# Aulas - FIS02016

basilio.santiago

March 2020

## 1 Relações na passagem meridiana

Vemos pelo estudo do diagrama do plano meridiano (ver página do hipertexto em http://www.if.ufrgs.br/oei/santiago/fis2005/textos/SC1.htm ), que há uma relação entre a latitude de um observador ($\phi$), a altura $h_s$ (ou distância zenital, $z_s = 90^o - h_s$) que ele mede para uma fonte astronômica no momento da culminação superior (quando então a altura é máxima e a distância zenital é mínima, portanto) e a declinação $\delta$ da fonte.

$$\phi = \delta - z_s \ (A_s = 0^o)$$

$$\phi = \delta + z_s \ (A_s = 180^o)$$

Notem que a escolha da relação exata depende do azimute em que se dá a passagem pelo meridiano astronômico. Se ela ocorre a norte do zênite ($A_s = 0^o$) ou a sul do zênite ($A_s = 180^o$).

A relação a ser escolhida não depende da latitude do observador nem da declinação da estrela.

## 2 Condição de circumpolaridade

Para ser circumpolar, a distância da estrela ao pólo celeste elevado para o observador tem que ser, em módulo, menor do que a altura do pólo. Isso é suficiente para garantir que todo o arco diurno da estrela esteja acima do horizonte.

$$p < |\phi|$$

No caso de observador situado no hemisfério norte geográfico, $\phi \geq 0^o$

$$p < \phi \quad (H.N.)$$

Já para um observador situado no hemisfério sul geográfico, $\phi \leq 0^o$

$$p < -\phi \quad (H.S.)$$

$$p + |\delta| = 90^o$$

No H.N.: $p = 90^o - \delta$
No H.S.: $p = 90^o + \delta$

Sendo assim, as condições de circumpolaridade ficam:

$$90^o - \delta < \phi \quad (H.N.)$$

$$\delta > \mathbf{90^o} - \phi \quad (\mathbf{H.N.})$$

$$90^o + \delta < -\phi \quad (H.S.)$$

$$\delta < -\mathbf{90^o} - \phi = -(\phi + \mathbf{90^o}) \quad (\mathbf{H.S.})$$

Quais as estrelas circumpolares no céu de Porto Alegre ($\phi = -30^o$)?

$$\delta < -90^o - (-30^o) = -60^o$$

Ou seja, $-90^o \leq \delta < -60^o$

## 3 Condição de invisibilidade

Para ser invisível no céu de um observador uma estrela tem que ter sua altura de culminação superior $h_s < 0^o$.

Para um observador no Hemisfério Norte geográfico, usamos então a relação entre latitude $\phi$ do obser-

vador, declinação $\delta$ e $h_s$ da estrela para o caso em que ela está bem para o sul, ou seja, $A_s = 180^o$:

$$\phi = \delta + z_s$$

$h_s < 0^o \;\rightarrow\; z_s > 90^o$. Logo

$$\phi - \delta > 90^o$$

$$\delta < \phi - \mathbf{90^o} \;\; (H.N.)$$

E para um observador no Hemisfério Sul geográfico, usamos a relação entre latitude $\phi$ do observador, declinação $\delta$ e $h_s$ da estrela para o caso em que ela está bem para o norte, ou seja, $A_s = 0^o$:

$$\phi = \delta - z_s$$

$h_s < 0^o \;\rightarrow\; z_s > 90^o$. Logo

$$\delta - \phi > 90^o$$

$$\delta > \phi + \mathbf{90^o} \;\; (H.S.)$$

Condições de circumpolaridade e invisibilidade para o Hemisfério Sul geográfico

Circumpolaridade: $\delta < -(90^o + \phi)$

Invisibilidade: $\delta > (90^o + \phi)$

Para o Hemisfério Norte geográfico ($\phi > 0^o$) temos:

Circumpolaridade: $-\delta < -(90^o - \phi) \rightarrow -\delta < -90^o + \phi$

$$\delta > 90^o - \phi$$

Invisibilidade: $-\delta > (90^o - \phi) \rightarrow \delta < -90^o + \phi$

## 4 Solução dos exercícios da $1^a$ lista, 1 a 5

Exercício 1)

Se a estrela está no horizonte: $h = 0^o$

E o azimute tem origem no ponto N, $90^o$ no E, $180^o$ no S e $270^o$ no W.

No caso: $(h, A) = (0^o, 90^0)$

Nem toda estrela nasce no ponto cardeal E, só uma minoria. Elas necessariamente nascem a leste do meridiano: $0^o \leq A \leq 180^o$

Exercício 2)

Direção NE necessariamente está contida entre N (A=$0^o$) e E (A=$90^o$): $0^o \leq A \leq 90^o$

Um objeto **exatamente** a NE, tem $A = 45^o$.

No caso de um objeto situado entre N e W, o domínio de azimutes é $270^o(W) \leq A \leq 360^o(N)$

Exercício 3)

Um objeto que está se pondo, necessariamento está a W do meridiano, baixando no céu. Então $180^o < A < 360^o$. Isso vale não apenas para o Sol, mas para qualquer fonte celeste.

Exercício 4)

A distância zenital $z$ é o complemento da altura $h$: $z + h = 90^o$

Se $h = 20^o$, então $z = 90^o - h = 70^o$

Se $h = -20^o$, então $z = 90^o - h = 90^o - (-20^o) = 110^o$

Exercício 5)

$(A, h) = (130^o, 30^o)$: a estrela está subindo no céu, ou seja, sua altura irá aumentar.

Se $180^o < A < 360^o$, a situação é de uma estrela a W do meridiano. Logo, sua altura está diminuindo.

## 5 Exercícios da $1^a$ lista, 7 e 8

Exercício 7)

Rigel: $(\alpha, \delta) \simeq (5h20m = 80^o, -8^o); H \simeq 23h10m$

Capella: $(\alpha, \delta) \simeq (5h15m = 79^o, +47^o); H \simeq 23h15m$

Achernar: $(\alpha, \delta) \simeq (1h40m = 25^o, -57^o); H \simeq 3h00m$

Sol: $(\alpha, \delta) \simeq (23h40m = 355^o, -3^o); H \simeq 5h$

Lua: : $(\alpha, \delta) \simeq (7h12m = 108^o, +22^o); H \simeq 21h30m$

Exercício 8)

Saturno: $(A, h) \simeq (288^o, 32^o)$

Netuno: $(A, h) \simeq (98^o, 8^o)$

Altair: $(A, h) \simeq (62^o, 26^o)$

Arcturus: $(A, h) \simeq (225^o, 33^o)$

Spica: $(A, h) \simeq (286^o, 46^o)$

Fomalhaut: $(A, h) \simeq (121^o, 8^o)$

Antares: $(A, h) \simeq (30 - 40^o, 86^o); \delta \simeq -27^o$

$$-\phi = -\delta + z_s \quad \rightarrow \quad \phi = \delta - z_s$$

## 6 Exercícios de passagem meridiana (culminação superior)

Exercício 9)

$h_i = 20:12:32.4$. $h_s = 50:23:08.2$. Ambos com $A_s = A_i = 180^o$

$$-\phi = \frac{h_i + h_s}{2} = 35^o 17' 50.3"$$

$$\phi = -35^o 17' 50.3"$$

Exercício 10)

$h_i = 20:12:32.4$. $h_s = 50:23:08.2$. $A_s = 0^o$;$A_i = 180^o$

$$-\phi = \frac{h_i + 180^o - h_s}{2} = \frac{200^o 12' 32.4" - 50^o 23' 08.2"}{2}$$

$$-\phi = \frac{149^o 49' 24.2"}{2}$$

$$\phi = -\frac{149^o 49' 24.2"}{2}$$

$$\phi = -74,5^o 24,5' 12,1"$$

$$\phi = -74^o 54' 42,1"$$

Exercício 14)

O azimute da estrela ao culminar é $A_s = 180^o$.
Logo, vamos usar a relação:

$$\phi = \delta + z_s$$

$$\delta = \phi - z_s = \phi - 90^o + h_s$$

$$\delta = 40^o 50' 28" - 90^o 00' 00" + 30^o 19' 17" = 70^o 69' 45" - 90^o 00' 00"$$

$$\delta = 71^o 09' 45" - 90^o 00' 00" = -19^o + 09' + 45" = -18^o(-60+9)' + 45"$$

$$\delta = -18^o - 51' + 45" = -18^o - 50'(-60+45)" = -18^o 50' 15"$$

Exercício 15)

Deduz-se pelo desenho do diagrama do plano meridiano que $A_s = 180^o$

$$\delta = \phi - z_s = \phi - 90^o + h_s$$

$$h_s = \delta - \phi + 90^o$$

$$h_s = -47^o 29' 00" - (-30^o 10' 21") + 90^o 00' 00"$$

$$h_s = 120^o10'21" - 47^o29'00" = +73^o - 19' + 21"$$

$$h_s = +72^o41'21"$$

Exercício 21)

Procyon: $\delta = 5^o13'30"$

Culminação superior: $A_s = 0^o; h_s = 48^o56'43"$

Procyon dista do horizonte, do ponto N, o seu valor de $h_s$. Procyon também dista do Equador Celeste o seu valor de $\delta$, estando a N do EC.

Dessa forma, a altura do EC é a soma $\delta + h_s = 53^o69'73" = 54^o09'73" = 54^o10'13"$

A distância zenital do EC é $35^o49'47" = |\phi|$

Mas se o EC está inclinado por $35^o49'47"$ na direção N (ou seja o ponto do EC que cruza o meridiano astronômico tem também azimute $A_{EC} = 0^o$), o eixo de rotação, que é perpendicular ao EC, está apontando numa direção a S. Ou seja, o pólo celeste elevado é o PSC.

Logo, a latitude do observador é $\phi = -35^o49'47"$

## 7 Exercícios sobre circumpolaridade e invisibilidade

Exercícios 23)

Canopus: $\delta = -52^o 42' 08''$

Canopus será invisível de pontos no H.N. da Terra. Então temos que aplicar a condição de invisibilidade apropriada:

$$\delta < -90^o + \phi \;\; \rightarrow \;\; \phi > 90^o + \delta = 90^o - 52^o 42' 08" = 37^o 17' 52"$$

E a estrela será circumpolar vista de pontos no H.S. da Terra. Então vamos aplicar a condição de circumpolaridade para esse hemisfério geográfico:

$$\delta < -(90^o + \phi) \;\; \rightarrow \;\; \phi < -90^o - \delta = -90^o + 52^o 42' 08" = -37^o 17' 52"$$

Exercício 25)

$\phi = 40^o$

Circumpolares: $\delta > 90^o - 40^o = 50^o$

Nenhuma das 25 estrelas listadas na tabela satisfaz a condição acima.

Invisíveis: $\delta < -90^o + 40^o = -50^o$

As seguintes estrelas satisfazem a condição acima: Canopus, Rigil Kentauri, Achernar, Hadar, Acrux, Mimosa, Gacrux

Exercícios Extras

A) Se você está no Equador da Terra, qual sua latitude $\phi$? Qual a altura do pólo celeste ele-

vado e que pólo é este? Quais as condições de circumpolaridade e invisibilidade nesse caso? Procure responder essa última questão sem aplicar as fórmulas que dão as condições de circumpolaridade e invisibilidade.

Resp.: Se estamos no equador terrestre, nossa latitude é $\phi = 0^o$, pois a latitude é o ângulo contado ao longo do meridiano geográfico entre nosso ponto e o Equador. Sobre a linha do equador, esse ângulo é obviamente nulo. Neste caso, como a altura do pólo é latitude do observador, ambos os pólos celestes, Sul e Norte, têm algura nula, ou seja, estão exatamente sobre a horizontal. Assim, todas as estrelas, não importa o quão próximas estão dos pólos, irão nascer e se por. Não há estrelas nem circumpolares nem invisíveis.

B) Suponha que estamos no paralelo de latitude $\phi = +20^o$, ou seja $20^o$ a norte do equador da Terra. Qual a condição de circumpolaridade neste caso? E qual a condição de invisibilidade? Sem aplicar novamente as fórmulas de circumpolaridade e invisibilidade, procure agora responder como ficam essas condições caso você se desloque mais $30^o$ ao longo do seu meridiano rumo ao norte.

Resp.: Aplicando a condição de circumpolari-

dade para $\phi = 20^o$, temos:

$$\delta > \mathbf{90^o} - \phi \quad (\mathbf{H.N.}) \quad \rightarrow \quad \delta > 70^o$$

E a condição de invisibilidade para esse observador fica:

$$\delta < \phi - \mathbf{90^o} \quad \rightarrow \quad \delta < -70^o$$

Se rumamos $30^o$ para norte, todo o céu de desloca para o sul. Assim, o pólo norte celeste, que estava $20^o$ acima do horizonte, agora estará com altura $50^o$, que é nossa nova latitude. Estrelas com distância polar no domínio $20^o < p < 50^o$, que antes nasciam e se punham, agora são circumpolares, ou seja, a nova condição de circumpolaridade é $\delta > 40^o$. E as estrelas no hemisfério sul celeste que estão a $50^o$ ou menos do PSC, agora são invisíveis, ou seja, a nova condição de invisibilidade é $\delta < -40^o$