



Agroclimatologia e Pedologia

1



Climatologia - Definição

Climatologia - “ciência que estuda a actividade dos diferentes fenómenos meteorológicos nas diferentes zonas do globo terrestre e explica a repartição dos climas” (In Diciopédia 2005).

Clima - “o conjunto de fenómenos meteorológicos que caracterizam o estado médio da atmosfera em dada região” (In: Diciopédia 2005).

Climatologia = estudo científico do clima

2



Tempo e Clima

Clima - corresponderá à síntese do tempo num dado lugar, durante um período de 30 – 35 anos;

Tempo - aplica-se ao estado momentâneo da atmosfera num determinado lugar, ocorrendo num período de curta duração.

3



Climatologia em Portugal

A Climatologia inicialmente foi objecto de estudo para a Medicina e para a Agronomia.

Só no séc. XIX aparecem os primeiros registos climatológicos em Portugal.

O reconhecimento oficial da importância do registo de informação climatológica, efectuado segundo as normas internacionais, ocorreu em 1854, com a criação do Observatório Meteorológico Infante D. Luís.

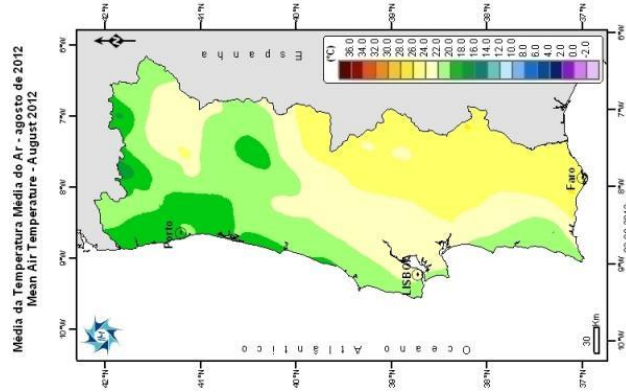
4

Causas astronómicas do Clima

Para estudar / caracterizar o clima de um determinado local quais os elementos meteorológicos que devemos conhecer?

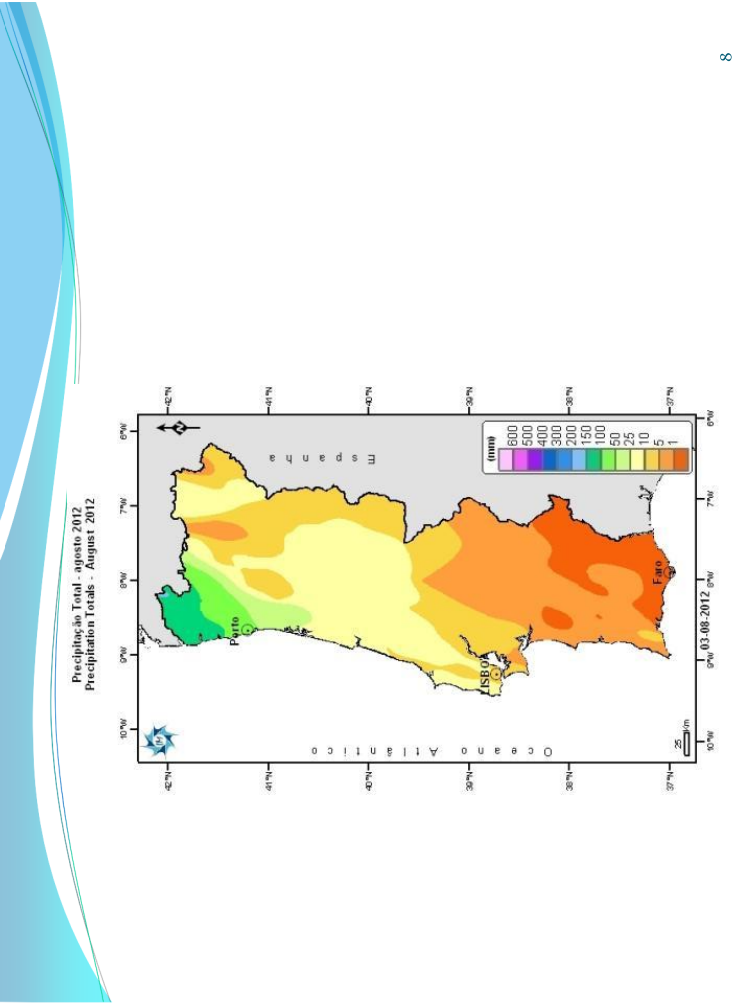
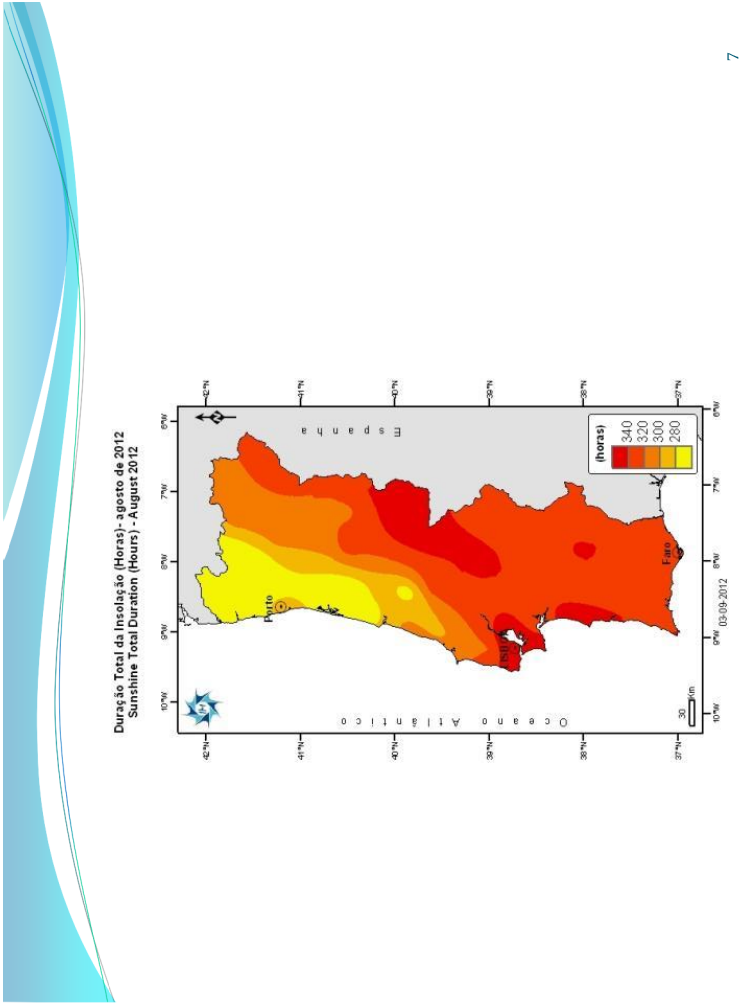
- Radiação solar;
- Temperatura;
- Humidade;
- Ventos;
- Precipitação;
- Evaporação;
- Pressão atmosférica
- Hidrómetros (orvalho, geada, ...)

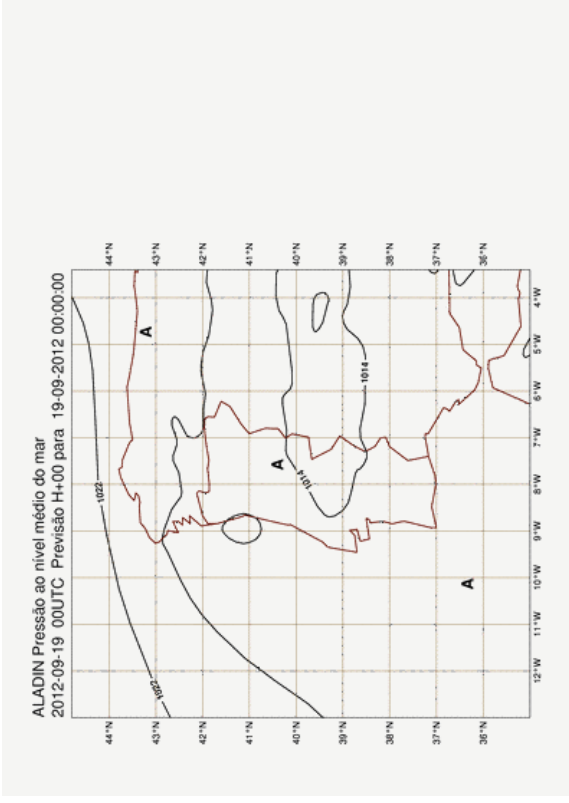
5



http://www.meteo.pt/resources/vwv/data/clima/mapas_graficos/20120912/cirtd-LgXMFnGDxMJOUtmrt/0201208.jpg

6





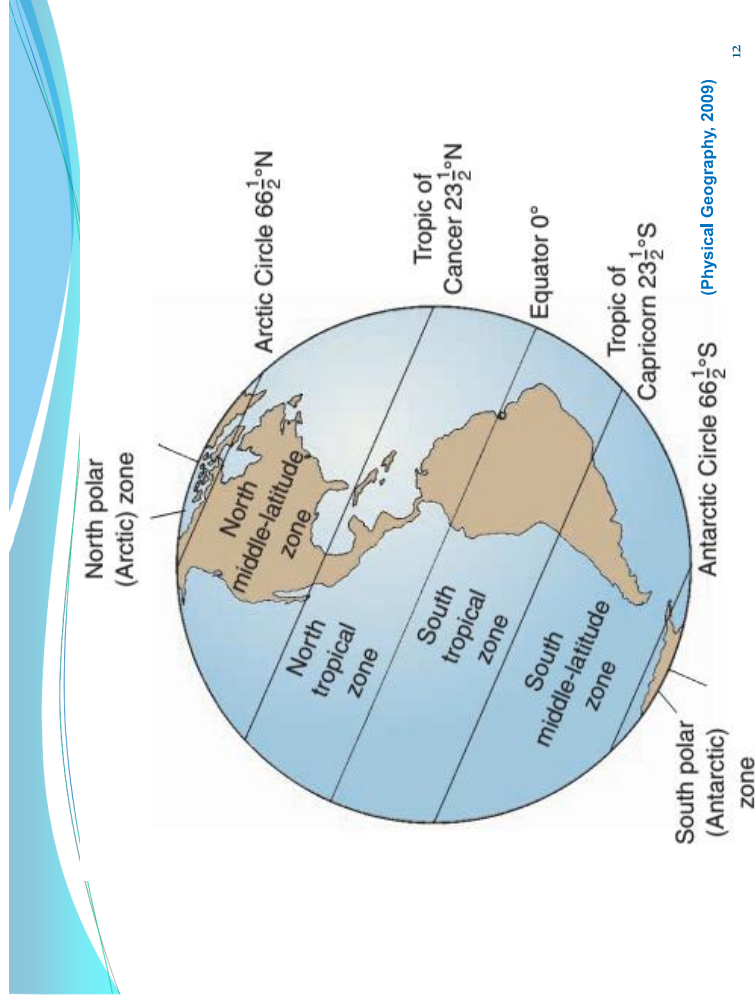
Causas astronómicas do Clima

Os elementos do clima podem ser classificados em:

Primários – cuja quantidade e qualidade tem a ver com aspectos astronómicos que influenciam as estações do ano e a duração do dia solar - Radiação solar

Secundários – alterações resultantes da acção da radiação solar em elementos do clima – temperatura do ar e do solo, pressão atmosférica, circulação do vento, evaporação e humidade.

11



12



<http://astro.unl.edu/naap/>

Ecliptic Simulator
 Union Seasons Demonst
 Obliquity Simulator
 Longitude/Latitude Demo
 Sun's Rays Simulator
 Seasons Simulator (NAAP)
 Daylight Hours Explorer
 Seasons and Ecliptic Simulator

13



Causas astronómicas do Clima

O que faz variar os factores do clima?

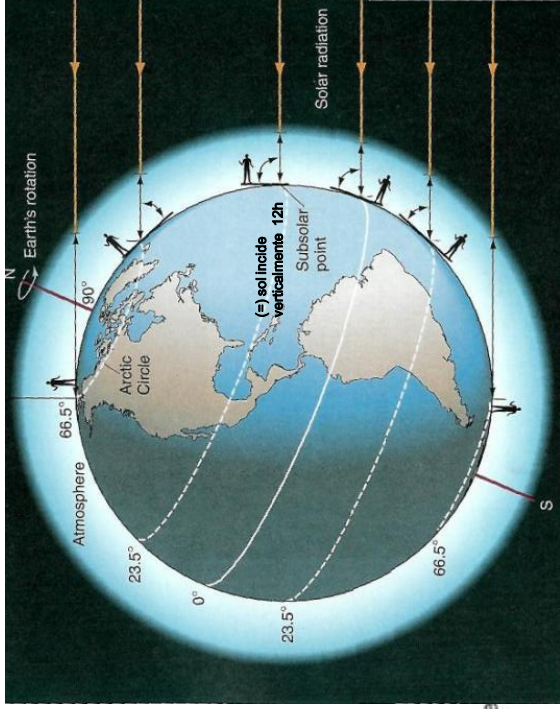
- Movimentos de rotação e translação;
- Posições relativas da Terra e do Sol.

14

Movimentos de rotação e translação

(Understanding Weather and Climate - Fifth Edition - Edward Aguado and James E. Burt)

Movimento de Rotação – movimento que a terra executa em torno do seu eixo. Este movimento tem a duração de 23 horas e 56 minutos, e é responsável pela sucessão dos dias e das noites. A terra roda sobre si mesma de Oeste para Este.



► FIGURE 2-13 Because Earth's axis is tilted 23.5°, the subsolar point is at 23.5° N during the summer solstice.

15

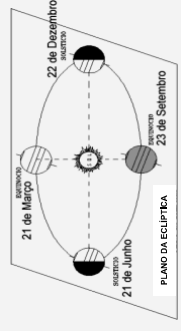
Movimentos de rotação e translação

Movimento de Translação movimento que a terra executa em torno do sol. Dura 365 dias e 6 horas pelo que ao fim de 4 anos temos um ano bissexto, que corresponde ao somatório das horas dos 4 anos que forma um dia extra ($6+6+6+6 = 24$) sempre o Último de Fevereiro

Movimento de Translação (dividido em quatro períodos)

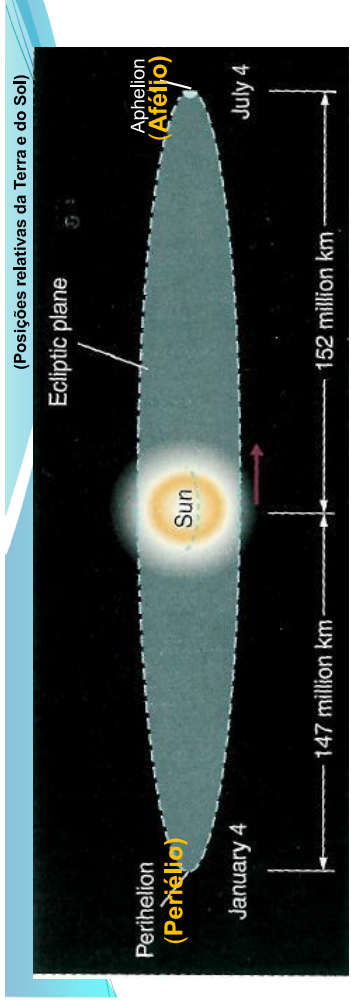
Este movimento, de Oeste para Este, condiciona:

- Os diferentes locais onde ocorre o Nascer e Pôr do sol
- O aspecto nocturno do céu;
- A diferente duração dos dias / noites;
- A sucessão das estações do ano.



► FIGURE 2-12 Earth's revolution around the Sun.

16



Se este movimento for unido através de uma linha obtém-se a **Órbita da Terra**.

Esta órbita apresenta forma elíptica e o sol não se situa no centro da elipse, mas sim, num dos seus focos, dando origem a duas posições:

→ 1 de Janeiro - **Periélio**: Em que a terra se encontra mais próxima do sol

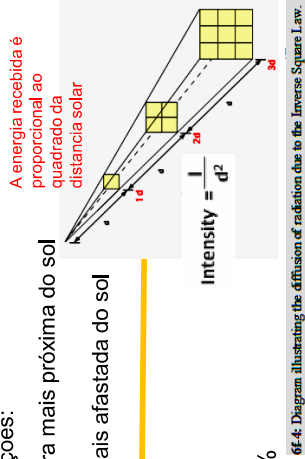
→ 1 de Julho - **Afélio**: Em que a terra se encontra mais afastada do sol

147 000 000 Km → 152 000 000 Km

3% 6%

(Emissão solar) (Área da esfera)

$$3,865 \times 10^{26} \text{ W} / 4 \pi (1,5 \times 10^{11} \text{ m})^2 \approx 1367 \text{ W} / \text{m}^2$$



64-4: Diagram illustrating the diffusion of radiation due to the Inverse Square Law.

Equinócios e Solstícios

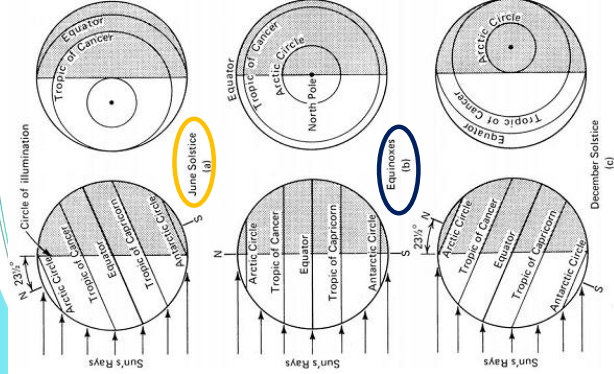


Figure 518 Characteristics of the summer and winter solstices and equinoxes (from Lugens and Tarbuck, 1979).

É no **Solstício de Verão (21 de Junho)** que o sol aparece mais perto do norte celeste. Nessa altura, o sol do meio – dia encontra-se na vertical nos lugares de latitude 23,5º Norte é o **Trópico câncer**

Os raios solares incidem nas regiões polares. No Hemisfério Norte o círculo de latitude + 66,33'N é conhecido como **Círculo Polar Ártico**.

No Solstício de Verão em todos os pontos compreendidos entre o círculo Polar Ártico e o Pólo Norte durante 24 horas é dia.

Há dois dias especiais no ano em que os dias têm a mesma duração que as noites: são os chamados **Equinócios**, em **21 de Março** e em **22 de Setembro**, quando começam, respectivamente, a Primavera e o Outono

Nos momentos dos Equinócios, que se registam em Março e em Setembro, o Sol do meio-dia atinge a vertical sobre o equador. A medida que os meses passam, há latitudes diferentes que passam a ver o Sol do meio – dia na vertical.

Equinócios e Solstícios

O Solstício que marca o princípio do nosso Inverno (22 de Dezembro) corresponde à data em que o sol se encontra mais a Sul, atingindo a vertical nos lugares de latitude $23,5^\circ$ Sul. **Trópico de Capricórnio**, pelo que essa latitude recebe o nome dessa constelação.

Círculos Polares

No Hemisfério Sul, todos os pontos compreendidos entre o círculo de latitude $-66^\circ 33'$ e o pólo sul formam o **Círculo Polar Antártico**.

No Solstício de Inverno em todos os pontos compreendidos entre o Círculo Polar Antártico e o Pólo Sul durante 24 horas é dia.

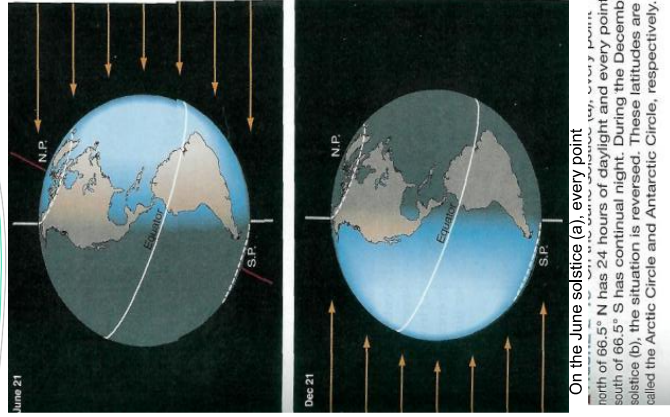
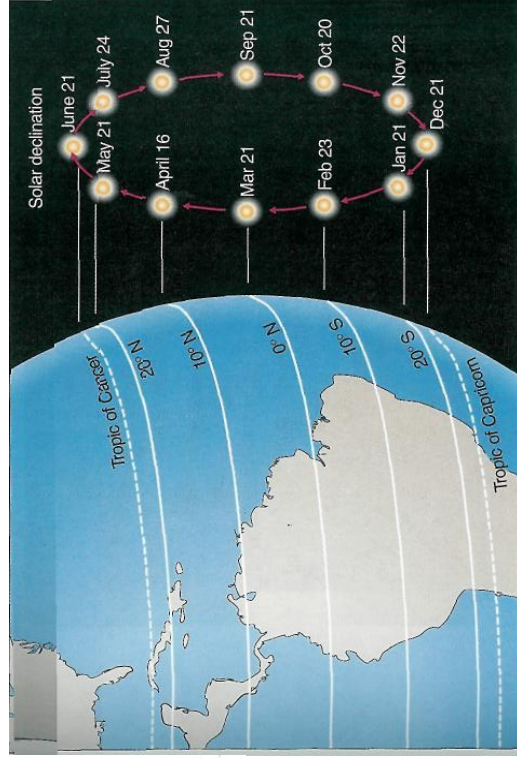
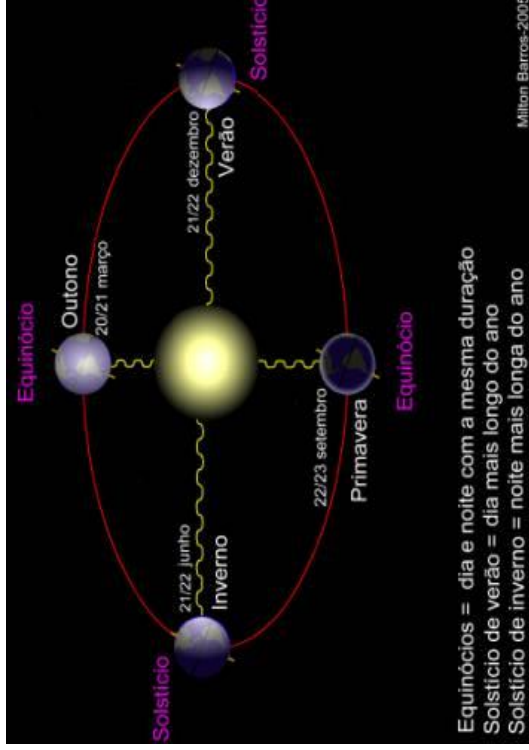


FIGURE 2-14 The solar declination gradually migrates north and south over the course of the year. On the June solstice the subsolar point marks its most northward extent, 23.5° N. Solar declination is 23.5° S on the December solstice.



Causas astronômicas do Clima



21

Causas astronômicas do Clima

Trópicos de Câncer e de Capricórnio

Devido à movimentação da Terra, todos os pontos do círculo da mesma latitude vão passando pelo mesmo ponto que mostra a posição da terra no Solstício de Verão. A este círculo imaginário de latitude + 23,45°, denomina-se **Trópico de Câncer**.

No Solstício de Inverno, em Dezembro, os pontos do círculo de latitude -23,45°, vão atingindo a mesma posição, que mostra a posição da terra no Solstício de Dezembro. Este círculo imaginário chama-se **Trópico de Capricórnio**.

22

Causas astronômicas do Clima

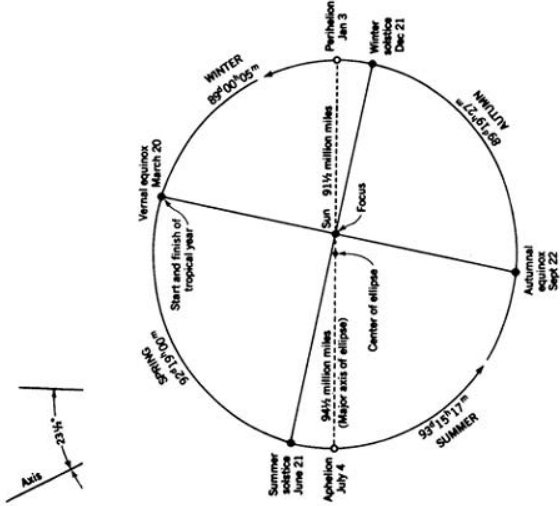
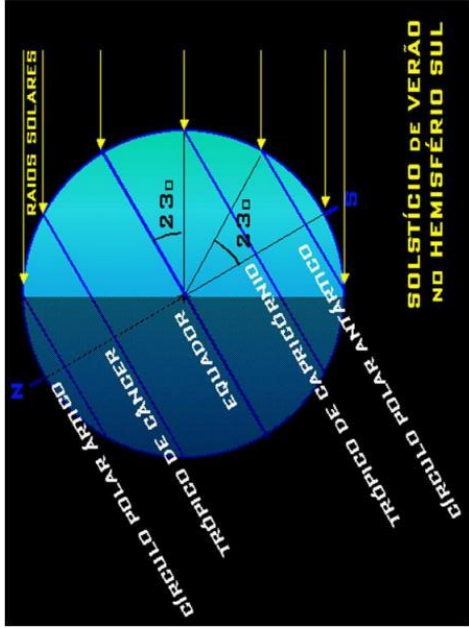
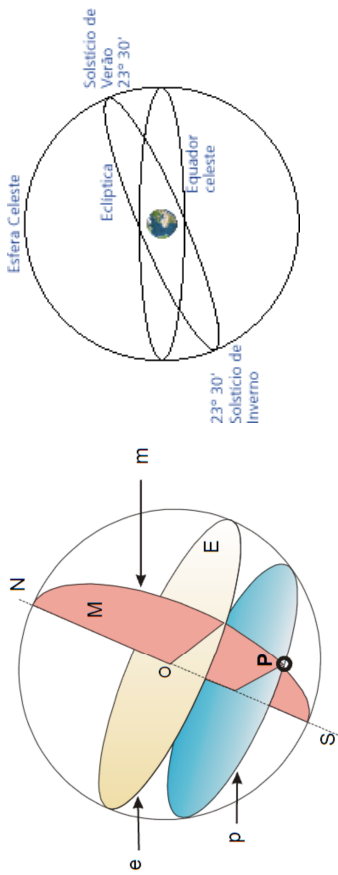


Figure S13 Dates of equinox and solstice: duration of seasons for the northern hemisphere.

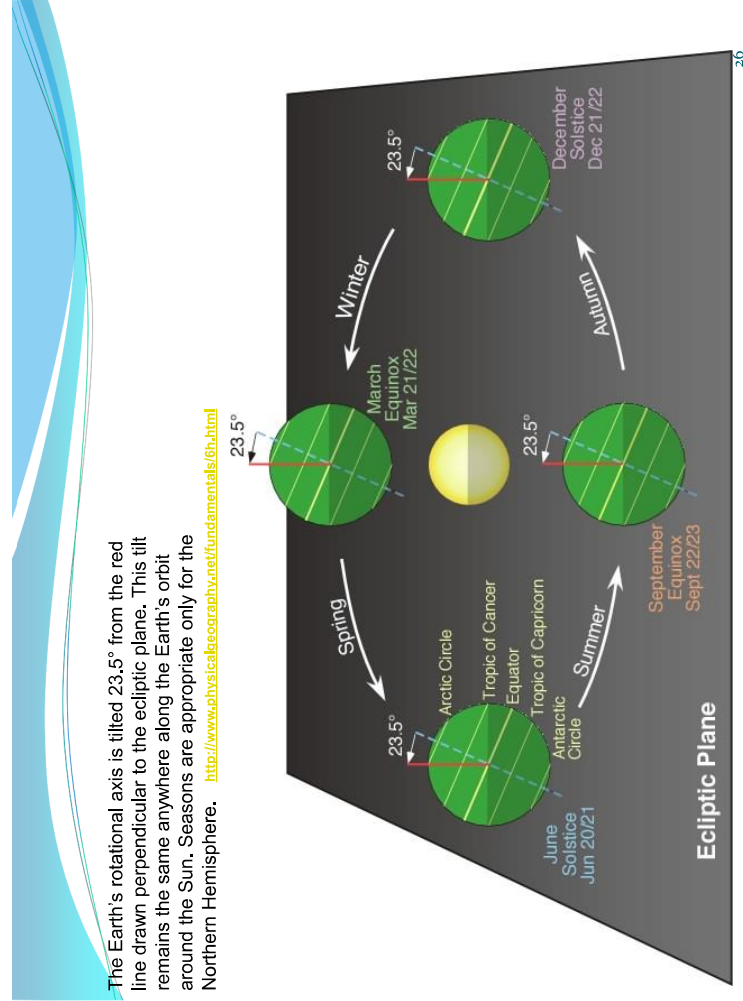
Causas astronômicas do Clima

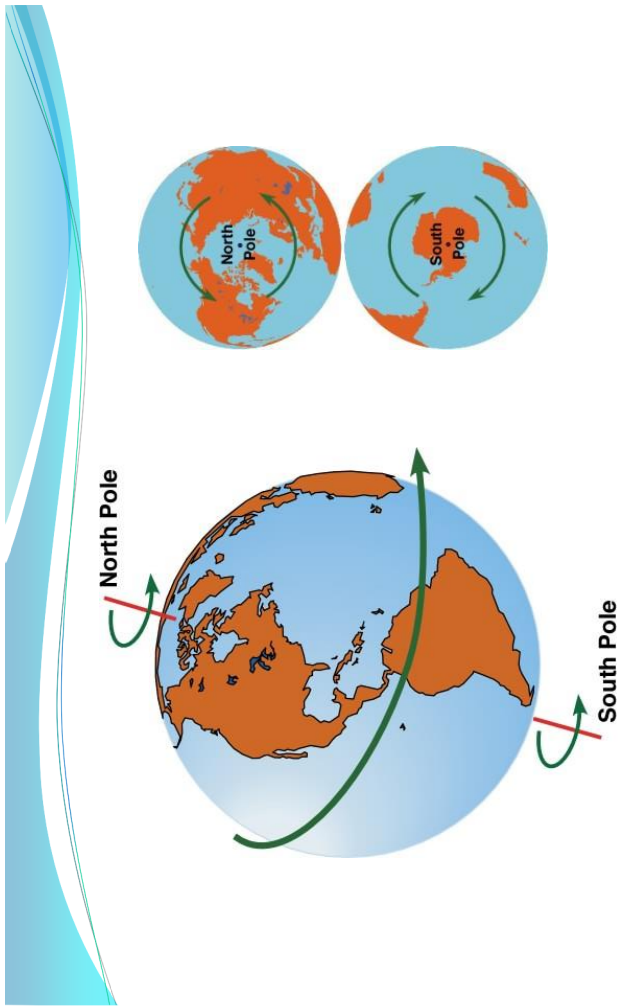


Causas astronómicas do Clima



Pólos Norte (N) e Sul (S), eixo terrestre (NS), plano do equador (E), equador (e), plano de paralelo (P), paralelo (p), plano de meridiano (M) e meridiano (m).



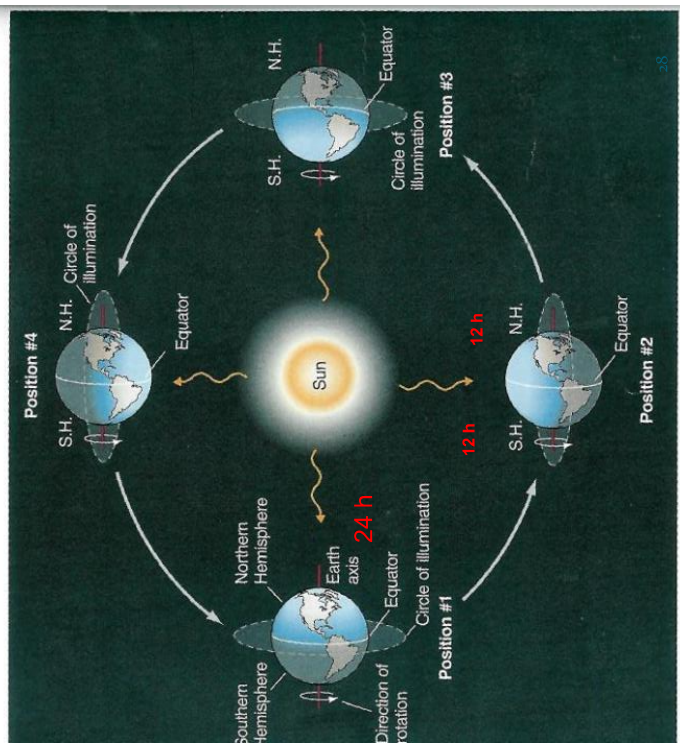


27

90°

!!!!

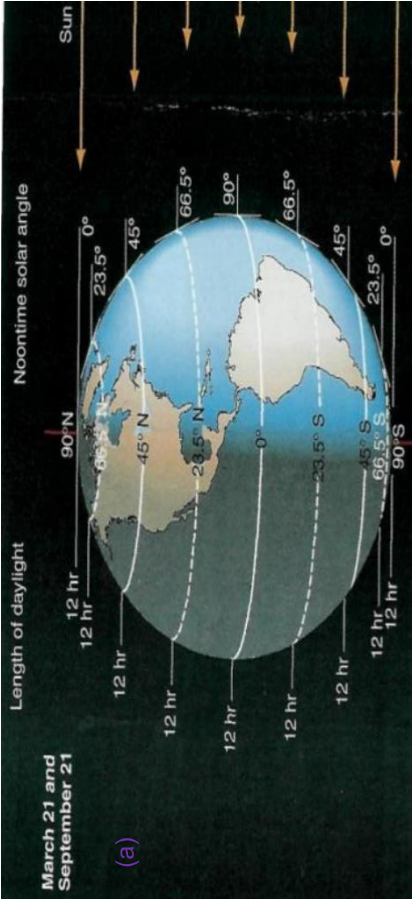
► FIGURE 2-11 A,
hypothetical situation
wherein Earth's axis
is aligned along the
ecliptic plane. In
position # 1, the
Northern Hemisphere
receives much
energy from the Sun
while the Southern
Hemisphere is in
constant darkness.
The situation
reverses six months
later (position #3). In
positions #2 and #4,
both hemispheres
receive equal
amounts of solar
energy



28



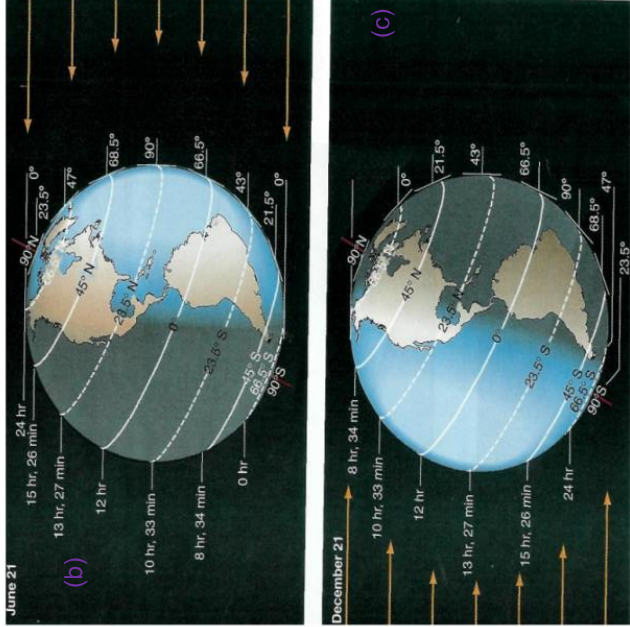
The length of day {left} and the noon solar angle (right) are shown for the equinoxes (a), June solstice (b), and December solstice (c).



29



FIGURE 2-17 The length of day (left) and the noon solar angle (right) are shown for the equinoxes (a), June solstice (b), and December solstice (c).

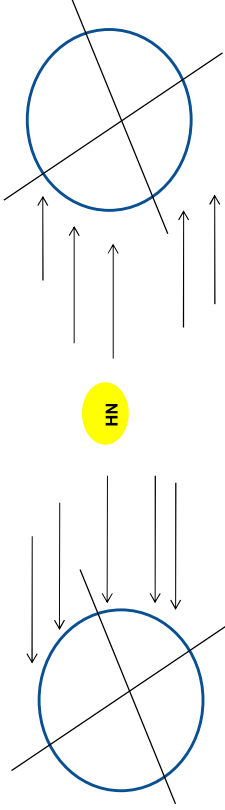


30



Causas astronómicas do Clima

(Declinação solar - δ)



Solstício Inverno (21/22 de Dezembro) $-23,5^\circ$

Solstício Verão (21/22 de Junho) $+23,5^\circ$

Obs. *Equinócios a declinação = 0*

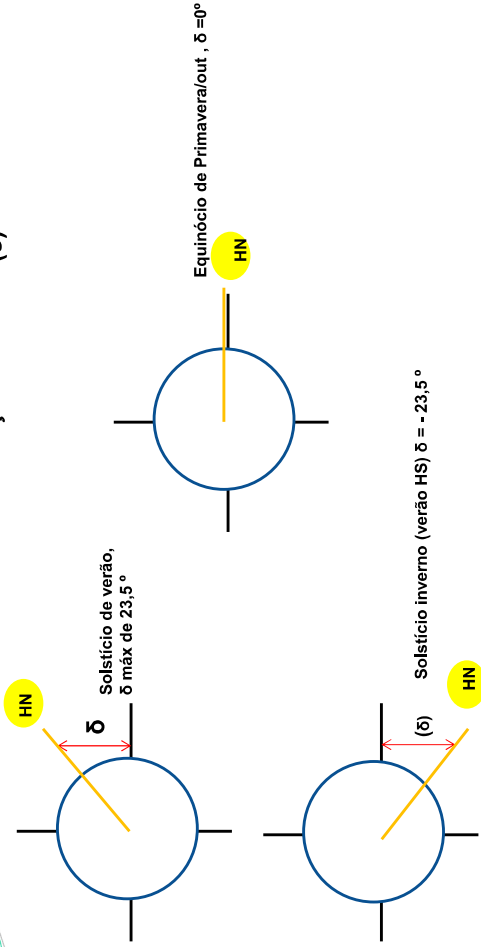
Esta variação facilmente se observa pela posição da sombra projetada por um obstáculo, a uma mesma hora

(Ang. entre o plano perpendicular aos raios solares e o eixo de rotação da terra)

33



Declinação solar - (δ)



→ $\delta = \varphi$; o sol está na vertical do local para esta latitude

34

Causas astronómicas do Clima

Declinação solar - (δ)

O eixo imaginário da terra que passa pelo seu centro unindo o Pólo Norte ao Pólo sul encontra-se desviado da vertical em cerca de 23,5°.

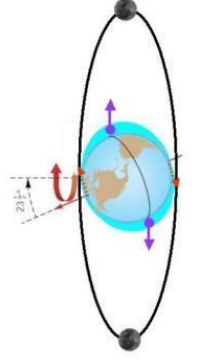
Como consequência deste desvio, observa-se uma inclinação permanente do eixo da terra de cerca de 23,5° em relação à perpendicular ao plano da órbita terrestre em relação aos raios solares recebidos pelo sol.

35

Causas astronómicas do Clima

Declinação solar - (δ)

Esta inclinação origina um ângulo, **ângulo de declinação solar**, descrito entre o plano equatorial terrestre e os raios solares, e cujo valor varia com as diferentes posições que a terra ocupa, em relação ao plano da órbita, no seu movimento de translação.



36



O valor numérico não varia muito durante o dia e assim para determinado dia pode ser calculado:

$$\delta = \pm 23,5 \cos 2\pi (d-172) / 365$$

Onde:

δ é a declinação solar em grados

d – dia do ano (0 a 365)

Simplificação:

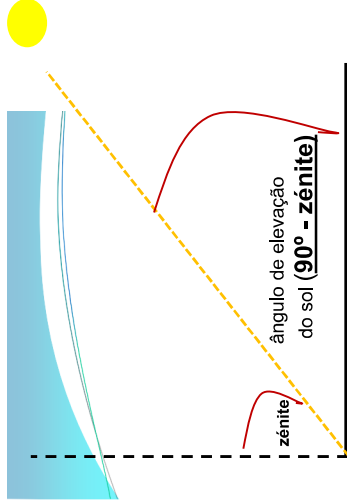
$$\delta = \pm 23,5 \sin N \quad (\text{graus})$$

Onde: N = n° de dias distantes do Equinócio mais próximo .

[http://www.fao.org/docrep/x0490e/x0490e07.htm#solar radiation](http://www.fao.org/docrep/x0490e/x0490e07.htm#solar%20radiation)

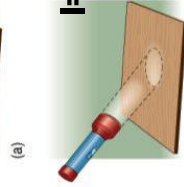
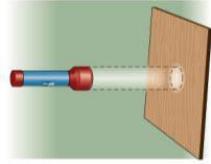
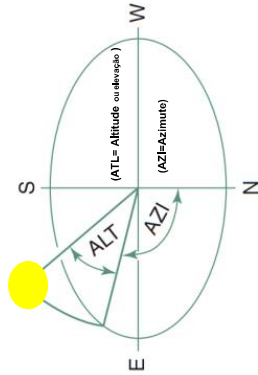
$$[\text{Radians}] = \frac{\pi}{180} [\text{decimaldegrees}] \qquad \delta = 0.409 \sin \left(\frac{2\pi}{365} J - 1.39 \right) \quad (\text{Eq.24}) \rightarrow \text{radianos}$$

37

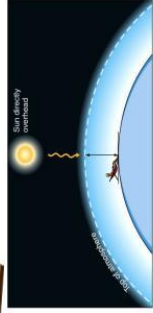


ALT = Ângulo formado pela direção do sol e o plano horizontal do lugar

AZI = Ângulo formado pelo plano vertical contendo a direção do sol e a direção do norte geográfico do lugar, é medido no plano horizontal



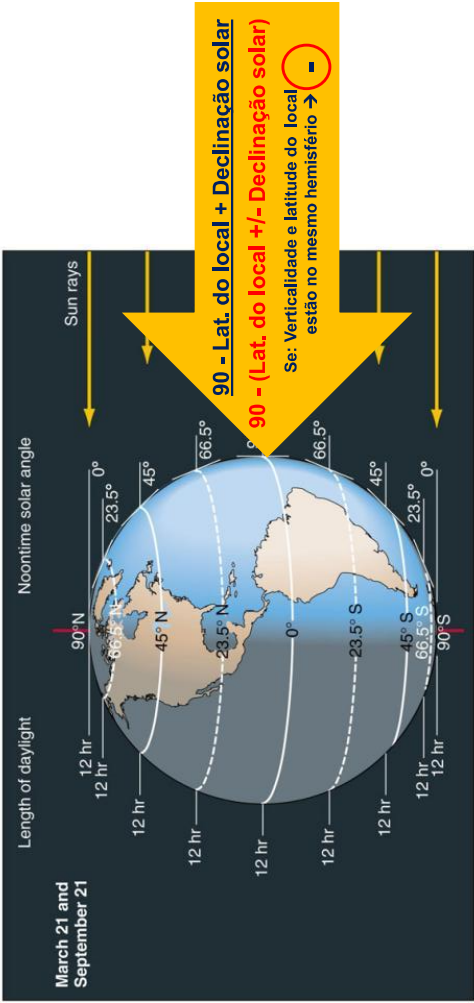
S → recebida por uma superfície perpendicular aos raios solare



Coordenadas Horizontais (Azi, Alt)
Coordenadas Equatoriais (dec, h)
Coordenadas Geográficas (lat, long)³⁸

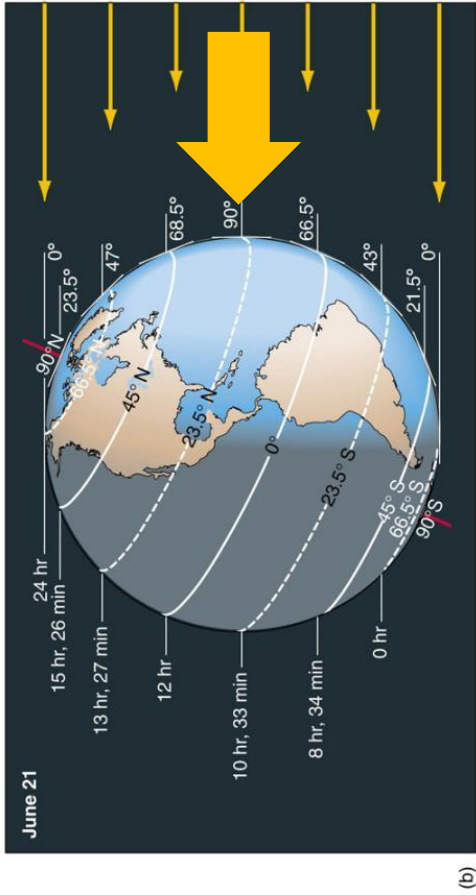
Equinócios

Em que latitude o sol incide verticalmente , durante o equinócio (março/setembro) ao meio-dia?



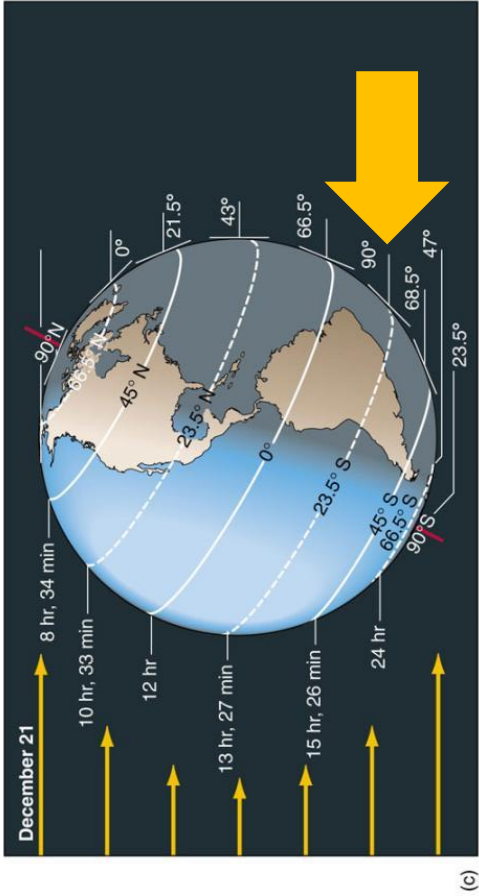
Solstícios

Em que latitude o sol incide verticalmente , durante o Solstício(NH) de verão, ao meio-dia?

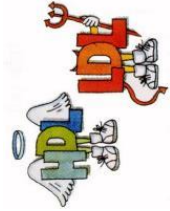
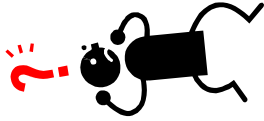
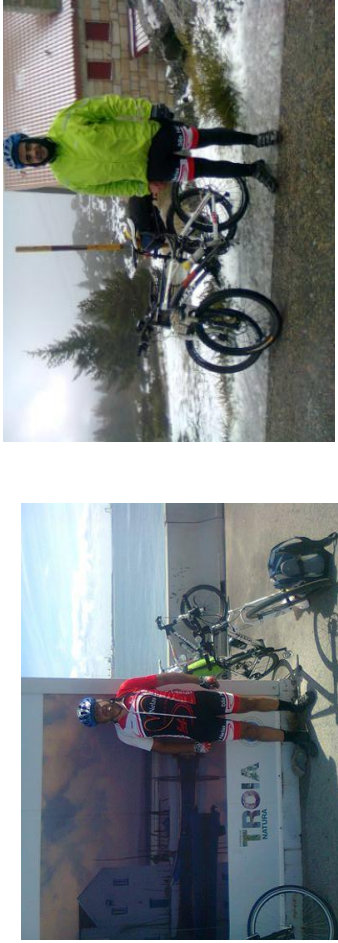


Solstícios

Em que latitude o sol incide verticalmente, durante o Solstício(SH) de verão, ao meio-dia?



41



42

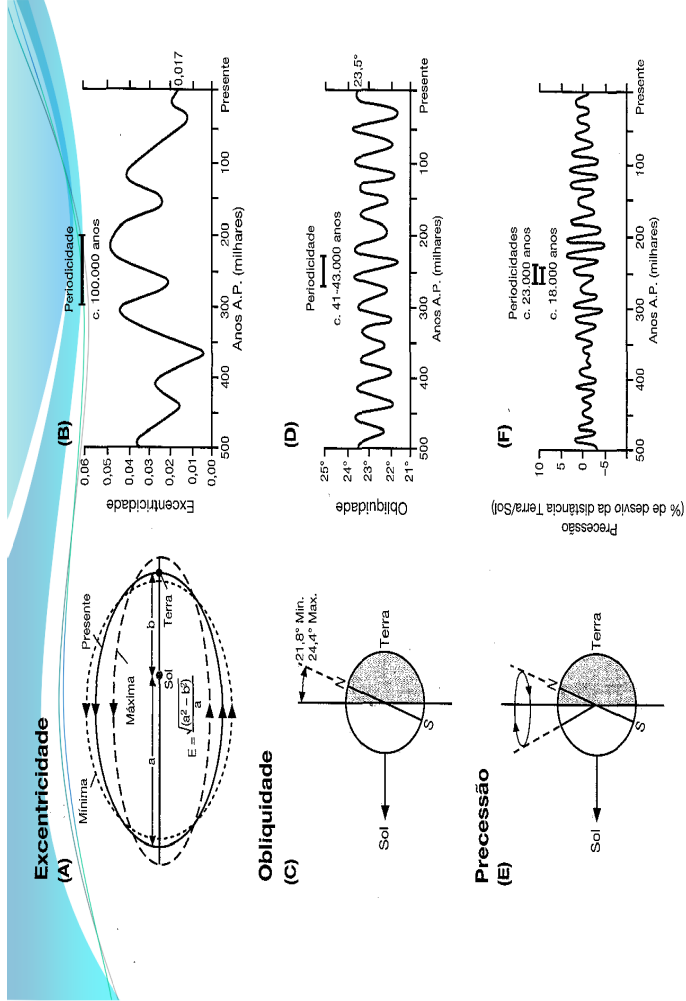


Figura 13.3 Síntese dos efeitos astronômicos (orbitais) sobre a irradiação solar e suas escalas temporais relevantes nos últimos 500.000 anos. (A) e (B): excentricidade ou alongamento orbital; (C) e (D): obliquidade ou inclinação axial; (E) e (F): precessão

43

Causas astronômicas do Clima

Definição dos parâmetros astronômicos

Existem parâmetros cuja importância se faz sentir:

- Cálculo do nº de horas do dia solar;
- Cálculo da radiação solar que atinge a orla exterior da atmosfera

44

Causas astronómicas do Clima

Círculo de iluminação - círculo máximo que separa o hemisfério iluminado (diurno) do não iluminado (nocturno).

Dia Natural – tempo decorrido entre o nascer do sol e o por do sol.

Meio – Dia Solar – momento em que o sol atinge a sua maior altura acima do horizonte.

Do Solstício de Verão ao Solstício de Inverno os dias diminuem no Hemisfério Norte e aumentam no Hemisfério Sul.

Ao contrário, do Solstício de Inverno ao Solstício de Verão os dias aumentam no Hemisfério Norte e diminuem no Hemisfério Sul.

45

Causas astronómicas do Clima

O período de luz num dia, ou seja, a duração da iluminação é designado de **FOTOPERÍODO (D)**.

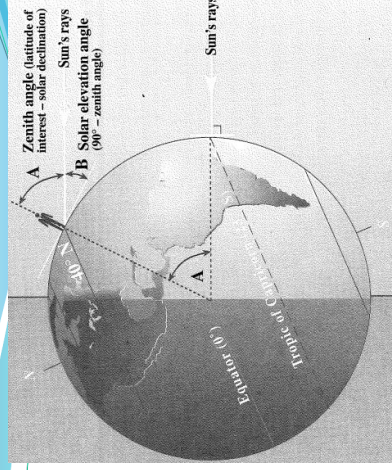
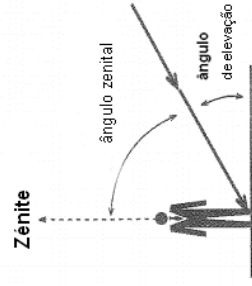
É conveniente relacionar a variação do ângulo zenital (Z) em função de outros parâmetros astronómicos:

- Declinação solar (δ);
- Ângulo hora (h);
- Latitude (φ)

46

Causas astronómicas do Clima

Relação entre Z; φ , δ , h



$$\text{Cos } Z = \text{cos } \varphi \text{ cos } \delta \text{ cos } h + \sin \varphi \sin \delta = \sin \beta$$

β - Altitude ou elevação solar = $90^\circ - Z$

$$\text{Cos } AZI = \sin \varphi \cos z - \sin \delta / \cos \varphi \sin z$$

Em que:

Azi - Ângulo azimutal

φ - Ângulo de latitude de lugar, toma valores desde 0° a 90° no HN e de 0° a 90° no HS;

δ - Ângulo de declinação solar, para o HN varia de $+23,5^\circ$ (no Solstício de Verão) a 0° (nos Equinócios) a $-23,5^\circ$ (no Solstício de inverno);

Z - Ângulo zenital ou zénite;

h - Ângulo hora do sol, varia de -90° (ao nascer do sol) a 0° (ao meio dia solar) e a $+90^\circ$ (pôr do sol)

47

Causas astronómicas do Clima

Se considerarmos que o dia solar começa com o nascer do sol em que o ângulo $h = -90$ (Cos $Z = 0$) e termina com o Por do Sol em que o ângulo $h = +90^\circ$ (Cos $Z = 0$)

Aplicando a estes limites a equação anterior

(=) resolver a equação

$$\text{Cos } Z = \text{cos } \varphi \text{ cos } \delta \text{ cos } h + \sin \varphi \sin \delta = \sin \beta$$

→ para $Z=90^\circ$ ou $\beta=0^\circ$

Obtendo-se o valor de h para o nascer/por do sol

$$\text{Cos } Z = \text{cos } \varphi \text{ cos } \delta \text{ cos } h + \sin \varphi \sin \delta = \sin \beta$$

$$\text{Cos } h = - \frac{\sin \varphi \sin \delta}{\cos \varphi \cos \delta}$$

$$h = \arccos [-(\text{tg } \varphi \text{ tg } \delta)]$$

Como o movimento aparente do sol é simétrico em relação ao meio dia solar ($h=0^\circ$) o n° de horas com sol é dada pela seguinte expressão(D) :

$$D = \frac{2h}{15}$$

- Rotação da terra = 1 dia 24 h

- 360° é equivalente a 24 horas

- 15° é equivalente a 1 hora ($360^\circ/24h$)

- Nascer sol = $12 - D/2$; Por sol = $12 + D/2$ (!!) 48

Causas astronómicas do Clima

Month:SeptemberDay:21Year (e.g. 2000):2013

Equation of Time (minutes):6.79

Solar Declination (degrees):0.71

Apparent Sunrise:7:18AM

Apparent Sunset:7:30PM

Solar Noon:12:24:36

Time Zone:Local

UTC

www.esrl.noaa.gov/gmd/grad/solcalc/sunrise.html

49

<http://www.weatheronline.co.uk> (viseu)

	Tu 09	We 10	Th 11	Fr 12	Sa 13	Su 14	Mo 15	Tu 16
Tmax (°C)	28	26	24	25	26	26	26	25
Tmin (°C)	16	17	15	16	16	16	16	17
morning 24-06								
a.m. 06-12								
p.m. 12-18								
evening 18-24								
Rain risk	25 %	60 %	80 %	55 %	35 %	30 %	35 %	35 %
Sunshine hours	7.7	7.6	5.1	4.4	6.3	8.1	7.5	6.8
UV index	6	6	5	5	6	6	6	5
Sunrise	07:06	07:07	07:08	07:09	07:10	07:11	07:12	07:13
Sunset	19:51	19:49	19:48	19:46	19:44	19:43	19:41	19:39
Wind p.m. Bit	SW 3	SW 3-4	SW 3	SW 3	SW 3	W 3	SW 3	S 3

Last updated: Tu, 09 Sep, 16:22 BST

50



Nas regiões equatoriais em que a latitude é zero ($\varphi =$

0), o resultado do cálculo da equação:

$$h = \arccos [-(\operatorname{tg} \varphi \operatorname{tg} \delta)]$$

$$h = \arccos 0$$

Indica a ocorrência de um fotoperíodo (D) constante de 12 horas

51



A ocorrência de um fotoperíodo (D) com a duração constante de 12 horas, verifica-se também nas restantes latitudes, quando o ângulo $\delta = 0$, isto é, por altura dos **equinócios** de Primavera (21 de Março) e de Outono (22 de Setembro) de cada ano.

52

Casos particulares do fotoperíodo

No HN à medida que se caminha em direcção ao pólo norte, no Solstício de Verão (21 de Junho), verifica-se que o período diurno é mais longo que o período nocturno, com a duração que vão desde as 12 horas (no Equador) a 24 horas (no Pólo Norte).

Se utilizarmos o valor de $\varphi = \pm 90^\circ$ para os Pólos a equação fica:

$$\cos Z = \sin \delta$$

Ou seja, pelo princípio da complementaridade dos ângulos podemos expressar:

$$\delta = 90^\circ - Z \quad \text{e} \quad Z = 90^\circ - \delta$$

53

Casos particulares do fotoperíodo

Sabendo que δ varia entre $+ 23,5^\circ$ a $- 23,5^\circ$ durante o ano, este resultado implica que durante 6 meses consecutivos o ângulo de elevação do sol (γ) será sempre igual ao ângulo complementar de $Z = 90^\circ - \delta$.

Este facto implica ter o sol sempre a circular acima da linha do horizonte, entre os Equinócios da Primavera ($Z = 90^\circ$) e de Outono ($Z = 90^\circ$), no Pólo Norte.

A transição de períodos de dias consecutivos para períodos de noites consecutivas neste hemisfério, efectua-se no Equinócio de Outono e dura até ao Equinócio de Primavera.

54



Fotoperiodismo

As espécies vegetais são normalmente classificadas em relação às suas necessidades em luz solar → 4 grupos:

Grupo 1 – Espécies de dias longos:

Só florescem quando sujeitas a um fotoperíodo superior a 14 horas.

Ex: Trigo de Inverno; Espinafres; Choupos

Grupo 2 – Espécies de dias curtos

Só florescem quando sujeitas a um fotoperíodo inferior a 10 horas.

Ex: batata-doce; Soja; Orquídeas

55



Fotoperiodismo

Grupo 3 – Espécies intermédias

Só florescem com fotoperíodo entre 10 e 14 horas.

Ex: Cana do açúcar

Grupo 4 – Espécies indiferentes ou Neutras

A floração não depende do fotoperíodo.

Ex: cenouras; Tomate.

56



Importância do conhecimento do fotoperíodo e dos seus fenómenos no desenvolvimento da actividade agrária:

- Selecção de espécies e variedades;
- Programação de actividades agrícolas (sementeira, colheita);
- Fins de investigação – estímulos;
- Previsão e programação de partos, gestação, ...
- Estímulo da actividade reprodutiva.