FIS02014 - Observador, o alvo e a época
Prof. Basílio X. Santiago

Neste ítem vamos discutir a relação entre o ponto e época de observação e o alvo da mesma. Vivemos numa época em que é possível coletar dados astronômicos do espaço, usando telescópios em órbita da Terra, ou mesmo mais distantes. Isso é uma realidade desde o final da década de 1960, sendo que as ferramentas de observação do espaço estão em constante processo de aperfeiçoamento, assim como as baseadas em solo.

Uma das vantagens de se observar do espaço é a de permitir que essencialmente todo o céu esteja disponível a qualquer época. Tomemos o telescópio espacial Hubble (HST) como exemplo. Como seu período orbital em torno da Terra é de 96 minutos, a cada 48 minutos ele se situa fisicamente em lados diametralmente opostos do planeta, evitando assim que a Terra, mesmo cobrindo quase metade da esfera celeste, obstrua a observação pelo HST. O HST, portanto, constitui-se em um ponto de observação que, pela sua mobilidade, tem todo o céu disponível.

Tal não se sucede de observações feitas em solo. A Terra novamente obstrui metade da esfera celeste a cada instante. E contrariamente ao HST, um observador em solo precisa de metade de um dia, 12h, para deslocar-se entre pontos no espaço diametralmente opostos com relação ao planeta. Some-se a isso o inconveniente causado pela atmosfera terrestre, a qual, ao espalhar a luz do Sol e também emitir radiação em vários comprimentos de onda, torna a observação astronômica impossível durante o dia, **pelo menos no domínio óptico e infravermelho próximo**. Em outras palavras, de nada adianta a um observador aguardar 12h para que um alvo posicione-se acima de seu horizonte de observação se isso acontecer durante o dia claro, ou seja, se o Sol também estiver alto no céu.

Nosso viés de nos concentrarmos neste domínio espectral então nos obriga a discutir a relação entre local do observador, época de observação e o alvo. Essa discussão faz uso de conceitos de Astronomia de Posição e Fundamental.

Podemos resumir esse estudo à seguinte questão :

Dado um alvo, de onde e quando podemos observá-lo?

A resposta envolve a posição do observador na Terra, quantificada pela sua latitude ϕ e longitude λ e a posição do alvo no céu, quantificada pelas suas coordenadas equatoriais (ascensão reta α e declinação δ). No caso de observações fortemente influenciadas pela distância do Sol ao alvo no céu, as coordenadas equatoriais do Sol, $\alpha_\odot$ e $\delta_\odot$ também são relevantes.

Como critérios indispensáveis para qualquer observação , temos que demandar que o alvo esteja acima do horizonte do observador pelo menos durante certo período do dia. Ou seja, não pode o alvo ser invisível da latitude do observador. Além disso, quanto maior a altura h do alvo no céu, melhor para observá-lo, pois menor a massa de ar atmosférico interveniente na direção do alvo. Como a altura de um alvo é máxima na culminação superior, este é o instante ideal para observá-lo.

O estudo analítico da visibilidade e da altura na passagem meridiana de um alvo envolvem relações entre ϕ e δ. Estudaremos essas relações através de parte do hipertexto de nossa autoria, em www.if.ufrgs.br/oei/santiago/fis2005 e www.if.ufrgs.br/oei/santiago/fis2006. Em especial, recomendamos o estudo das 5 seções iniciais do hipertexto de Astronomia Geodésica I, as quais revisam os principais sistemas de coordenadas, descrevem o movimento diurno e deduzem relações para a passagem meridiana e as condições de circumpolaridade e invisibilidade.

Para podermos estimar quanto tempo um dado objeto satisfaz um critério de altura mínima no céu de dado observador, vamos usar as seções seguintes, que tratam de Trigonometria Esférica e Astronomia Esférica.

Finalmente, as seções sobre movimento anual do Sol e sistemas de tempo podem ser úteis para compreender o texto que segue, em que veremos a relação entre a posição do Sol e do alvo em função da época do ano.

Estudo analítico do movimento anual do Sol

O Sol médio, responsável pela contagem do tempo oficial, desloca-se anualmente sobre o equador celeste com uma velocidade angular constante $\omega_\odot$:

$$\frac{d\alpha_\odot}{dt} = \omega_\odot$$

A solução desta complicadíssima equação diferencial é:

$$\alpha_\odot = \omega_\odot \ t + \alpha_{\odot,0}$$

Condições de contorno (complicadíssimas!):

$$\alpha_\odot(21/03) = 0$$

Arbitrando $t = 0$ como o início do ano, temos que 21/03 corresponde a $t = 0.2190$ ano ou $t = 80$ dias.

Expressando $\omega_\odot$ em ângulo dia^{-1}, a equação para $\alpha_\odot$ então fica:

$$\alpha_\odot = \omega_\odot \ [t(d) - 80]$$

Caso $t < 80d$, ou seja, para datas do ano anteriores ao equinócio de março, temos que somar $24h$ (ou 360^o) ao resultado, para que $\alpha_\odot$ não seja negativa, já que o domínio possível da ascensão reta é $0h < \alpha < 24h$ (ou $0^o < \alpha < 360^o$).

Qual o valor de $\omega_\odot$?

$$\frac{d\alpha_\odot}{dt} = \omega_\odot = \frac{360}{365.25}^{o} \ dia^{-1} = 0.98563^o \ dia^{-1} = 59.137' \ dia^{-1} = 3m56.5s \ dia^{-1}$$

As estrelas descrevem um movimento diurno regular, nascendo e se pondo sempre à mesma **hora sideral S**.

A hora sideral S pode ser expressa por:

$$S = H_\odot + \alpha_\odot = M - 12h + \alpha_\odot,$$

onde $H_\odot$ é o ângulo horário do Sol médio em dado instante e M é a hora solar média local. Então , a uma hora sideral fixa, temos:

$$\frac{d\alpha_\odot}{dt} = -\frac{dH_\odot}{dt} = -\frac{dM}{dt}$$

Logo, para S fixo:

$$\frac{dM}{dt} = -3m56.5s\ dia^{-1}$$

Ou seja, o movimento anual do Sol faz com que as estrelas nasçam, cruzem o meridiano de um dado observador e se ponham 3m56.5s mais cedo a cada dia.

Qual a ascensão reta que cruza o meridiano astronômico de um observador à zero hora ($M = 0h$) para cada dia do ano?

A ascensão reta que está no meridiano à zero hora, α_{0h}, é aquela que corresponde ao valor oposto ao do Sol naquele dia. Ou seja,

$$\alpha_{0h}(h) = \alpha_\odot(h) + 12h$$

$$\alpha_{0h}(h) = \omega_\odot\ [t(d) - 80] + 12h$$

$$\alpha_{0h}(^o) = 0.98563^o\ \text{dia}^{-1}\ [t(d) - 80] + 180^o$$

Ou seja, o círculo horário que cruza o meridiano à meia-noite, para qualquer observador, avança 3m56.5s por dia.

Se desejamos saber qual a ascensão reta no meridiano a uma outra hora do dia, $M \neq 0h$, temos que lembrar que o **movimento diurno**, que causa a variação da hora **ao longo do dia** tem velocidade angular $\omega_D = 15^o hora^{-1}$.

Então

$$\alpha_M(^o) = \alpha_\odot(^o) + 180^o + \omega_D\ M$$

$$\alpha_M(^o) = 0.98563^o\ \text{dia}^{-1}\ [t(d) - 80] + 180^o + \omega_D\ M$$

Observações :

1- Estes cálculos são aproximados, pois assumem que o equinócio de março se dá sempre no dia 21/03 à $M = 0h$ do meridiano do observador em questão . Além disso, não levam em conta que $\alpha_\odot$ varia continuamente com o tempo, de forma que a ascensão reta do Sol à meia noite (e por conseqüência α_{0h}) varia entre um observador e outro no mesmo dia. Idem para α_M.