

# Orientação Geográfica e Relógio de Sol

Curso de Introdução à Astronomia e Astrofísica

Dr. André de Castro Milone- DAS/INPE

acmilone@das.inpe.br

## 1.1 MEIO-DIA SOLAR E ORIENTAÇÃO GEOGRÁFICA

Finalidade:

Determinar simultaneamente o instante do meio-dia solar e a direção norte-sul do lugar (meridiano local) utilizando-se de um gnômon (astronômico). Dê preferência em fazer essa atividade nos dias dos equinócios de outono e de primavera, ou datas próximas. No caso do hemisfério sul, ocorrem em torno de 22 de março e 21 de setembro respectivamente (nessas ocasiões, a declinação do Sol é nula).

Um gnômon astronômico é uma haste perpendicular a uma superfície plana horizontal.

Material necessário:

Uma superfície plana, lisa e retangular (ex. madeira, fórmica ou isopor grosso), uma pequena haste sólida perfeitamente reta (ex. um lápis) de comprimento menor que a largura da superfície, uma folha de papel retangular, um relógio, uma régua milimetrada, um esquadro ou um transferidor, um lápis ou caneta, um barbante ou um compasso, percevejos ou uma fita adesiva e uma bússola.

Passos:

- A. Escolher um local de trabalho onde a luz solar incide por volta do meio-dia.
- B. Fazer um furo perpendicular à superfície, próximo do lado maior (e mais ou menos no meio de seu comprimento), de modo que a haste escolhida se encaixe com firmeza.
- C. Fixar a folha de papel na superfície.
- D. Encaixar a haste de modo perpendicular à superfície (verificar com o esquadro ou transferidor o ângulo de  $90^\circ$ ) e dispor essa superfície na horizontal.
- E. Medir com cuidado o tamanho efetivo de seu gnômon (comprimento entre sua extremidade e a superfície) com a régua.
- F. Anotar a data na folha de papel.
- G. Iniciar o experimento às 11h.
- H. Marcar, no papel, a extremidade da sombra do gnômon a cada 10 ou 5 min.

- I. Verificar e anotar a hora da ocorrência da sombra mínima.
- J. Medir com cuidado o comprimento da sombra mínima.
- K. Terminar as medições às 13h.

#### Resultado(s):

A sombra mínima do gnômon ocorre quando é meio-dia solar e o Sol está cruzando o meridiano celeste do lugar. O Sol atinge, nesse instante, sua altura máxima no céu. Comparar o instante do meio-dia solar com a hora civil do local (note que elas são distintas). Altura é o ângulo entre a direção do astro e o plano do horizonte. A sombra mínima estará alinhada na direção N-S. Use a bússola para comparar (lembre-se de que a agulha de uma bússola se alinha na direção dos pólos magnéticos e não geográficos). A direção leste-oeste será perpendicular à N-S, de modo que o sentido oeste será para onde o Sol estará "caminhando" após o meio-dia solar, sua culminação (sentido contrário da sombra). Para um local situado no hemisfério sul da Terra, conhecidas a direção N-S e a localização do ponto cardeal oeste, o ponto sul ficará à esquerda da pessoa se ela estiver olhando para o ponto oeste. Para o hemisfério norte da Terra, o ponto cardeal norte será também aquele à esquerda da pessoa.

Passos alternativos para determinar apenas a orientação dos pontos cardiais:

- ✓ Repetir os passos de A a F.
- ✓ Iniciar o experimento às 10h.
- ✓ Marcar a posição da extremidade da sombra num dado instante qualquer bem antes do meio-dia (anote a hora por curiosidade).
- ✓ Traçar sobre o papel, com muita atenção, uma circunferência centrada no gnômon (furo da superfície) com o compasso ou com o barbante amarrado no gnômon (+ um lápis).
- ✓ Quando a extremidade da sombra atingir novamente a circunferência traçada, marque o ponto onde isso ocorre (anote a hora por curiosidade).
- ✓ Traçar segmentos de reta que liguem o centro da circunferência com os pontos marcados sobre cada uma delas.
- ✓ Obter e traçar a bissetriz do ângulo formado pelo par desses segmentos de retas.

#### Resultado(s):

A linha norte-sul do lugar estará na direção da bissetriz (ou bissetriz média se mais de uma circunferência for traçada) do ângulo obtido. Apresente suas dificuldades e conclusões.

#### Importante:

Traçar no terreno, onde a atividade foi realizada, as direções norte-sul e leste-oeste. Se quiser, aproveite para desenhar uma rosa dos ventos.

## 1.2 LATITUDE GEOGRÁFICA DE UM LUGAR DO HEMISFÉRIO SUL

Finalidade:

Calcular a latitude geográfica por meio da medição da sombra mínima de um gnômon, e conseqüentemente, da altura máxima do Sol (culminação ao cruzar o meridiano celeste local) na ocasião do solstício do inverno austral, por volta de 21 de junho, ou data próxima.

Material necessário:

Além do gnômon e do material citados na atividade anterior, você vai precisar de uma calculadora científica.

Passos:

- ✓ Anotar, no papel fixado na base de seu gnômon, a data e o comprimento efetivo do gnômon.
- ✓ Obter a sombra mínima e medir sua extensão segundo os procedimentos da atividade anterior.
- ✓ Calcular a altura da culminação do Sol. A altura máxima do Sol é o ângulo formado entre a direção do mesmo na culminação e o horizonte do lugar. Neste instante, o Sol está "desenhando" um triângulo retângulo formado pela sombra mínima e pelo gnômon, que serão os catetos. A hipotenusa desse triângulo é definida pelo raio de luz solar que tangencia a extremidade do gnômon. A altura do Sol é igual ao ângulo formado pela sombra e pela hipotenusa desse triângulo. Então, é só obter a tangente desse ângulo fazendo a divisão entre o comprimento do gnômon e a extensão da sombra. Daí, tem-se, o ângulo da culminação.
- ✓ Calcular a latitude do lugar aplicando conhecimentos astronômicos básicos sobre o sistema de coordenadas equatoriais (posição do pólo elevado, equador celeste, latitude, altura de culminação e declinação) como mostrado na Figura 1.1.
- ✓ A latitude do lugar, em módulo, é dada pela fórmula adiante, para lugares no hemisfério sul entre o equador e o círculo polar na ocasião do solstício do inverno austral:

$$|\text{latitude}| = 90^\circ - (\text{altura-do-Sol}) - 23^\circ,5$$

Para um lugar ao norte do equador, a atividade deve ser feita num dia próximo ao solstício do inverno boreal (21 de dezembro).

Resultado(s):

Comparar a latitude calculada com aquela apresentada por um atlas ou mapa geográfico. Pode-se repetir a medida, quantas vezes preferir, para obter um valor médio mais confiável. O pólo celeste sul (ou norte) está na direção sul (ou norte) a uma elevação angular é exatamente igual ao módulo da latitude do lugar; veja a Figura 1.1. Apresente suas dificuldades e conclusões.

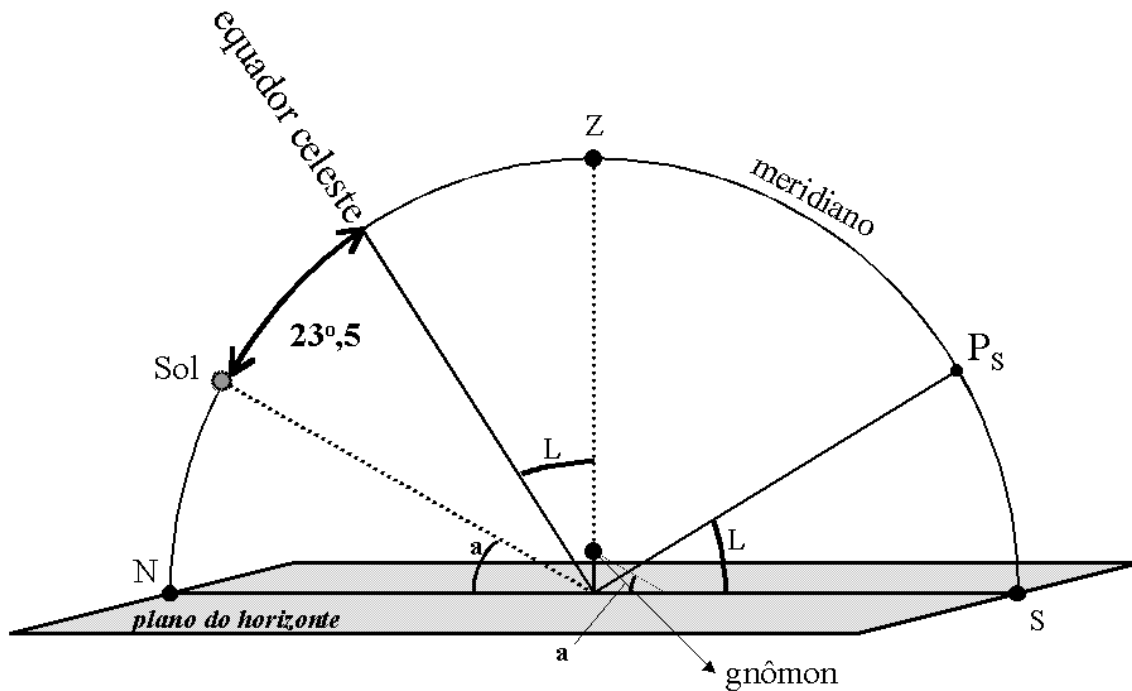


FIGURA 1.1 - CULMINAÇÃO DO SOL NO DIA DO SOLSTÍCIO DO INVERNO AUSTRAL PARA UM LOCAL DO HEMISFÉRIO SUL TERRESTRE ENTRE O EQUADOR E O CÍRCULO POLAR. PERCEBA QUE A DECLINAÇÃO DO SOL IGUALA-SE A  $23^{\circ},5$  N (INCLINAÇÃO DO EIXO DE ROTAÇÃO TERRESTRE RELATIVA À PERPENDICULAR DA ECLÍPTICA). NOTE QUE O PÓLO ELEVADO DO LUGAR É O PÓLO CELESTE SUL ( $P_s$ ). Z É O ZÊNITE, L É A LATITUDE GEOGRÁFICA DO LUGAR E A ALTURA DA CULMINAÇÃO DO SOL É DADA PELO ÂNGULO 'a'.

### 1.3 RELÓGIO DE SOL EQUATORIAL PORTÁTIL (PARA O HEMISFÉRIO SUL)

Finalidade(s):

Determinar, em primeira instância, a hora solar verdadeira. Pode-se preferir, também, o cálculo prévio da latitude do lugar com um gnômon (atividade anterior) ou usar aquela obtida de um atlas geográfico. Pode-se obter a hora solar

média através de uma adição ou subtração (da equação do tempo). A hora civil só pode ser obtida caso se conheça a longitude e o fuso horário do lugar. Leia a SEÇÃO DIAS E NOITES do Capítulo 1 da apostila texto desse Curso.

#### Material necessário:

um círculo rígido com furo central (ex. de papelão ou um CD inútil), uma haste fina e comprida, um lápis ou caneta de escrita fina, um transferidor, um relógio, um anuário astronômico e uma calculadora (científica de preferência).

#### Passos:

- ✓ Desenhe, nas duas faces do círculo furado, marcações para as horas espaçadas de 15°, de acordo com a ilustração da Figura 1.2. As horas devem coincidir nos mostradores austral (S) e boreal (N). As marcas das 12h (meio-dia solar verdadeiro), uma de cada lado do disco, deverão tocar a superfície horizontal quando o relógio solar estiver construído como na Figura 1.2.
- ✓ Introduza a haste no furo do círculo e ajuste seu comprimento (desde o chão até o disco) de modo que o ângulo formado por ela e pela superfície horizontal seja igual ao módulo da latitude do lugar. Meça o raio do disco utilizado e aplique o conceito de tangente de um ângulo num triângulo retângulo,  $\text{tangente-da-latitude} = \text{cateto-oposto (raio-disco)} \div \text{cateto-adjacente (comprimento da haste)}$ , para calcular o comprimento da haste em função do raio do círculo e da latitude como visto na Figura 1.2.
- ✓ Escolha um lugar onde haja incidência da iluminação solar por boa parte do dia.
- ✓ Oriente seu relógio de Sol portátil de modo que a haste esteja paralela à direção norte-sul. A parte mais alta da haste ficará, assim, apontando para o pólo celeste sul. Consequentemente, a haste ficará disposta paralelamente ao eixo de rotação da Terra. O plano do mostrador será paralelo ao plano do equador celeste (e terrestre).
- ✓ Leia, através da sombra da haste, a hora solar verdadeira local (HVL) no mostrador boreal ou austral. Note que quando a sombra ocorre no mostrador boreal o Sol está ao norte do equador celeste e vice-versa. Nos dias dos equinócios, a sombra será projetada em ambos mostradores (o Sol está exatamente sobre o equador do céu).
- ✓ Para obtermos a hora solar média local (HML), basta adicionar uma correção (positiva ou negativa) denominada de Equação do Tempo (ET), a qual é tabulada diariamente num anuário astronômico. Essa correção é no máximo de 15 min para mais ou menos.

$$\text{HML} = \text{HVL} + \text{ET}$$

#### Resultado(s):

Compare as horas solares verdadeira e média locais com a hora civil de seu

relógio. Se quiser obter a hora civil ou legal (HL), terá que adicionar o fuso horário e subtrair a longitude (horária) do lugar. A longitude do lugar é positiva a leste de Greenwich e negativa para oeste. O fuso horário de Brasília, DF, é -3 h. Por curiosidade, a hora ou tempo universal (TU) é a HML do meridiano de Greenwich cujos fuso e longitude são nulos.

$$HL = HML + FUSO - (\text{longitude-do-lugar})$$

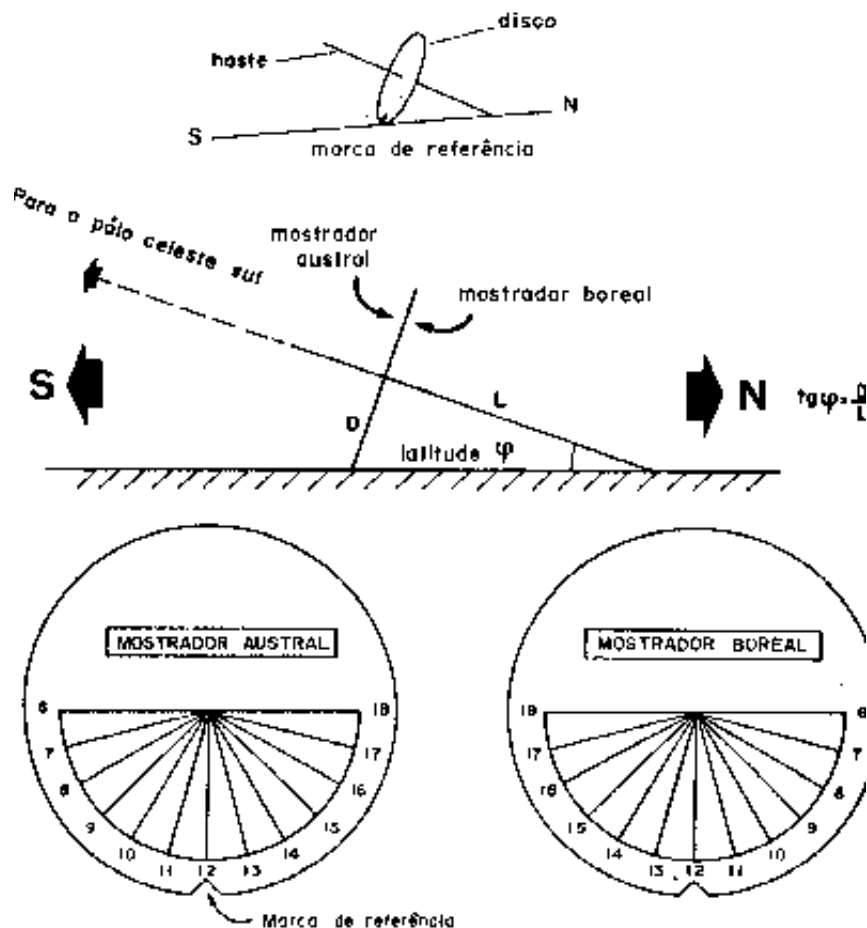


FIGURA 1.2 - ILUSTRAÇÃO ESQUEMÁTICA DO RELÓGIO SOLAR EQUATORIAL PORTÁTIL (DO LIVRO ASTRONOMIA A RÉGUA E COMPASSO DE MARCOS D. NEVES). A LETRA D REPRESENTA O RAIOS DO MOSTRADOR CIRCULAR, L O COMPRIMENTO DA HASTE, DESDE A SUPERFÍCIE PLANA ATÉ O DISCO, E  $\varphi$  O ÂNGULO DE LATITUDE DO LUGAR. NOTE QUE A TANGENTE DE  $\varphi$  DEVE SER IGUAL A DIVISÃO DE D POR L ( $\text{tg } \varphi = D \div L$ ).