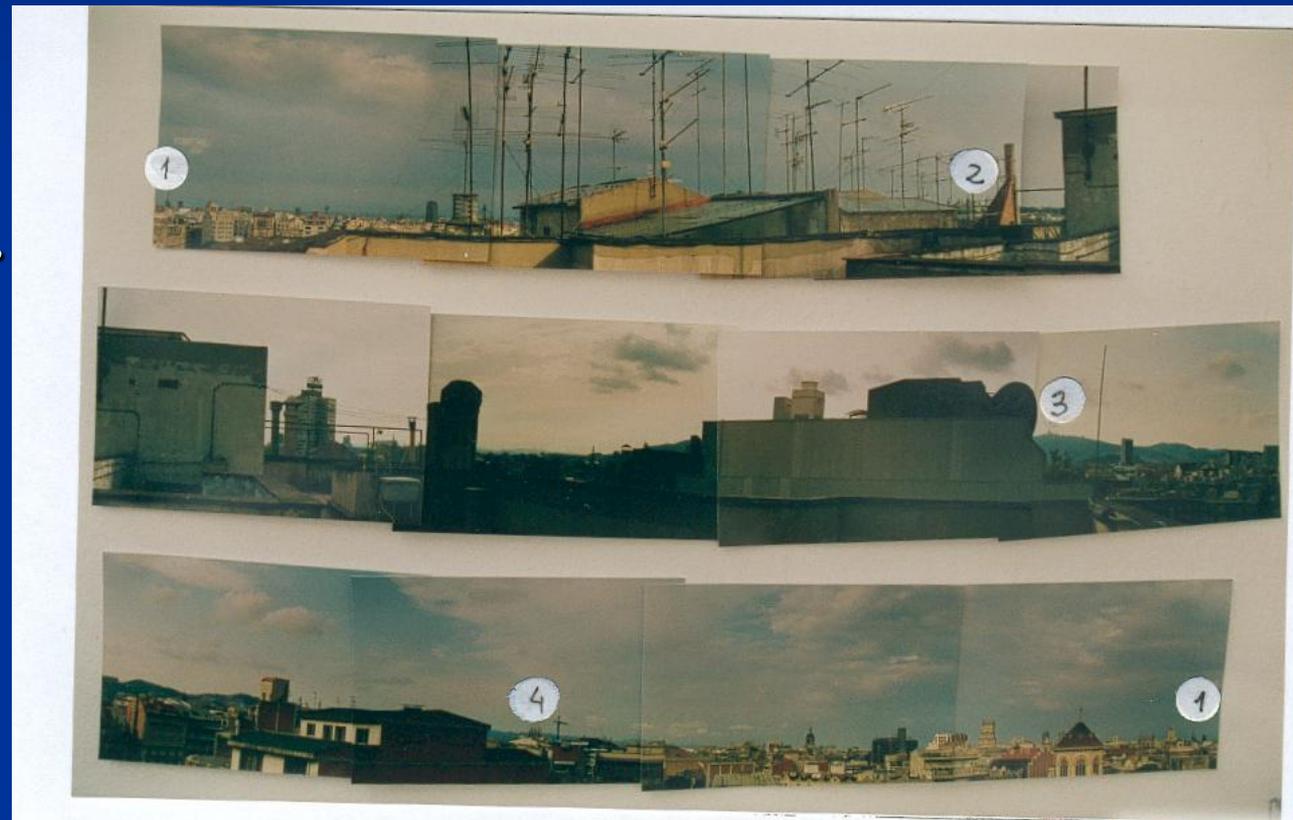


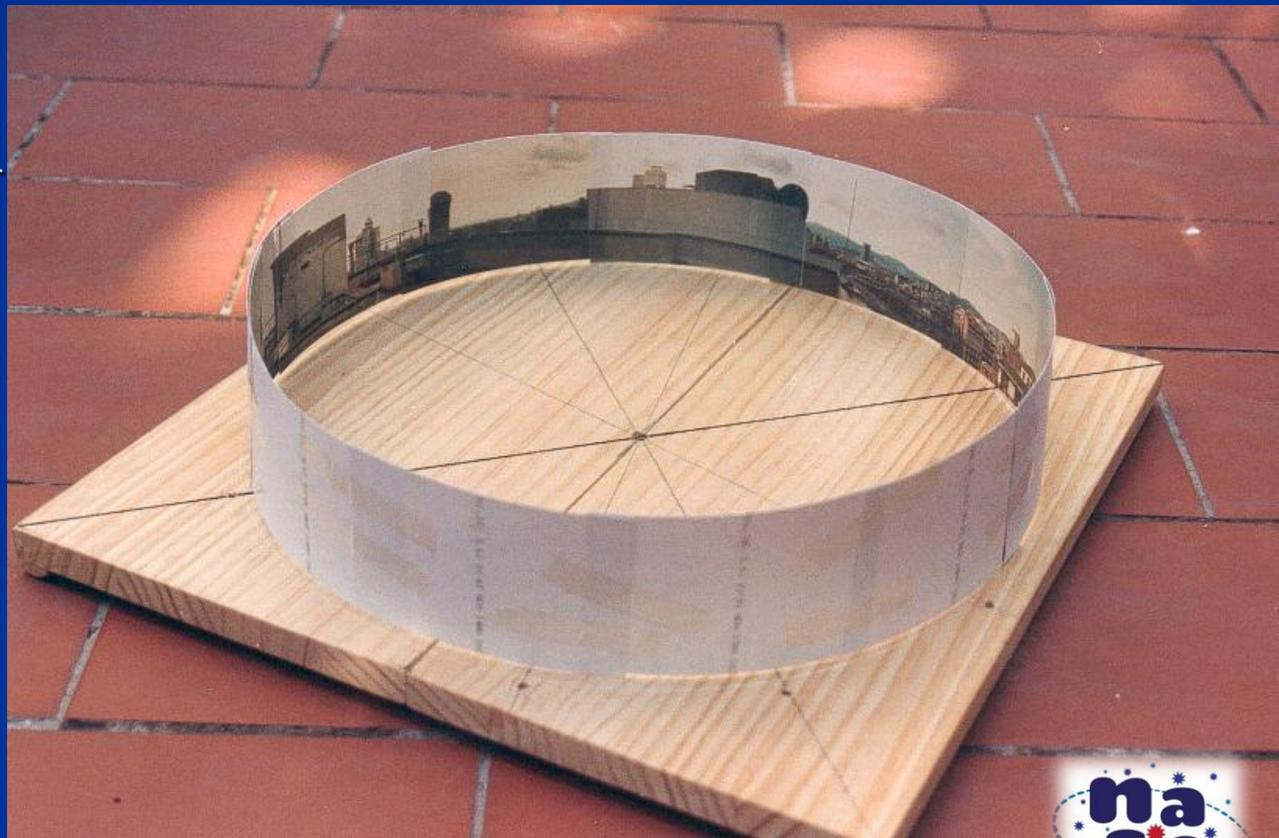
Figure 1: Zona del horizonte fotografiada en Barcelona.

1 Catedral, 2 Montjuic, 3 Tibidabo,  
4 Sagrada Familia, 1 Catedral.



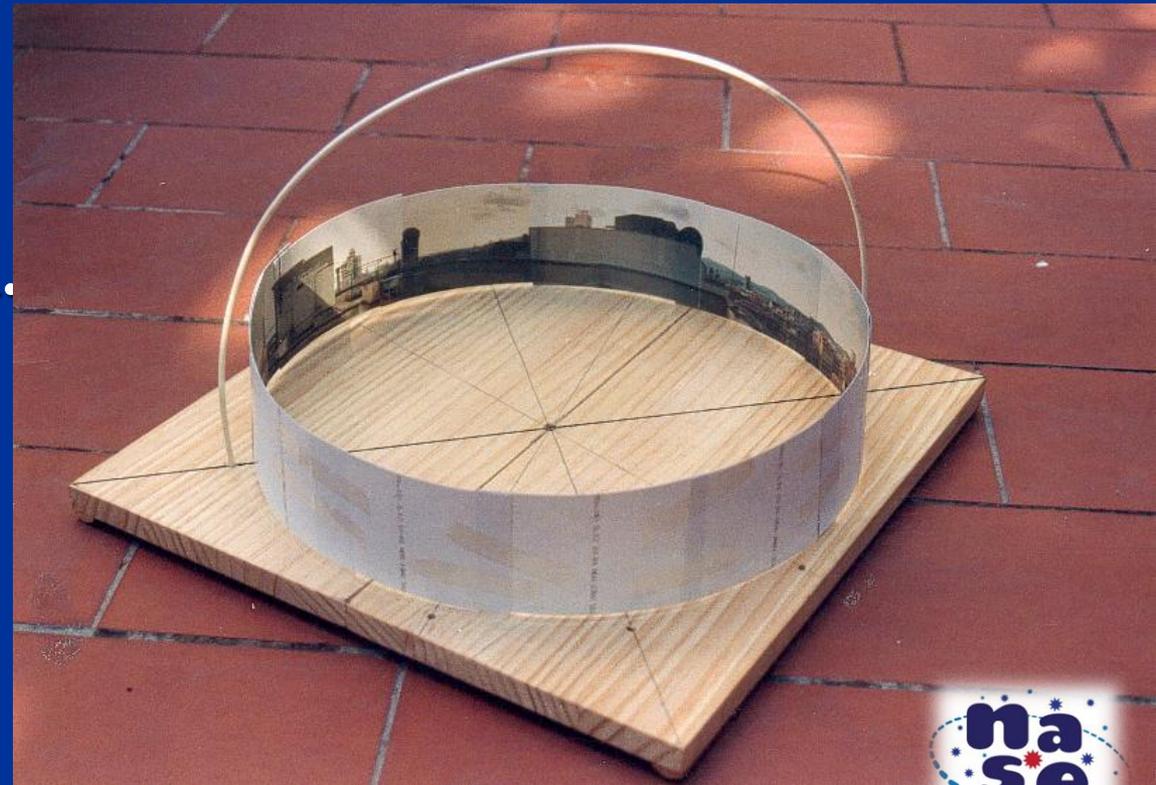
# Vamos colocar uma tira de fotos sobre um suporte

- Horizonte local



...há que orientar e relacionar o horizonte fotografado com o horizonte real

- A direção N-S e o meridiano local.

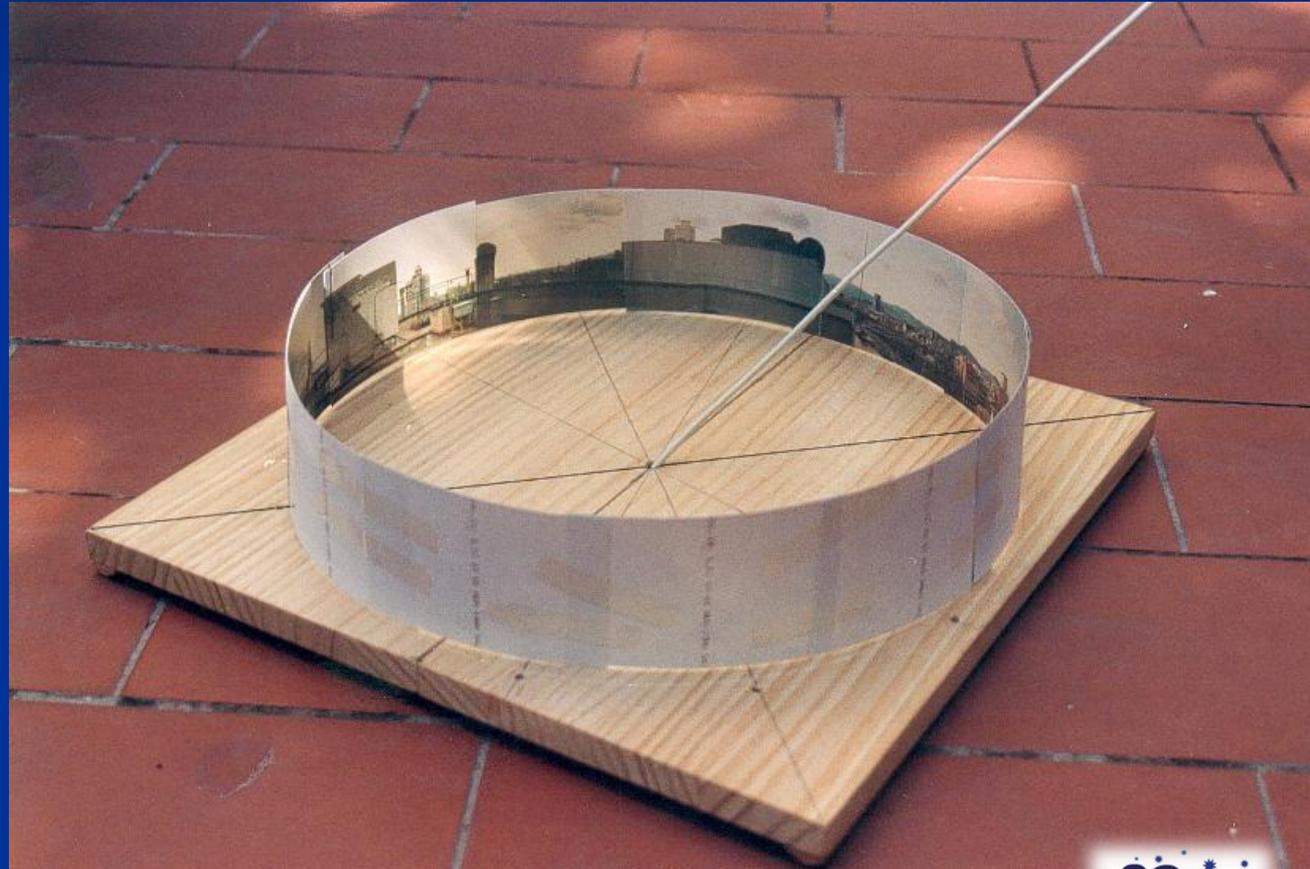


Para orientar o modelo usamos a direção de uma bússola (pólo norte acima do horizonte)

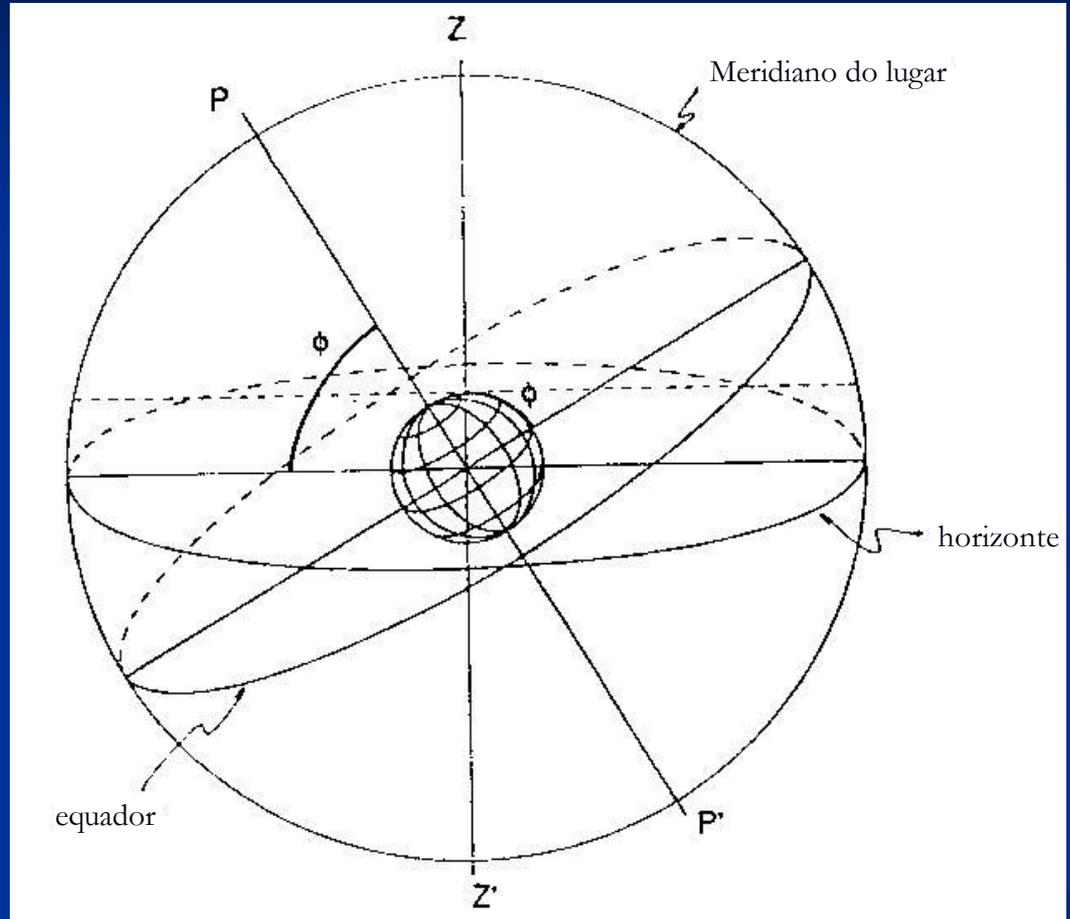


# Vamos introduzir a rotação

- Eixo norte-sul.

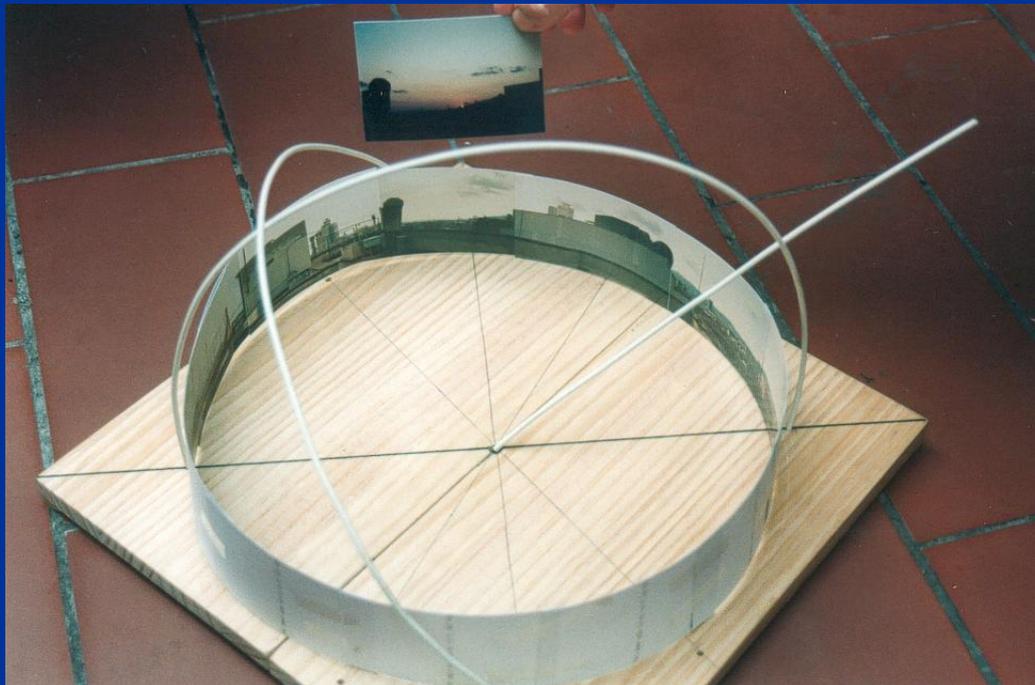


A latitude  
coincide  
com  
a altura  
do polo norte



# Introduzimos a trajetória do Sol no primeiro dia de primavera ou de outono

- Usaremos fotos do nascer ou do pôr do Sol



# Movimento de rotação: inclinação do equador/paralelo celeste

- de dia

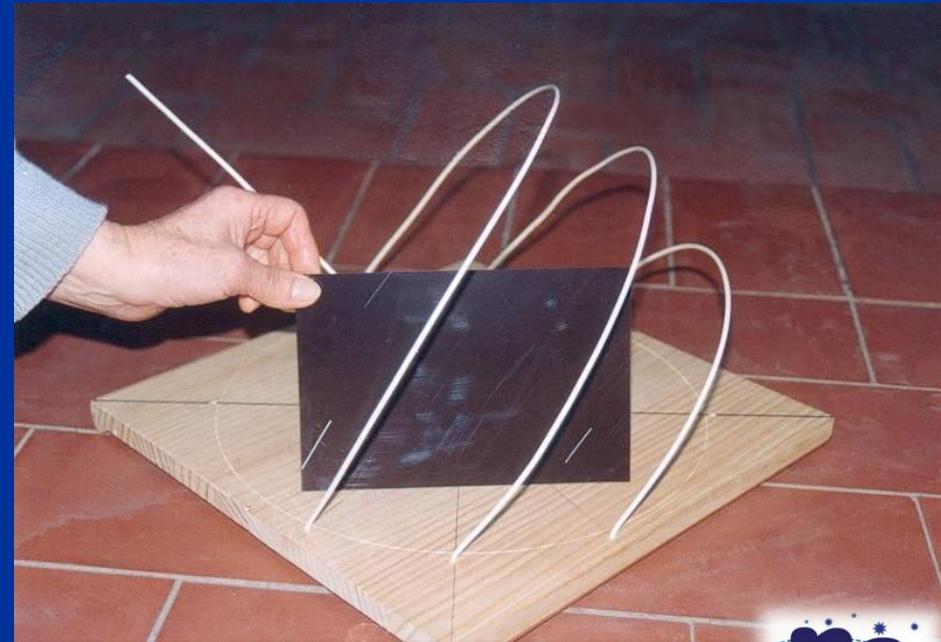
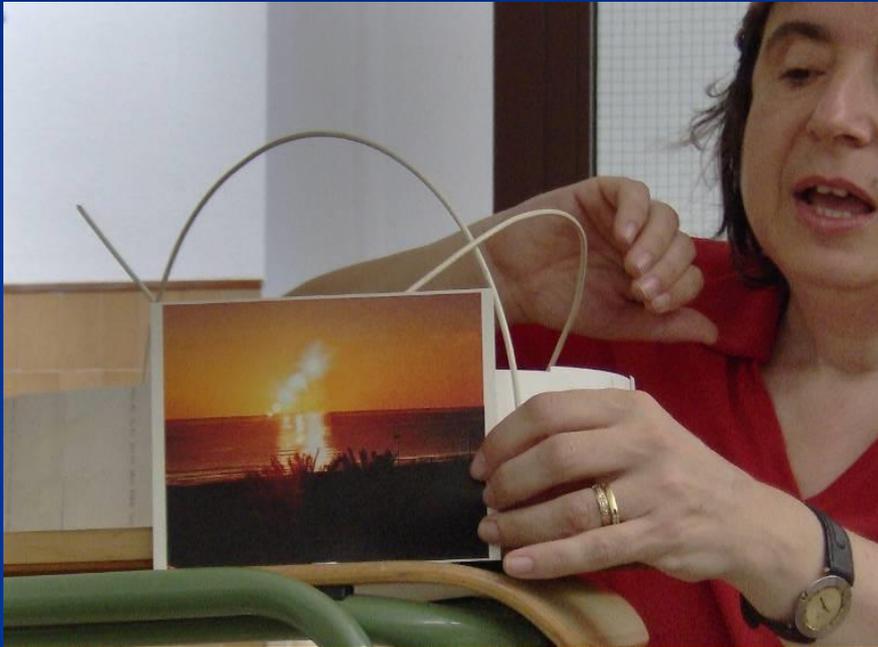


# Movimento de rotação: inclinação do equador/paralelo celeste

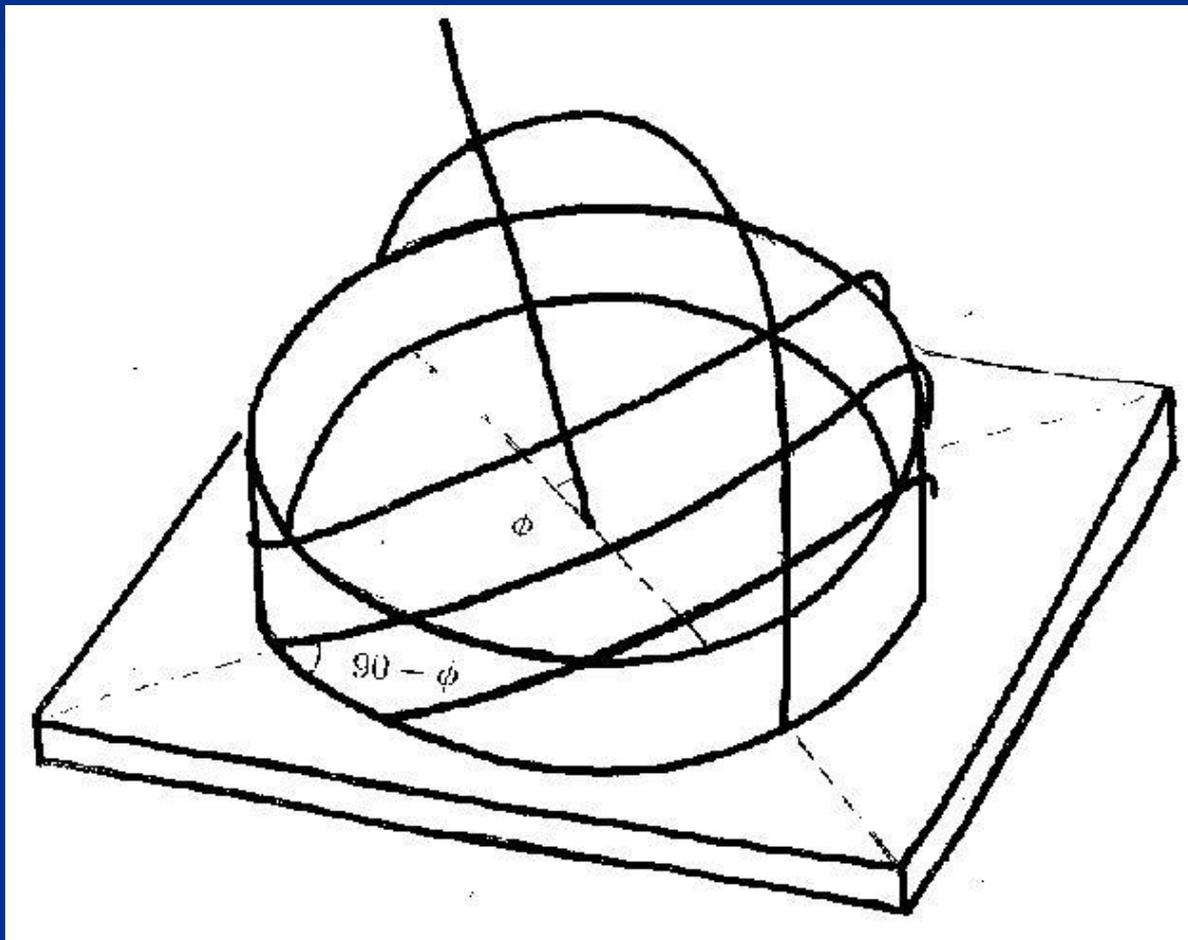
- de noite



# Movimento de rotação no modelo

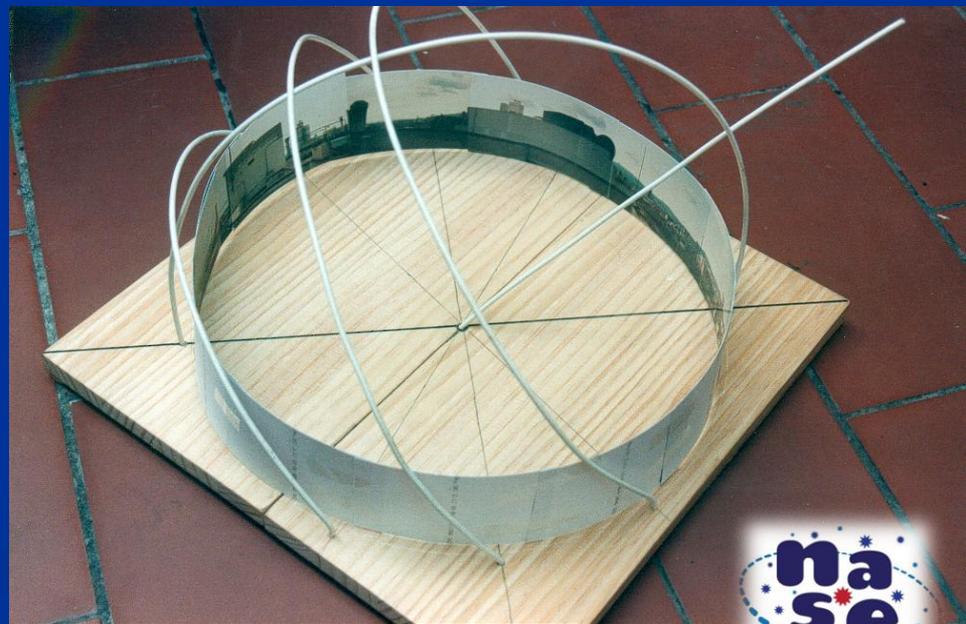


A inclinação da trajetória solar e dos traços estelares depende da latitude

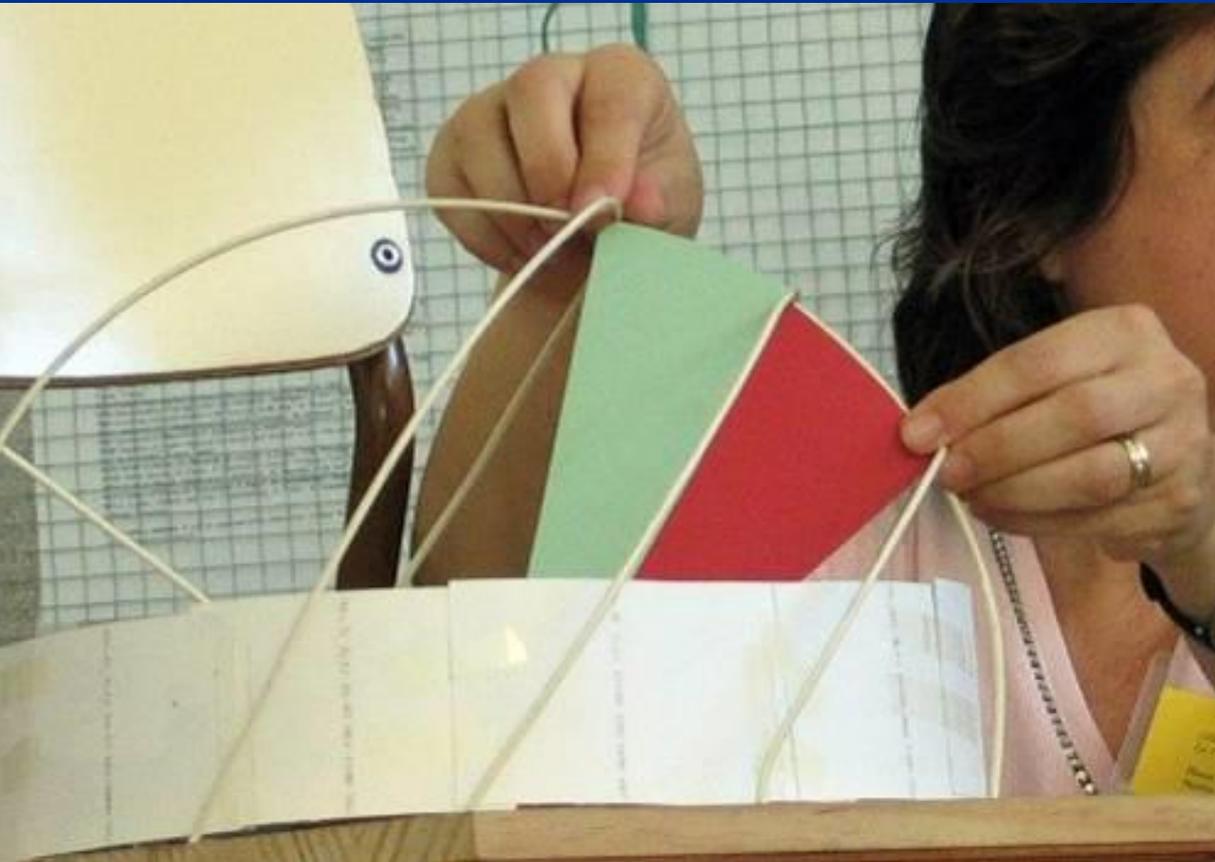


# Trajectoria solar: primeiro dia de cada estação (observa-se que o tempo de duração é diferente)

- Solstício de verão (junho)
- Equinócio de primavera (março) e de outono (setembro)
- Solstício de inverno (dezembro)



# Movimento de translação: estações do ano



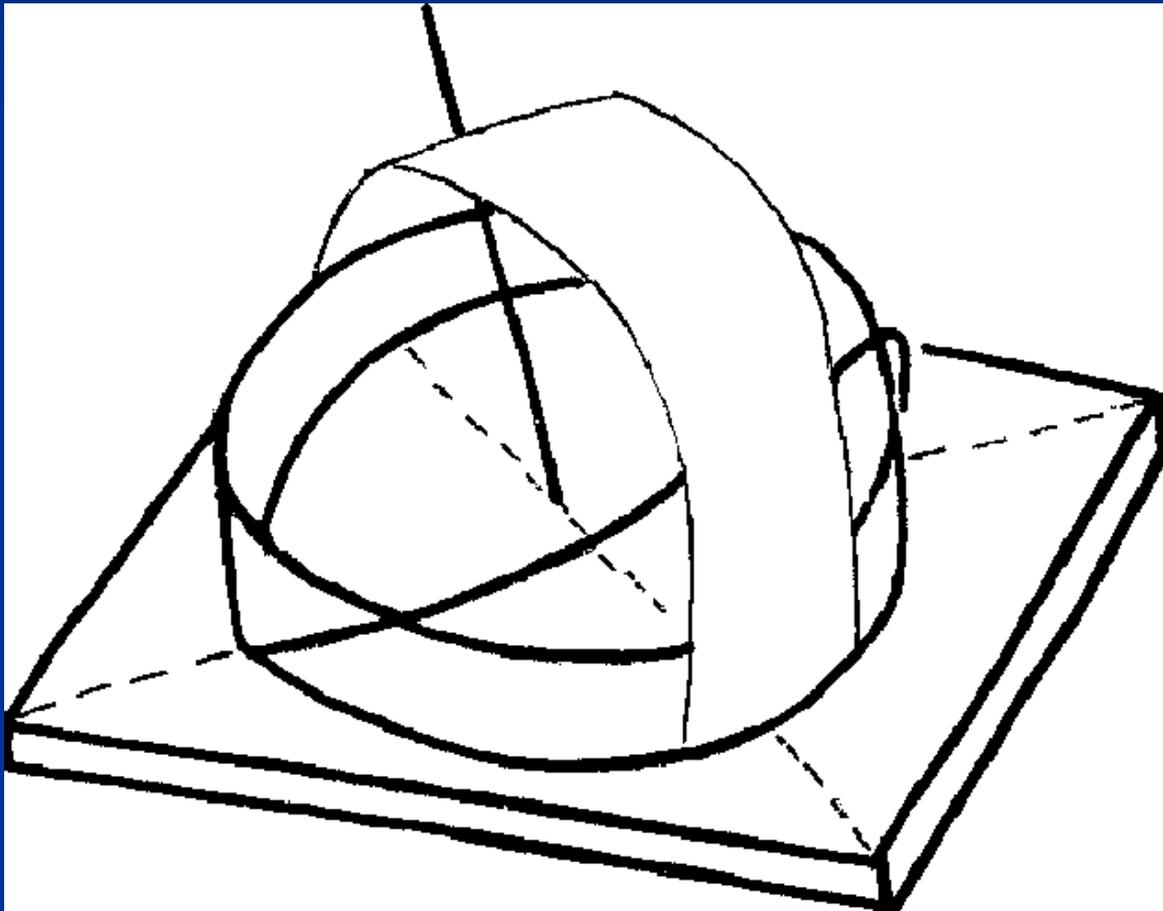
- Verão
- Primavera/Outono
- Inverno
- Ângulo entre o equador e os paralelos extremos =  $23,5^\circ$

Movimento de translação faz com que o pôr do Sol mude de posição cada dia

- Três observações de pôr do Sol  
(Inverno - Primavera/Outono - Verão)



# Visualização do “meridiano” no modelo



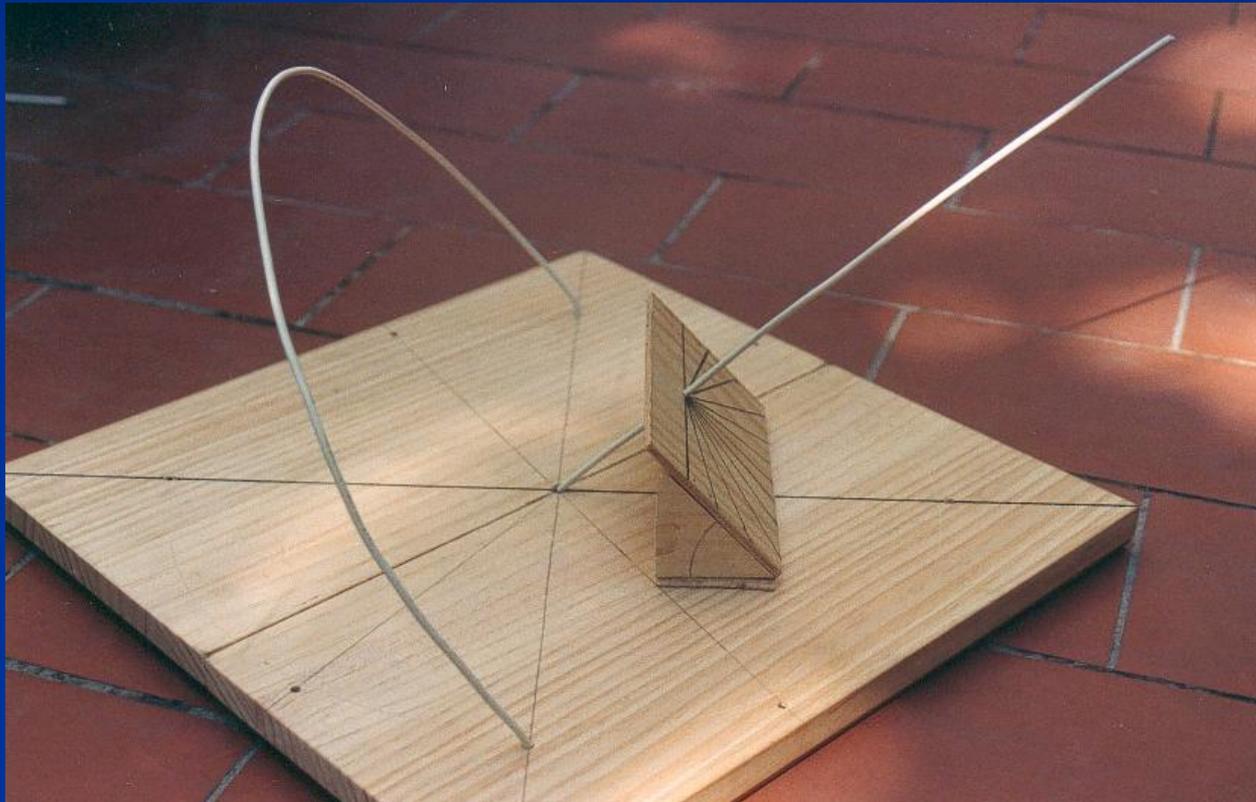
...em torno do polo norte: circunferências



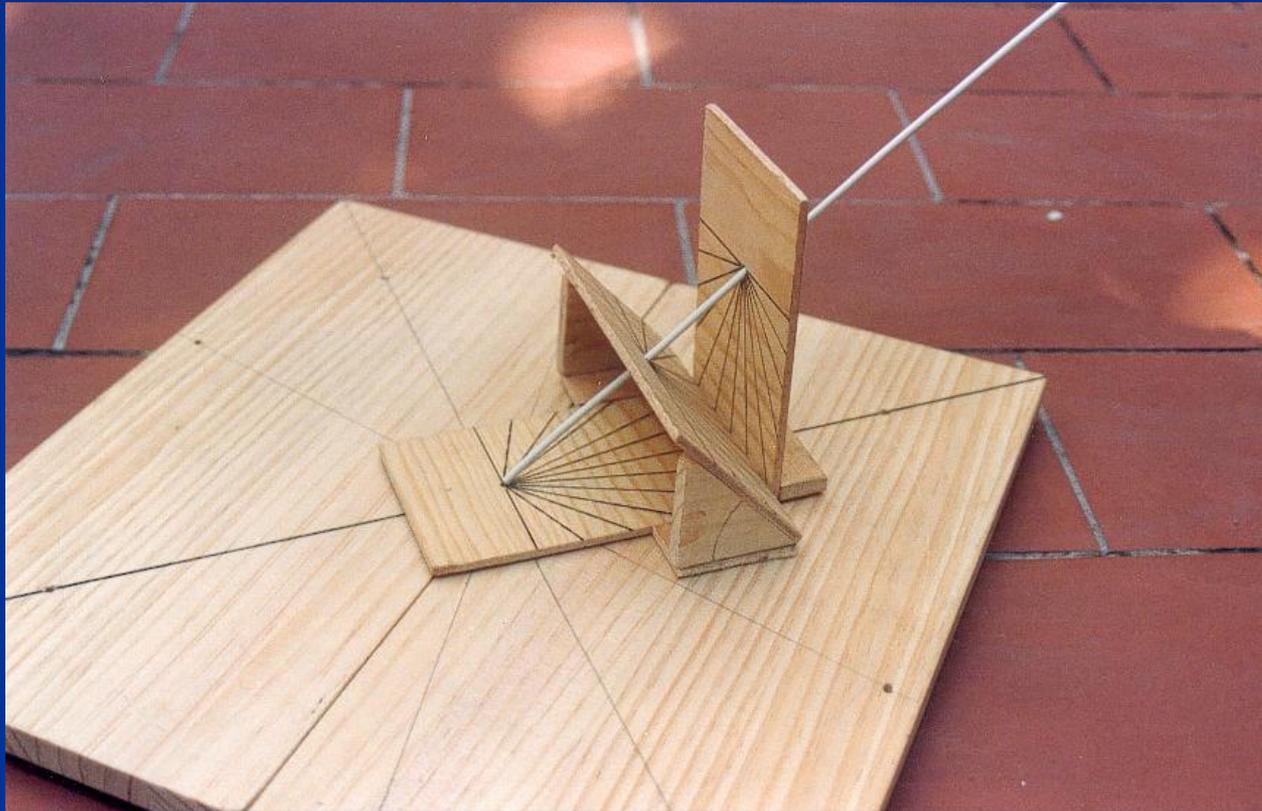
...no equador as trajetórias mudam de  
concâvas a convexas



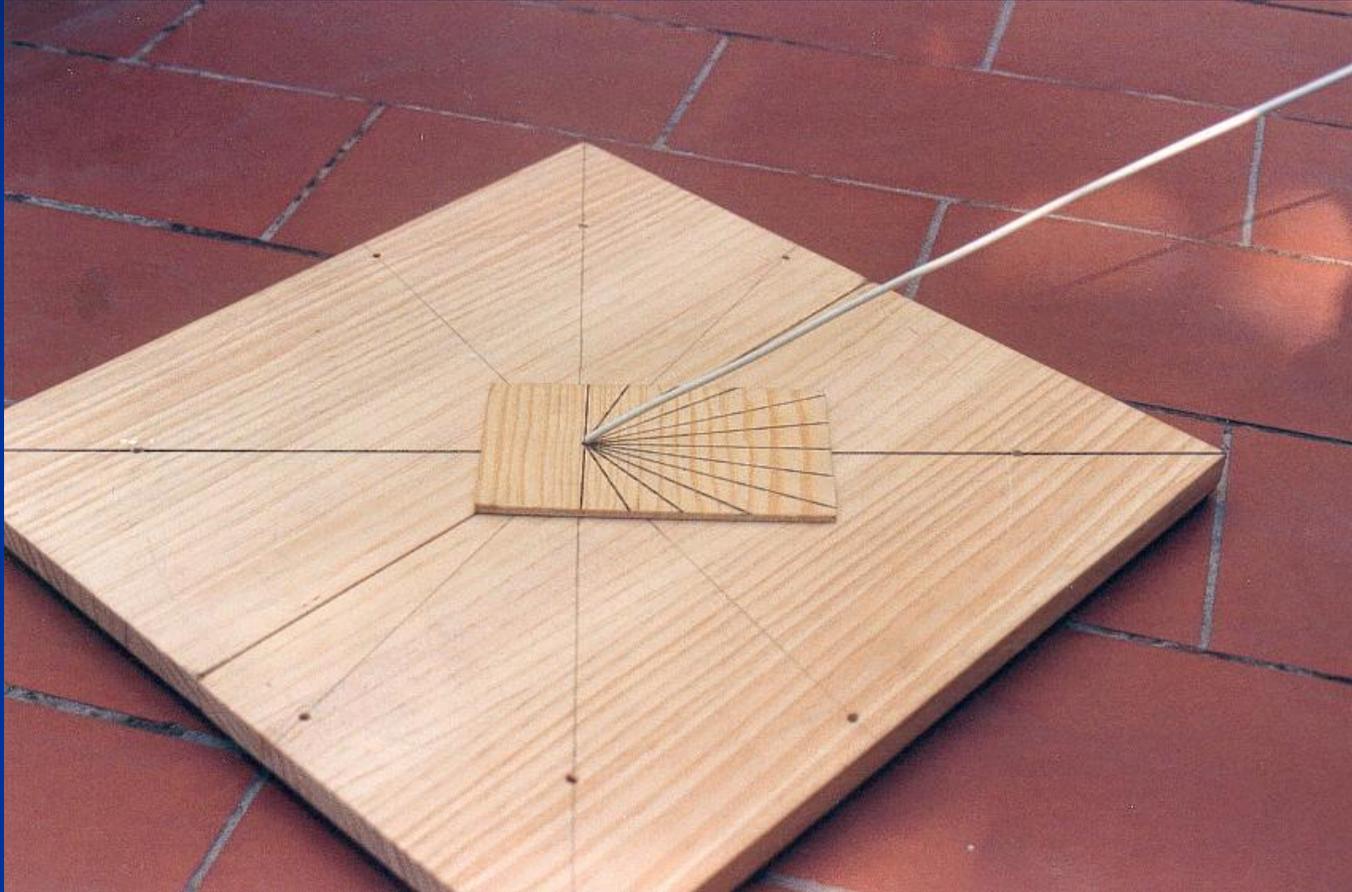
...o modelo não é mais do que um relógio de Sol equatorial!



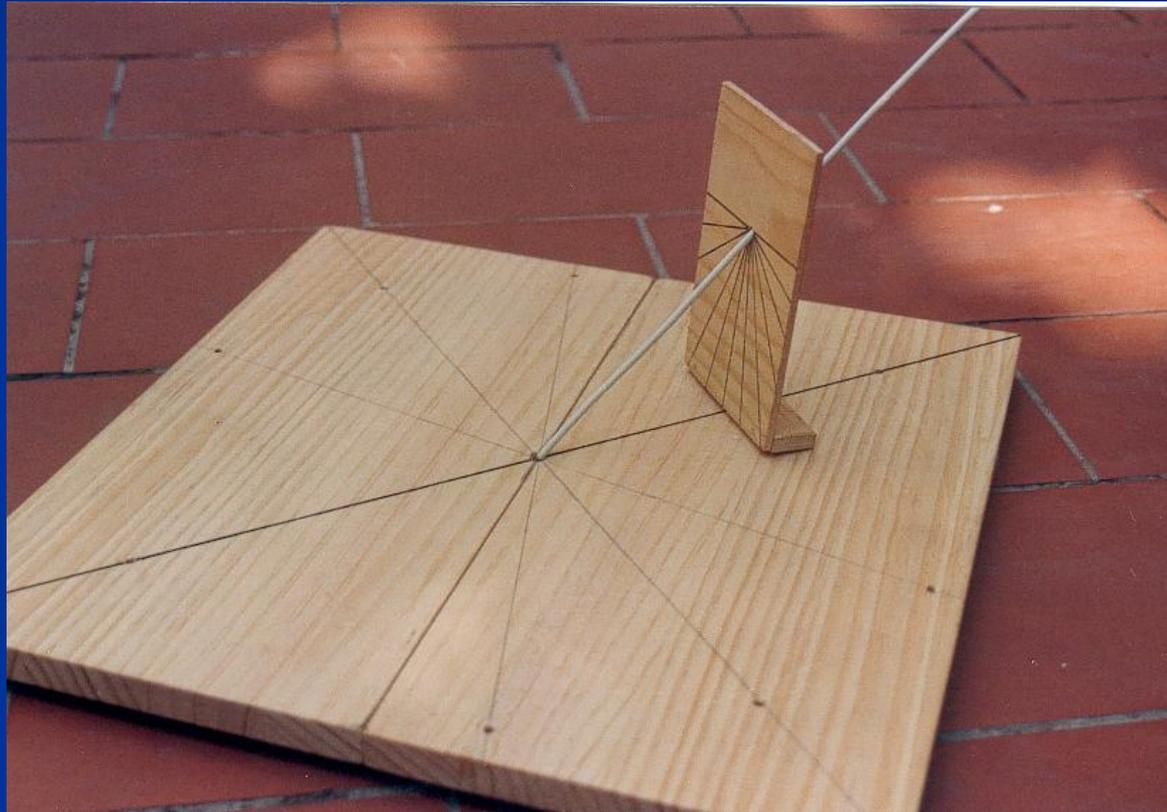
...e podem gerar-se outros relógios  
a partir do equatorial



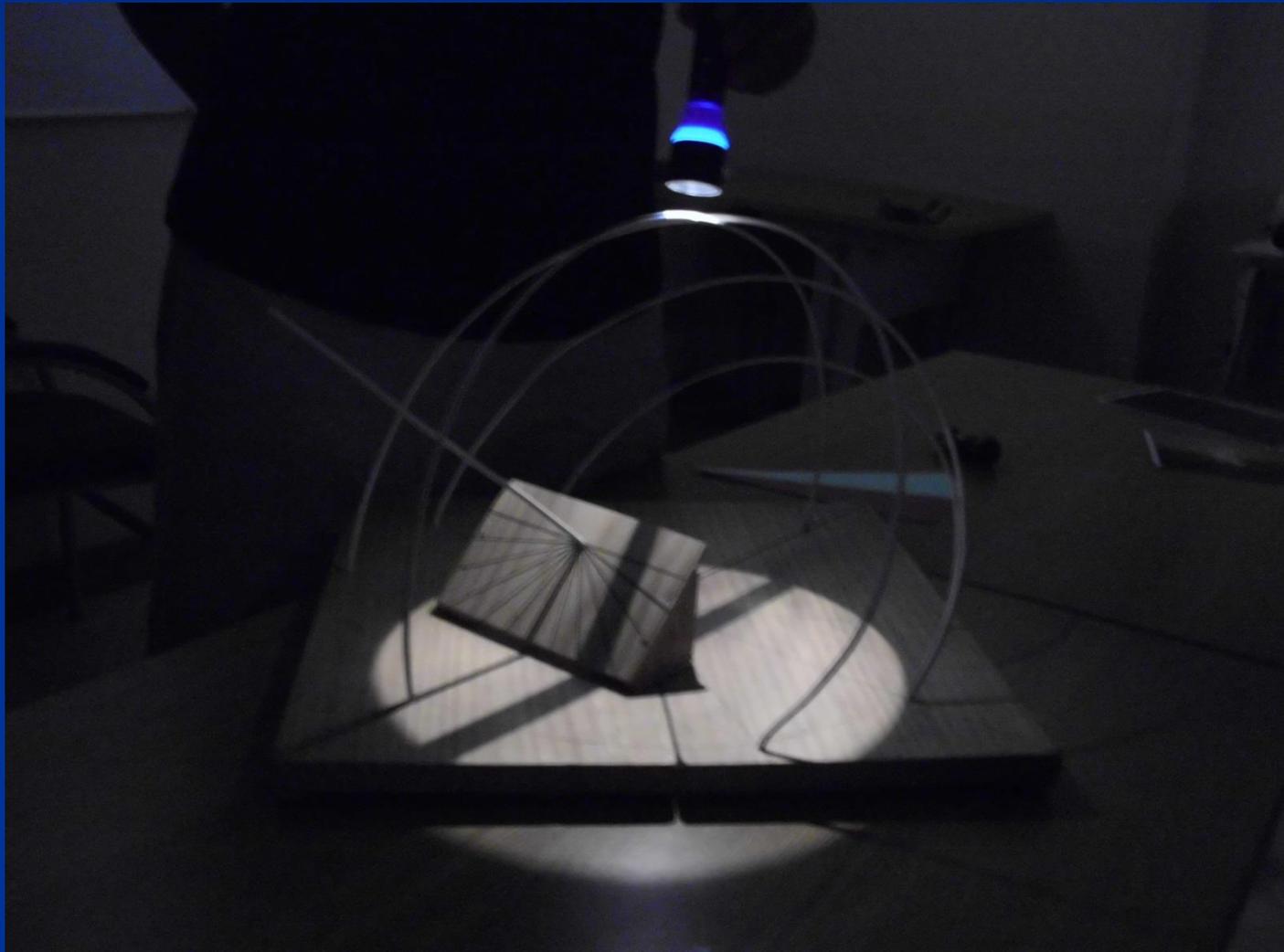
... o horizontal



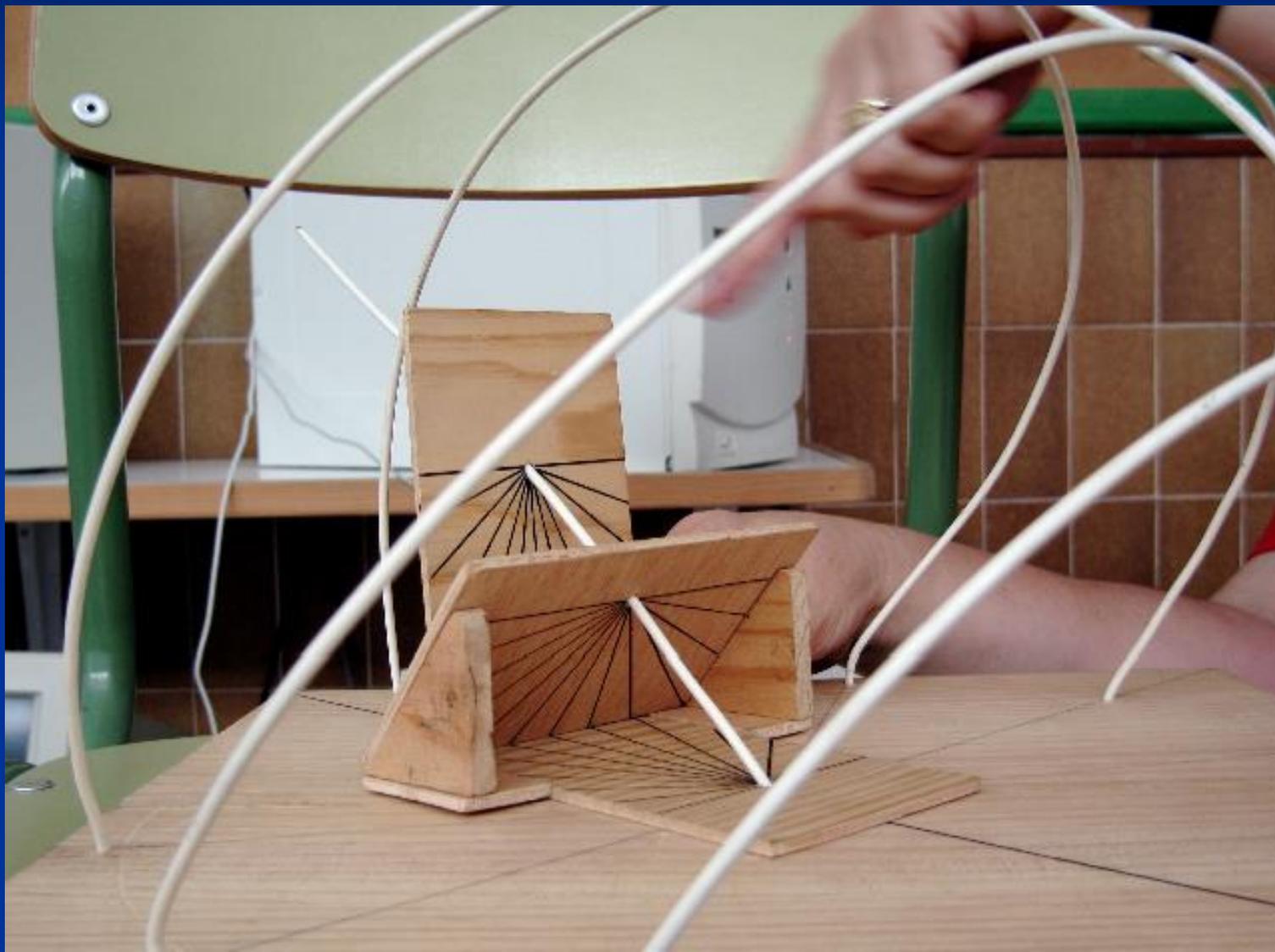
...e o vertical orientado E-W



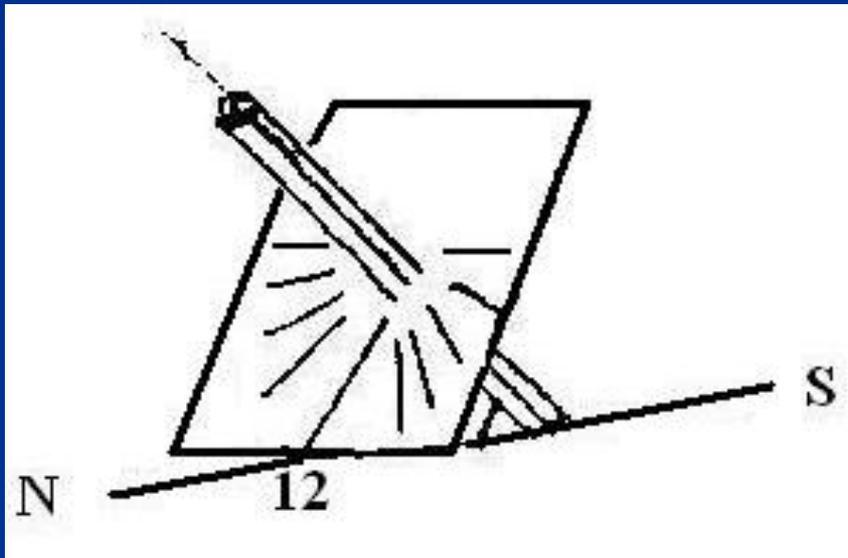
...e com o Sol (ou com uma lanterna)  
observar o modelo como relógio solar



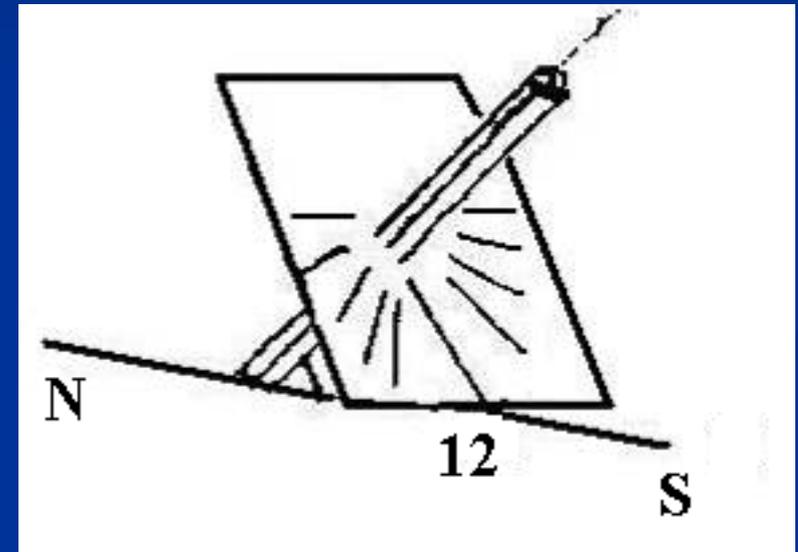
# Os três relógios no modelo



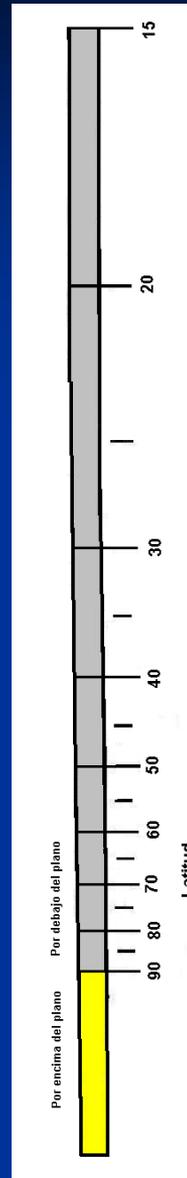
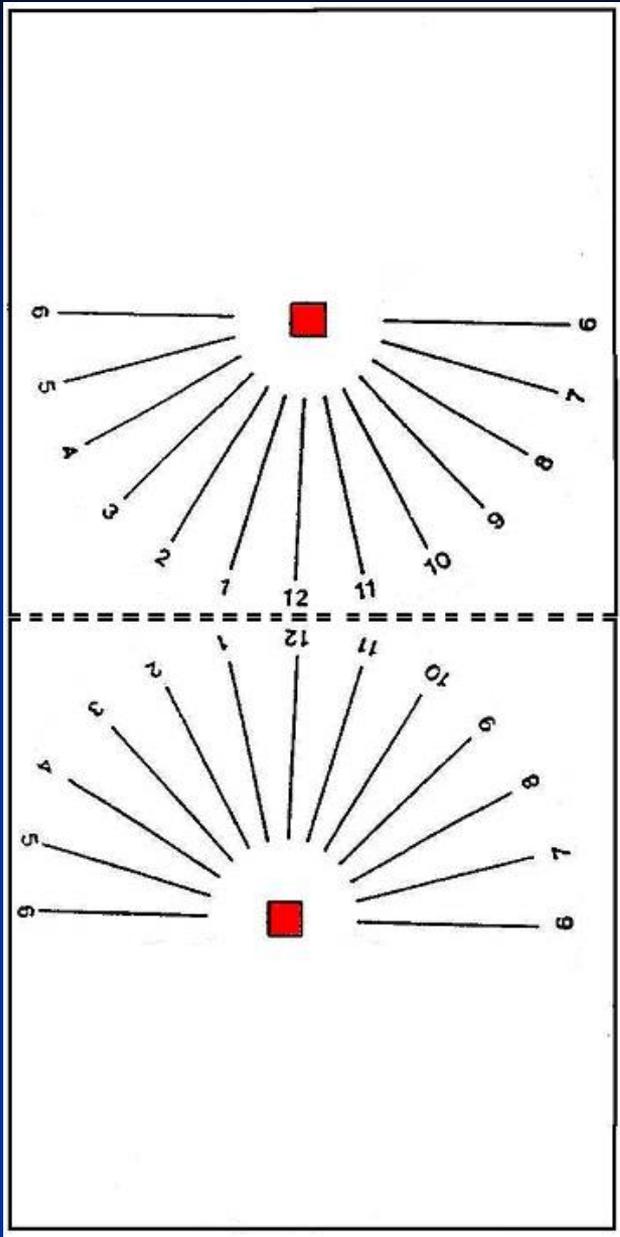
# Atividade 4: Vejamos a construção de um relógio “equatorial” muito sensível!



- Hemisfério norte



- Hemisfério sul



- Dobrar o plano do relógio pela linha tracejada.
- Cortar o estilete segundo a latitude do lugar. A parte amarela por cima do plano.

# Atividade 5: Ler a hora

Tempo Solar + Ajuste Total = Tempo do relógio da pulseira

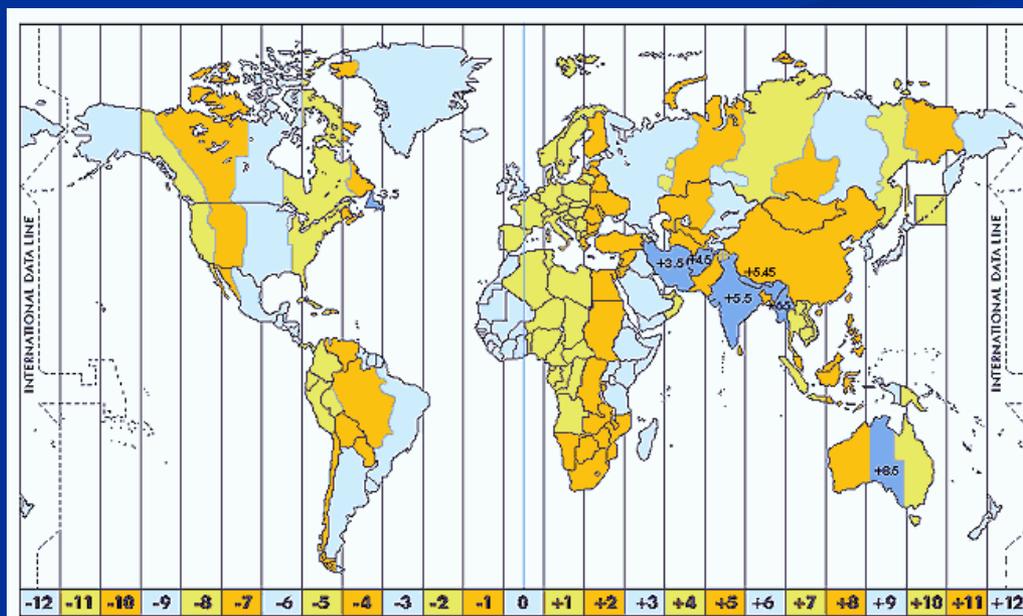
Ajuste Total =

- Ajuste da longitude
- Ajuste verão/inverno
- Ajuste equação do tempo



# Atividade 5: Ler a hora, ajuste da longitude

- O globo terrestre divide-se em 24 zonas de tempo a partir do meridiano 0 ou meridiano de Greenwich.
- Temos de conhecer a longitude local e a longitude do meridiano padrão de cada zona.
- Usar sinal + a Este e sinal – a Oeste.
- Temos de expressar as longitudes em horas, minutos e segundos ( $1^\circ = 4$  minutos).



# Atividade 5: Ler a hora, ajuste verão/inverno

- Muitos países têm o horário de verão e o de inverno. A diferença só pode ser de uma hora.
- A mudança de horário de verão/inverno é uma decisão do governo de cada país.



# Atividade 5: Ler a hora, ajuste equação do tempo

- A Terra gira em torno do Sol segundo a lei das áreas (Kepler) e o seu movimento não é uniforme. Define-se o tempo médio (dado por relógios mecânicos) como o correspondente ao tempo de uma volta completa (um ano).
- A equação do tempo dá a diferença entre o «Tempo Solar Real» e o «Tempo Médio».

dia	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
1	+3m 33s	+13m 35s	+12m 22s	+3m 54s	-2m 54s	-2m 12s	+3m 50s	+6m 21s	+0m 2s	-10m 18s	-16m 24s	-11m 1s
6	+5m 50s	+14 m 5s	+11m 17s	+2m 27s	-3m 23s	-1m 22s	+4m 45s	+5m 54s	-1m 23s	-11m 51s	-16m 22s	-9m 1s
11	+7m 55s	+14m 14s	+10m 3s	+1m 4s	-3m 38s	-0m 23s	+5m 29s	+5m 13s	-3m 21s	-13m 14s	-15m 31s	-6m 49s
16	+9m 45s	+14m 4s	+8m 40s	-0m 11s	-3m 40s	+0m 39s	+6m 3s	+4m 17s	-5m 7s	-14m 56s	-15m 15s	-4m 27s
21	+11m 18s	+13m 37s	+7m 12s	-1m 17s	-3m 27s	+1m 44s	+6m 24s	+3m 10s	-6m 54s	-15m 21s	-14m 10s	-1m 58s
26	+12m 32s	+12m 54s	+5m 42s	-2m 12s	-3m	+2m 49s	+6m 32s	+1m 50s	-8m 38s	-16m 1s	-12m 44s	+0m 31s
31	+13m 26s		+4m 12s		-2m 21s		+6m 24s	+0m 21s		-16m 22s		+2m 57s



# Atividade 5: Ler a hora, ajuste equação do tempo

- A Terra gira em torno do Sol segundo a lei das áreas (Kepler) e o seu movimento não é uniforme. Define-se o tempo médio (dado por relógios mecânicos) como o correspondente ao tempo de uma volta completa (um ano).
- A equação do tempo dá a diferença entre o «Tempo Solar Real» e o «Tempo Médio».

dias	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
1	+3,4	+13,6	+12,5	+4,1	-2,9	-2,4	+3,6	+6,3	+0,2	-10,1	-16,4	-11,2
6	+5,7	+5,1	+11,2	+2,6	-3,4	-1,6	+4,5	+5,9	-1,5	-11,7	-16,4	-9,2
11	+7,8	+7,3	+10,2	+1,2	-3,7	-0,6	+5,3	+5,2	-3,2	-13,1	-16,0	-7,0
16	+9,7	+9,2	+8,9	-0,1	-3,8	+0,4	+5,9	+4,3	-4,9	-14,3	-15,3	-4,6
21	+11,2	+13,8	+7,4	-1,2	-3,6	+1,5	+6,3	+3,2	-6,7	-15,3	-14,3	-2,2
26	+12,5	+13,1	+5,9	-2,2	-3,2	+2,6	+6,4	+1,9	-8,5	-15,9	-12,9	+0,3
31	+13,4		+4,4		-2,5		+6,3	+0,5		-16,3		+2,8



# Atividade 5: Ler a hora

*Exemplo 1: Barcelona (Espanha), 24 de Maio*

Ajuste	Comentário	Resultado
1. Longitude	Barcelona está na mesma zona “padrão” que Greenwich. A sua longitude é $2^{\circ} 10' E = 2,17^{\circ} E = 8,7 \text{ min}$ . ( $1^{\circ}$ é equivalente a 4 min)	-8,7 min
2. Horário de verão	Maio tem horário de verão +1h.	+ 60 min
3. Equação do tempo	Lemos a tabela para 24 de maio.	-3,6 min
Total		+47,7 m

Por exemplo, às 12 h de tempo solar os nossos relógios de “pulseira” indicam  
 $12 \text{ h} + 47,7 \text{ min} = 12 \text{ h } 47,7 \text{ min}$  (Tempo do relógio de pulseira)

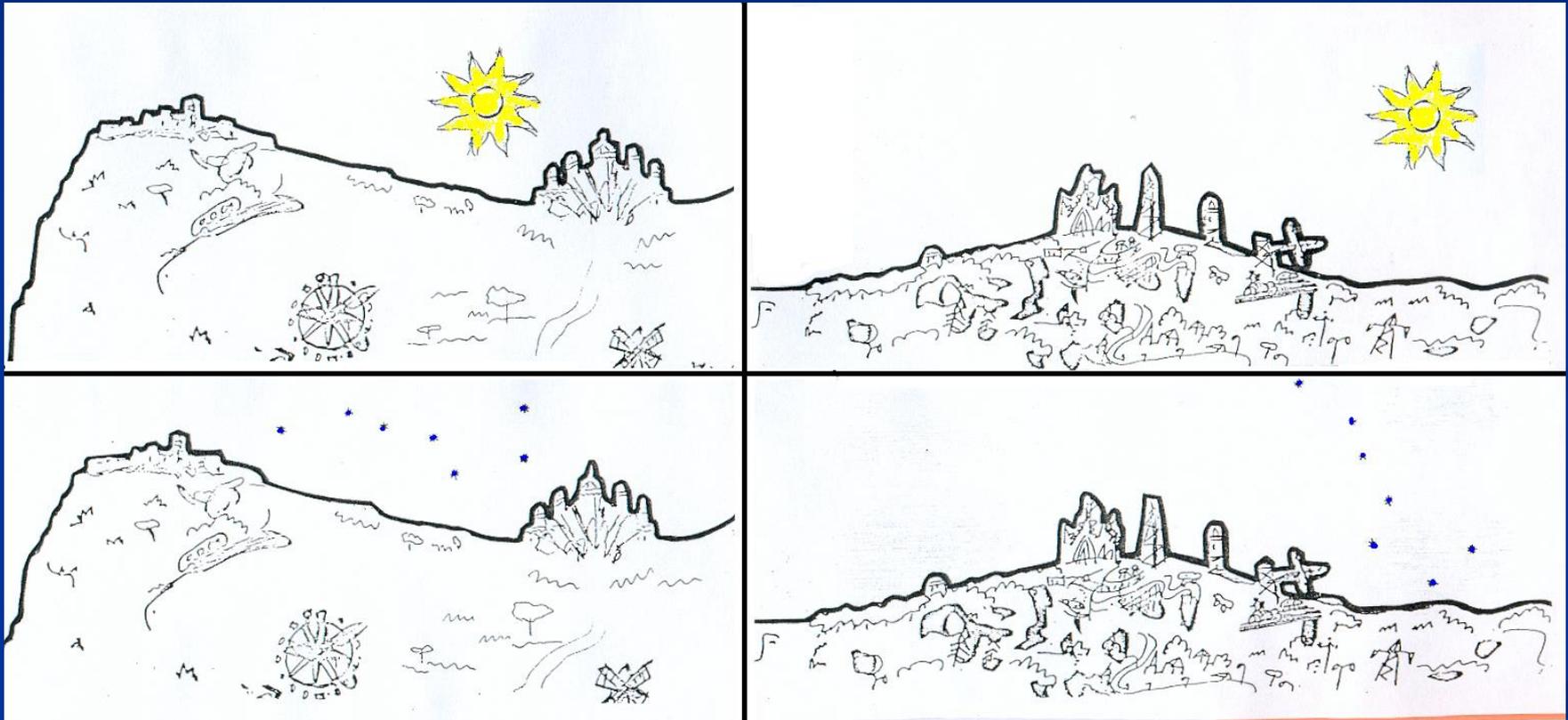
# Atividade 5: Ler a hora

*Exemplo 2: Tulsa Oklahoma (Estados Unidos) 16 de Novembro*

Ajuste	Comentário	Resultado
1. Longitude	O meridiano padrão de Tulsa está a $90^\circ$ W. A sua longitude é $95^\circ 58' \text{ W} = 96^\circ \text{ W}$ , então está a $6^\circ \text{ W}$ desde o meridiano padrão. ( $1^\circ$ equivale a 4 min)	+24 min
2. Horário de inverno	Novembro não tem horário de verão .	
3. Equação do tempo	Lemos a tabela para 16 de novembro.	-15,3 min
Total		+ 8,7 min

Por exemplo, às 12 h de tempo solar os nossos relógios de “pulseira” indicam  $12 \text{ h} + 8,7 \text{ min} = 12 \text{ h } 8,7 \text{ min}$  (Tempo no relógio de pulseira)

# O modelo serve para orientar...



...para observar e entender...



# Conclusões

- Compreendem-se as figuras observadas de dentro e de fora.
- Conseguem-se níveis de abstração que permitem ler livros e fazer observações.
- Conseguem-se orientações no horizonte real.
- Observa-se que o Sol não nasce sempre a Este e não se põe sempre a Oeste.



Muito obrigado  
pela sua atenção!

