



5 Relógios de Sol

ÍNDICE

contadores de tempo	5-2
o espaço no mostrador de um relógio	5-3
círculos e ângulos no horizonte	5-4
altura e altitude	5-5
latitude e paralelos	5-6
procurar o Norte	5-7
a Rosa dos Ventos	5-9
usar a bússola	5-10
medir o tempo com a sombra ... do Sol	5-11
tipos e modelos	5-14
construção do relógio da “Turma do Sol”	5-15
construção do relógio de Sol horizontal	5-16
para saber mais ...	5-17



5

Relógios de Sol contadores de tempo

O que sabiam os povos antigos acerca do seu lugar na Terra e entre as estrelas?

- **Em todo o globo**, os povos antigos viviam familiarizados, fascinados e preocupados com o céu – de dia e de noite.
- **Sacerdotes e outros chefes religiosos** conseguiram grande poder quando se tornaram capazes de prever rigorosamente um eclipse ou o início da estação das chuvas.
- **Naqueles tempos**, a obtenção de alimentos dependia do rigor das observações e registos do céu.

No passado, os povos conheciam as estrelas da mesma forma que tu conheces as ruas do teu bairro.

• **Actualmente** é difícil compreender o apreço que os povos antigos tinham pelo céu. Isto porque não conhecemos bem o céu, o que nos impede o domínio de uma verdade simples

• Quando as pessoas reflectem sobre os últimos séculos, **Stonehenge**, o **Cromeleque dos Almendres** e outros monumentos relacionados com o céu parecem grandes mistérios ou grandes equívocos.



Stonehenge (Reino Unido)



Cromeleque dos Almendres (Portugal)

Há quem acredite que os povos antigos eram ajudados por sábios deuses astronautas, seres que desciam do céu em naves espaciais. E tu, em que é que acreditas ???



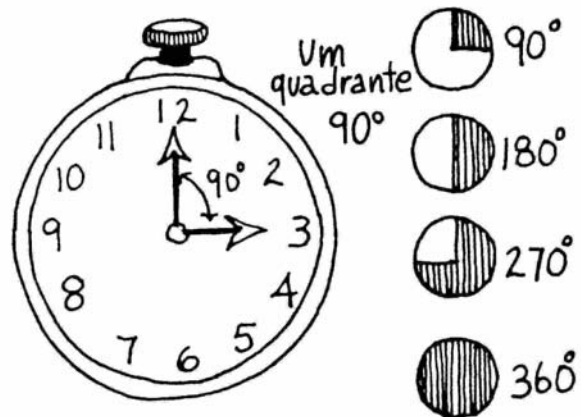
5

Relógios de Sol o espaço no mostrador de um relógio

- A **geometria** é uma área da matemática muito fácil de verificar na vida diária.
-
- **Grandes edifícios**, casa simples, estátuas ou qualquer outra coisa que se construa não poderiam ser feitos sem a geometria.
-
- Fala-se de movimentos no espaço, de acordo com a geometria de **círculos e ângulos**.

Se, por acaso, ainda não aprendeste Geometria na escola, não te assustes. Este assunto torna-se fácil de compreender se te colocares em frente de um relógio com ponteiros.

- O nosso sistema de **dividir círculos em 360°** vem do tempo dos Caldeus.
- Um círculo de 360 partes iguais pode ser dividido em **quadrantes**, ou quartos de círculo, tendo 90°, ou **três horas**, cada um.



*Do meio-dia às 3 horas são 90°.
Do meio-dia à meia-noite são 360°.*

- Como podes observar, um mostrador de relógio está dividido em 12 horas de 60 minutos cada. *Assim, a quantos graus corresponde 1 hora ?*
- Por outro lado, existe uma certa magia no número 360 ! É porque não existem muitos números que, como 360, tenham tantos divisores. Tenta dividir 360 por qualquer dos seguintes números e vê que não sobra nada (isto é, sem resto): **1, 2, 3, 4, 5, 6, 8, 9, 10, 12, 15, 18, 24, 30, 36, 40, 45, 60, 72, 90, 120, 180 e 360.**
- Assim, o ano pode ser dividido em quatro quadrantes, que correspondem às estações.

Muitos dos instrumentos antigos astronómicos e de navegação têm em comum o uso de um círculo e na sua divisão em 360 partes iguais.



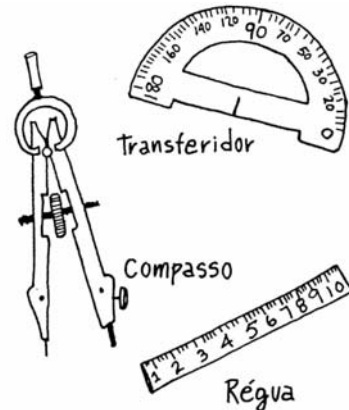
5

Relógios de Sol círculos e ângulos no horizonte

- Por certo já trabalhaste com estes instrumentos geométricos, que te ajudam a entender melhor os círculos e os ângulos - a **régua**, o **transferidor** e o **compasso**

O **transferidor**, têm ângulos marcados em meio círculo, o que torna fácil representar ângulos de altura, latitude, etc.

- Com um **compasso** obterás um rigor muito maior ao traçar um círculo do que usando um lápis e um fio.



- **Nadir** e **zénite** são dois termos usados em livros de astronomia - Todas as pessoas têm um zénite e um nadir.

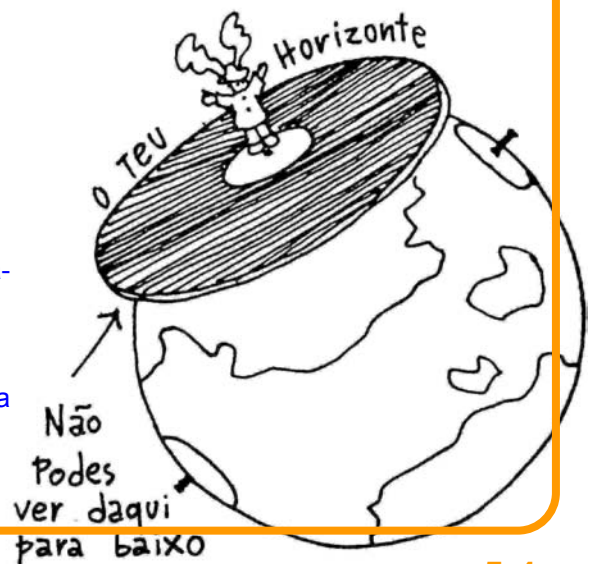
Se tiveres uma linha ou um fio no bolso, é fácil encontrares o teu zénite e o teu nadir. Ata numa das pontas uma chave, um parafuso ou qualquer coisa que tenha peso, pendura o objecto escolhido e quando parar de oscilar, encontrarás a direcção zénite-nadir.

- O **horizonte** é a parte mais baixa do céu que podemos ver. Todas as pessoas têm um horizonte, seja qual for o momento ou o local em que estiverem. És capaz de encontrar o teu?

- Quando estamos no mar ou no **Alentejo**, o horizonte é praticamente rectilíneo, ao passo que em Trás-os-Montes ou na **Beira Baixa**, aparece bastante recortado pelas montanhas.

- É fácil ver o que é o **horizonte**. Pega num CD, coloca-o sobre uma bola de futebol e imagina que estavas de pé em cima dele, onde o buraco toca a bola.

- Nessa posição, podes ver tudo o que no céu fica acima do CD e o que está abaixo será invisível. O bordo do CD, projectando-se lá ao longe, a toda a volta, marca o horizonte.





5

Relógios de Sol altura e altitude

- Para um piloto num avião, **altitude** significa a altura a que ele se encontra acima do solo. Em terra fala-se da altitude de um lugar tomando como referência o **nível médio da água do mar**.

- Um astrónomo ou navegador utiliza o termo **altura** para referir a posição do Sol ou de uma estrela (ou de outro objecto no céu) acima do horizonte bem visível.



- Podes estimar a altura do Sol com os teus braços, do mesmo modo que estimas o ângulo do teu campo de visão. Aponta um braço na direcção do horizonte e outro na direcção do Sol (ou de uma estrela) e mantém os braços nessa posição enquanto um amigo marca o ângulo entre eles numa folha de jornal (aberta) colada à parede.

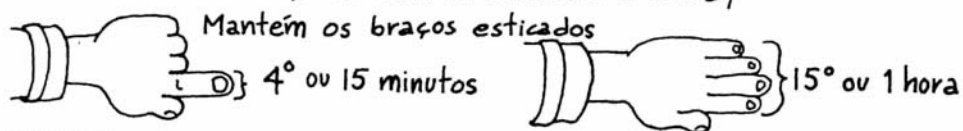
- Se utilizares um transferidor é fácil medir esse ângulo e achar a altura do objecto acima do teu horizonte.



- Os antigos marinheiros e viajantes faziam uma boa estimativa da **altura do Sol**. Bastava esticarem os braços em frente dos olhos e começar a contar os dedos – uma mão sobre outra, desde o horizonte até ao Sol ou à estrela.

- Ainda hoje muitas pessoas usam o mesmo método para determinar a latitude e para saber as horas.

O TEMPO NAS TUAS MÃOS (e também a latitude e a altura)



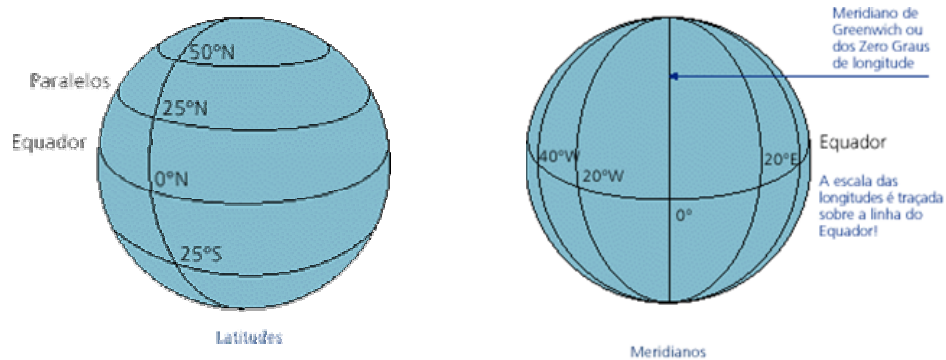
- Como curiosidade, sabes que a altura da estrela polar (e só esta) indica o valor da latitude do lugar em que fazes a medição?



5

Relógios de Sol latitude e paralelos

• Todos os **globos são esféricos** e têm apenas dois pontos “fixos” em relação aos quais se marcam direcções: o **Pólo Norte** e o **Pólo Sul**. Foi nisto que o Povo Grego baseou o seu sistema. Era simples: sobre todo o globo são marcadas duas espécies de linhas que dão as coordenadas **latitude** e **longitude**.

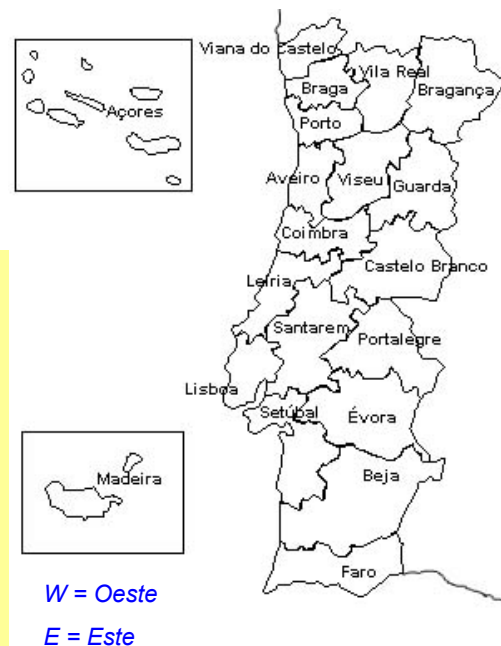


- A **latitude** mede a distância ao equador, que é a mais extensa de todas as linhas de latitude. Dá a volta à Terra, a meia distância entre os Pólos.
- A **longitude** de um lugar baseia-se no facto de a Terra dar uma volta completa em torno do seu eixo norte-sul em aproximadamente 24 horas.

- Calcula-se a **longitude** sabendo a diferença horária entre o meio-dia solar do local e de um ponto de referência (altura máxima do Sol).
- Como a Terra faz uma **rotação completa** sobre si mesma (360 graus) em 24 horas, por cada hora de diferença entre o meio-dia do ponto onde estamos e do ponto de referência, foram percorridos 15 graus para este ou para oeste.

Algumas latitudes e longitudes:

- Lisboa: 38° 44' N, 9° 8' W
- Faro: 37° 1' N, 9° 5' W
- Açores: 38° N, 25° W
- Porto: 41° 8' N, 8° 22' W
- Bragança: 41° 49' N, 6° 45' W
- Madeira: 33° N, 17° W
- Londres (Reino Unido): 51° 30' N 0° 10' W
- Rio de Janeiro (Brasil): 23° 54' S 43° 12' W
- Luanda (Angola): 8° 48' S 13° 14' E
- Maputo (Moçambique): 25° 58' S 32° 35' E
- Praia (Cabo Verde): 14° 55' N 23° 31' W
- S. Tomé (S. Tomé e Príncipe): 0° 20' N 6° 44' E
- Bissau (Guiné-Bissau): 11° 51' N 15° 35' W
- Dili (Timor Lorosae) 8° 57' S 125° 58' E





5

Relógios de Sol procurar o Norte (1)

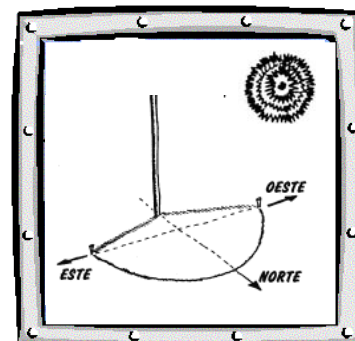
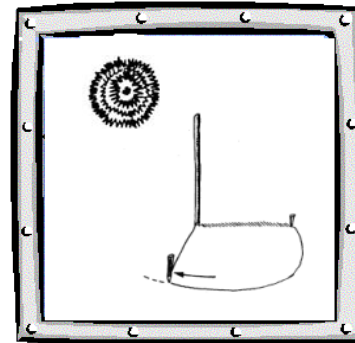
- Tens bom sentido de orientação ou perdes-te facilmente ?
- A maior parte do tempo, as pessoas não pensam sequer no que é a orientação. **Norte é norte e sul é sempre sul.**
- Para construir um relógio de sol e depois orientá-lo, é fundamental conhecer o **Norte geográfico** (chamado também **verdadeiro**) que indica a direcção do Polo Norte.
 - Existe outro, o **Norte magnético**, que é indicado pela bússola. Complicado ? Talvez não



• Sabes exactamente para onde é o norte ? És capaz de apontar para o norte verdadeiro ? (sem bússola !)

“Método da sombra da vara”

- Método aproximado que deve ser aplicado ou de manhã ou de tarde. Como **vara** serve qualquer coisa – ramo, tronco, poste telefónico, candeeiro, etc. - interessa apenas a sombra da ponta do objecto que estamos a usar.
- Marca-se no chão, com uma pedra ou uma cruz, o local onde está a ponta da sombra da vara
- Deixa passar uma hora ou duas: a sombra moveu-se!
- Voltamos a marcar do mesmo modo a ponta da sombra da vara. Unindo as duas marcas fica uma linha – é a direcção Este-Oeste.
- Agora, basta traçar no chão (ou imaginar) a bissectriz do ângulo formado (uma linha que o corta em duas “metades”) e “apontar” para o Norte geográfico.
- Atenção ! O tempo de espera é importante.
- Para obter o deslocamento da sombra (bastam alguns centímetros) depende também do comprimento do objecto que serve de vara. Uma vara de 1m de comprimento leva cerca de 15min a proporcionar um deslocamento da sombra suficiente para se aplicar este método.



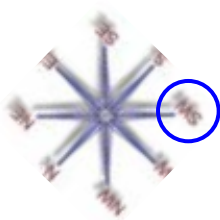
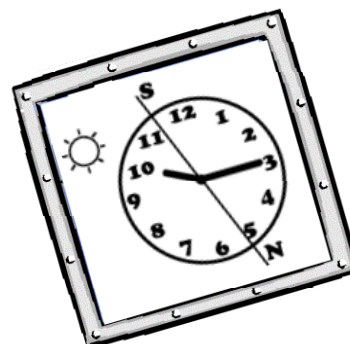
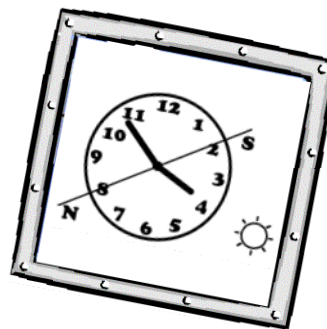


5

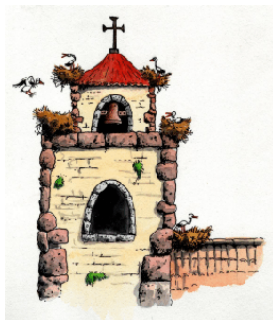
Relógios de Sol procurar o Norte (2)

“Método do relógio”

- Mantendo o relógio na horizontal, com o mostrador para cima, procura-se uma posição em que o ponteiro das horas esteja na direcção do sol.
- A bissetriz do menor ângulo formado pelo ponteiro das horas e pela linha das 12h define a direcção Norte-Sul
- No caso do **horário de verão**, em que o adiantamento do horário legal em relação ao horário solar é maior, deve-se dar o devido desconto.
- Há dois processos: o primeiro consiste em desviar um pouco (alguns graus) a linha Norte-Sul para a direita; o segundo processo resume-se a "atrasar" a hora do relógio de modo a se aproximar mais da hora solar



- Podemos ainda orientar-nos pelos **indícios** que encontramos no campo e nas aldeias.



- **Moinhos** - as portas dos moinhos portugueses ficam geralmente viradas para Sudoeste.
- **Caracóis** - frequentes nos muros e paredes voltados para Leste e para Sul.
- **Formigas** - entrada do formigueiro abrigada dos ventos frios de Norte.
- **Igrejas** - muitas foram construídas com o Altar-Mor voltado para Este (nascente) e a porta principal para Oeste (Poente).
- **Casca das Árvores** - mais rugosa e com mais fendas do lado que é batido pelas chuvas, ou seja, do lado Norte.
- **Girassóis** - voltam a sua flor para Sul, em busca do Sol ...

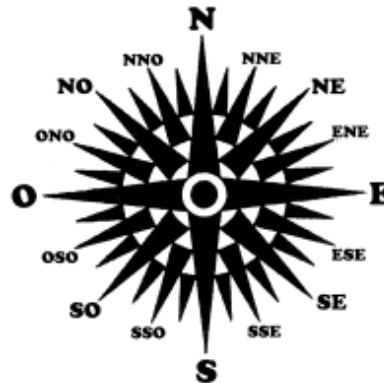


5

Relógios de Sol a Rosa dos Ventos

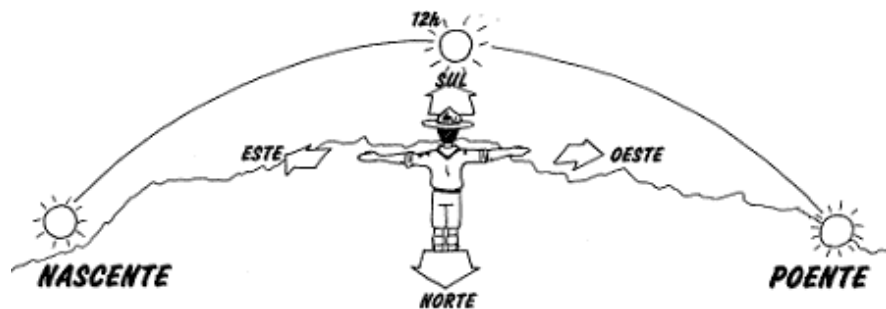
• O primeiro passo para o domínio das técnicas de orientação é o conhecimento da **Rosa dos Ventos**.

• A Rosa dos Ventos é constituída por **4 Pontos Cardeais**, **4 Pontos Colaterais** e **8 Pontos Sub-Colaterais**.

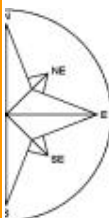


• O sol **nasce** aproximadamente a Este e põe-se a Oeste, encontrando-se a Sul ao meio-dia solar.

• A **hora legal** (dos relógios) está adiantada em relação à hora solar: no Inverno está adiantada cerca de 36 minutos, enquanto que no Verão a diferença passa para cerca de 1h36m.



NORTE	setentrão	0°	ponto fundamental a que se referem normalmente as direcções
SUL	meridião; meio-dia	180°	ao meio-dia solar o sol encontra-se a Sul do observador
ESTE	leste; levante; oriente; nascente	90°	direcção de onde nasce o sol
OESTE	poente; ocidente; ocaso	270°	direcção onde o sol se põe; também aparece como W ("West")





5

Relógios de Sol usar a bússola

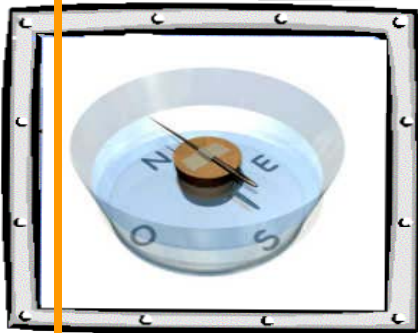


• **Os Polos Magnéticos** - Qual é o fenómeno que faz a agulha da bússola apontar consistentemente na direcção Norte-Sul?

• A resposta está na poderosa mas invisível força chamada Magnetismo. A Terra é um íman gigante. Apesar de o magnetismo ter sido descoberto à muito tempo, a sua utilização como auxiliar de orientação é bastante mais recente.



• *Descobriu-se que o minério de ferro magnetizado, quando colocado num pedaço de madeira a flutuar num recipiente com água, rodavam e adquiriam sempre uma posição fixa. A bússola tinha sido inventada!*



• **Como funciona uma bússola?**

• Uma agulha magnética montada sobre um suporte adequado na horizontal de modo que possa girar é um instrumento, inventado pelos antigos chineses, chamado **bússola**. A bússola serve para orientação, para encontrar a direcção do Norte.

• *Aproxima a bússola de um íman, por exemplo, junto da vedação da porta do frigorífico (tem um íman lá dentro!). Que acontece? Experimenta mudar a posição do íman (abrir a porta do frigorífico). O que acontece à agulha da bússola?*

• Porque será então que a **agulha magnética** da tua bússola aponta sempre para o Norte?
• Porque a Terra tem no seu interior um metal, o **ferro**, que se comporta como se fosse um íman gigante orientado na direcção Norte-Sul!

Declinação Magnética - O Norte magnético, para onde a agulha da bússola aponta, não se situa exactamente no Pólo Norte definido pelos meridianos.

• A declinação existe porque o pólo Norte e o pólo magnético não coincidem. Esta declinação varia consoante o local do mundo.
• Em certas zonas do Canadá ultrapassa os 40 graus, mas, por exemplo, na Escandinávia ela é desprezável.

• **Em Portugal, a declinação é de cerca de 7°**



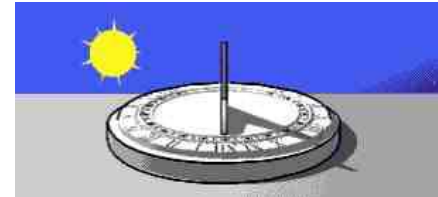


5

Relógios de Sol

medir o tempo com a sombra ... do Sol (1)

- A **sombra do Sol** despertou a curiosidade dos povos da antiguidade, que se aperceberam que a sua **posição** e **comprimento** variavam durante o dia.

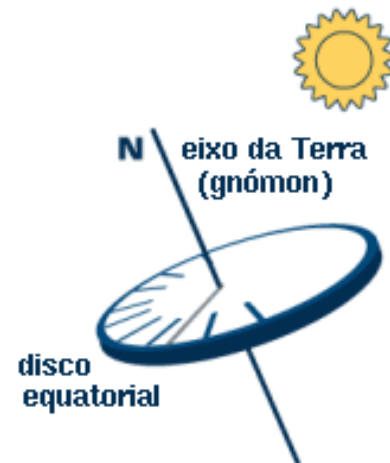


- O **relógio de Sol** aparece como uma aplicação do conhecimento do **movimento aparente** do Sol e uso das sombras.

- Determina as divisões do dia – horas - através do movimento da **sombra** de um estilete - o **gnómon** - sobre o qual incidem os raios solares e que se projecta sobre uma base graduada - o **mostrador**..

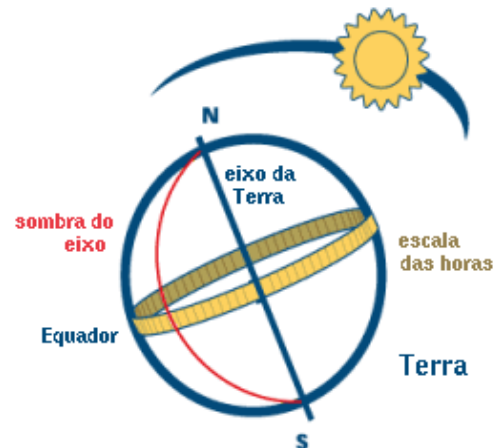
Como funciona um relógio de Sol ?

- Se imaginarmos que a Terra é uma superfície esférica, cujo eixo de rotação passa pelo centro, e que se encontra parada enquanto o Sol se move de Este para Oeste.



- Percebemos que à medida que o Sol efectua o seu movimento aparente – parece que é a Terra que está “parada” - a sombra do eixo da Terra cai no plano equatorial e move-se 15° por hora ($15^\circ = 360^\circ/24$).

- Apartir da posição da sombra quando o Sol passa no meridiano do lugar (meio-dia), podemos marcar ângulos múltiplos de 15° e, assim, obter a marca das horas do dia.



- Considerando um disco paralelo ao plano do equador, as marcas das horas serão determinadas da mesma forma.

- Os relógios de Sol não são mais do que **miniaturas da Terra** e do seu eixo.

- O seu gnómon estará dirigido para o **Pólo Norte Celeste** (aproximadamente para a Estrela Polar), fazendo um ângulo com o plano horizontal **igual à latitude do lugar** onde se encontra o observador.



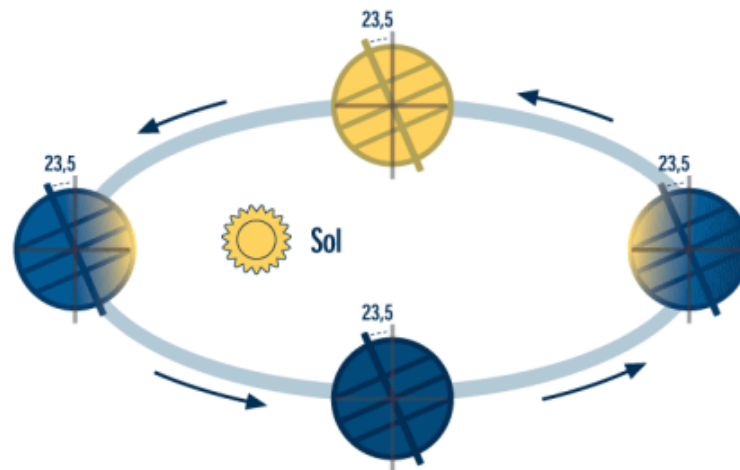
5

Relógios de Sol

medir o tempo com a sombra ... do Sol (2)

Como ler as horas num Relógio de Sol?

- A hora do relógio **mecânico** e a hora **Solar** raramente são iguais
- Por um lado temos o **dia Solar verdadeiro** o tempo que decorre entre duas passagens sucessivas do Sol pelo meridiano de um lugar fixo da Terra, no respectivo movimento aparente na esfera celeste - o tempo entre dois meios-dias Solares.



- Enquanto a **Terra gira** em redor de seu eixo percorre também uma parte da sua órbita de translação ao redor do Sol, cerca de 360/365 do grau.
- Assim, o período entre **dois meios-dias Solares** sucessivos (dia Solar) é ligeiramente superior ao período do movimento de rotação, que pode ser medido, com alguma precisão, por observação de estrelas visíveis (dia sideral). Temos, pois, uma diferença entre o **dia sideral** e o **dia Solar**, sendo o dia Solar de maior duração que o sideral.
- Se os dois movimentos da Terra fossem regulares, e se o eixo da Terra fosse perpendicular ao plano da **eclíptica**, [os dias Solares teriam sempre a **mesma duração**].

• **Plano da eclíptica** - círculo máximo descrito (aparentemente) pelo Sol na esfera celeste e cujo plano se encontra inclinado cerca de $23^{\circ} 27'$ em relação ao plano do equador celeste]



5

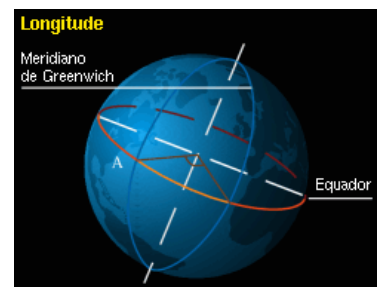
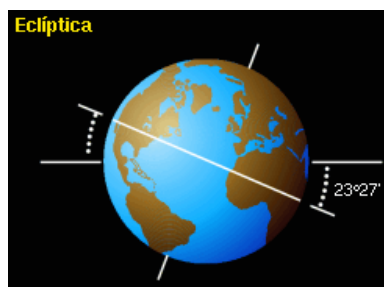
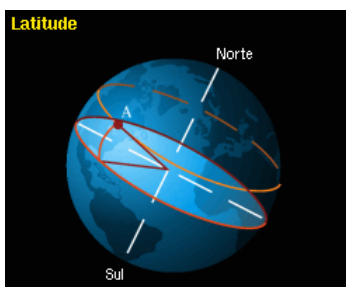
Relógios de Sol

medir o tempo com a sombra ... do Sol (3)

• A órbita da Terra ao redor do Sol não é uma circunferência mas sim uma **elipse** que não é perpendicular ao eixo da Terra (obliquidade da eclíptica).

• *O movimento da Terra não é uniforme e rege-se pela lei das áreas de Kepler, segundo a qual os raios vectores dos planetas, em tempos iguais, varrem áreas iguais e não distâncias iguais na órbita. Este facto, bem como a obliquidade da eclíptica, faz com que os dias apresentem uma diferença na sua duração.*

• **3 diferenças** existentes entre as horas indicadas por um relógio de **Sol** e um relógio **mecânico**



• Hora de Inverno e de Verão

Para aproveitar melhor a luz do dia em cada estação atrasamos a hora do relógio mecânico. Assim, se estivermos na hora de Verão, necessitaremos de adicionar uma hora às horas indicadas pelo relógio de Sol.

• Longitude do lugar

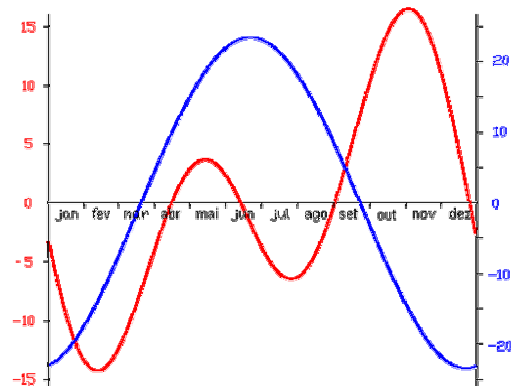
- A hora dada pelo relógio de Sol necessita ser corrigida de acordo com o meridiano de referência do fuso horário em que nos encontramos - em Portugal, o Meridiano de Greenwich.
- Por cada grau de longitude Oeste adicionam-se 4 minutos (1 hora = 15°, 4 min = 1°).
- Por cada grau de longitude Este subtraem-se 4 minutos.

• Equação do Tempo = hora Solar verdadeira - hora Solar média

• O **dia Solar verdadeiro** difere do **dia Solar médio** (pequenas oscilações anuais) -podem chegar aos 31min.

• Existem acordos internacionais sobre o uso de relógios que estipulam que a média destas variações é usada para obter a **hora média de Greenwich**.

• Aplica-se a **equação do Tempo**, para corrigir a hora dada pelo relógio de Sol no meridiano de referência de cada fuso horário (tempo Solar aparente) e obter a hora média desse mesmo meridiano (hora standard), aplica-se a correcção chamada:





5

Relógios de Sol tipos e modelos

Relógio de Sol vertical

- o mostrador na vertical
- o gnómon faz um ângulo com o mostrador igual à co-latidade do local.



Relógio de Sol horizontal

- o mostrador está na horizontal
- o gnómon faz um ângulo com o mostrador igual à latitude do local.



Relógio de Sol equatorial

- o mostrador é paralelo ao plano do equador
- o gnómon é perpendicular ao mostrador.



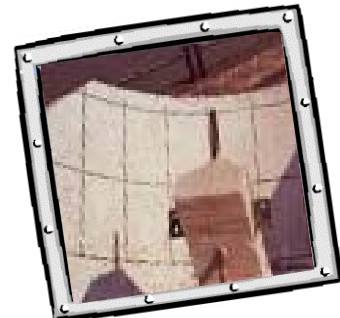
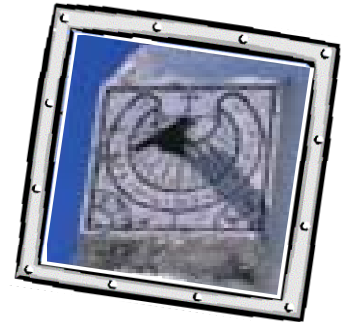
Relógio de Sol polar

- o mostrador é paralelo ao eixo de rotação da Terra
- o gnómon é paralelo ao mostrador.



Relógio de Sol analemático:

O mostrador é horizontal e o gnómon é vertical pelo que a respectiva posição varia com a data.



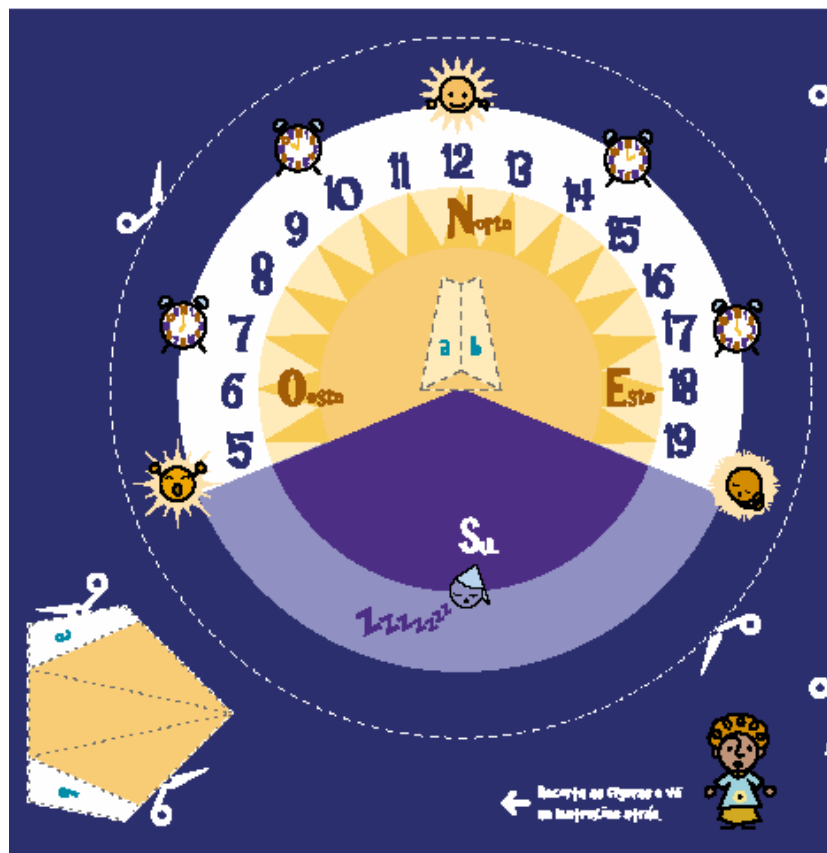
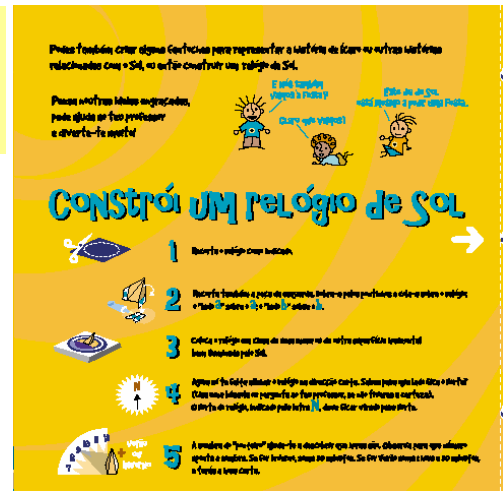


5

Relógios de Sol

construção do relógio da “Turma do Sol”

- Em **África** o Deus Sol era conhecido por **LIZA**
- Na **América do Sul**, os Incas chamavam-lhe **INTI**
- Os **Romanos** deram-lhe o nome de **APOLO**



Brochura editada pela ADENE no âmbito do projecto “Suport to Campaign for take-off” com o apoio do Programa Altener II e da DGE – 1991.

Disponível para download em www.aguaquentesolar.com



5

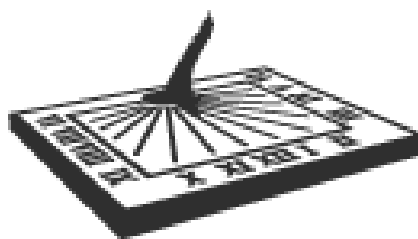
Relógios de Sol

Construção de um relógio de Sol horizontal

• Procedimento

1. Traçar margem de 2 cm em cada um dos lados do cartão e defina o lado superior do mostrador como sendo o segmento de recta AB.
2. No segmento de recta AB, marque o ponto médio C e trace uma perpendicular. Ao ponto de intersecção do último segmento com a margem já construída atribua a letra D.
3. A partir do segmento AC - com um transferidor - marque o ângulo complementar da latitude, α , do lugar onde quer implantar o relógio e trace um segmento de recta com origem no ponto C. Assinale um ponto E que diste 4cm de C.
4. A partir do ponto E trace uma perpendicular a CE, que vá ao encontro do segmento CD. Chame F ao ponto de intersecção deste novo segmento com o segmento CD.
5. Trace uma recta s paralela ao segmento AB e que passe por F.
6. Construa uma circunferência de centro em F e raio igual à medida do segmento EF. Assinale com a letra G o ponto de intersecção da circunferência com o segmento CD.
7. Construa uma semi-circunferência de centro em G e marque sobre esta os ângulos de 15° em 15° a partir do segmento CD. Trace todos os segmentos que unam o ponto G à recta s e que passem pelas marcas entretanto assinaladas.
8. Com os pontos obtidos na recta s trace todos os segmentos que vão ao encontro do ponto C e que intersectam na outra extremidade as margens do mostrador. Estes segmentos vão representar as linhas horárias do relógio de sol.
9. Com o pedaço de cartolina construa o gnómon com base no esquema representado.
10. Dobre a peça no segmento FN e cole os dois triângulos um ao outro.
11. Com o x-acto faça uma incisão no cartão ao longo do segmento CF.
12. Enfie o gnómon na incisão feita no mostrador, de modo a que as letras C e F fiquem coincidentes, e cole as patilhas na parte anterior do mostrador. O gnómon deverá ficar perpendicular ao mostrador.
13. Colocar o seu relógio de sol no local desejado
vértice C deverá ficar apontado a Sul.

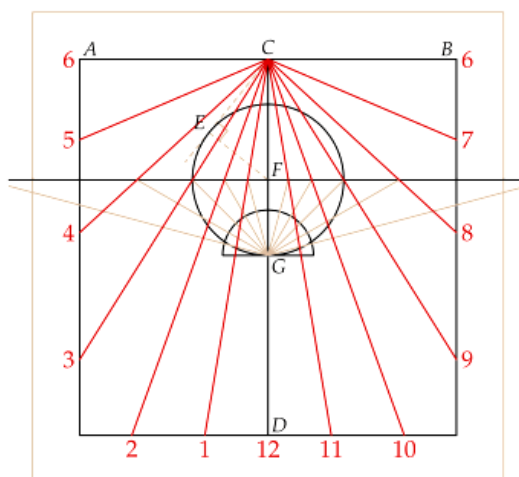
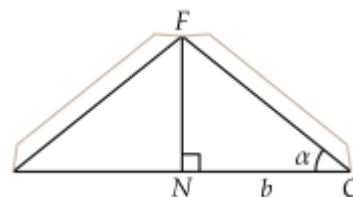
- No **relógio de sol horizontal**, o mostrador está na horizontal pelo que o gnómon faz um ângulo com o mostrador igual à latitude do local de implantação do relógio.



CN: gnómon
CF: base do gnómon
b: medida do gnómon
 α : latitude do lugar

Materiais necessários:

- 1 quadrado de cartão com 20 cm de lado;
- 1 quadrado de cartolina com 10 cm de lado; régua; transferidor; marcador; cola; x-acto





5

Relógios de Sol para saber mais ...

Bibliografia e sites da Internet

“Conversão Térmica da Energia Solar”, Cruz Costa, Jorge;
Lebeña, Eduardo, SPES/INETI (disponível em:
http://www.spes.pt/Manual_Instaladores.pdf)

**Energias Renováveis – A Opção Inadiável (SPES) – Manuel
Collares-Pereira**

**O Meu Primeiro Livro de Astronomia (Gradiva) – imagens e
conteúdos sobre astronomia e geografia**

**ANALEMA – Boletim de la Asociacion de Amigos de los Relojes
de Sol – El nombre de “cuadrante” – Vasco N. Melo
(Gnomonista)**

www.cienciaviva.pt – conteúdos sobre o Kit
longitude e latitude

<http://mea.proto.artenumerica.com/sombras/> - Exposição
“Sombras do Tempo”

www.cne-escutismo.pt - imagens e conteúdos sobre
orientação

www.spes.pt – Sociedade Portuguesa de Energia Solar

www.aguaquentesolar.com – Iniciativa Pública AQSpP

www.fourmilab.ch/cgi-bin/uncqi/Earth - mapas de satélite em
directo