

Nascer e Ocaso dos Astros

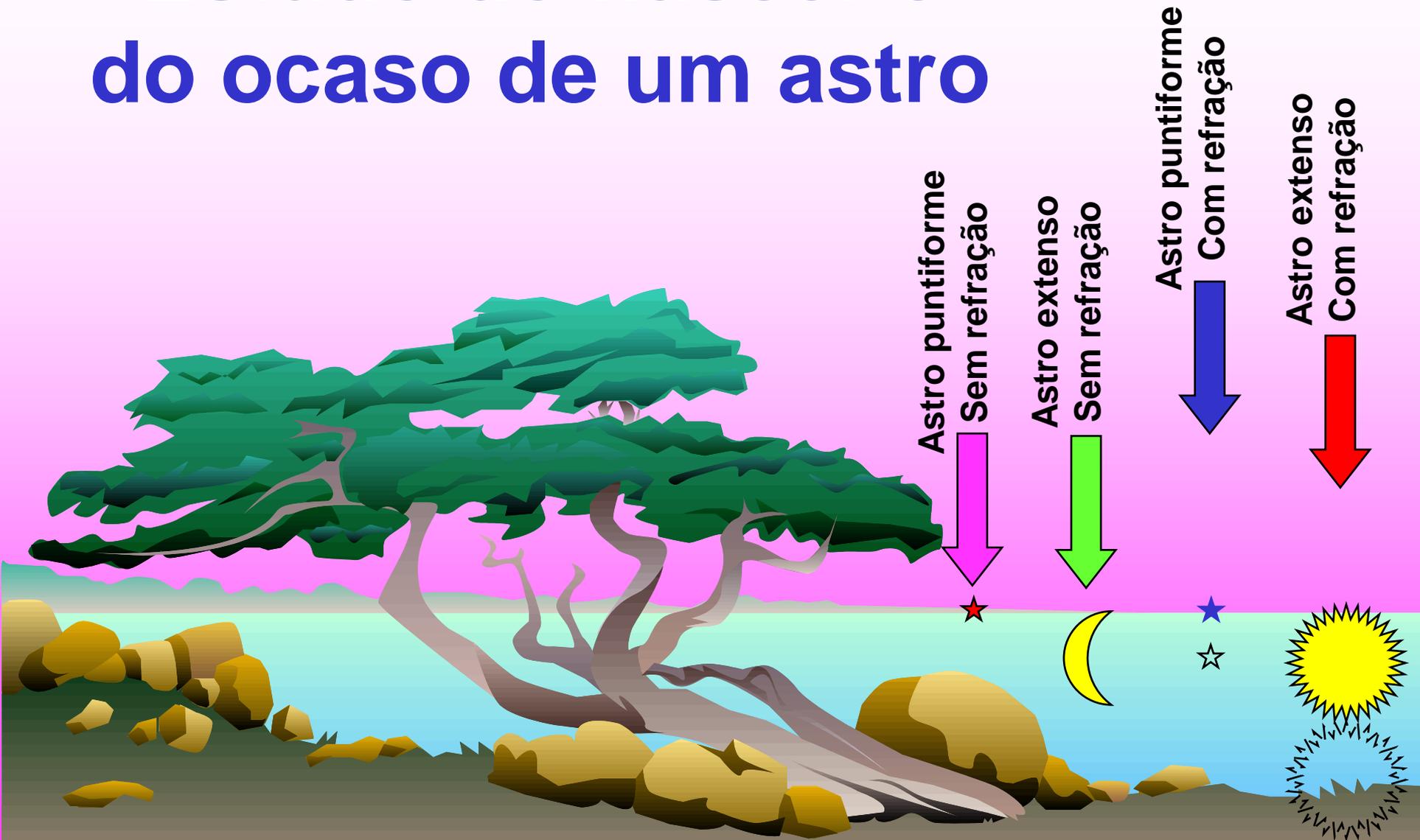
Incluindo refração atmosférica

9
11
2011



J. Melendez, baseado
no Prof. R. Boczko

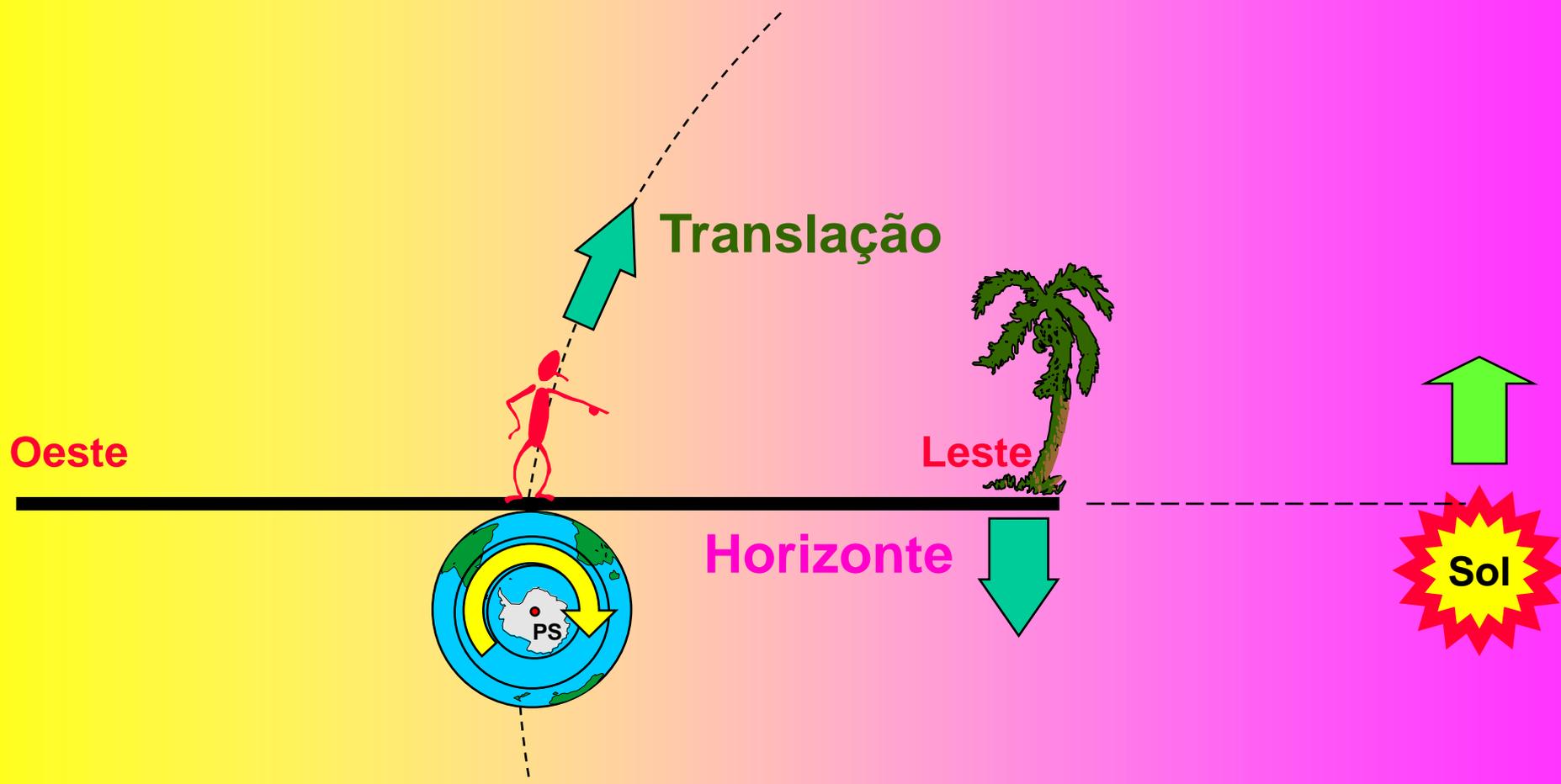
Estudo do nascer e do ocaso de um astro



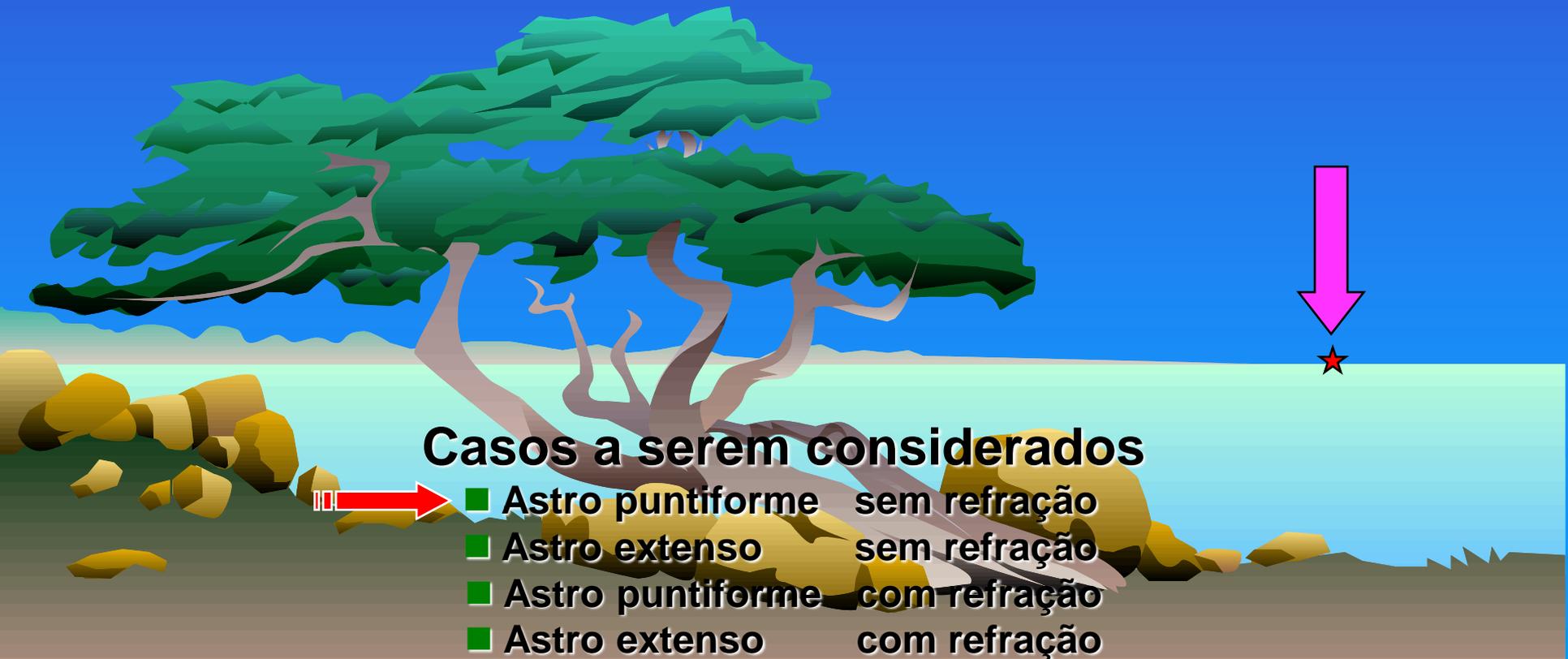


Motivo do Nascer do Sol

Visto do hemisfério Sul

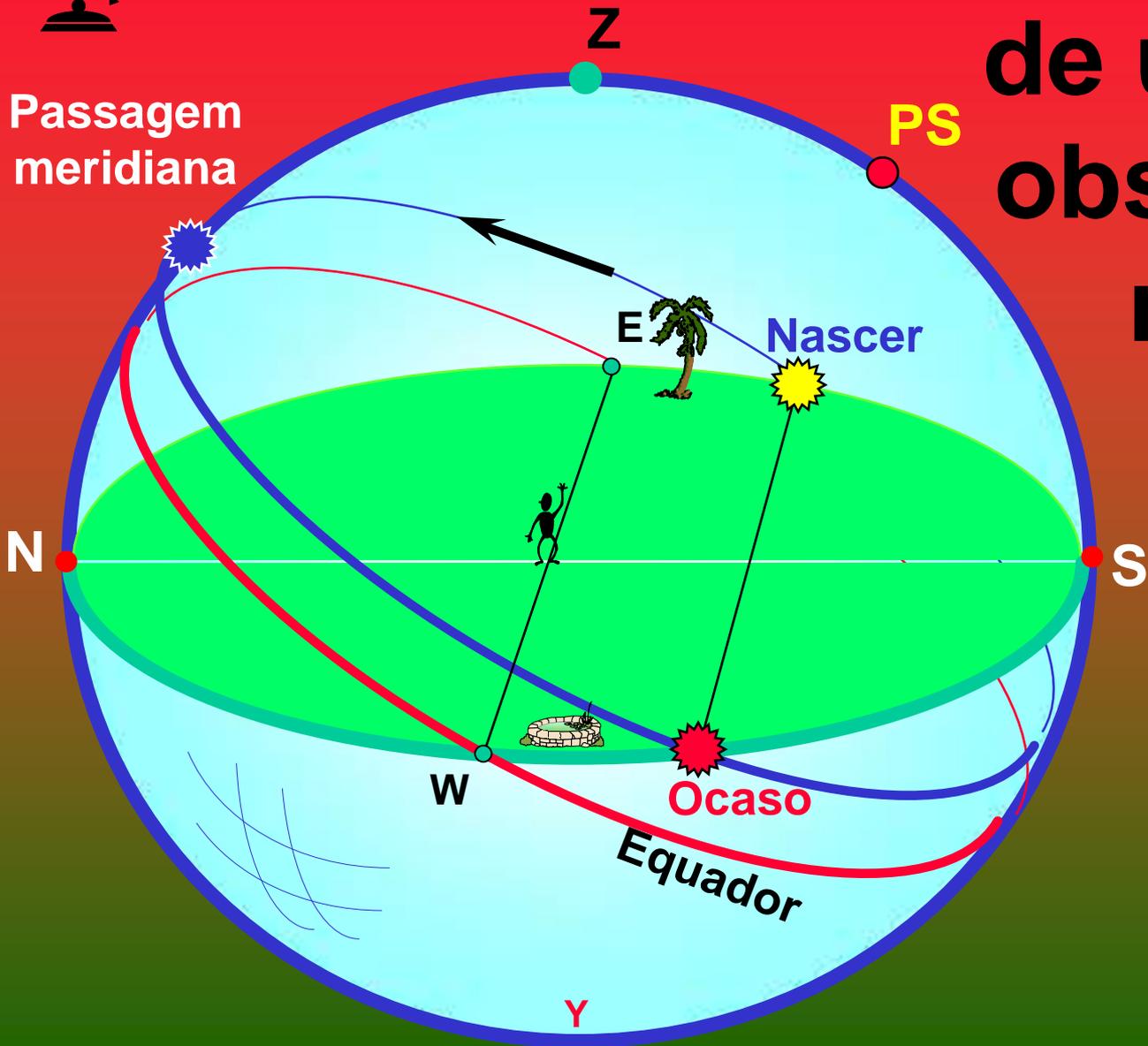


Nascer e ocaso de astro puntiforme sem considerar a refração





Passagem
meridiana



Nascer e Ocaso de um astro observador no HS

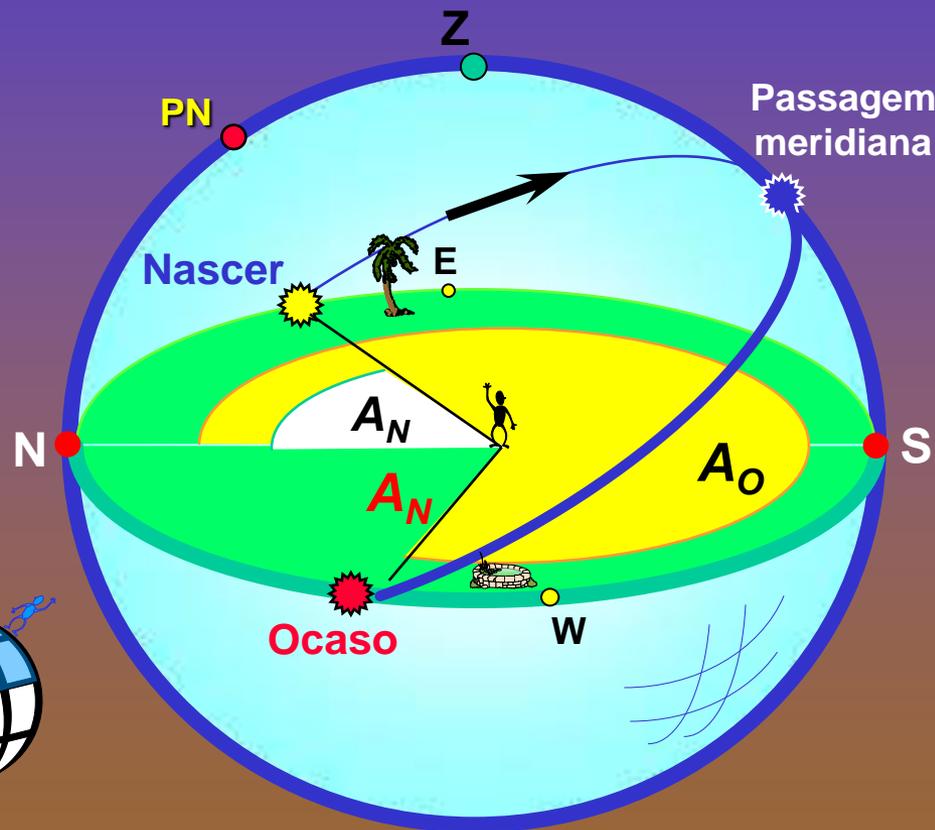
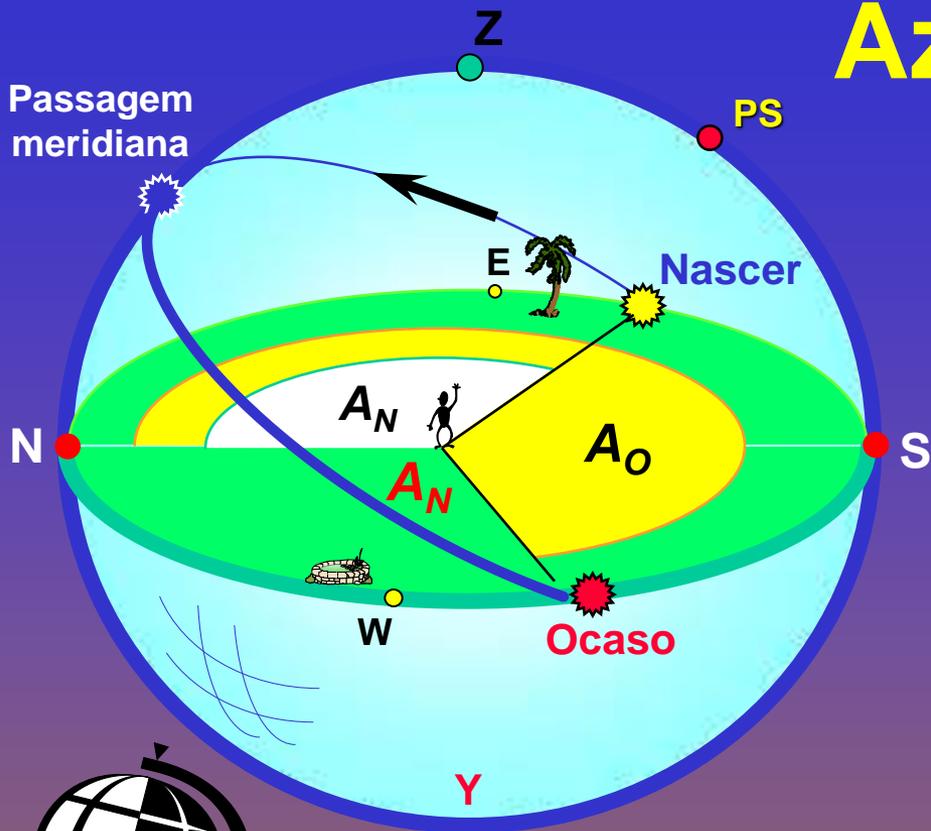
Condição de
nascer e de ocaso:

$$h = 0$$

ou

$$z = 90^\circ$$

Azimuthes do nascer e do ocaso nos diferentes hemisférios



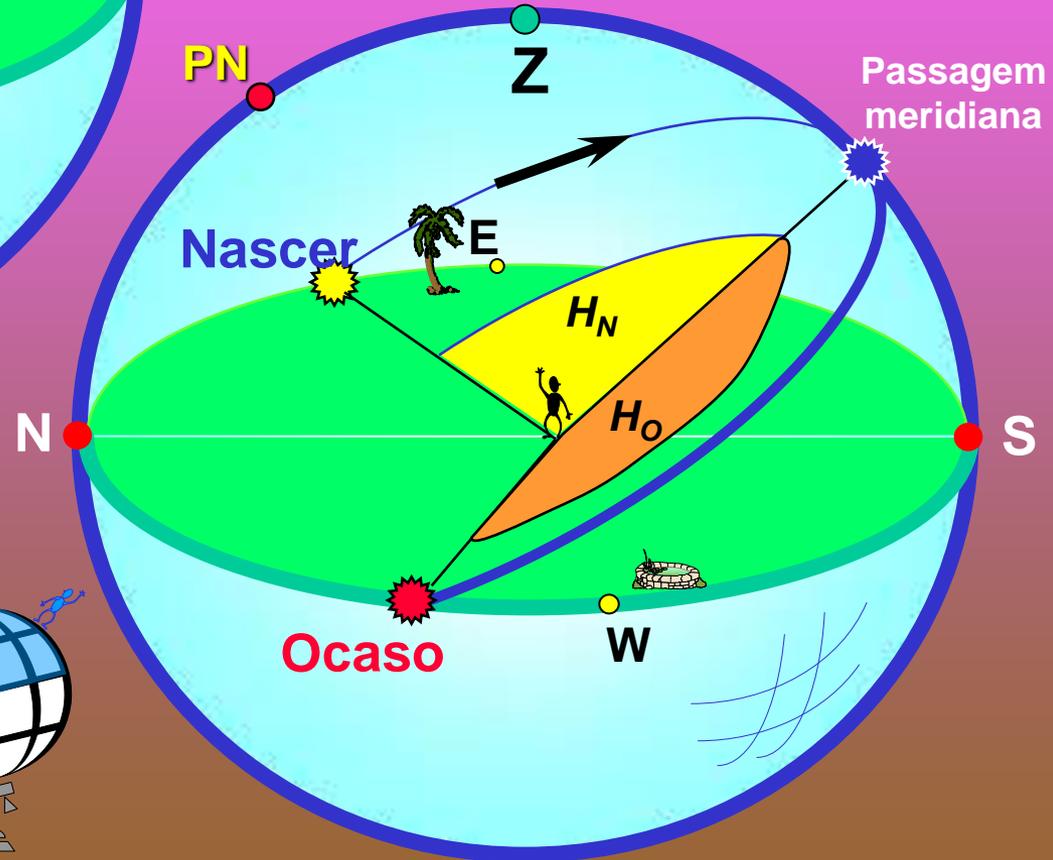
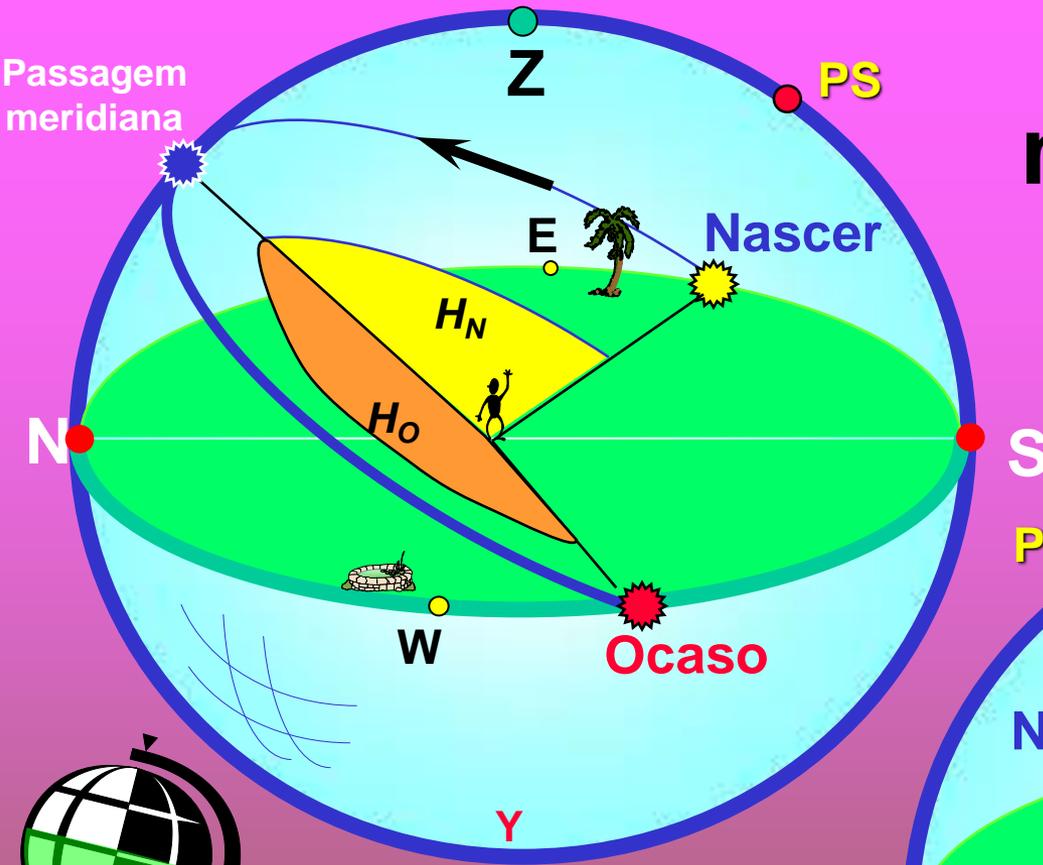
A_N : Azimute Nascer

A_O : Azimute Ocaso

$$A_{\text{Ocaso}} = 360^\circ - A_{\text{Nascer}}$$



Simetria do nascer e do ocaso com relação ao meridiano local

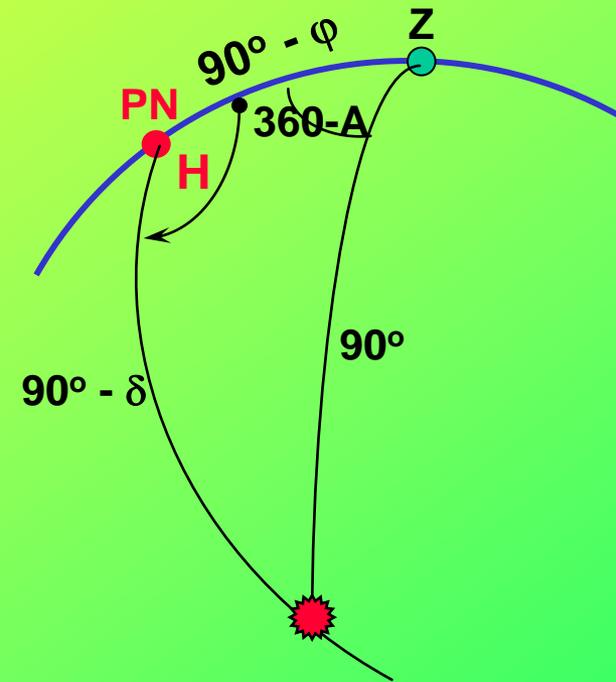
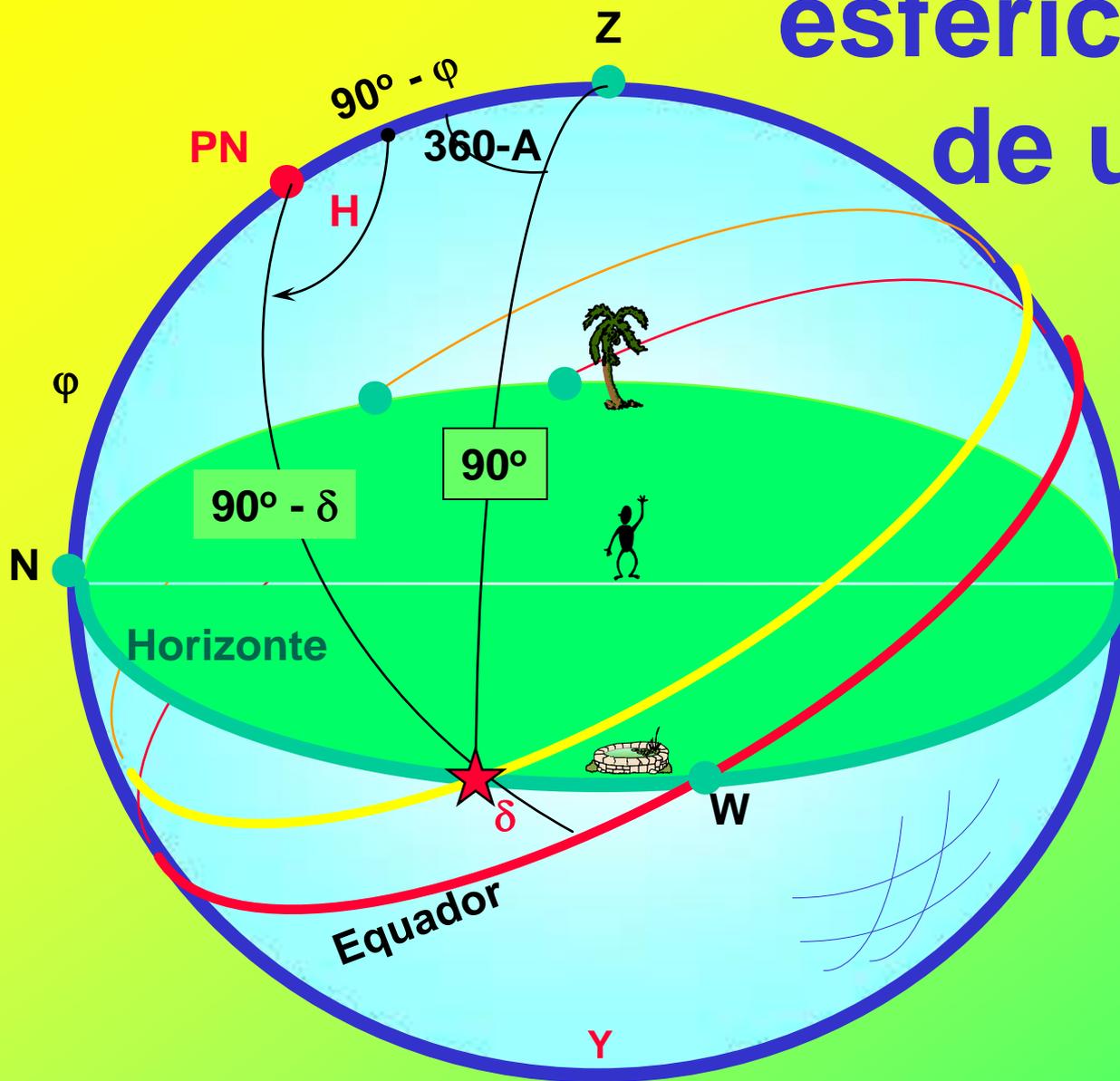


$$H_{\text{Ocaso}} = - H_{\text{Nascer}}$$



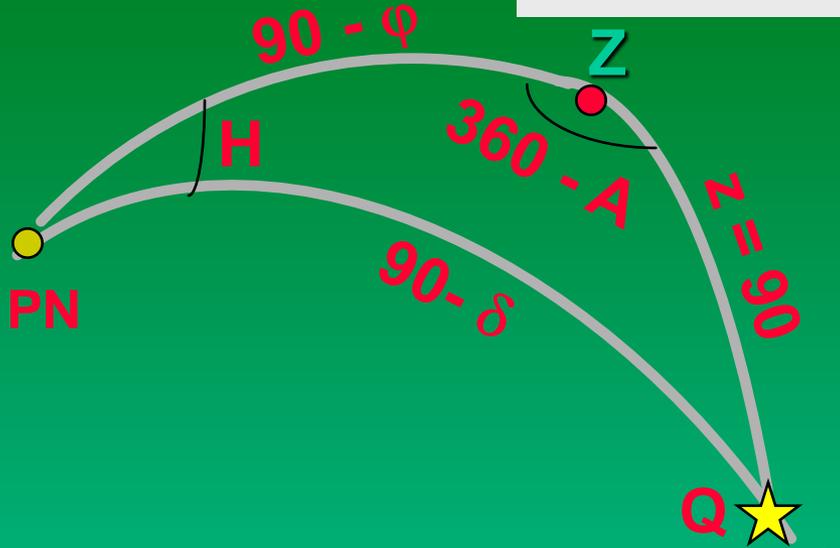
**Azimute e Hora do
nascer e do ocaso de
um astro**

Triângulo esférico no ocaso de um astro



Azimute do Nascer e do Ocaso

$$\cos a = \cos b \cdot \cos c + \text{sen } b \cdot \text{sen } c \cdot \cos A$$



$$a = 90 - \delta$$

$$b = z = 90 \text{ (distância zenital)}$$

$$c = 90 - \varphi$$

$$A = 360 - A$$

$$\cos (90 - \delta) = \cos z \cdot \cos (90 - \varphi) + \text{sen } (90 - \varphi) \cdot \text{sen } z \cdot \cos (360 - A)$$

$$\cos (90 - \delta) = \text{sen } (90 - \varphi) \cdot \cos (360 - A)$$

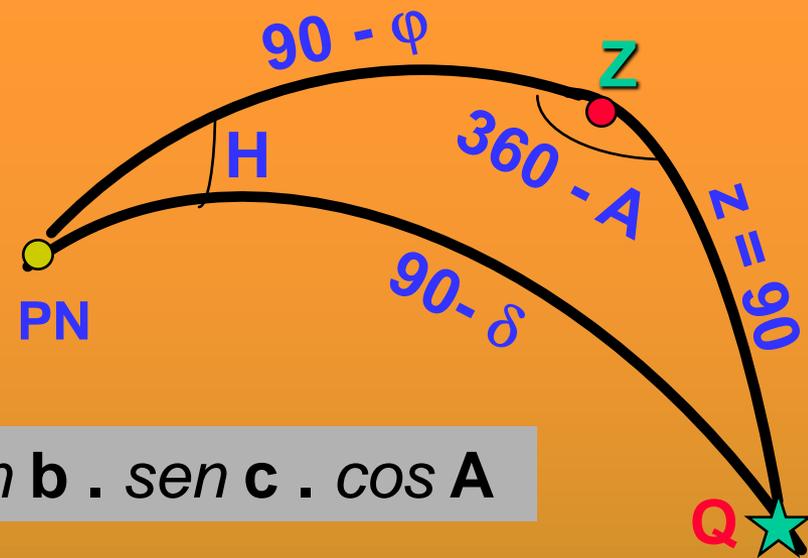
$$\text{sen } \delta = \cos \varphi \cdot \cos A$$

$$\cos A = \text{sen } \delta / \cos \varphi \quad \Rightarrow 0 \leq A \leq 180^\circ$$

$$\text{No Nascer: } A = \underline{A}$$

$$\text{No Ocaso: } A = 360^\circ - \underline{A}$$

Ângulo horário no nascer e no ocaso



$$\cos a = \cos b \cdot \cos c + \sin b \cdot \sin c \cdot \cos A$$

$$\cos z = \cos (90-\varphi) \cdot \cos (90-\delta) + \sin (90-\varphi) \cdot \sin (90-\delta) \cdot \cos H$$

$$0 = \sin \varphi \cdot \sin \delta + \cos \varphi \cdot \cos \delta \cdot \cos H$$

$$\cos H = - \sin \varphi \cdot \sin \delta / \cos \varphi \cdot \cos \delta$$

$$\cos H = - \tan \varphi \cdot \tan \delta$$

$$\Rightarrow 0 \leq \underline{H} \leq 180^\circ$$

$$\text{No Ocaso: } H_o = \underline{H}$$

$$\text{No Nascer: } H_n = - \underline{H}$$

Nascer e ocaso de astro extenso sem considerar a refração



Casos a serem considerados

- Astro puntiforme sem refração
- Astro extenso sem refração
- Astro puntiforme com refração
- Astro extenso com refração

Ocaso do Sol num equinócio

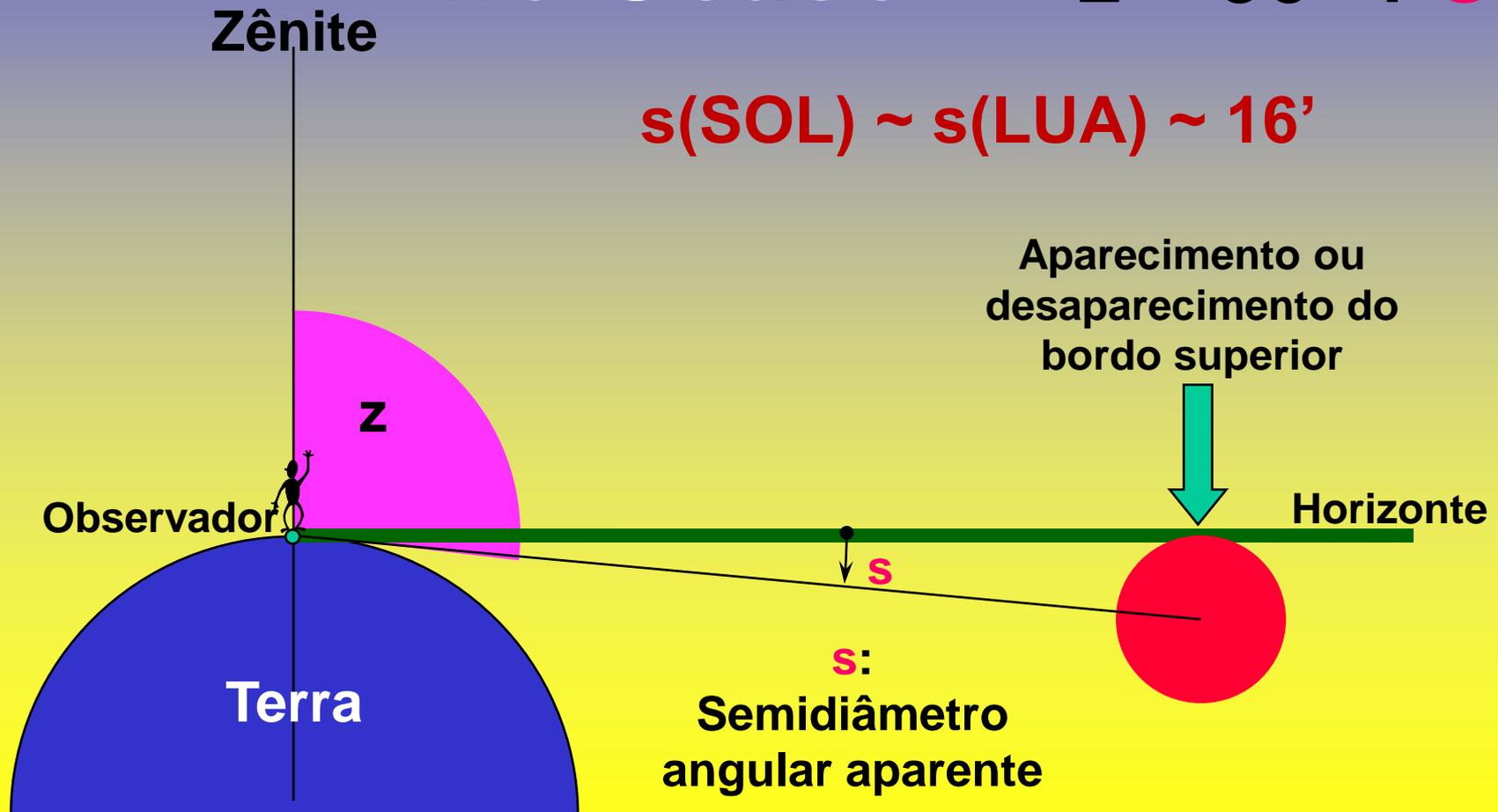


**Temos que considerar o
diâmetro angular do astro !**

Distância zenital de um astro extenso no Nascer e no Ocaso

$$z = 90^{\circ} + s$$

$$s(\text{SOL}) \sim s(\text{LUA}) \sim 16'$$



Dispersão, refração e crepúsculos

Simulação de cintilação



Cintilação

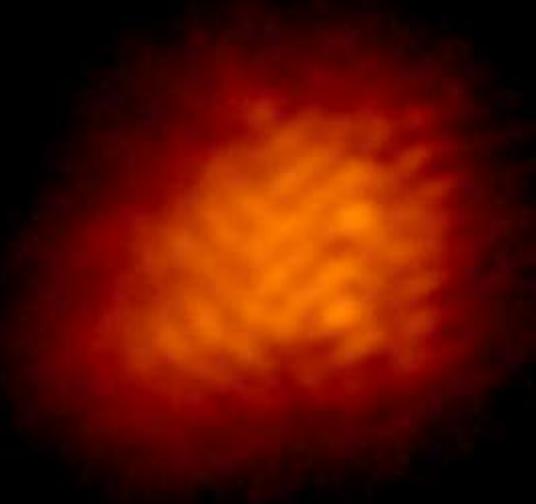
Estrela

Trajectoria na
atmosfera mais
curta:
Pouca cintilação

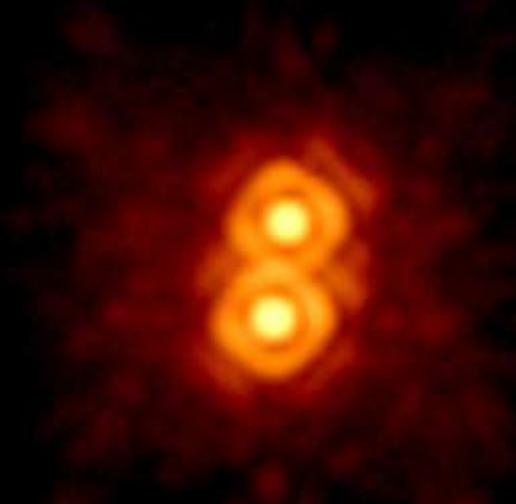
Trajectoria na atmosfera
mais comprida:
Muita cintilação

Atmosfera





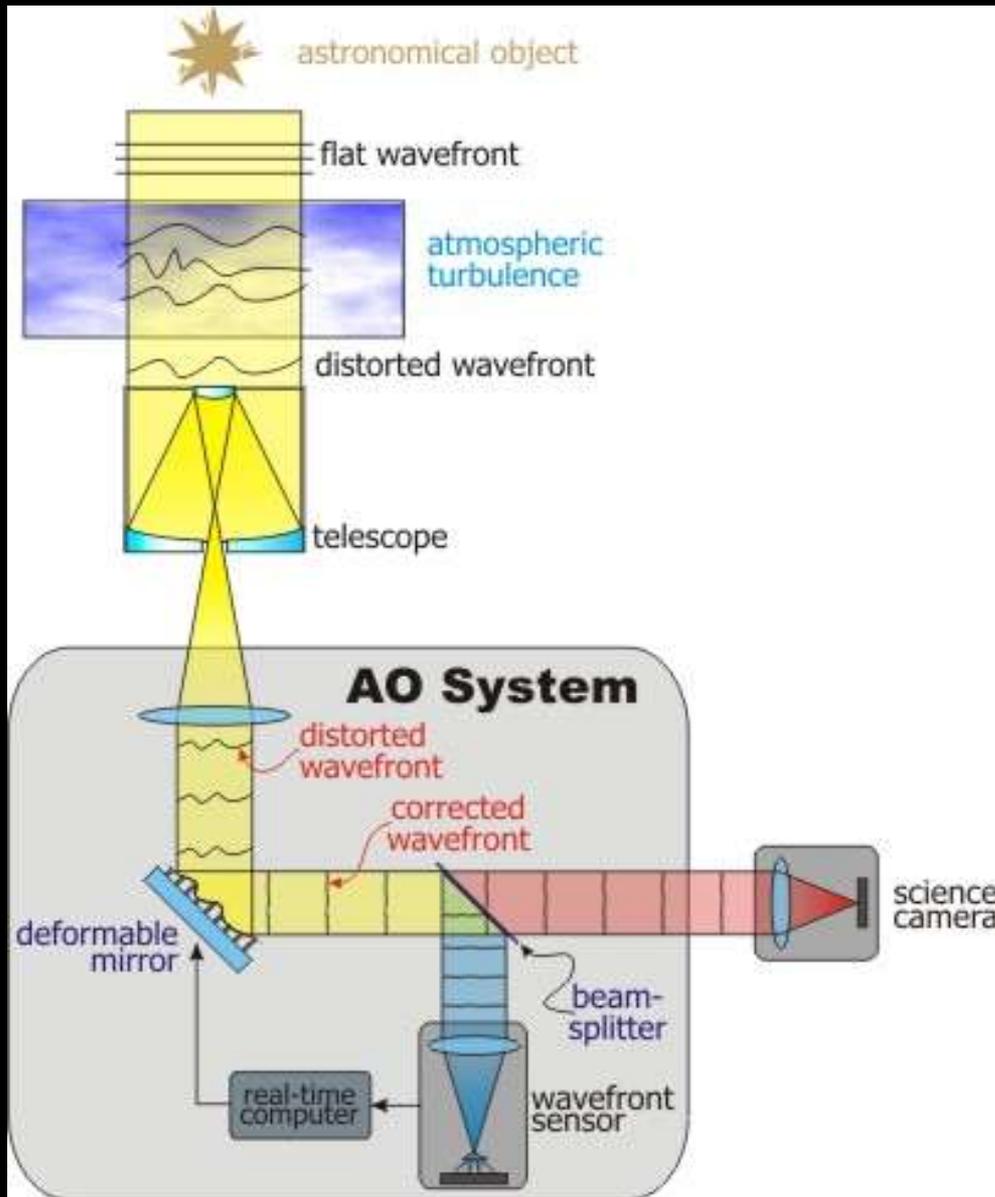
**Imagem de
sistema binário
(sem correção)**



**Com ótica
adaptativa**

Ótica adaptativa

Centro da nossa Galáxia

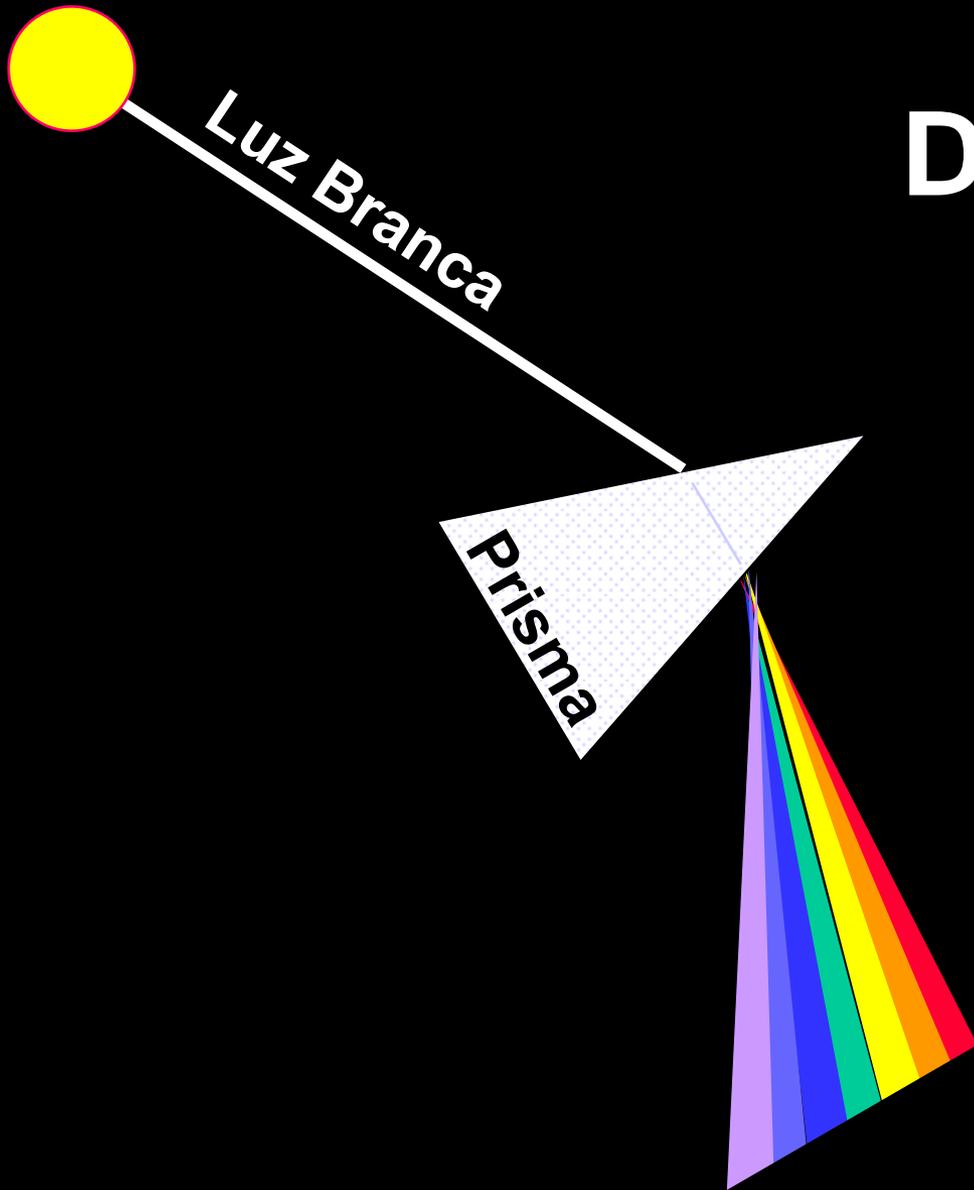


Dispersão da luz na atmosfera da Terra

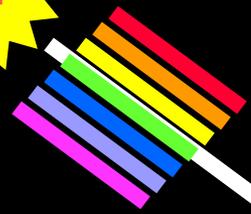
Por que o céu é azul ?



Decomposição da Luz

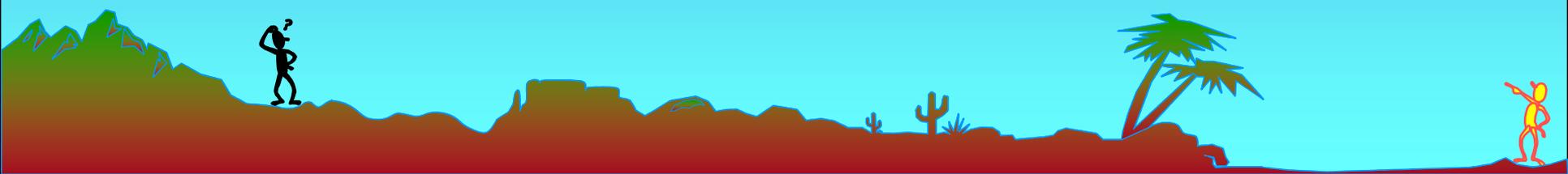
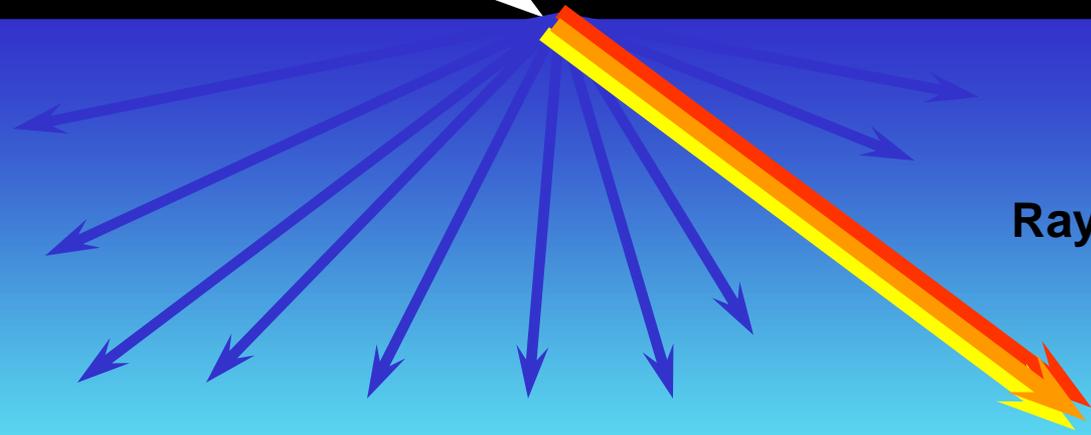


Cor do céu



O céu, visto da Terra, é azul porque nossa atmosfera dispersa, predominantemente, o azul

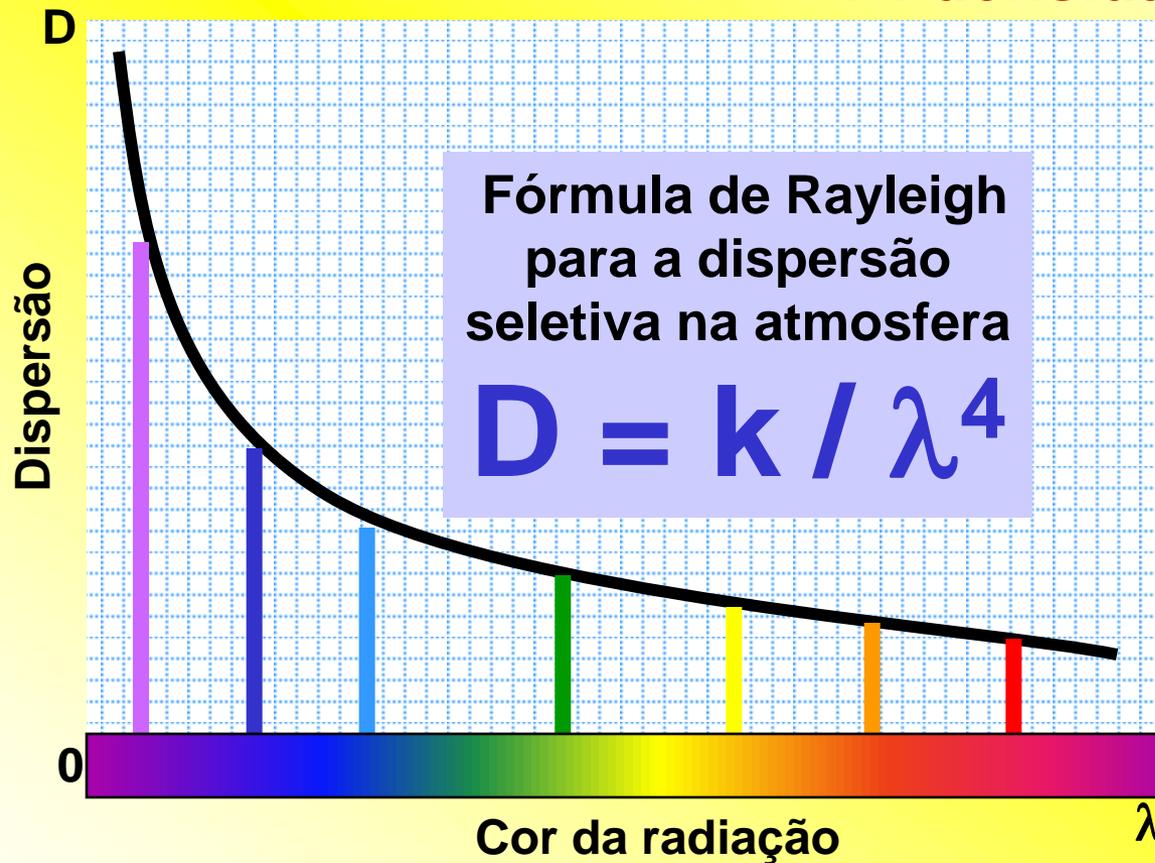
“Limite” da atmosfera



Dispersão da luz na atmosfera

$$\sigma_R(\lambda) = \frac{8\pi^3}{3} \frac{(n^2 - 1)^2}{N^2 \lambda^4}$$

onde n : índice de refração
 N : densidade moléculas



Refração da luz

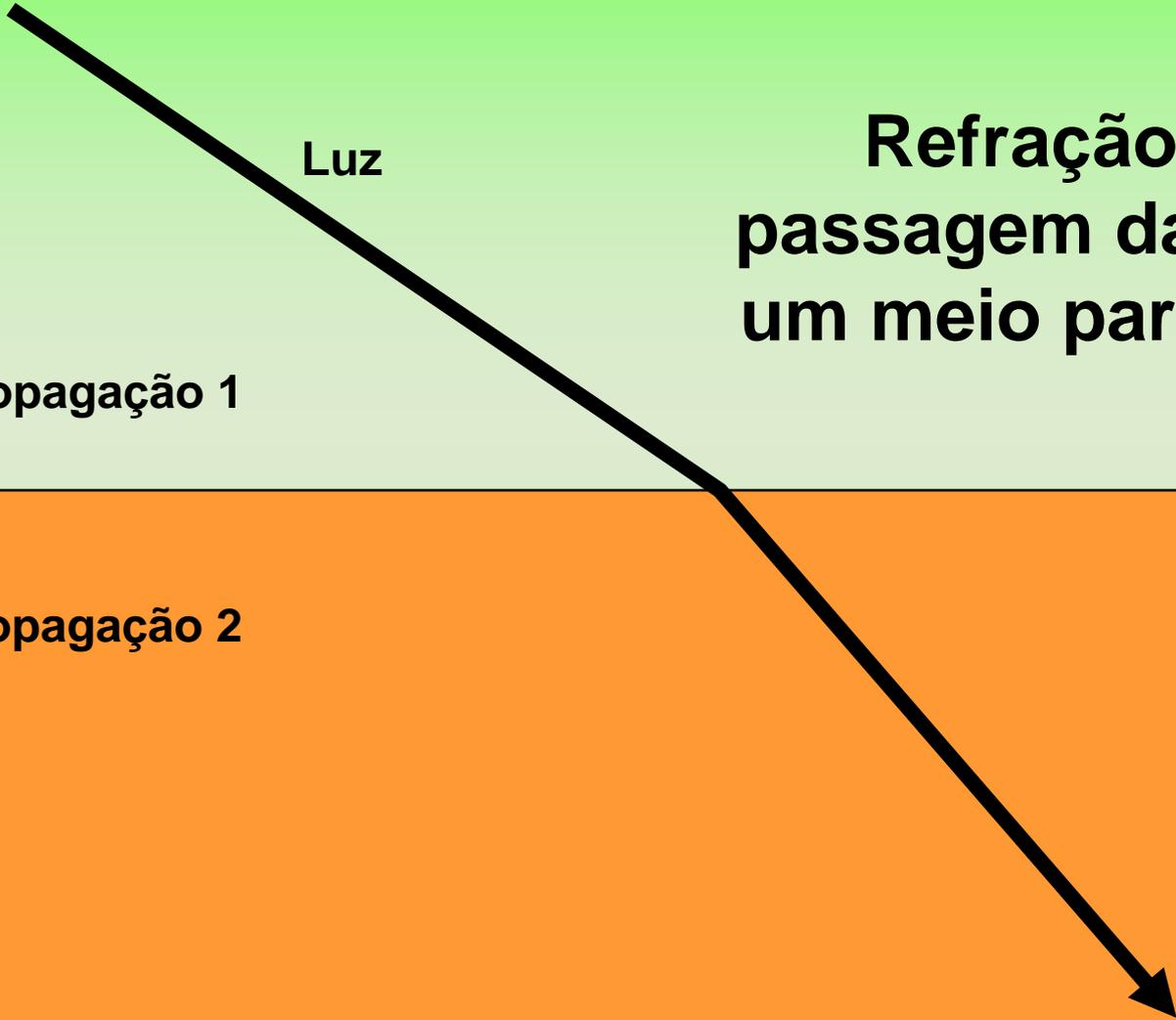
Refração

Luz

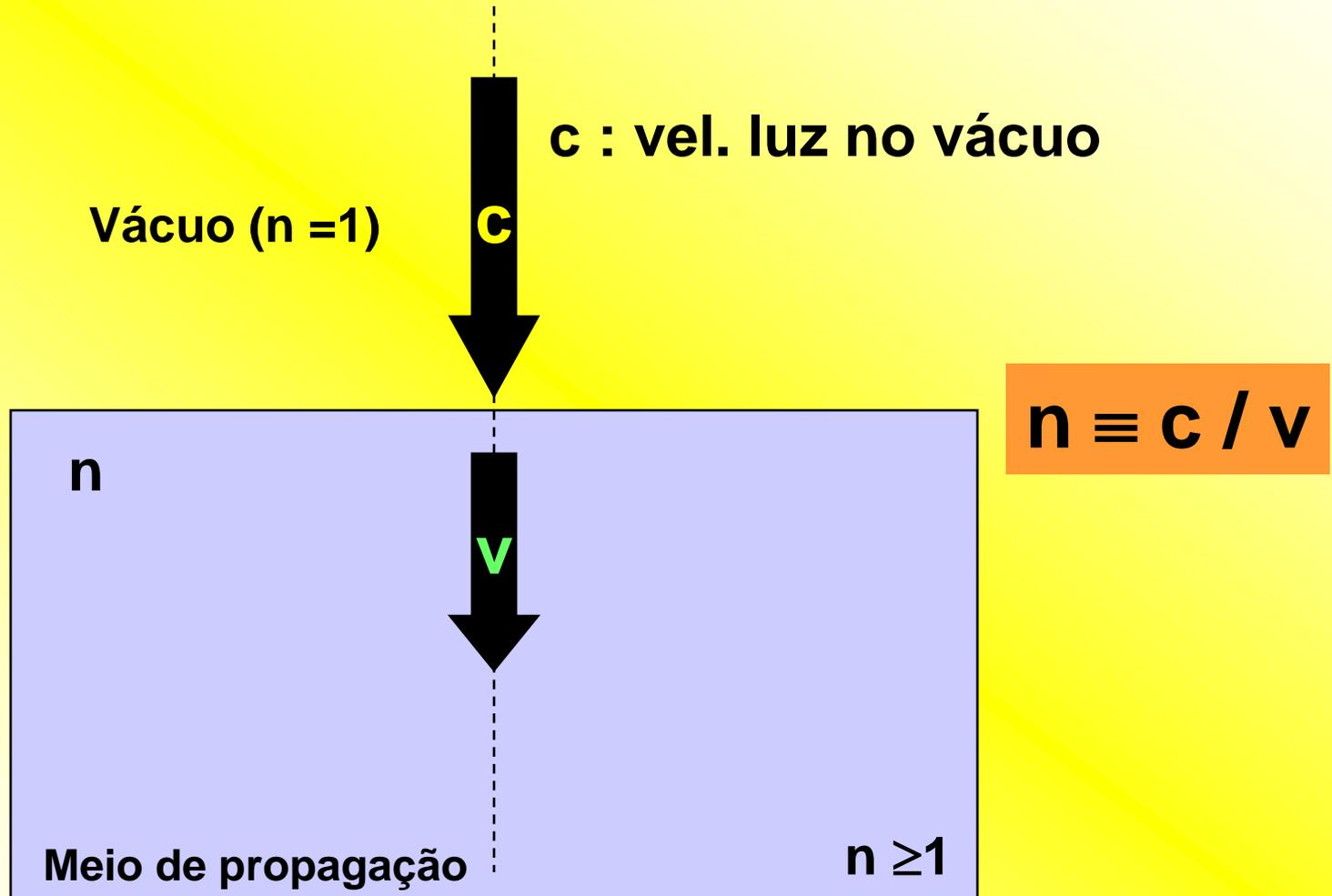
Refração é a
passagem da luz de
um meio para outro

Meio de propagação 1

Meio de propagação 2



Índice de refração n





Snell



Descartes

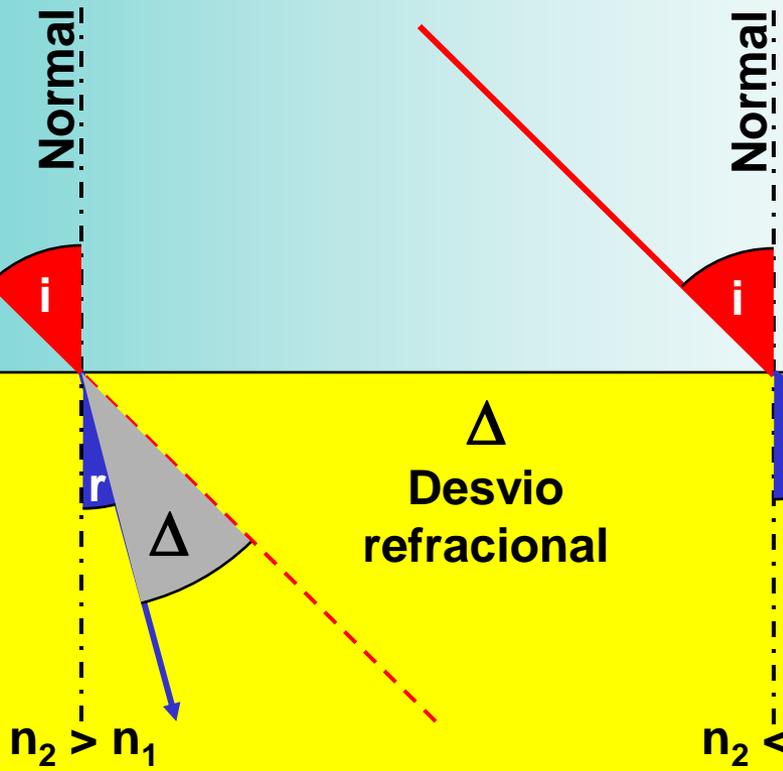
Lei de Snell-Descartes

$$n_1 \cdot \text{sen } i = n_2 \cdot \text{sen } r$$

Meio de propagação 1
 $n_1 = c/v_1$

Meio de propagação 2
 $n_2 = c/v_2$

Dióptro



Δ
Desvio refracional

$$\Delta = i - r$$

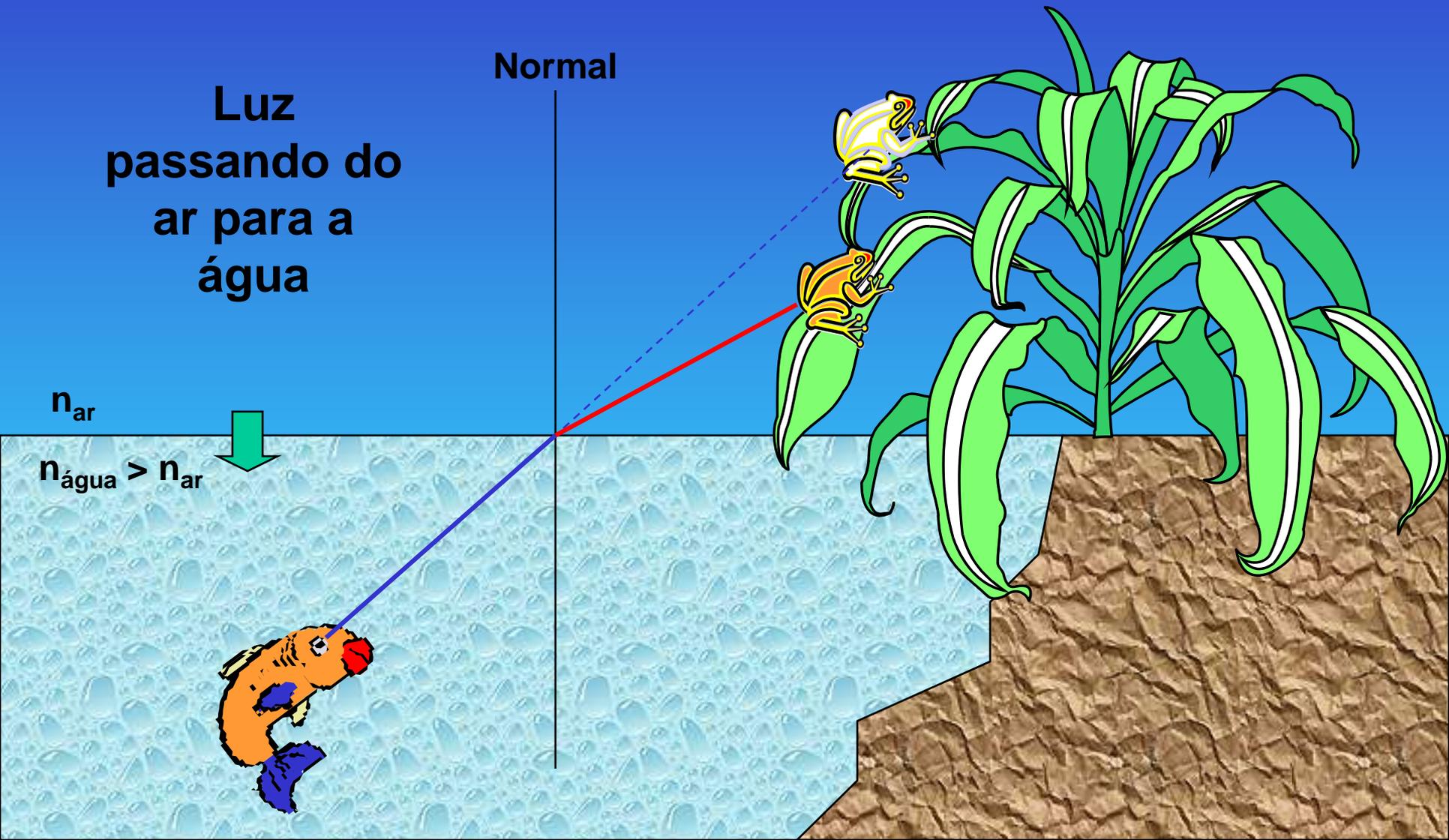
$n_2 > n_1$

$n_2 < n_1$

Índio pescando



Peixe caçando

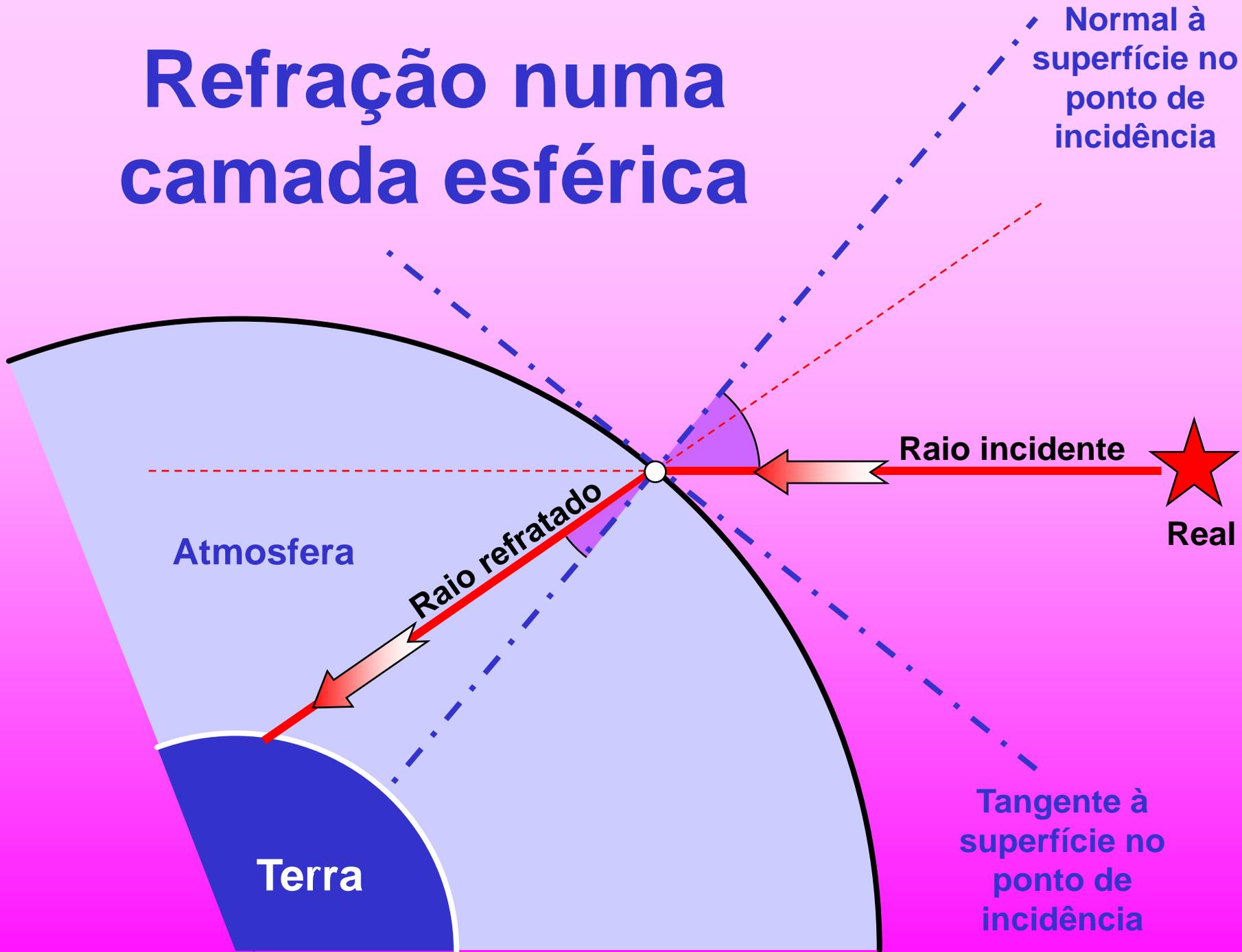




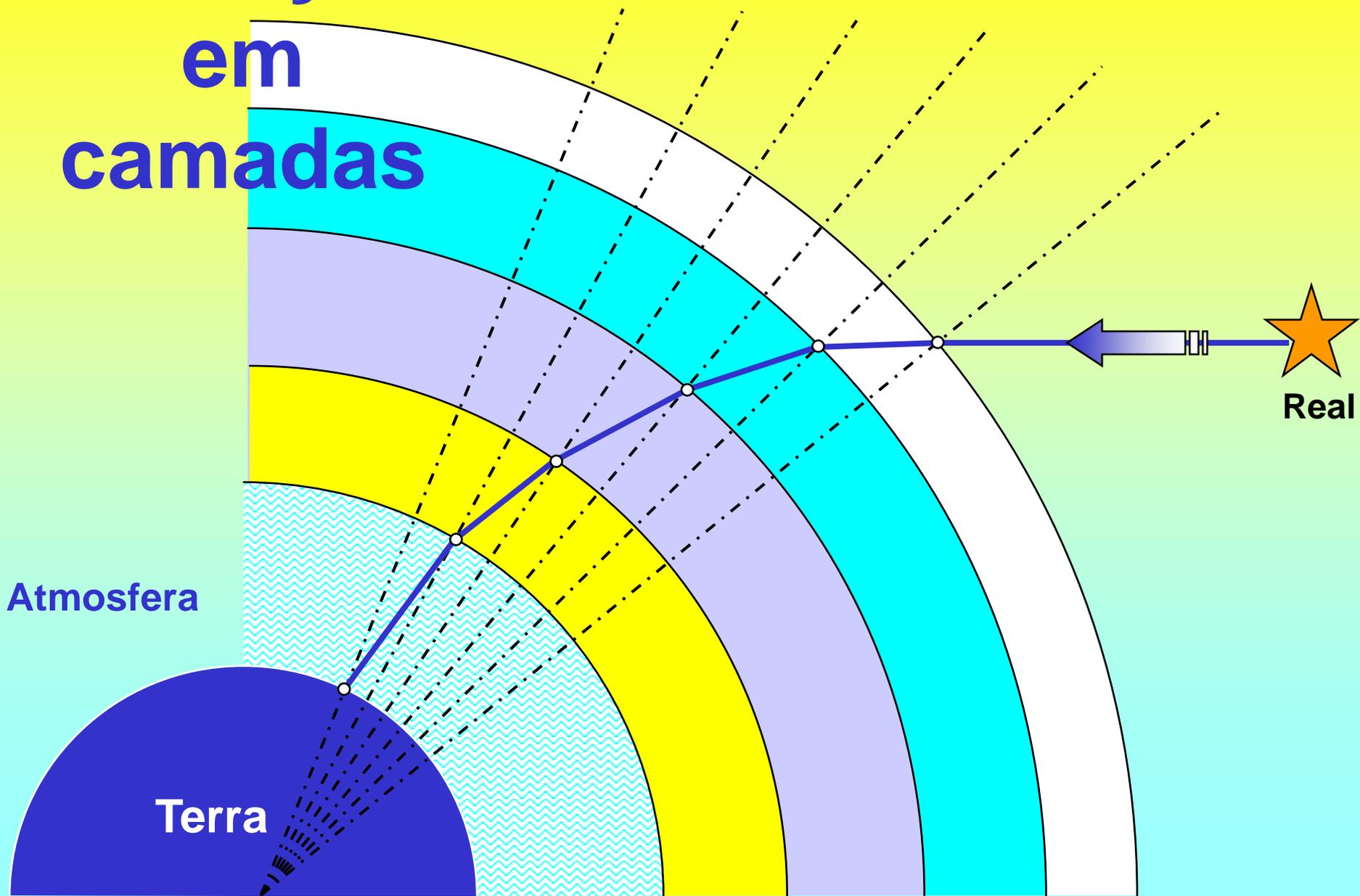
Refração atmosférica



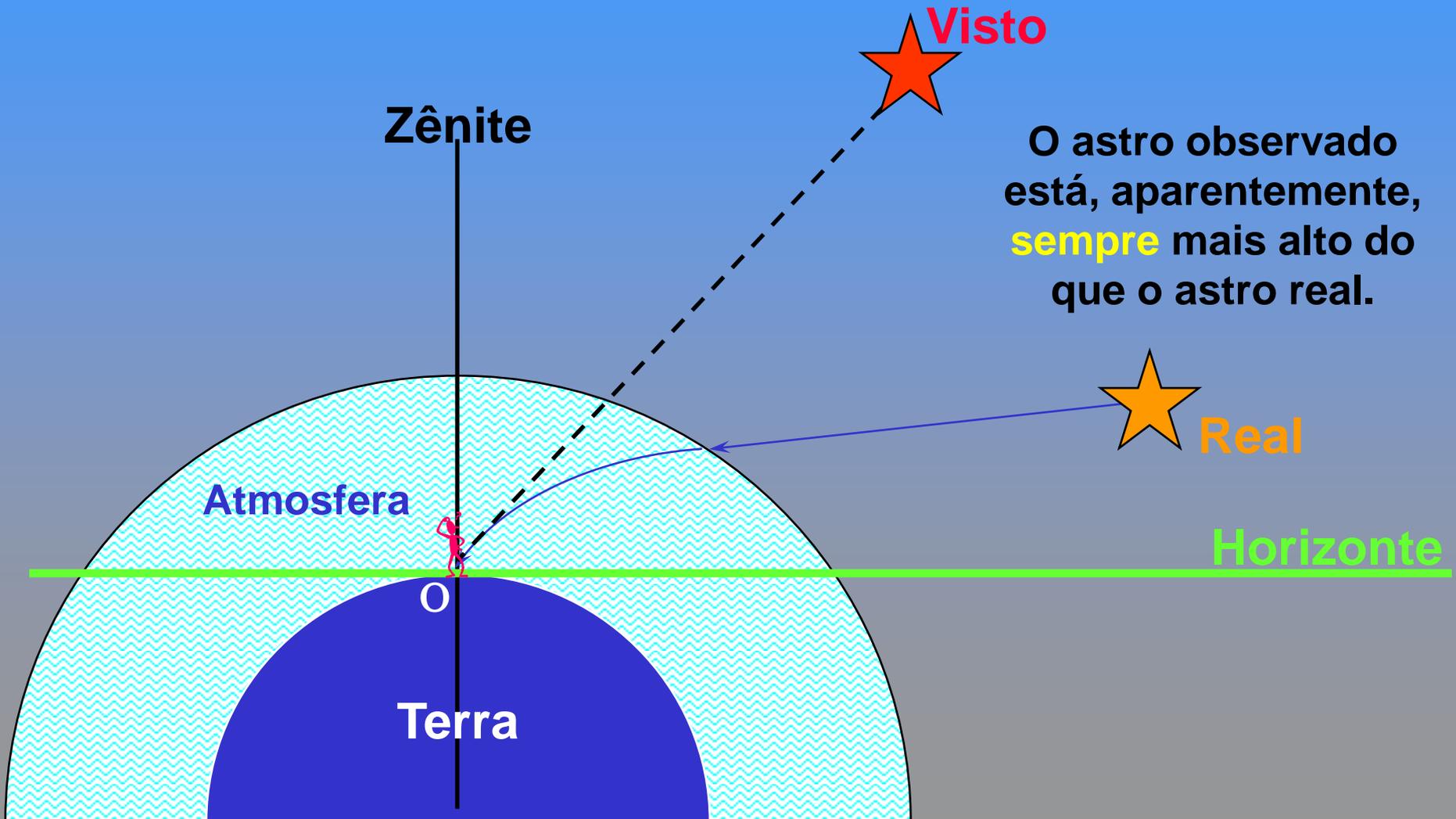
Refração numa camada esférica



Refração em camadas



Refração Atmosférica

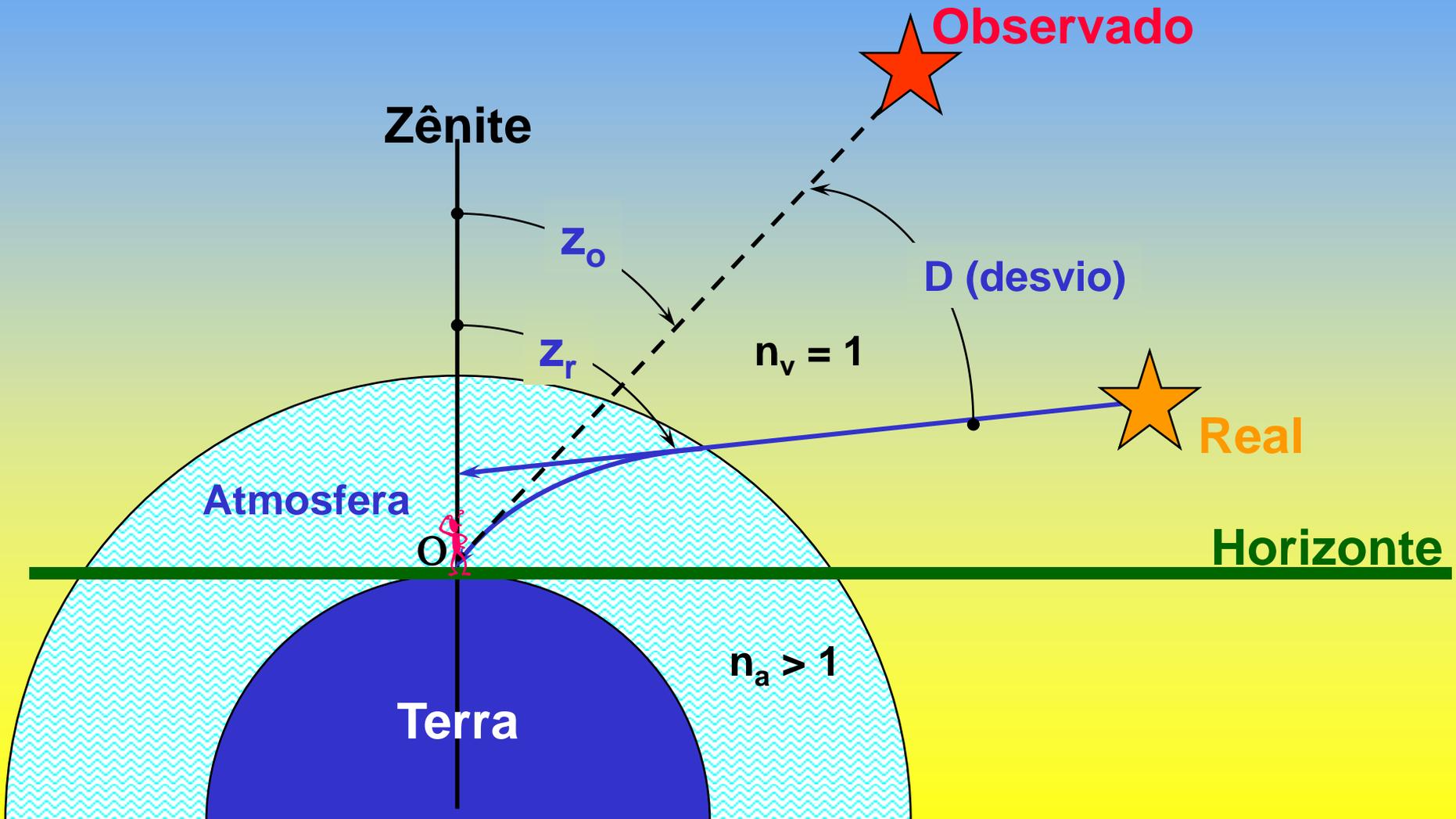


Influência da cor na posição observada de uma estrela

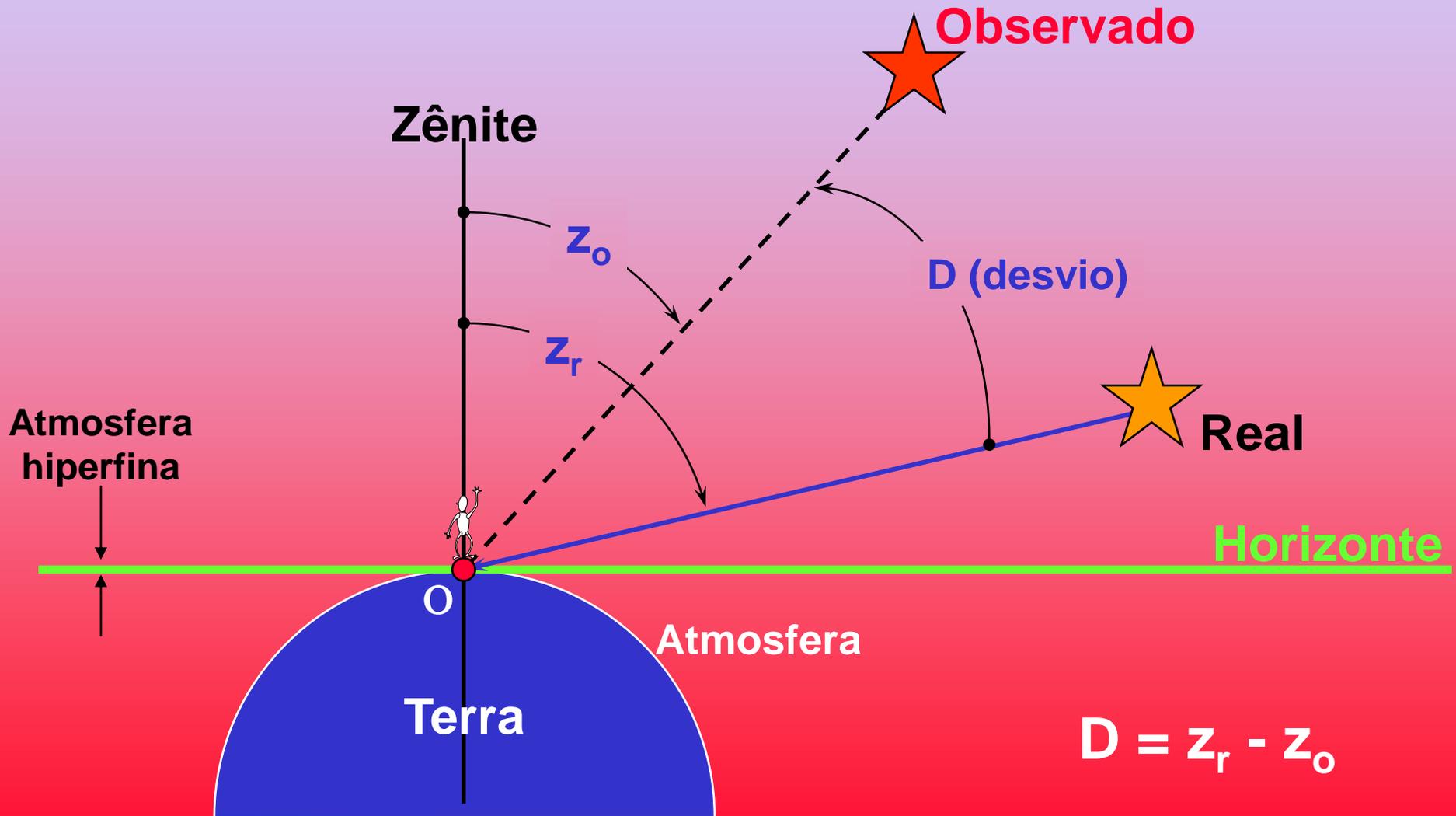


Posição da imagem de uma estrela na foto em função de sua cor

Elementos na Refração Atmosférica



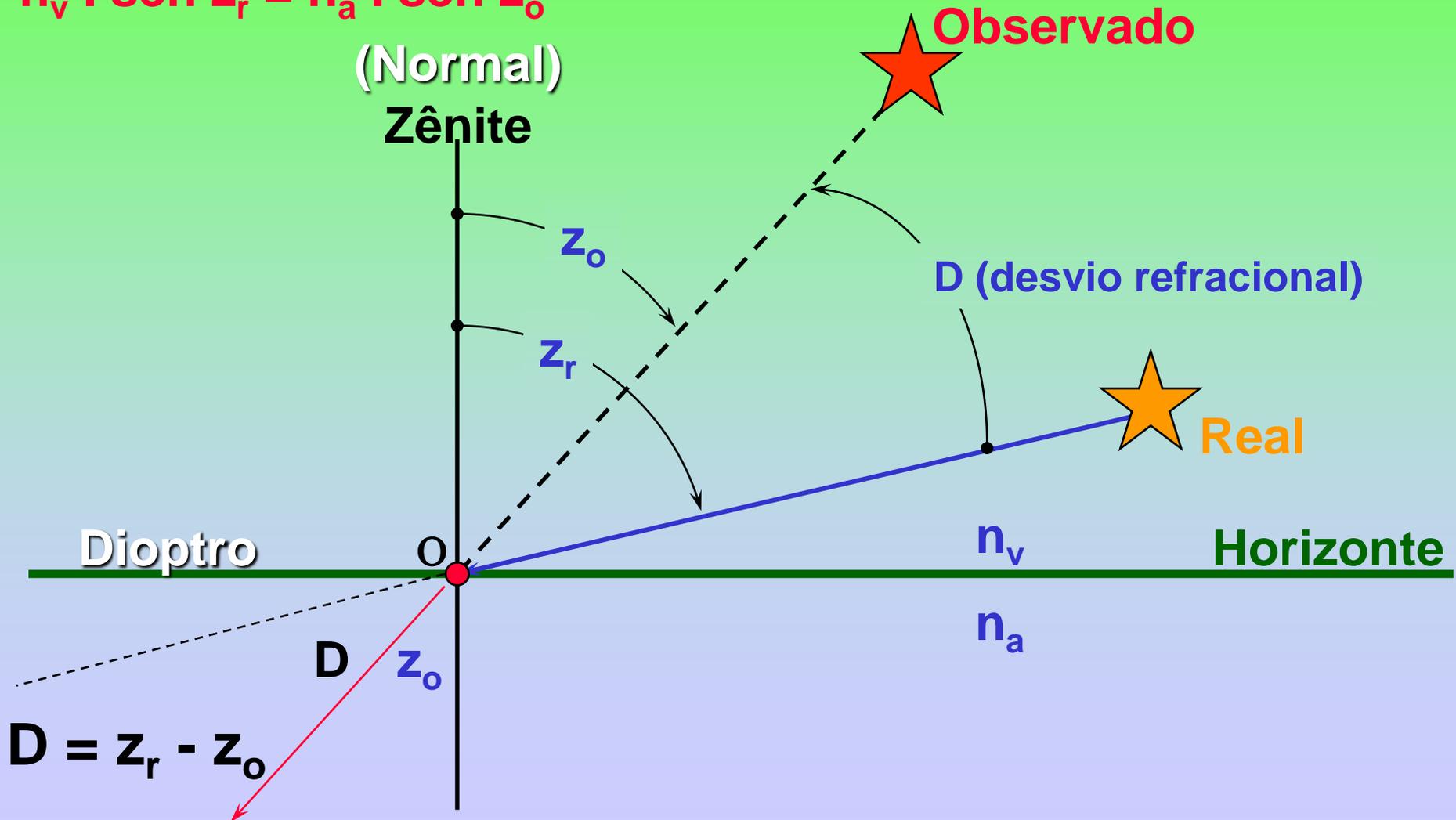
Refração supondo atmosfera hiper fina



Refração supondo atmosfera hiper fina

Lei de Snell-Descartes

$$n_v \cdot \text{sen } z_r = n_a \cdot \text{sen } z_o$$



Desvio refracional aproximado

Lei de Snell-Descartes

$$n_v \cdot \text{sen } z_r = n_a \cdot \text{sen } z_o$$

$$n_v \cong 1$$

$$n_a \cong 1,0002927 \text{ (CNPT)}$$

Aproximadamente:

$$1 \cdot \text{sen } z_r = n_a \cdot \text{sen } z_o$$

$$\text{Como: } D = z_r - z_o \Rightarrow z_r = D + z_o$$

Logo:

$$\text{sen } (D + z_o) = n_a \cdot \text{sen } z_o$$

$$\text{sen } D \cdot \cos z_o + \cos D \cdot \text{sen } z_o = n_a \cdot \text{sen } z_o$$

$$\text{Como } D \ll 6^\circ \Rightarrow \text{sen } D \cong D^{\text{rad}}$$

$$\Rightarrow \cos D \cong 1$$

$$D \cong (n_a - 1) \cdot \tan z_o$$

Então:

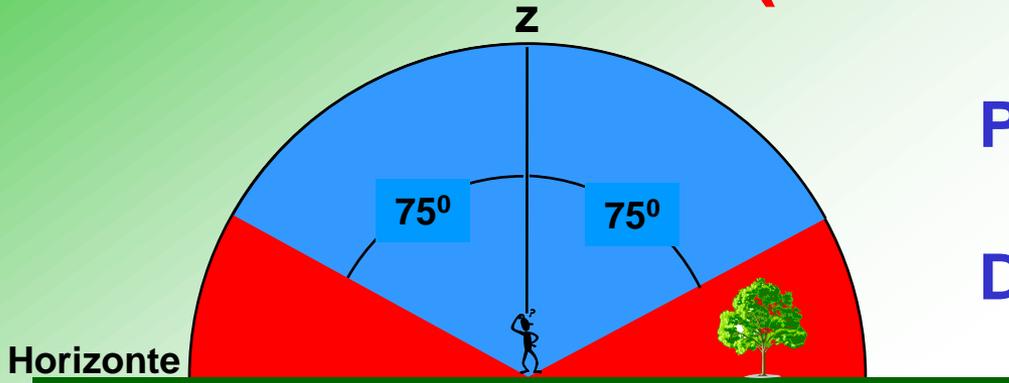
$$D \cdot \cos z_o + 1 \cdot \text{sen } z_o \cong n_a \cdot \text{sen } z_o$$

$$D \cdot \cos z_o \cong n_a \cdot \text{sen } z_o - \text{sen } z_o$$

$$D \cong (n_a - 1) \cdot \text{sen } z_o / \cos z_o$$

Fórmulas práticas para o cálculo da refração atmosférica

Fórmulas práticas para o desvio refracional (dado: altura observada)



Para $z \leq 75^\circ$ (astros altos):

$$D = 0,00452^\circ (P/T) \tan z$$

Para $z > 75^\circ$ (para astros perto do horizonte):

$$D = (P/T) [0,1594 + 0,0196h + 0,00002h^2] / [1 + 0,505h + 0,0845h^2]$$

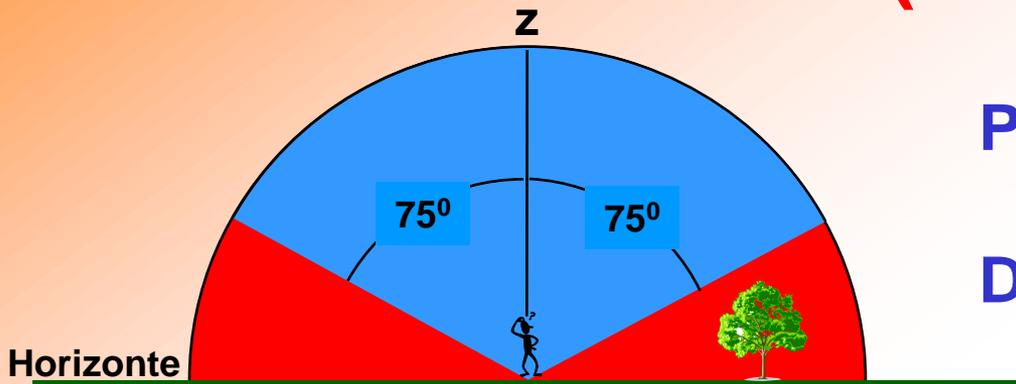
P = pressão atmosférica em mbar (1 atm = 1013,25 mbar)

T = temperatura do ar em Kelvin ($T = t + 273$)

t = temperatura do ar em Celsius

h = $h_{\text{observado}} = 90^\circ - z_{\text{observado}}$

Fórmulas práticas para o desvio refracional (dado: altura real)



Para $z \leq 75^\circ$ (astros altos):

$$D = 0,00451996^\circ (P/T) \tan z$$

Para $z > 75^\circ$ (para astros perto do horizonte):

$$D = (P/T) [0,1512 + 0,0137h + 0,00006h^2] / [1,1356 + 0,4401h + 0,06542h^2]$$

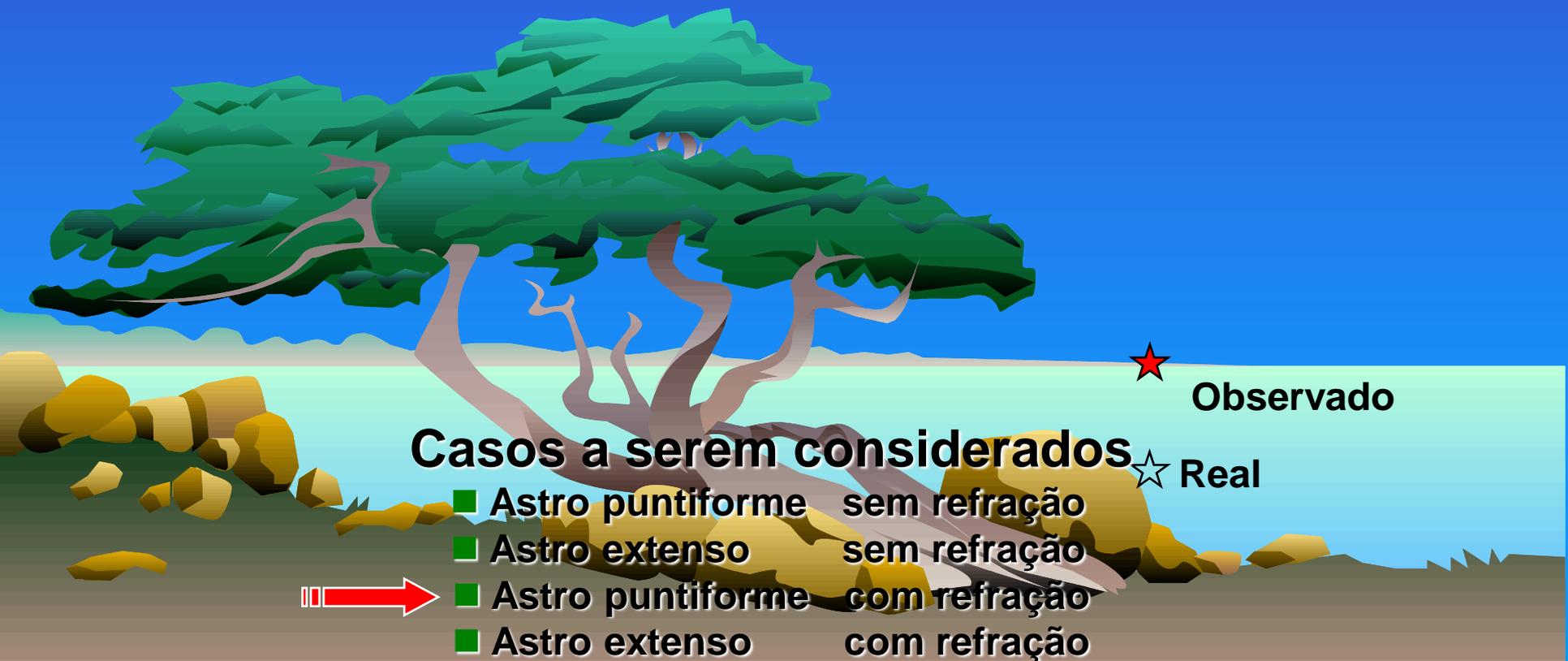
P = pressão atmosférica em mbar (1 atm = 1013,25 mbar)

T = temperatura do ar em Kelvin ($T = t + 273$)

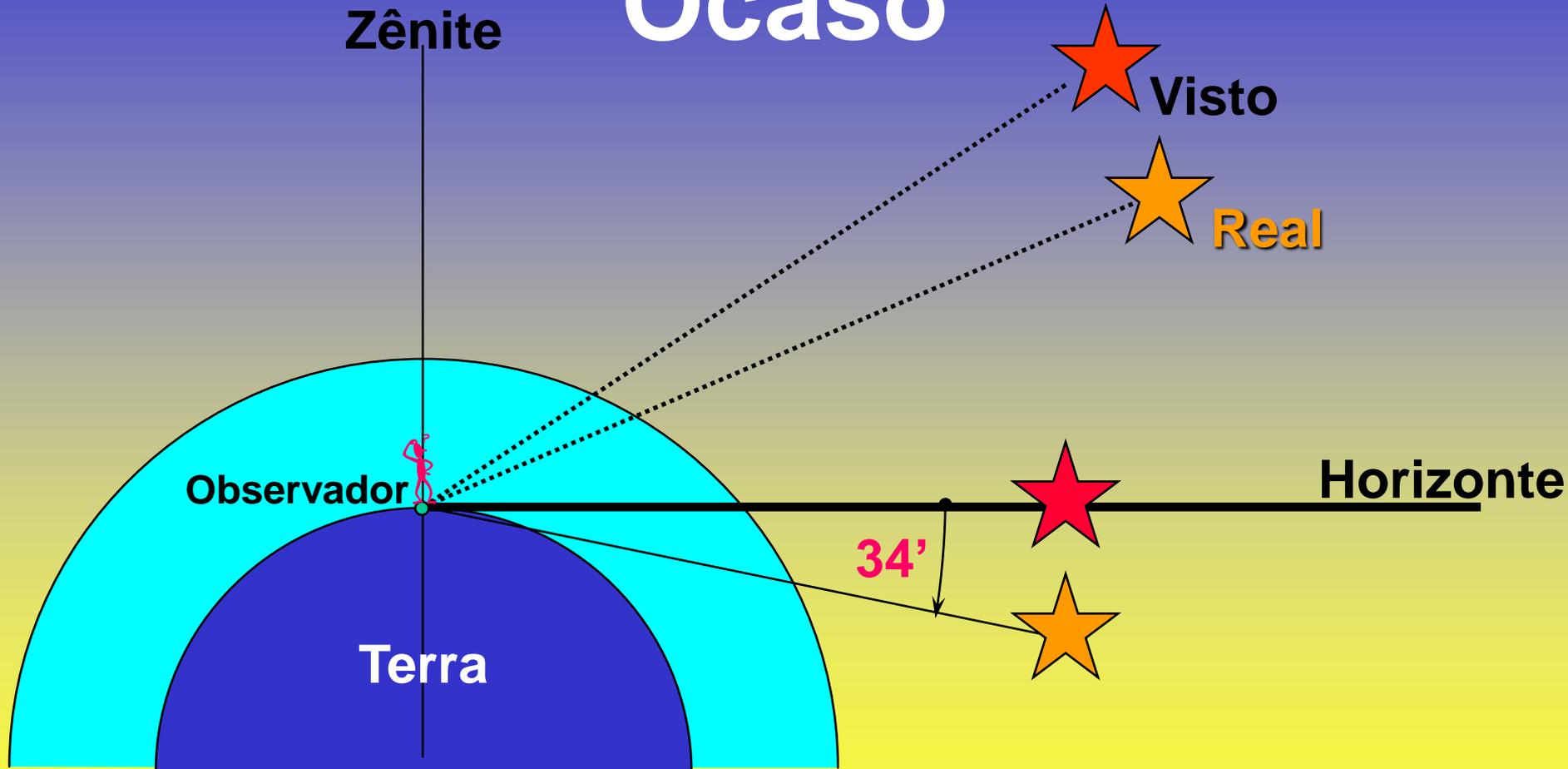
t = temperatura do ar em Celsius

h = $h_{\text{real}} = 90^\circ - z_{\text{real}}$

Nascer e ocaso de astro puntiforme considerando a refração



Refração no Nascer e no Ocaso



r :

Desvio angular
devido à refração

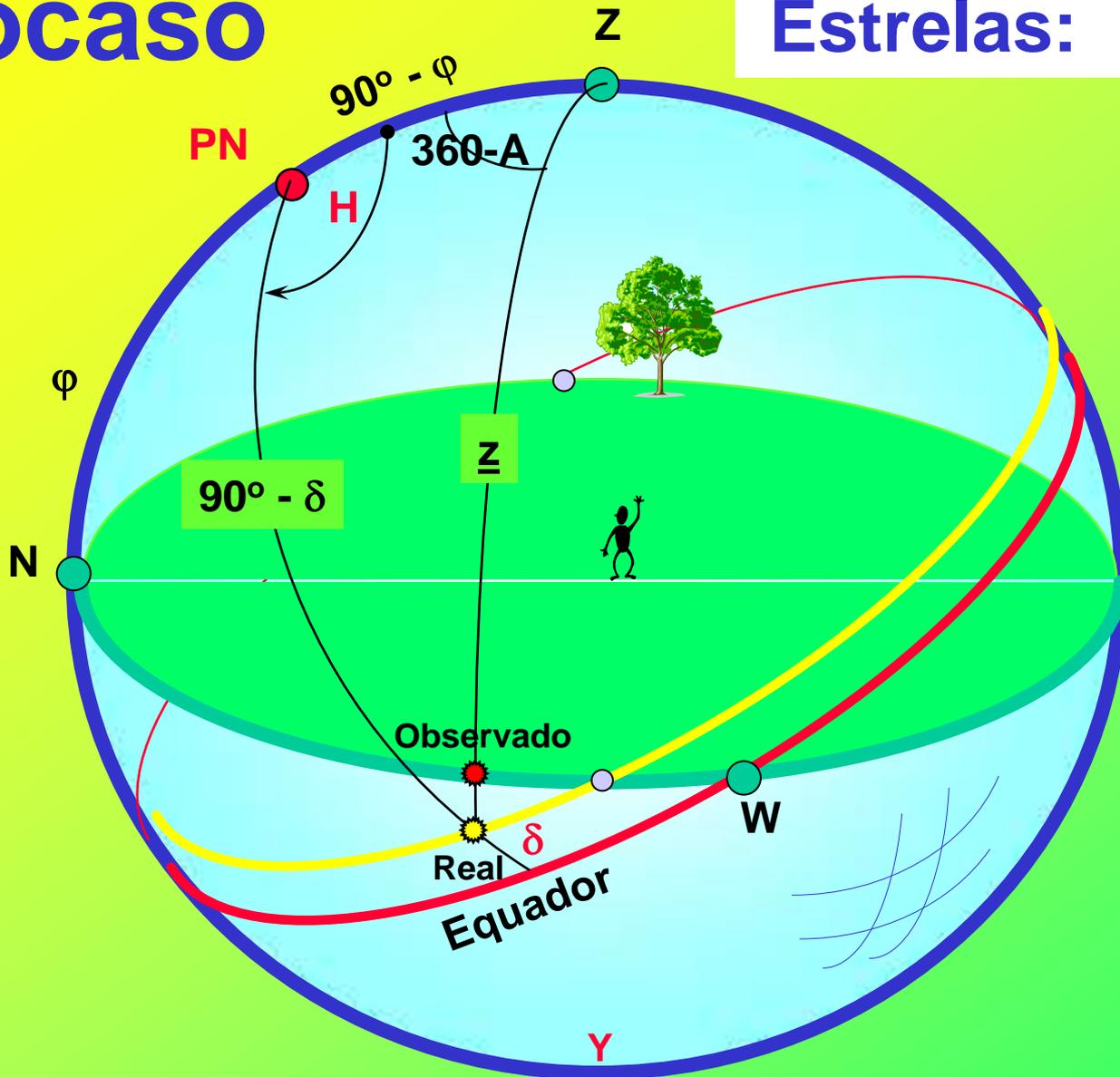
$$z = 90^{\circ} + r$$

**Azimute e ângulo
horario do nascer e do
ocaso considerando a
refração**

Triângulo esférico no ocaso

Efeito refracional
 $z = 90^\circ + r$

Estrelas: $\underline{z} = 90^\circ 34'$



Crepúsculos

kreper (latim) = escuro

usco = diminutivo latino

crepúsculo = escurinho

Entardecer



Ocaso do Sol





Crepúsculo

luz solar que **segue** o pôr do Sol
ou **antecede** o nascer do Sol

Islândia

Oceano
Atlântico

Inglaterra

França

Espanha

Itália

ÁFRICA

Sentido do
deslocamento
da sombra



Dia e noite

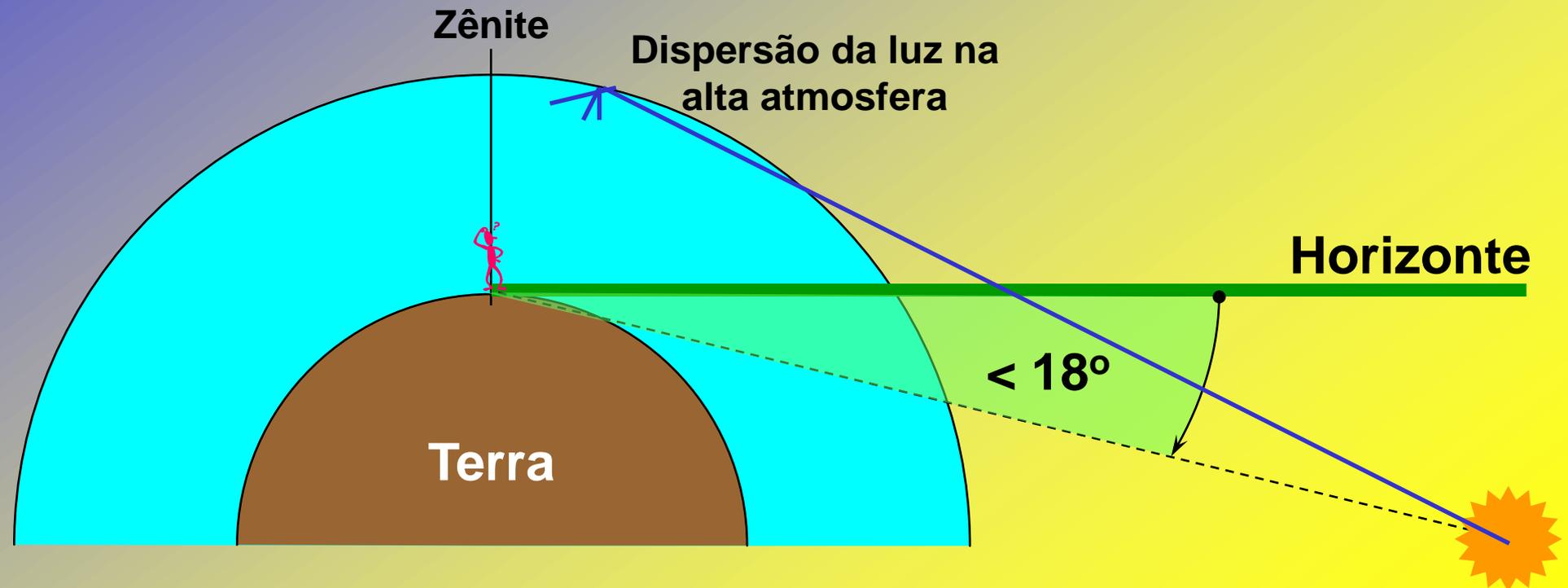
Crepúsculo

Obtida pela ISS em 2001 jun



Dispersão e Crepúsculo

O crepúsculo é o resultado da dispersão da luz solar nas altas camadas da atmosfera.



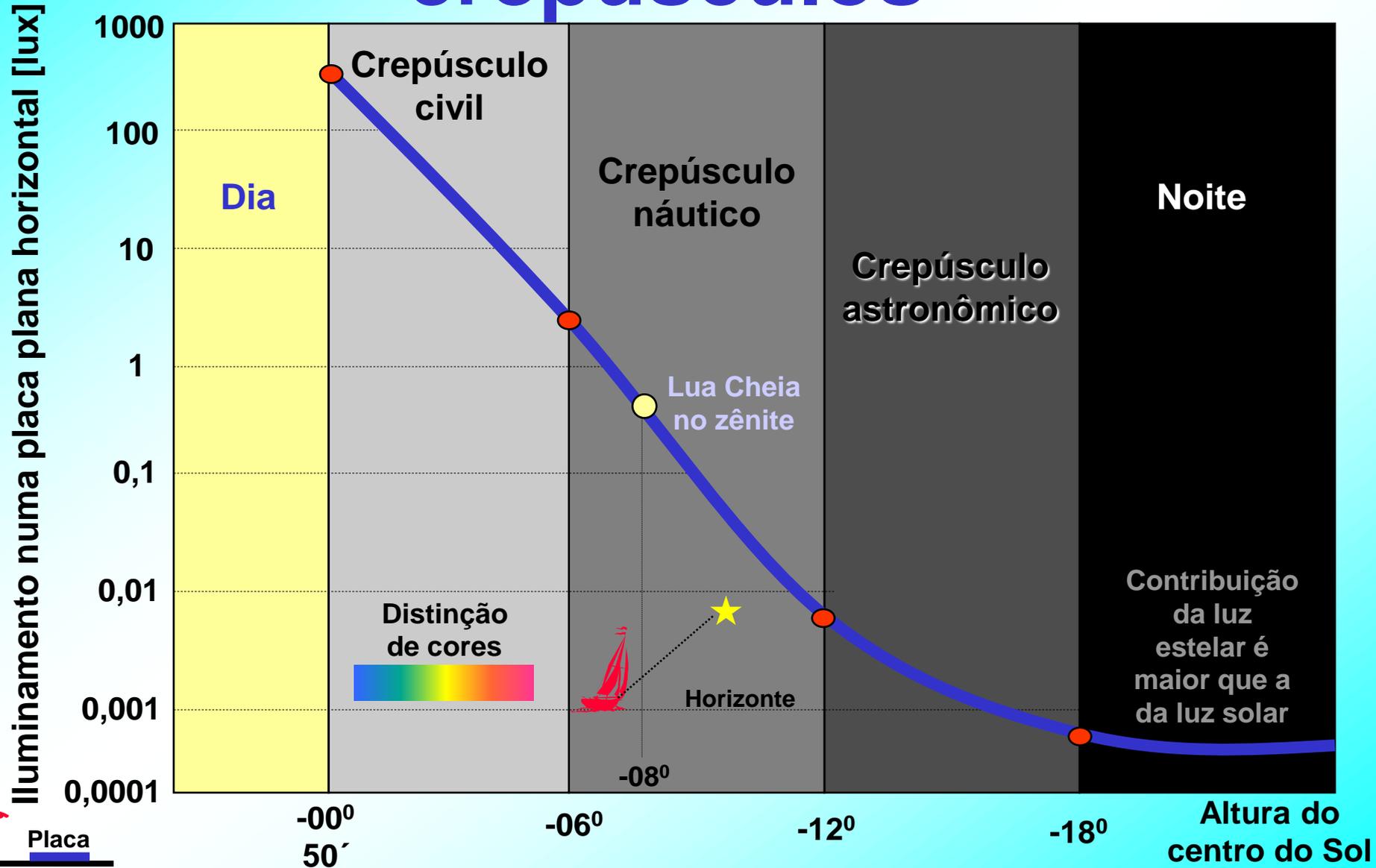
Início do crepúsculo





Crepúsculo

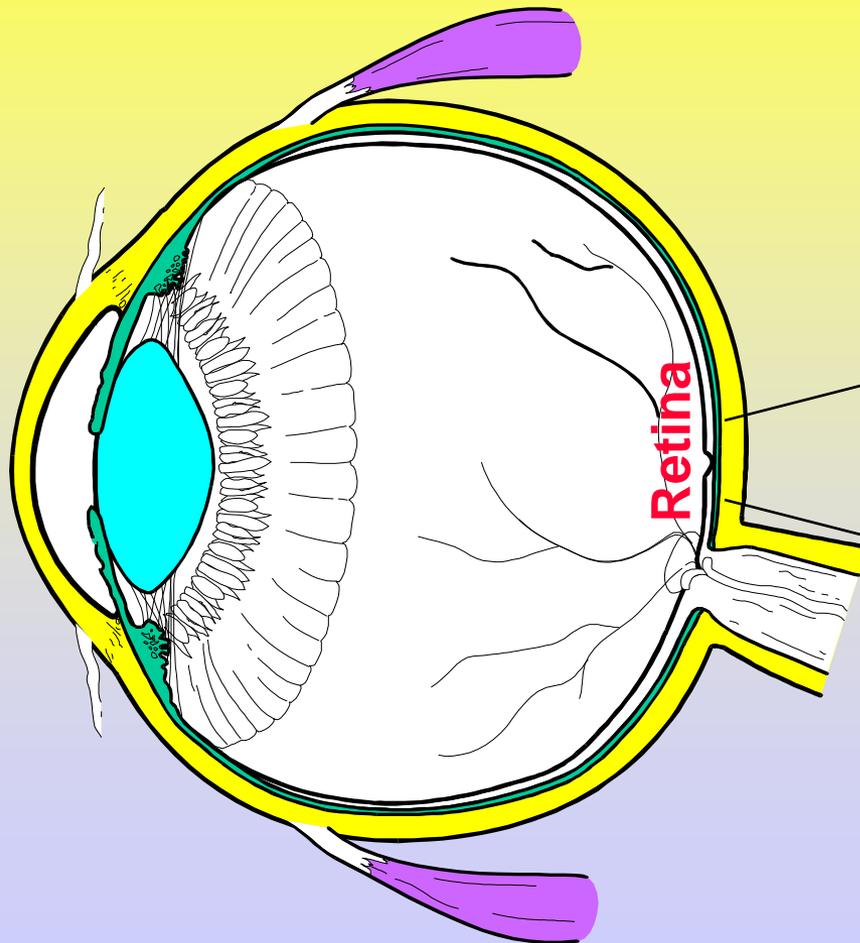
Iluminação durante os crepúsculos



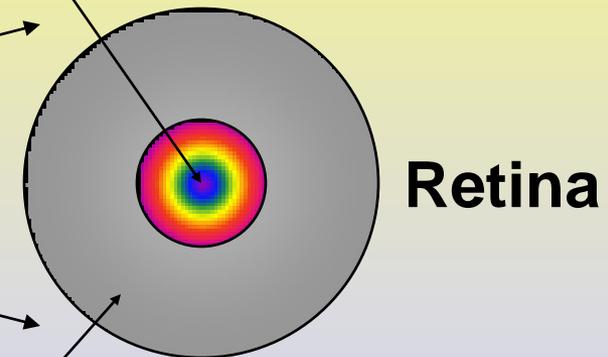
O olho humano



A retina do olho humano



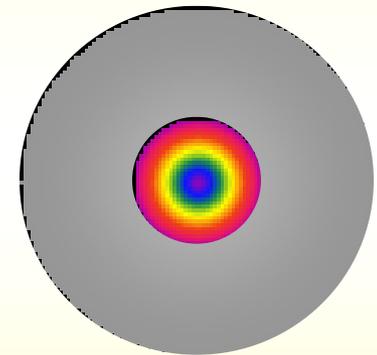
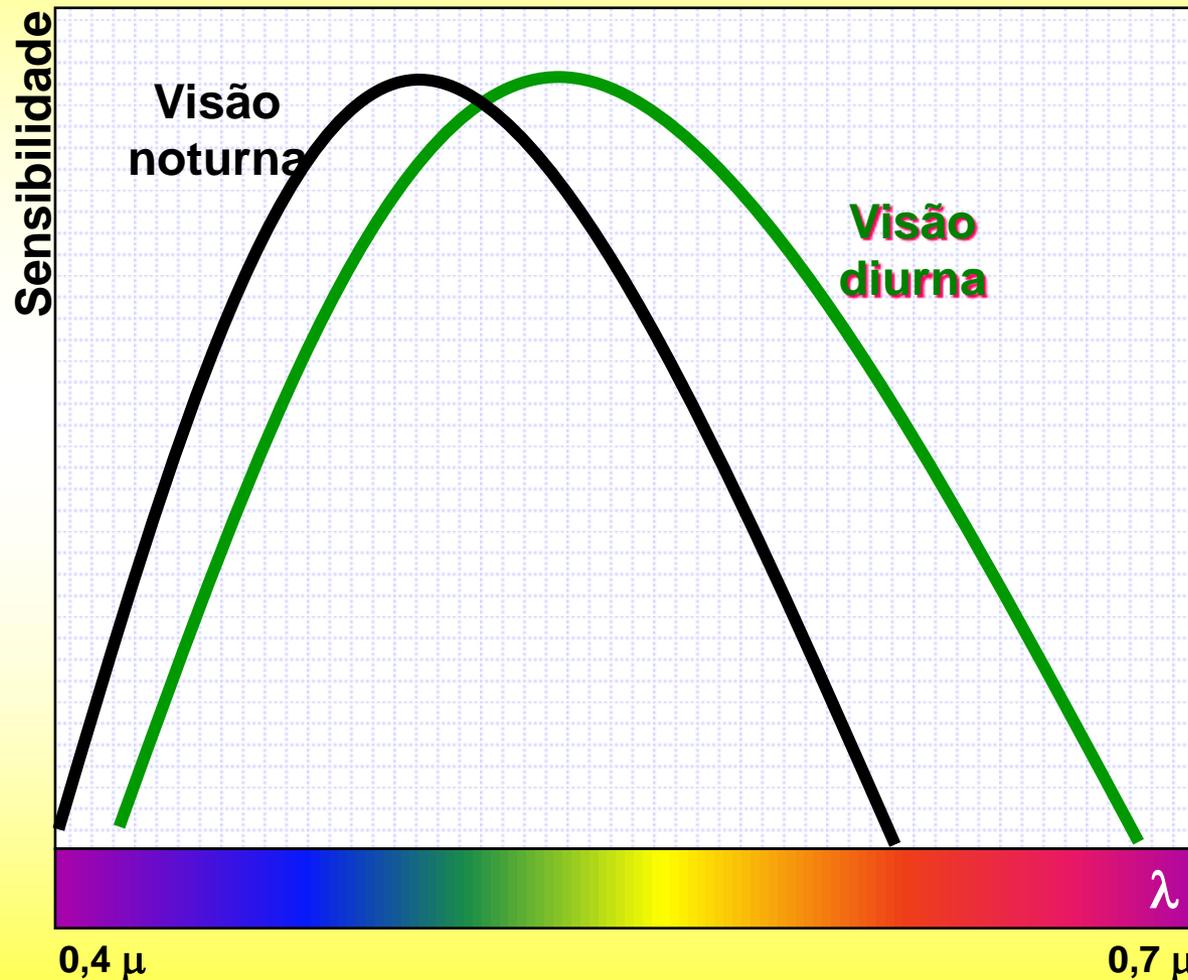
- Visão Central
- **Células Cone**
- Sensíveis à luz intensa
- **Distinção das cores**
- Visão diurna



- Visão Periférica
- Células Bastonete
- Sensíveis à luz tênue
- Não distinguem cores
- Visão noturna



Sensibilidades do olho humano dependendo da intensidade luminosa

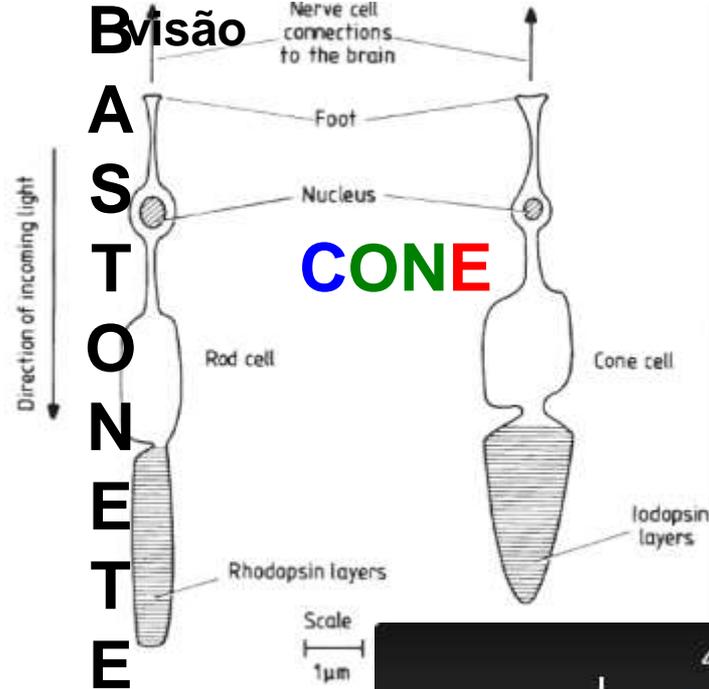


Retina

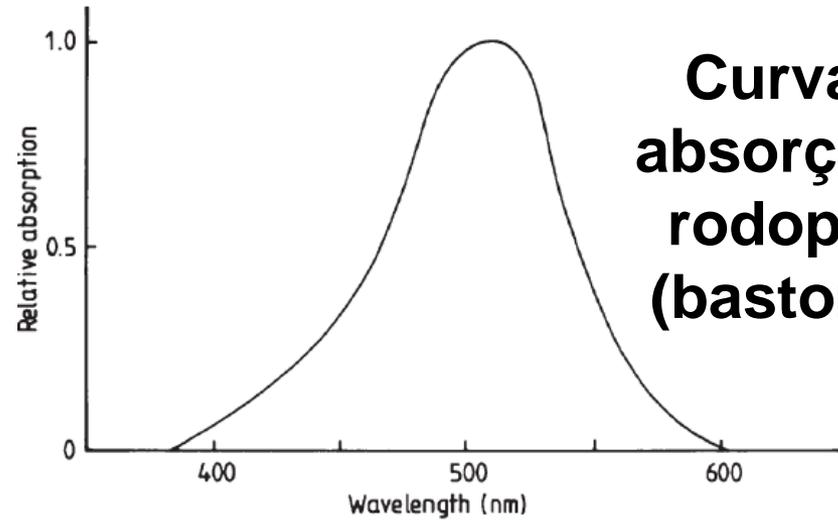
Fenômeno **Pourquinier** = deslocamento do máximo de sensibilidade

Na retina há 2 tipos de células responsáveis pelo sentido da

Sistema fotométrico do olho

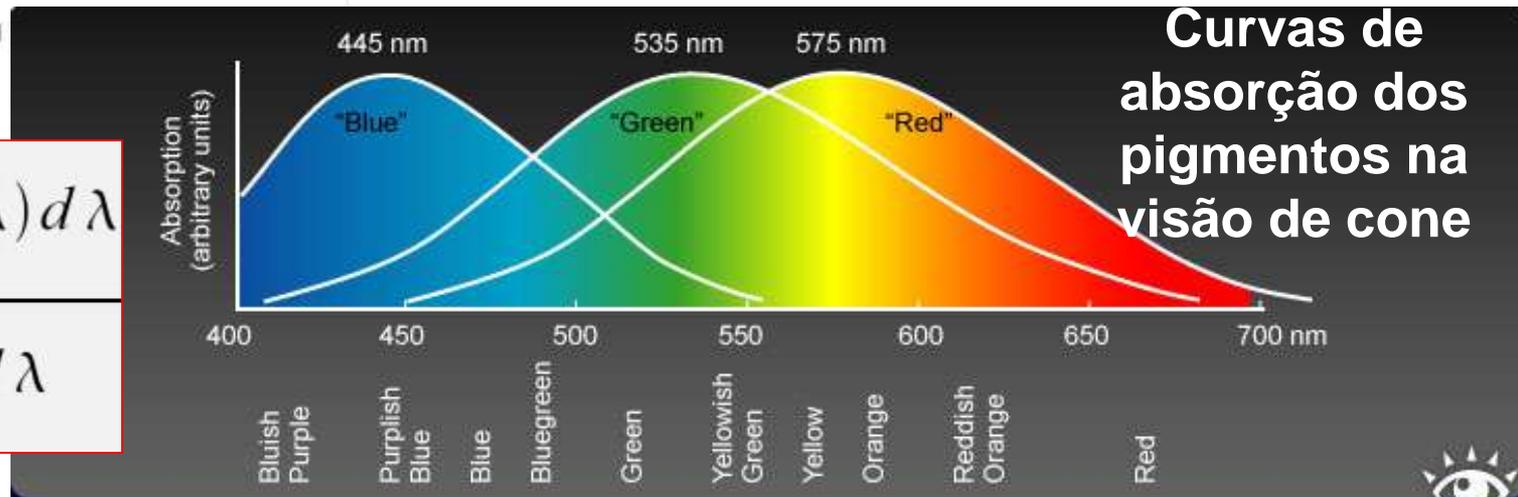


Retinal receptor cells.



Curva de absorção da rodopsina (bastonete)

Rhodopsin absorption curve.



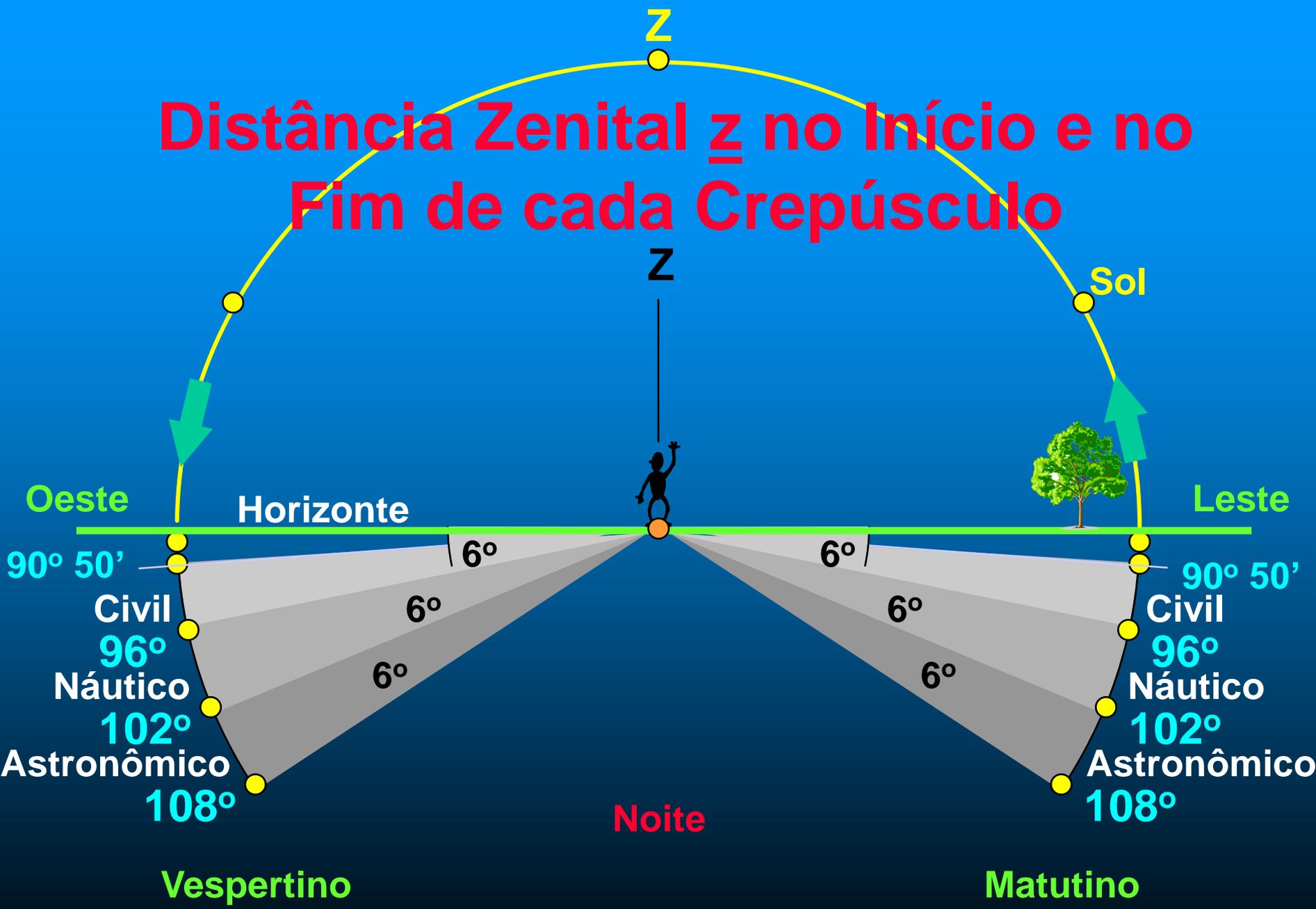
Curvas de absorção dos pigmentos na visão de cone

$$F = \frac{\int_0^{\infty} f(\lambda) s(\lambda) d\lambda}{\int_0^{\infty} s(\lambda) d\lambda}$$

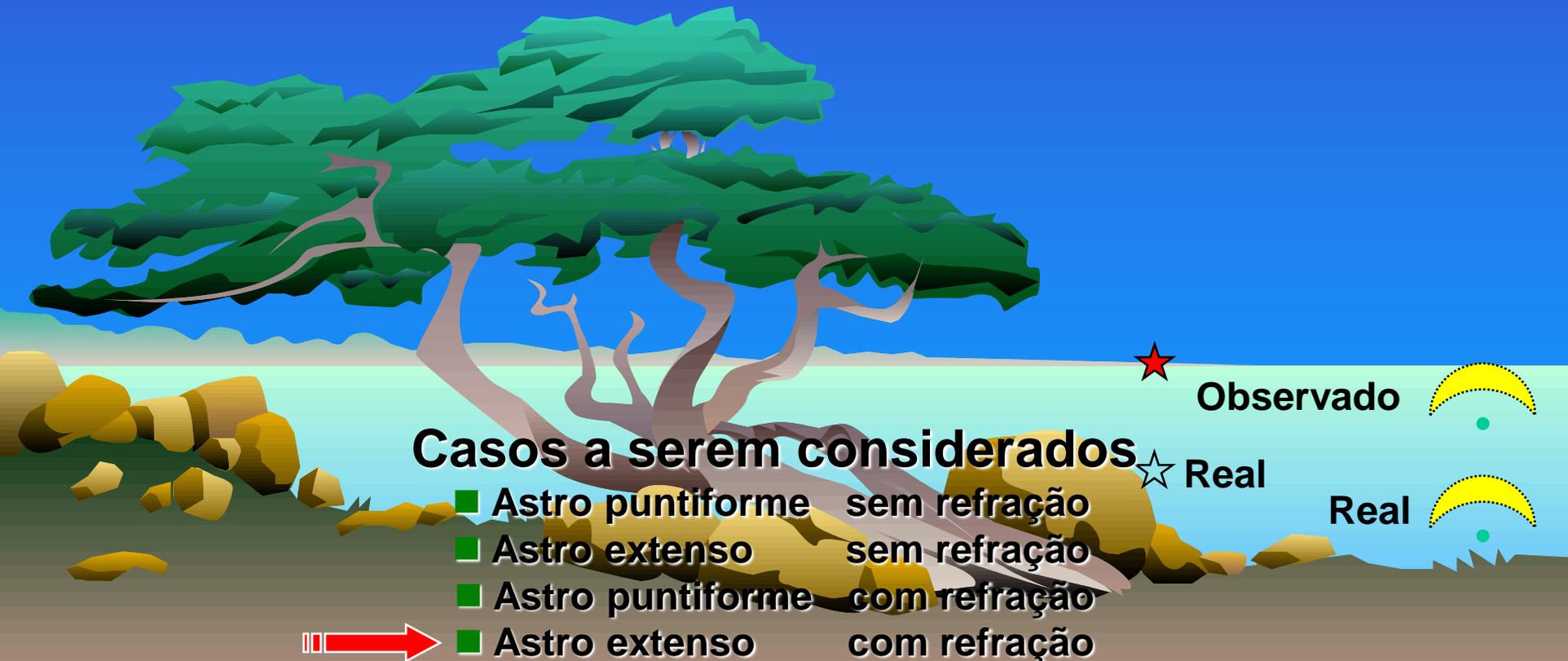


Crepúsculos e alturas do Sol

Distância Zenital z no Início e no Fim de cada Crepúsculo



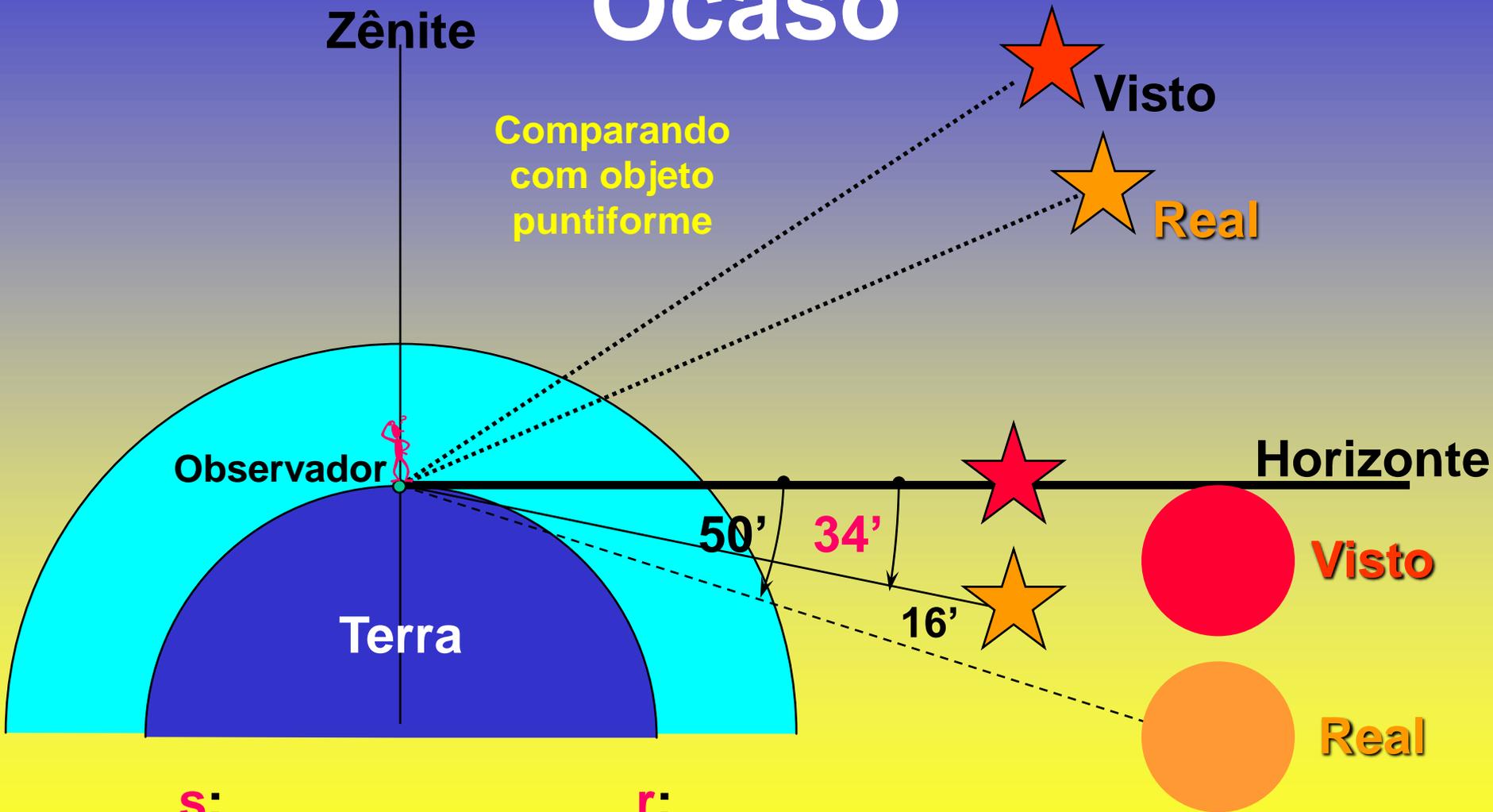
Nascer e ocaso de astro extenso considerando a refração



Lua no horizonte



Refração no Nascer e no Ocaso



s:

Semidiâmetro angular aparente

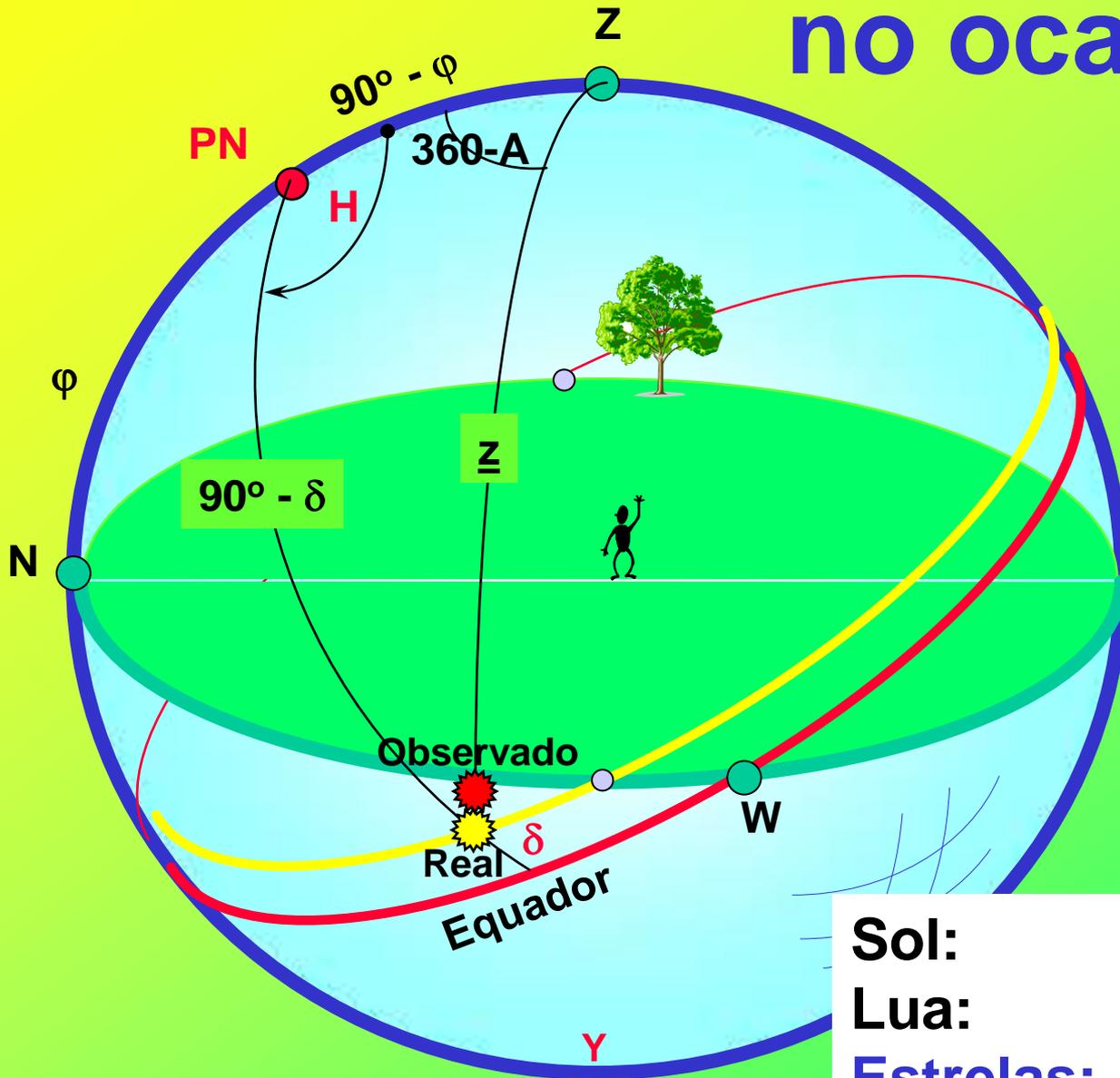
r:

Desvio angular devido à refração

$$z_{\text{centro}} = 90^{\circ} + s + r$$

**Azimute e ângulo
horario do nascer e do
ocaso considerando a
refração**

Triângulo esférico no ocaso do astro



Sol:	$z = 90^\circ 50'$
Lua:	$z = 90^\circ 50'$
Estrelas:	$z = 90^\circ 34'$

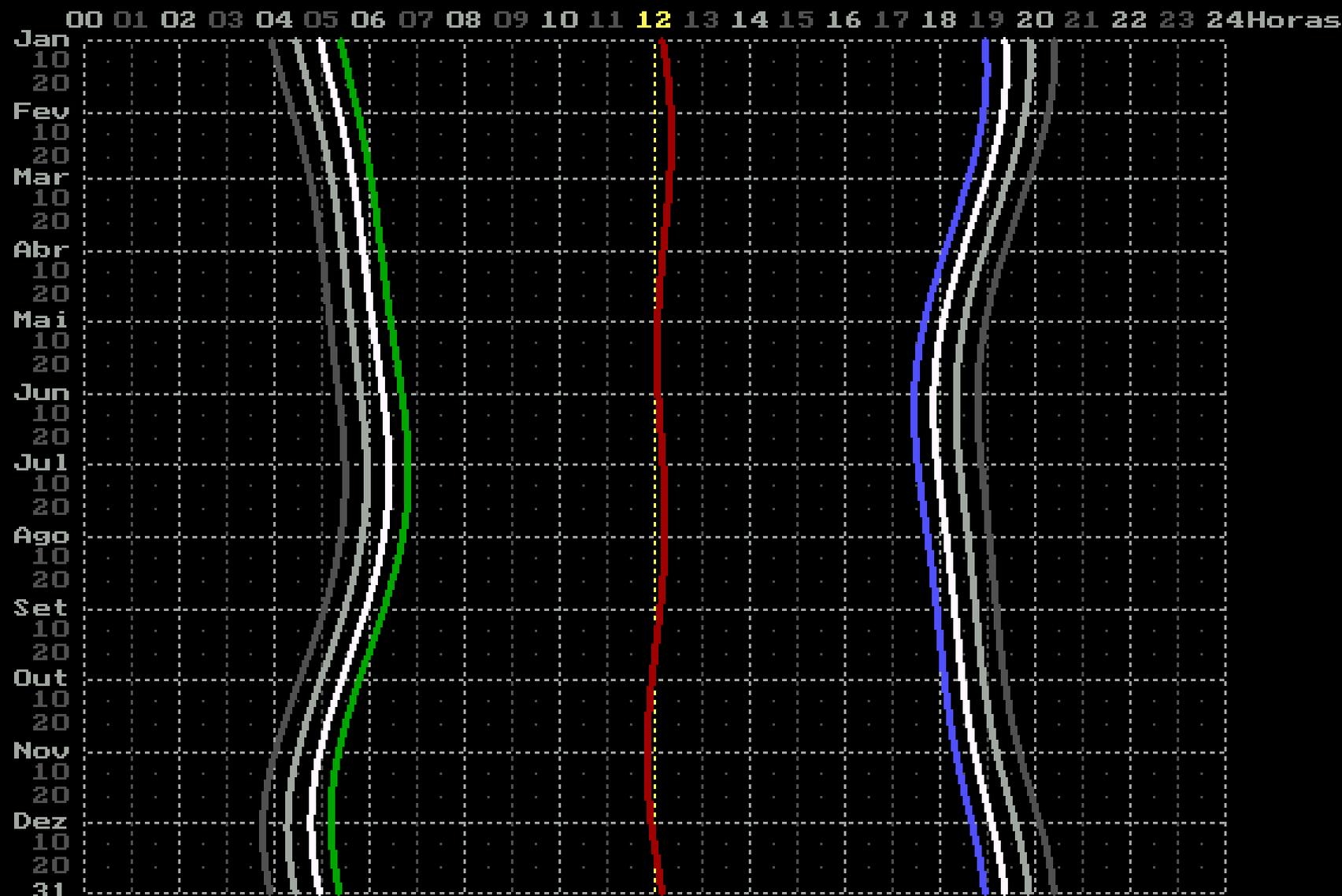
**Gráficos dos crepúsculos
do Sol ao longo do ano
em São Paulo**

Nascer, Passagem Meridiana e Ocaso do Sol

— Nascer
— Passagem Meridiana
— Ocaso

Data: 2007

Sao Paulo
Lat : -23 32 36
Long: 46 37 59



[] Crep Ast:
[] Crep Nau:
[] Crep Civ:

Nascer :
Pas Mer:
Ocaso :

[] Crep Civ:
[] Crep Nau:
[] Crep Ast:

**Qual a duração dos
crepúsculos**

$$\cos H = -\tan \varphi \cdot \tan \delta$$

Intervalos de tempo

Crepúsculos matutinos

Crepúsculos vespertinos

Dia claro



Nascer

Ocaso



Madrugada

Crep.
Astronômico

Crep.
Náutico

Crep.
Civil

Crep.
Civil

Crep.
Náutico

Crep.
Astronômico

Noite

$z=108^0$
 H_A
 T_A

$z=102^0$
 H_N
 T_N

$z=96^0$
 H_C
 T_C

$z=90^050'$
 H_{nascer}
 T_{nascer}

$z=90^050'$
 H_{ocaso}
 T_{ocaso}

$z=96^0$
 H_C
 T_C

$z=102^0$
 H_N
 T_N

$z=108^0$
 H_A
 T_A

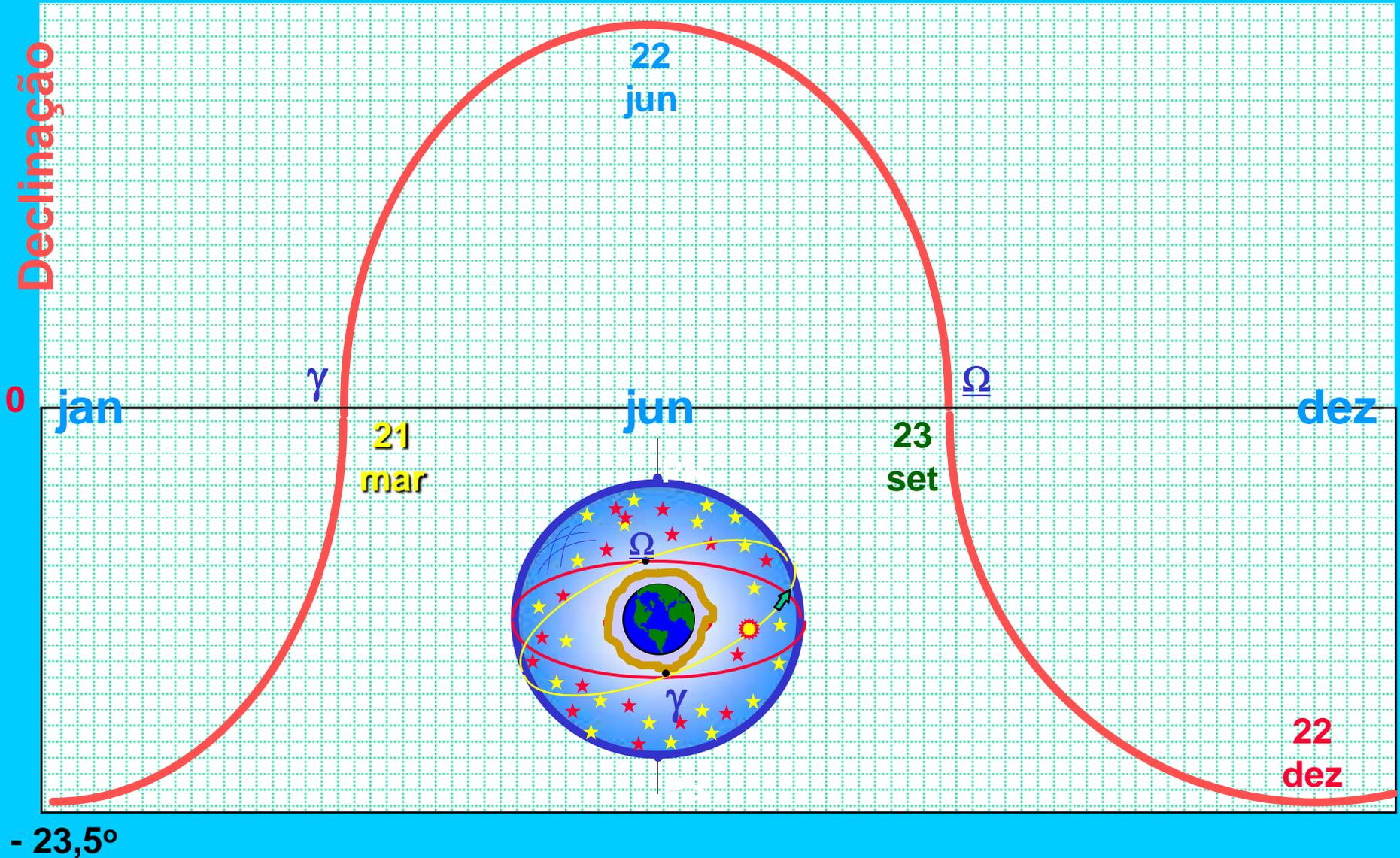
Intervalo desejado = $T_{\text{Final}} - T_{\text{Inicial}}$

$$\cos H = -\tan \varphi \cdot \tan \delta$$

**Qual a duração da
noite nos polos?**

Declinação do Sol ao longo do ano

+ 23,5°



- 23,5°

Altura do Sol ao longo do ano no Polo Norte



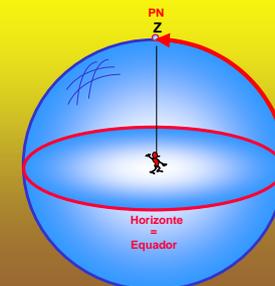
+ 23,5°

Declinação

$$h_{\text{real}} = + \delta_{\text{real}}$$

22 jun

Observador no Pólo Norte:
Latitude +90°



Os pontos cardiais não estão definidos

0

jan

γ

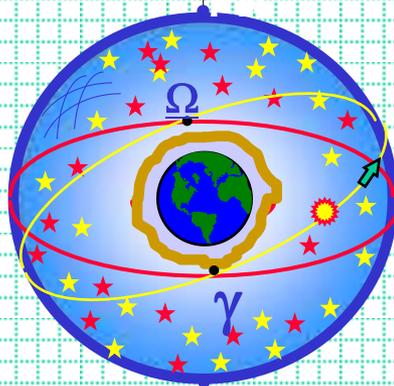
21 mar

jun

23 set

Ω

dez



22 dez

- 23,5°

Altura do Sol ao longo do ano no Polo Sul



+ 23,5°

Altura

0

jan

γ

21
mar

jun

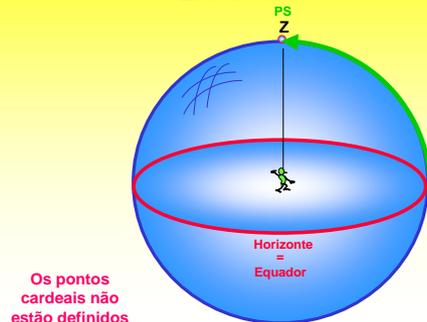
23
set

Ω

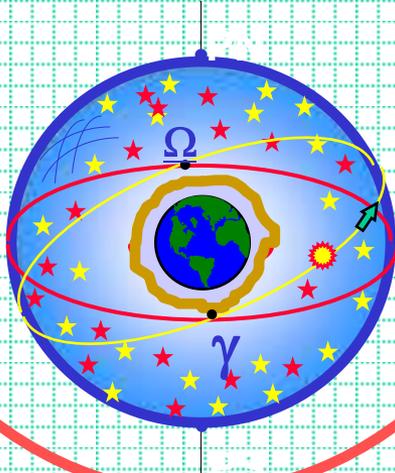
22
dez

dez

Observador no Pólo Sul:
Latitude -90°



Os pontos
cardiais não
estão definidos

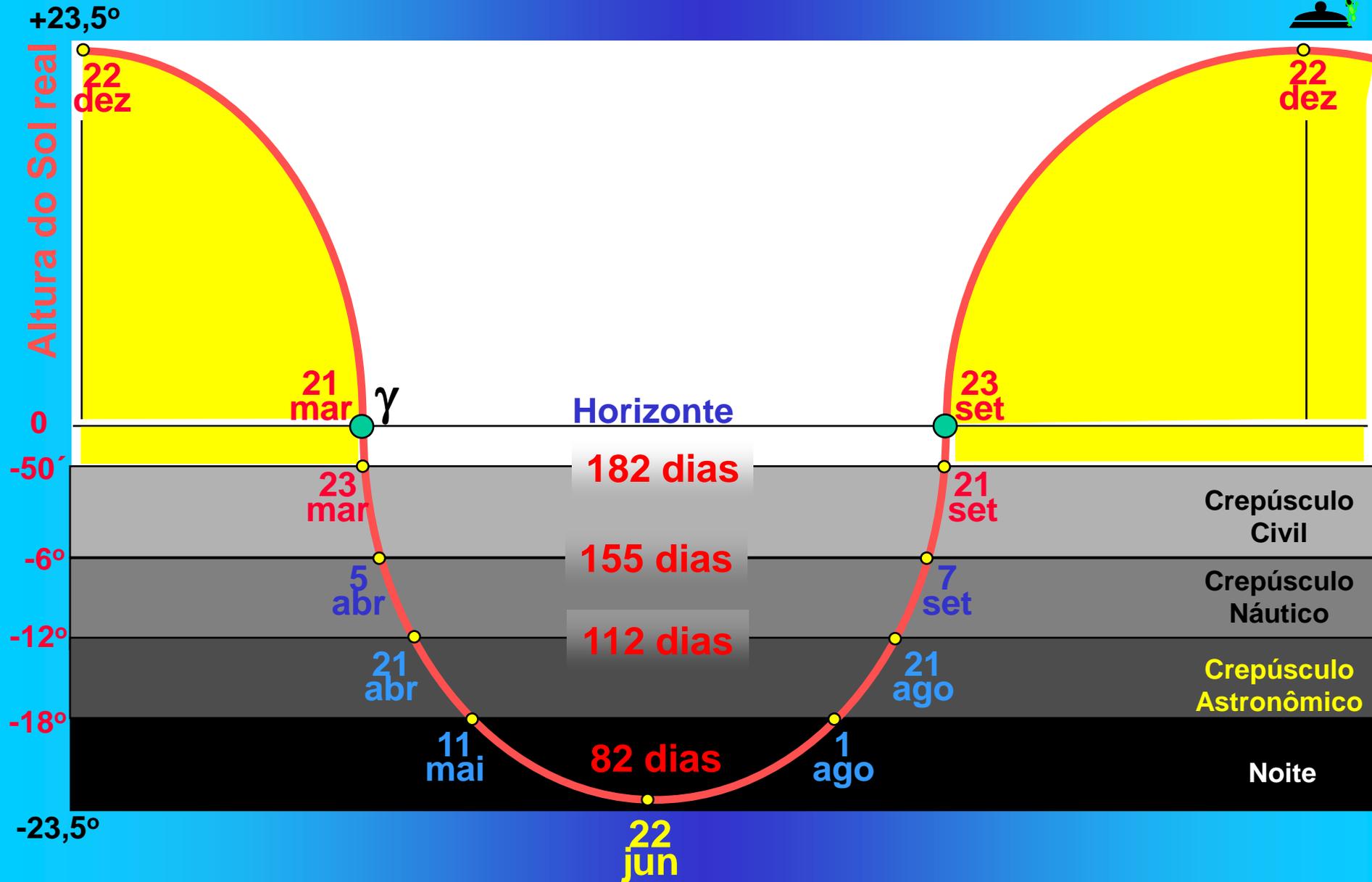


$$h_{\text{real}} = -\delta_{\text{real}}$$

- 23,5°

22 jun

Crepúsculos no Polo Sul





F i m

RB
R. Boczko