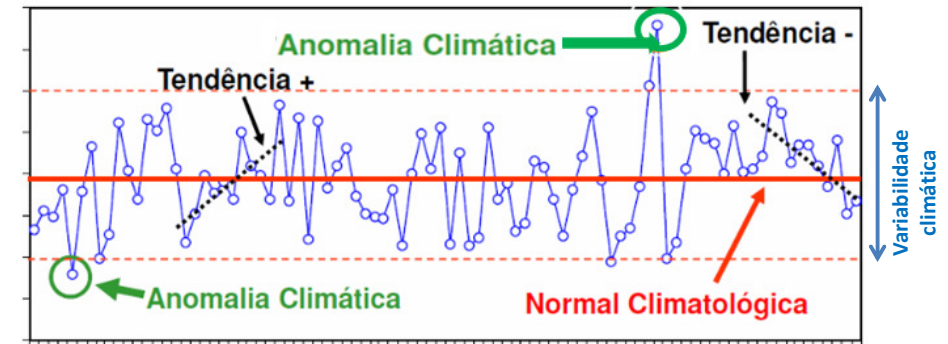


Variabilidade Climática

Alterações Climáticas

1

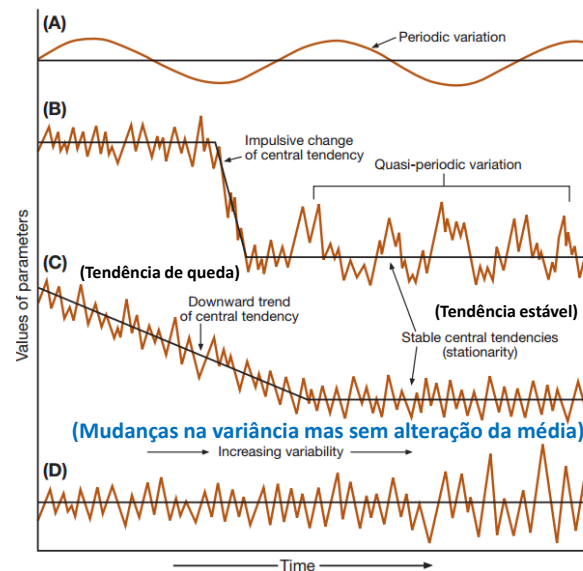
VARIABILIDADE, TENDÊNCIA, ANOMALIA E MUDANÇA CLIMÁTICA



Variabilidade climática; flutuações das condições meteorológicas (e das condições climáticas) em torno da média climatológica

Mudança climática (=alterações climáticas); tendência de alteração estatística significativa da média de um elemento climatológico ou de sua variabilidade em períodos de tempo mais extensos, como décadas ou séculos.

Normal climatológica; valor médio (elemento climático) correspondente a um número de anos (30) suficiente para se poder admitir que ele representa o valor predominante daquele elemento



Diferentes tipos de variação climática

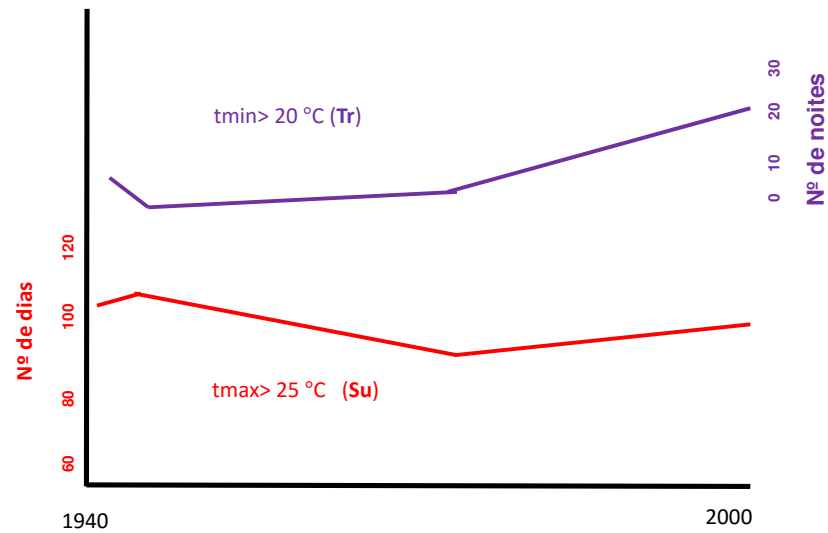
3

→ Extremos

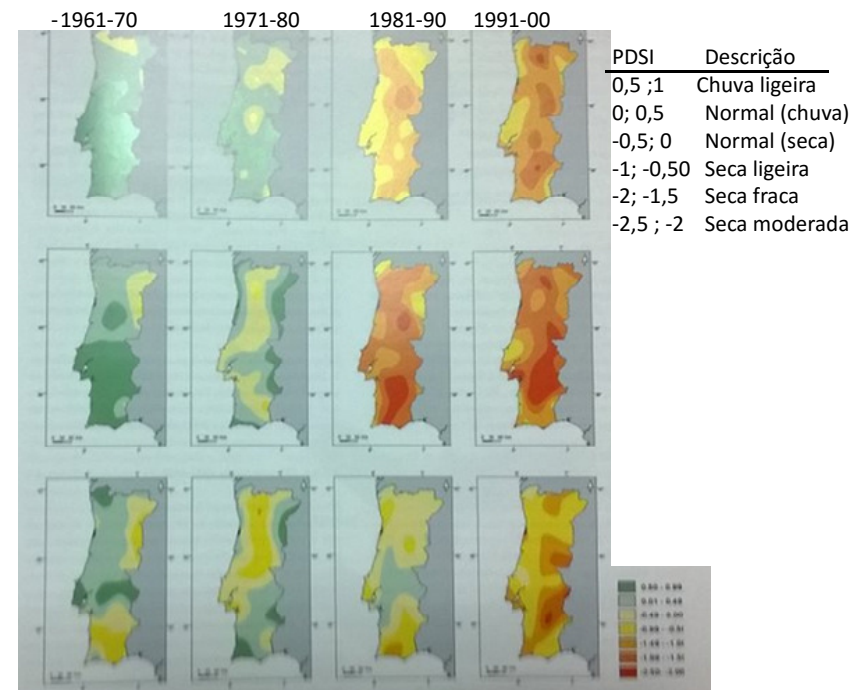
Alguns índices Climáticos para Portugal, tem-se revelado nas ultimas décadas com tendências significativas na direcção do aumento ou da diminuição:

- Número anual de noites tropicais, dias (noites) em que a $t_{min} > 20^{\circ}C$ (Tr)
- Número anual de dias de verão, dias em que a $t_{max} > 25^{\circ}C$ (Su)
- Índice de duração das ondas de calor, número de dias em intervalos de pelo menos 6 dias consecutivos, em que a t_{max} é superior em $5^{\circ}C$ ao valor médio diário, no período "1961-1090" (HWDI)
- Numero anual de dias de Geada, dias em que a temperatura mínima é inferior a $0^{\circ}C$ (Fd)
- Índice de Seca (PDSI – Palmer Drought Severity Index)

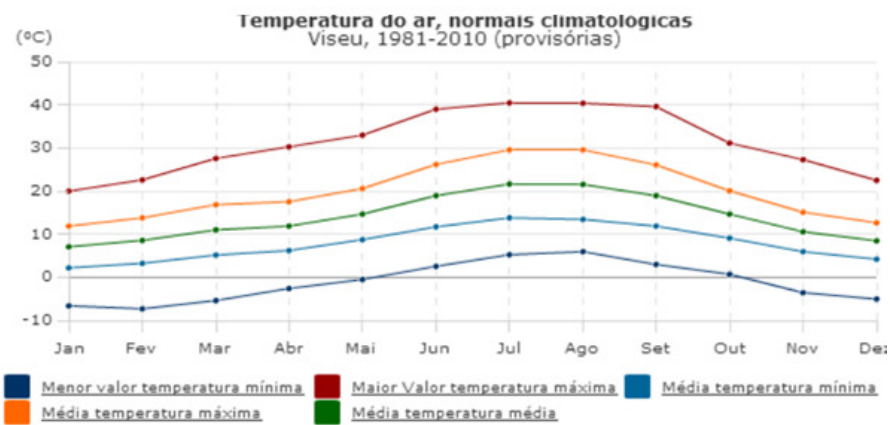
4



5



6



Valores das temperaturas mínimas, médias e máximas de 1981 a 2010
(Fonte: IPMA)

7

→ Estatísticas

=MÉDIA(A1:A20)

$$\bar{x} = \frac{\sum x_i}{n}$$

= DESVPAD(núm1;[núm2];...) $s = \sqrt{\frac{\sum (x - \bar{x})^2}{(n-1)}}$

= DESVPAD(valores)/MÉDIA(valores) $CV = \frac{s}{\bar{x}} \cdot 100$

8

Cálculo da Humidade Relativa Média do ar

$$U_{med} = (U_{max} + U_{min}) / 2$$

$$U_{med} = \frac{1}{24} (U_{00:00} + U_{01:00} + \dots + U_{23:59})$$

$$U_{med} = (\sum U_i) / n$$

9

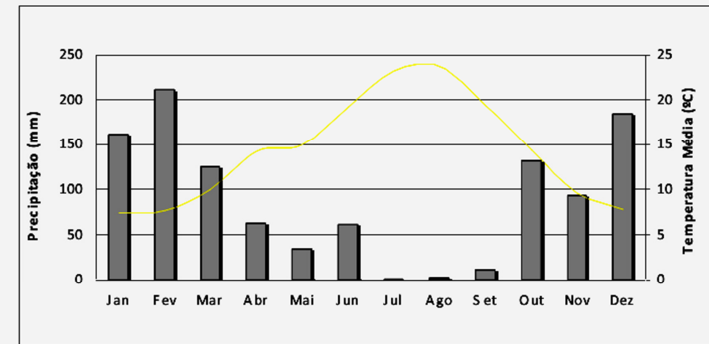


Figura 20. Temperaturas médias mensais (linha) e precipitação mensal do ano 2010 no campo experimental. Dados da estação meteorológico local

INFLUÊNCIA DA PRÁTICA DO ENRELVAMENTO NA UTILIZAÇÃO DA
ÁGUA DO SOLO NA CULTURA DA VINHA
TRABALHO FINAL DE CURSO
Engenharia Agronómica – Ramo Fitotecnia
Hélder Filipe Ferreira Marques
Viseu, 2011

10

C.M. Lopes et al. / Scientia Horticulturae 129 (2011) 603–612

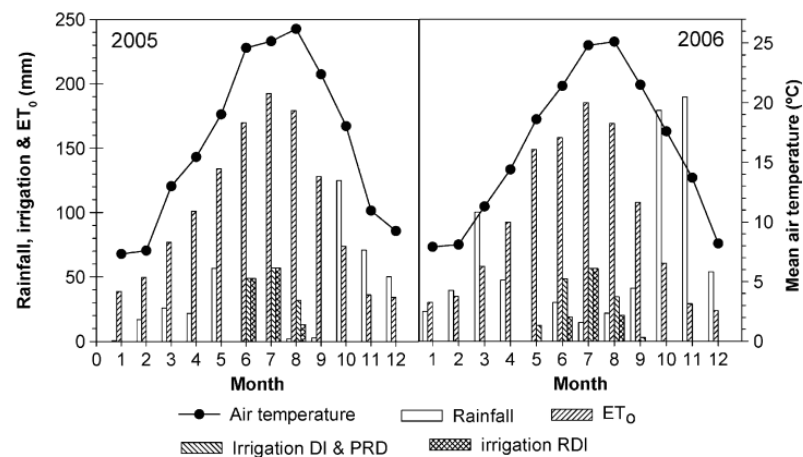


Fig. 1. Mean daily temperature and total monthly rainfall, irrigation and reference evapotranspiration on 2005 and 2006 seasons, at Estremoz, Portugal.

11

Projeções de mudanças na temperatura ao Longo do século XXI
(IPCC)

Cenários de emissão

(A1)

Pressupõe que haverá um rápido crescimento económico, que a população global atingirá um pico na metade do século e depois decairá, e que tecnologias mais eficientes serão introduzidas

Com Três variantes:

- i) A1F1 - uso intensivo de combustíveis fósseis
- ii) A1T - fontes energéticas não fósseis
- iii) **A1B** - equilíbrio entre todas as fontes energéticas

(A2)

Considera a heterogeneidade global, um aumento na população e uma mudança tecnológica fragmentada e mais lenta

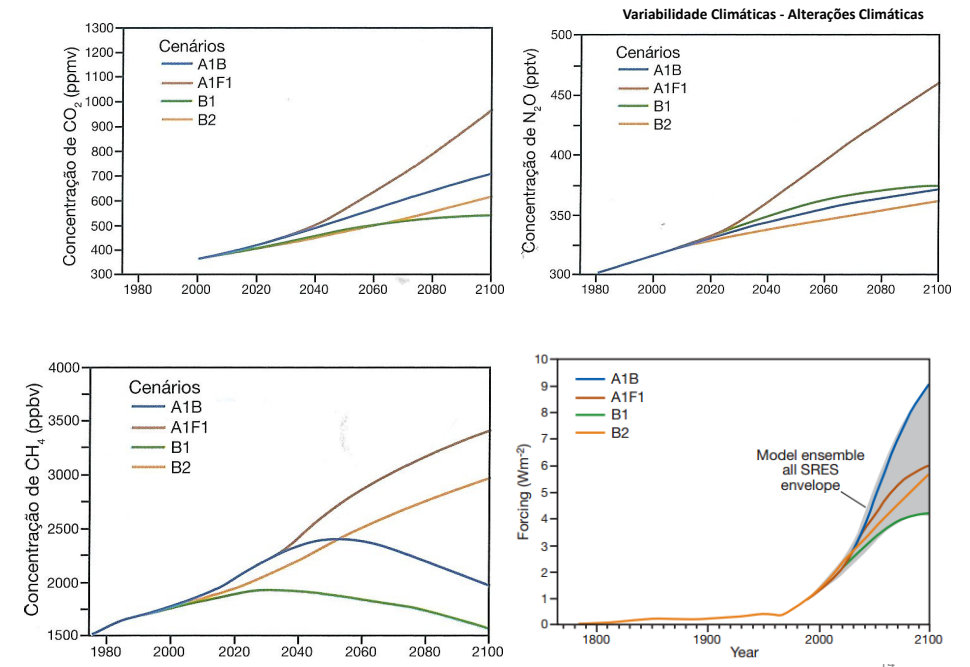
12

(B1)

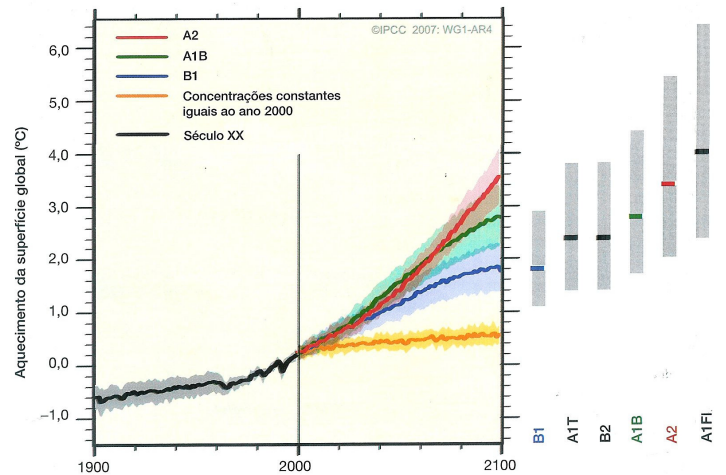
Tendências populacionais são como em A1, mas a economia global baseia-se no sector de serviços e informações, com tecnologias limpas e eficientes no uso de recursos

(B2)

Aumento populacional mais lento, níveis intermediários de desenvolvimento económico e mudança tecnológica diversa e de orientação regional



13



Série temporal da média global da temperatura do ar superficial, expressa como anomalias relativas ao período 1980-1999, simulada por modelos climáticos globais que participaram do Quarto Relatório de Avaliação. (IPCC)

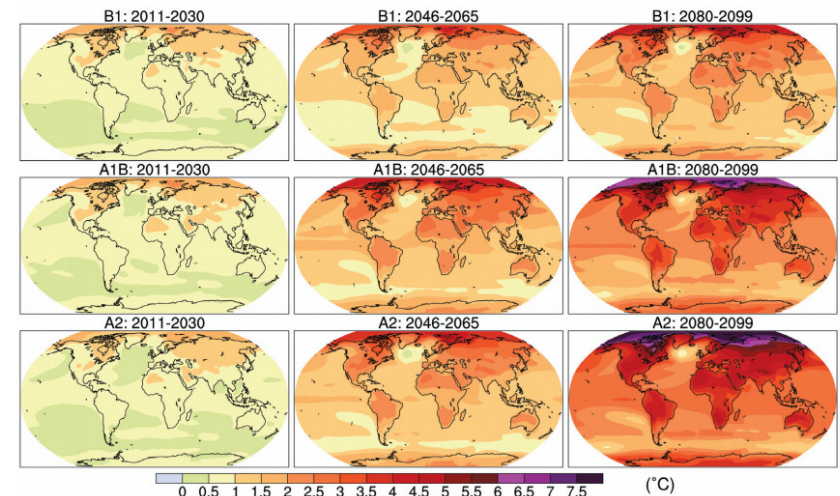


Figura 13.18 Mudanças projetadas na média anual da temperatura do ar superficial, relativas ao período 1980-1999, para os períodos de 20 anos de 2011-2030, 2046-2065 e 2080-2099. São apresentados resultados para os cenários de emissões B1 (superior), A1B (centro) e A2 (inferior) com base nos modelos do clima global que participaram do Quarto Relatório de Avaliação do IPCC. Os mapas representam a média de múltiplos modelos.

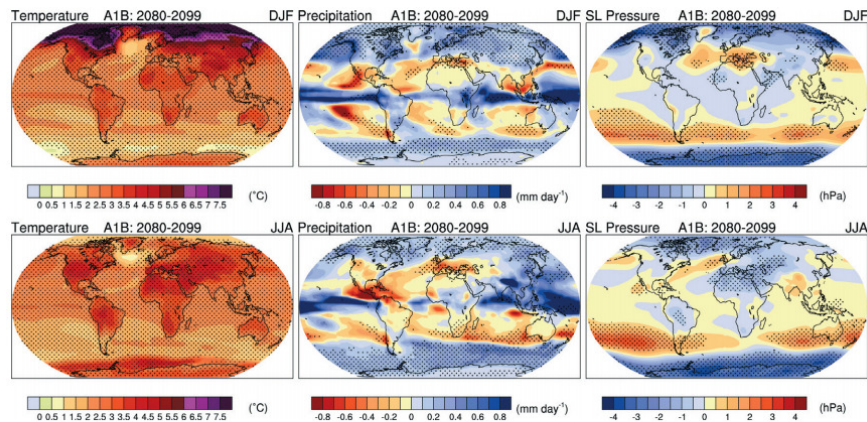


Figure 13.19 Projected changes in surface air temperature, precipitation and sea-level pressure, relative to the base period 1980–1999, for the 20-year period 2080–2099. Results are given for both winter and summer using the A1B emissions scenario, based on global climate models participating in the IPCC Fourth Assessment Report. The maps represent the multi-model average.

Source: IPCC (2007). Reproduced by permission of the IPCC (ch. 10, Global climate projections, Report of WG1 1, IPCC, p. 767, fig. 10.9).

Parâmetros relacionados como regime de temperaturas

- Temperatura médias das máximas, temperaturas médias das médias, temperaturas médias das mínimas - mensais e anuais
- Temperaturas médias das máximas e das mínimas mensais e anuais
- Valor máximo e mínimo absolutos registados
- Temperatura média anual, temperatura média das mínimas do mês mais frio, temperatura média das máximas do mês mais quente

Parâmetros relacionados como a Precipitação

- Precipitação diária soma-se para obter a precipitação mensal
- Com os valores de vários anos calcula-se a precipitação média mensal e a precipitação média anual
- Nas estações termopluviométricas pode também efectuar-se um registo dos tipos de precipitação (chuva, neve, granizo...) / (neblina, geada...)

Índices bioclimáticos

Nome:	Símbolo	Formula
Índice de continentalidade (representa a amplitude média anual da temperatura)	Ic	$Ic = Tmax - Tmin$ Tmax = temperatura média do mês mais quente Tmin = temperatura média do mês mais frio Tipos de continentalidade - Hiperocéânico: 0 – 11 - Oceânico: 11 – 21 - Continental: 22 - 65
Índice de termicidade (pondera a intensidade do frio invernal, que actua como factor limitante para muitas plantas)	It	$It = (T+M+m)10$ T = temperatura média anual M = temperatura média das máximas do mês mais frio m = temperatura média das mínimas do mês mais frio Se latitude do local for > 26° (norte ou sul), este índice tem que ser compensado quando o valor de Ic é menor que 11 ou maior que 18

Índices bioclimáticos

Nome:	Símbolo	Formula
Índice de mediterraneidade (Calcula-se para os meses de verão, indica a influência mediterrânica num dado território, mostra se existe deficit hídrico durante o Verão)	Im	$Im = ETP/P$ ETP é a evapotranspiração potencial segundo o índice de Thornthwaite P a precipitação média para o mesmo período de tempo $Im1 = ETP \text{ Julho} / P \text{ Julho}$ $Im2 = ETP \text{ Julho+Agosto} / P \text{ Julho+Agosto}$ $Im3 = ETP \text{ Junho+Julho+Agosto} / P \text{ Junho+Julho+Agosto}$ $Im1 > 1,5$ (início da influência mediterrânica) $Im1 > 4,0$ $Im2 > 3,5$ $Im3 > 2,5$

Índices bioclimáticos

Nome:	Símbolo	Formula
Índice ombrotérmico anual (indica a disponibilidade hídrica para as plantas, combinando dados da precipitação com uma estimativa da evapotranspiração)	Io	$Io = (Pp/Tp)10$ Pp = soma da precipitação média dos meses com temperatura média >0 °C Tp = soma da temperatura média dos meses com média >0 °C
....		

Índices bioclimáticos

Nome:	Símbolo	Formula
Índice de Huglin	IH	$IH = \frac{(\sum_{01.04}^{30.09} (tm - 10)) + (\sum_{01.04}^{30.09} tmax - 10)}{2} \times k$ Este índice é calculado através da média entre a temperatura média (tm) e a temperatura máxima (tmax) diária K - factor relativo à duração do dia, 1,02 e 1,06 para latitudes entre 40° e 50°, para latitudes inferiores a 40° =1

Espumantes	1 500-1 600
V. mesa ligeiros	1 700-1 800
V. para destilar	1 900-2 000
V. mesa super.	2 100-2 200
Licorosos	> 2 300



Índices bioclimáticos

Nome:	Símbolo	Formula
Índice de Frio Nocturno	IF	$IF = \frac{(\sum_{01.09}^{30.09} (tmin))}{30}$ temperatura mínima do ar (°C) do mês de Setembro (média das mínimas do mês) noites quentes, $18 < IF$ noites temperadas, $4 < IF \leq 18$ noites frias, $12 < IF \leq 14$ noites muito frias, $IF \leq 12$



Índices bioclimáticos

Nome:	Símbolo	Formula
Índice de Seca	IS	$IS = W_o + P - T_v - E_v$ W_o é a reserva hídrica inicial útil do solo (mm) P a precipitação (mm) T_v é a transpiração potencial (mm) E_v é a evaporação directa a partir do solo (mm). Para o hemisfério Norte, o IS é calculado no período de 1º de Abril a 30 de Setembro Húmido $150 < IS$ Sub-húmido $50 < IS \leq 150$ De seca moderada $-100 < IS \leq 50$ De seca forte $IS \leq -100$

25



Índices bioclimáticos

nome:	Símbolo	Formula
Horas de frio acumuladas para fruteiras		Número de horas de frio (total de horas com temperaturas inferiores a 7,2°C) acumulado desde 01 de outubro (até 30 de abril) para fruteiras em Portugal Continental) Ex., 1 hora $< 7,2^{\circ}\text{C}$ (45°F) = 1 hora e Frio
....		

26

Classificações bioclimáticas

Classificação de Köppen

Classificação de Thorntwaite

27



Climatologia

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



Causas astronómicas do Clima

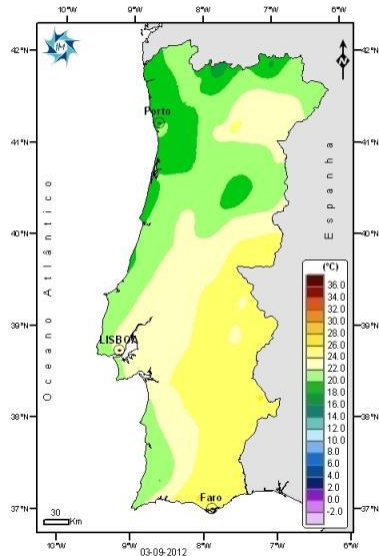
Para estudar / caracterizar o clima de um determinado local quais os elementos meteorológicos que devemos conhecer?

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

4



Media da Temperatura Média do Ar - agosto de 2012
Mean Air Temperature - August 2012

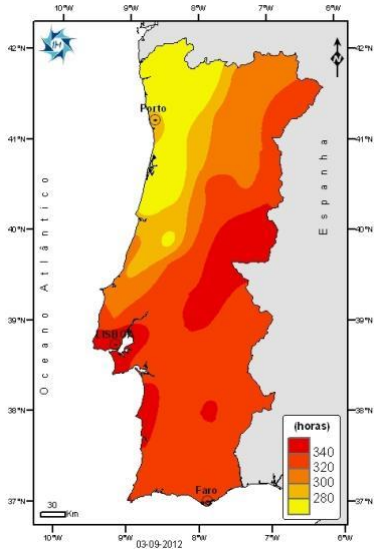


<http://www.meteo.pt/resources/www/data/clima/mapas.graficos/20120912/cirhzLgXMFnGDxAMJOU/mrrto201208.jpg>

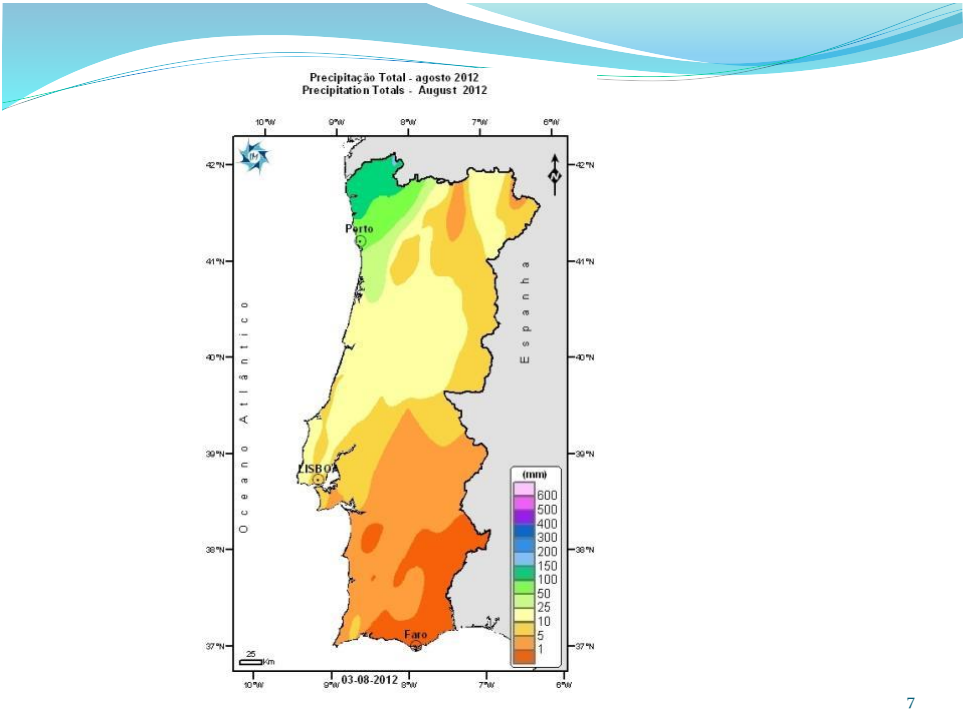
5



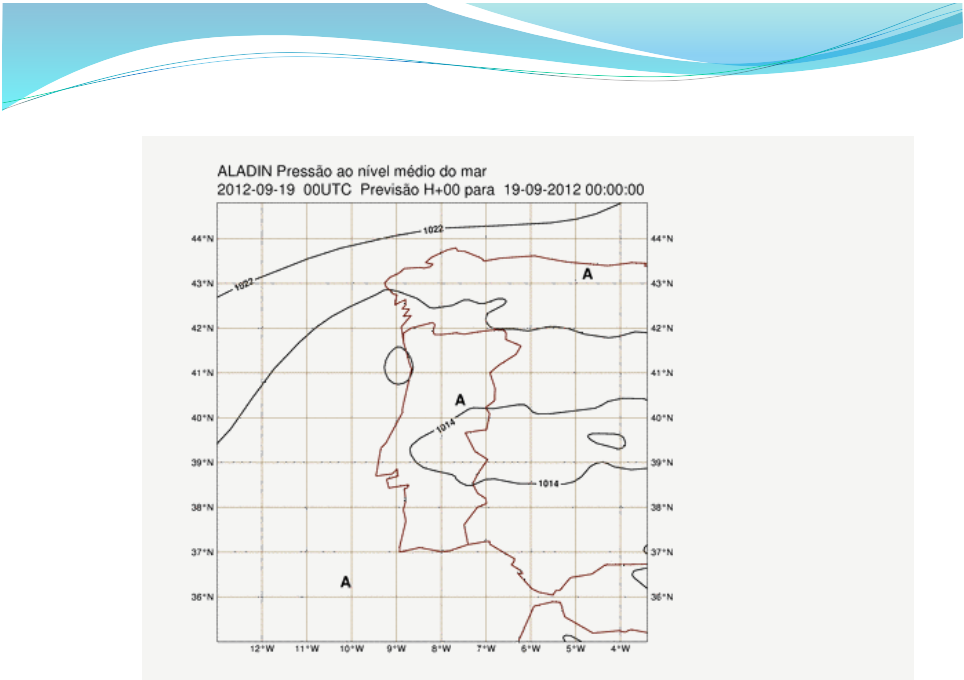
Duração Total da Insolação (Horas) - agosto de 2012
Sunshine Total Duration (Hours) - August 2012



6



7



8



Causas astronómicas do Clima

Como obtemos estes elementos?

Instrumentos meteorológicos

Onde se encontram estes instrumentos?

Estações meteorológicas

9



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.

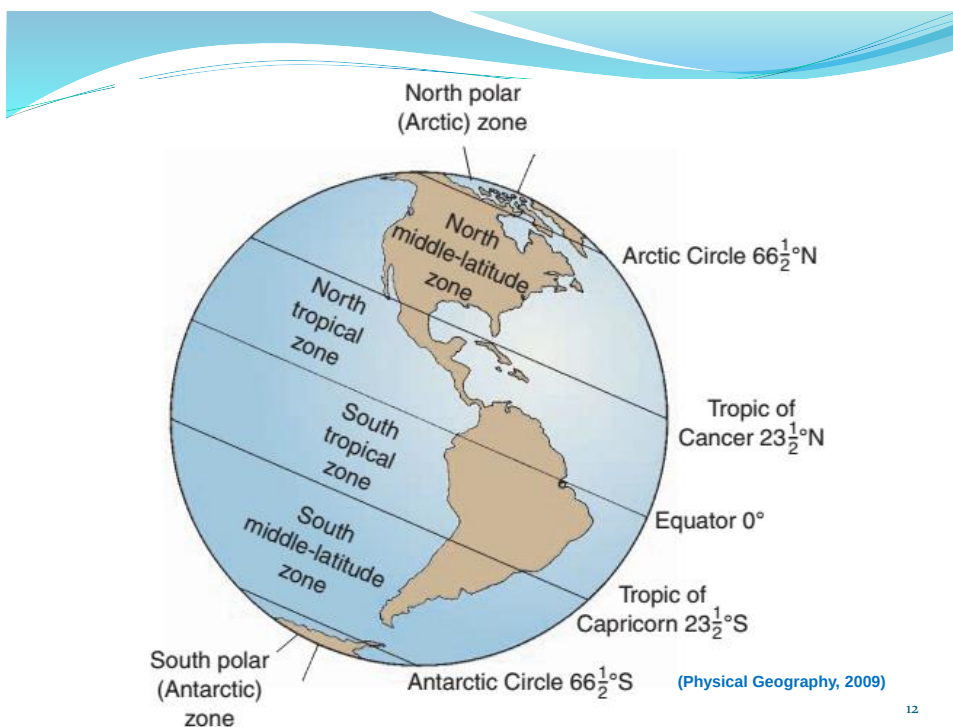
10

Causas astronómicas do Clima

O que faz variar os factores do clima?

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

11



12

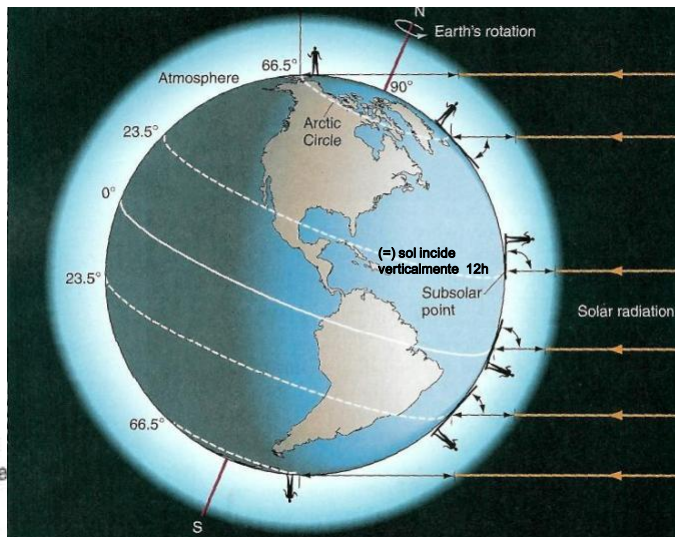
Movimentos de rotação e translação

(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.



13

Movimentos de rotação e translação

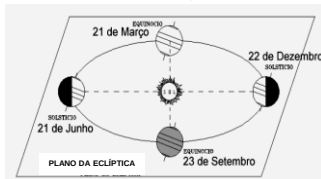
Movimento de Translação

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

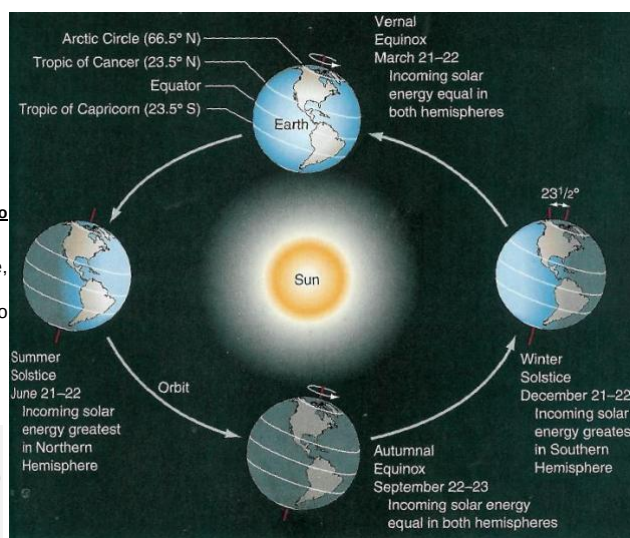
Movimento de Translação (dividido em quatro períodos)

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.

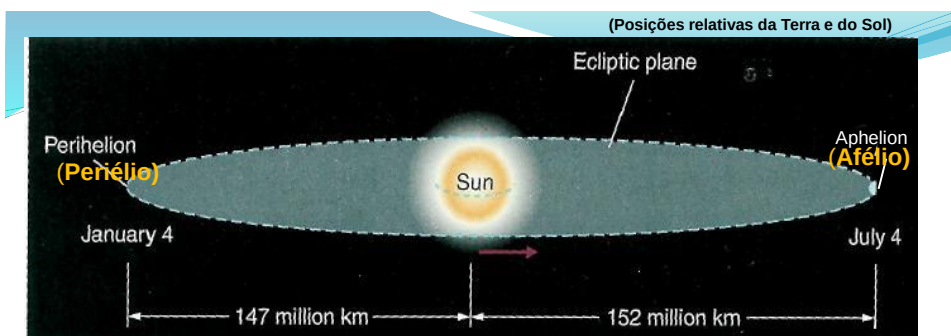


(Posições relativas da Terra e do Sol)



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

14



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

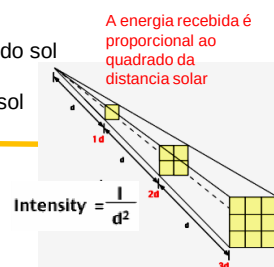
→ 1 de Julho - **Afélio** Em que a terra se encontra mais afastada do sol

147 000 000 Km → 152 000 000 Km

3%

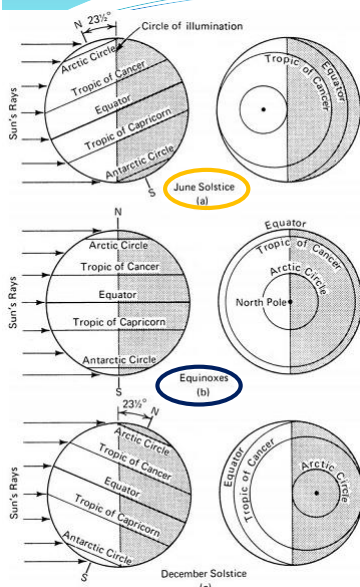
(Emissão solar) (Área da esfera)
 $3,865 \times 10^{26} \text{ W} / 4 \pi (1,5 \times 10^{11} \text{ m})^2 = 1367 \text{ W} / \text{m}^2$

6%



6f-4: Diagram illustrating the diffusion of radiation due to the Inverse Square Law.

Equinócios e Solstícios



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 23,5° 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. À medida que os meses passam, há latitudes diferentes que passam a ver o Sol do meio – dia na vertical.

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

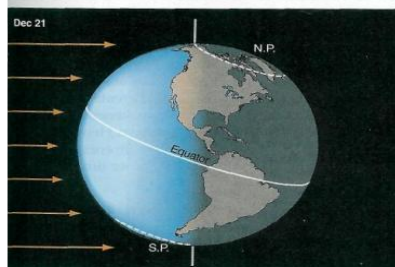
Equinócios e Solstícios

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

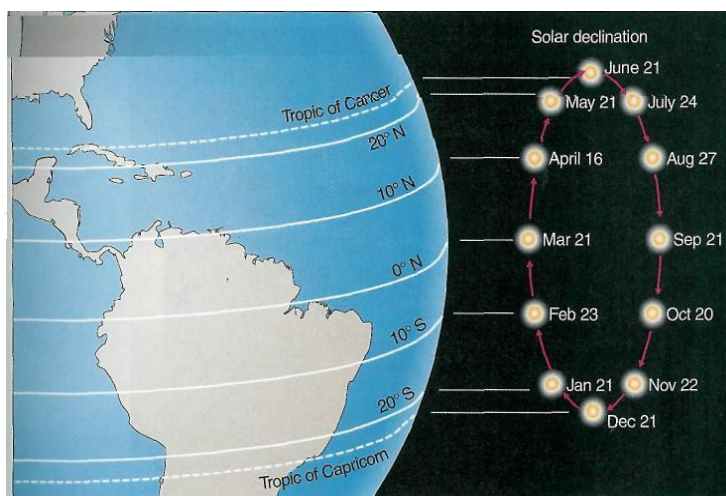
No Hemisfério Sul, todos os pontos compreendidos entre o círculo de latitude $-66^\circ 33'$ e o pólo sul formam o **Círculo Polar Antártico**.

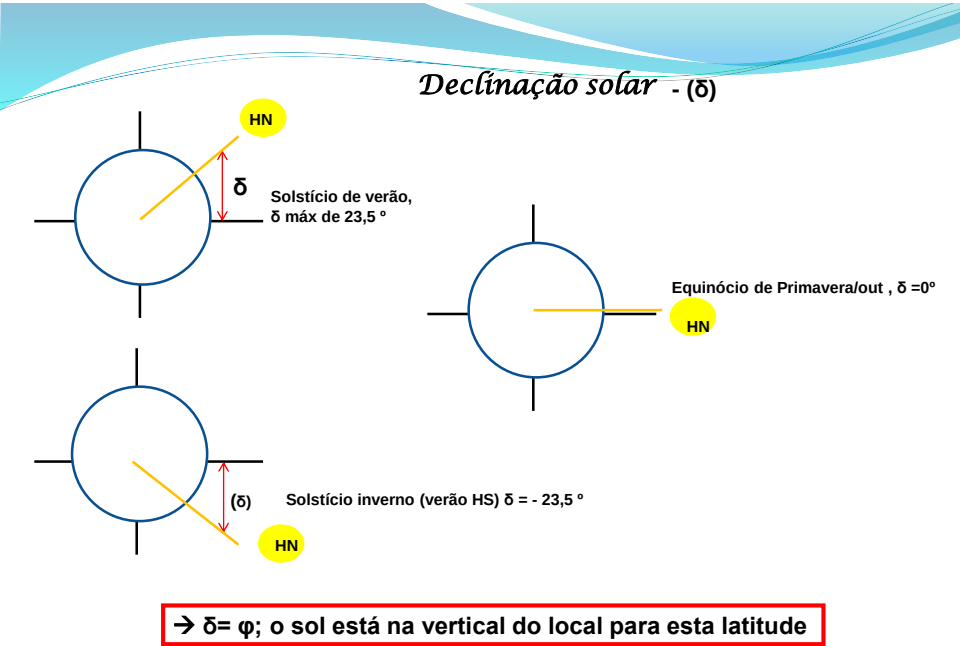
No Solstício de Inverno em todos os pontos compreendidos entre o Círculo Polar Antártico e o Pólo Sul durante 24 horas é dia.



On the June solstice (a), every point north of 66.5° N has 24 hours of daylight and every point south of 66.5° S has continual night. During the December solstice (b), the situation is reversed. These latitudes are called the Arctic Circle and Antarctic Circle, respectively.

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.





19

<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 %	60 %	55 %	35 %	30 %	35 %	35 %
Sunshine hours								
(hrs)	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. Bft	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

20



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

21



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.

22

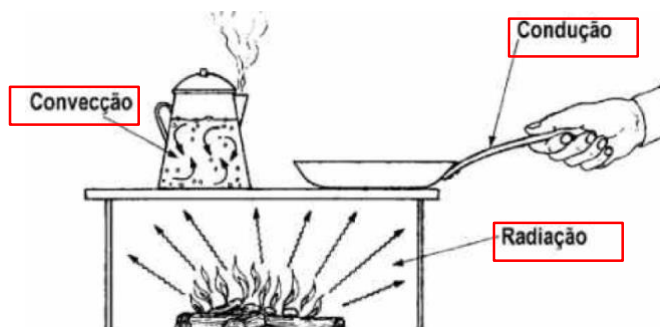
Importância do conhecimento do fotoperíodo e dos seus fenómenos no desenvolvimento da actividade agrária:

- 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.

RADIAÇÃO

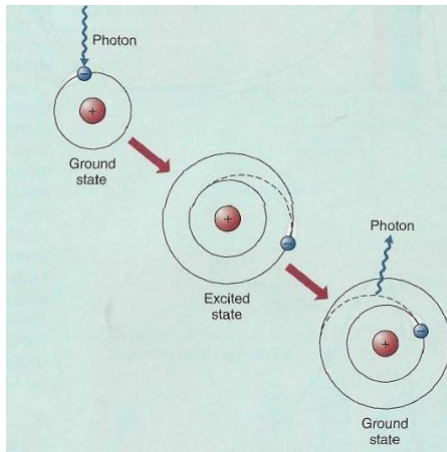
1

Mecanismos de Transferências de energia



2

Radiação



A radiação é uma forma de energia, sob a forma de ondas eletromagnéticas que se propagam à velocidade da luz. Consiste num fluxo de fotões (Luz)

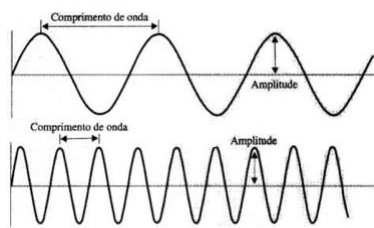
FIGURE 1 Electrons orbit the nucleus of atoms in prescribed zones called *shells*. This figure depicts a single electron orbiting the nucleus of a hydrogen atom. Upon receiving energy, the electron is in an excited state and jumps to its *next shell*. When the *electron* returns to its ground state, it releases energy in the form of a photon. Note that the energy emitted by such atoms must occur in discrete packets; at the atomic scale, units of energy are divided into individual parcels.

3

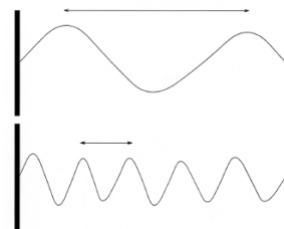
Radiação

Radiation is energy in the form of electromagnetic waves

(radiação é uma forma de energia, sob a forma de ondas eletromagnéticas)



Long-wave radiation (heat emitted by the Earth))



Short-wave radiation (Sunlight)

$$c/f = \lambda$$

que:

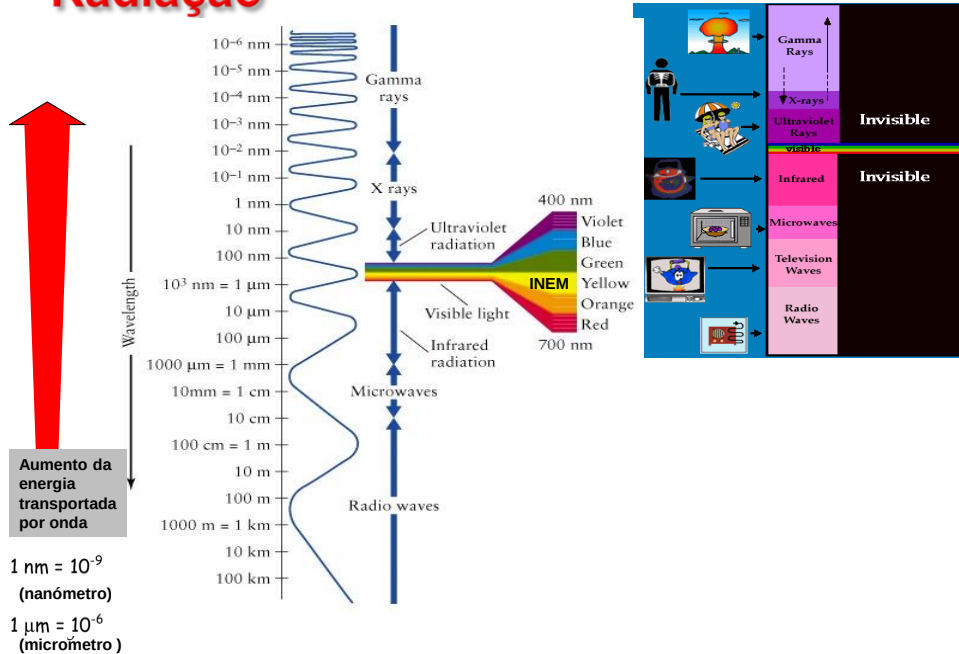
λ = comprimento de onda de uma [onda sonora](#)
ou [onda eletromagnética](#);

c = velocidade da luz no vácuo = 299.792,458
km/s ~ 300.000 km/s = 300.000.000 m/s

f (ou ν) = frequência da onda 1/s = Hz.

4

Radiação

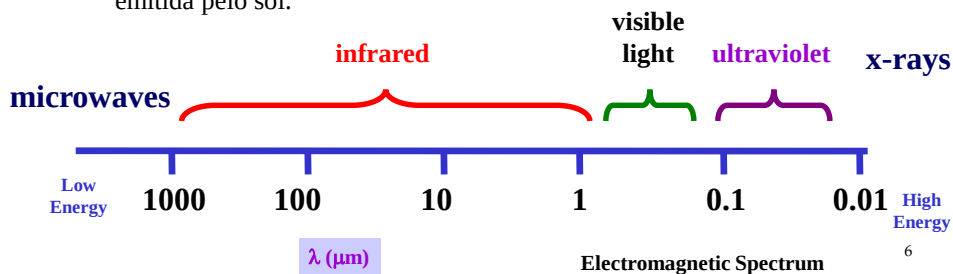


Radiação

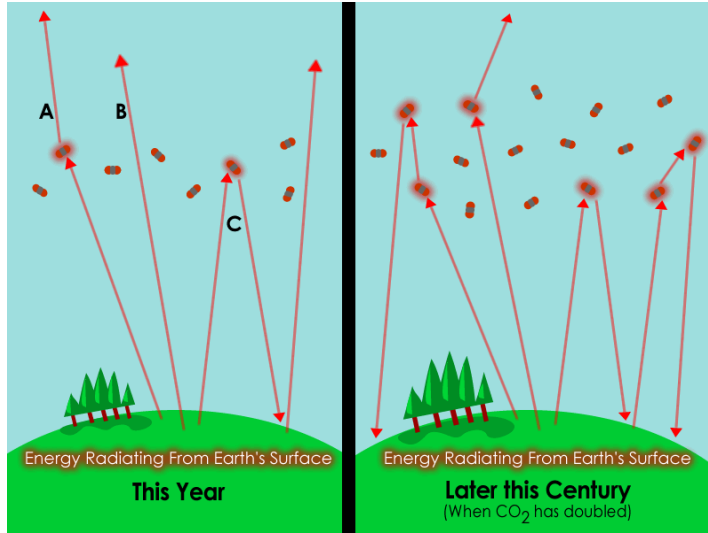
Caracterização da energia solar:

No espectro da radiação solar há 3 radiações fundamentais:

- **Ultra Violeta (UV)** – 0,1 a 0,4 μm e representa 9% da energia emitida pelo sol;
- **Visível** – 0,4 a 0,78 μm e representa 41 % da energia emitida pelo sol;
- **Infra - Vermelha (IV)** – 0,78 a 3 μm e representa 50% da energia emitida pelo sol.



Earth's Greenhouse Effect

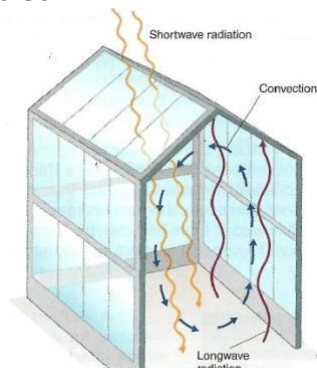


The Earth's surface, warmed by the Sun, radiates heat into the atmosphere. Some heat is absorbed by greenhouse gases like carbon dioxide and then radiated to space (A). Some heat makes its way to space directly (B). Some heat is absorbed by greenhouse gases and then radiated back towards the Earth's surface (C). With more carbon dioxide in the atmosphere later this Century, more heat will be stopped by greenhouse gases, warming the planet.

7
www.windows.ucar.edu/tour/link=/earth/climate/images/greenhouse_gif_image.html&edu=high

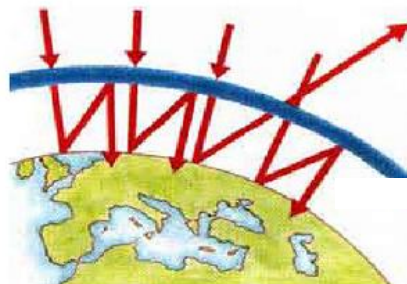
Estufa???

O vidro de uma estufa absorve grande parte da radiação IV reflectida a partir do interior da estufa aprisionando o calor, mas transmite a luz emitida pelo Sol



▲ FIGURE 3-18 The air inside a greenhouse is warmer than that outside because glass allows solar radiation to enter but is opaque to outgoing longwave radiation. It also precludes the movement of heat away from the surface by convection. This latter effect makes the action of a greenhouse different from that of the atmosphere. Therefore, the term “greenhouse effect” is not completely appropriate when applied to the atmosphere.

O CO₂, H₂O, CH₄, N₂O, CFC's,
COV's , são responsáveis por isso
!!



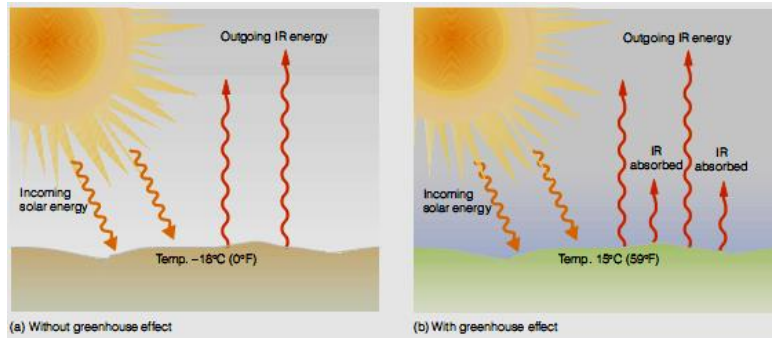
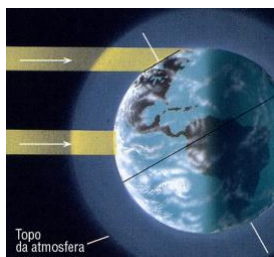
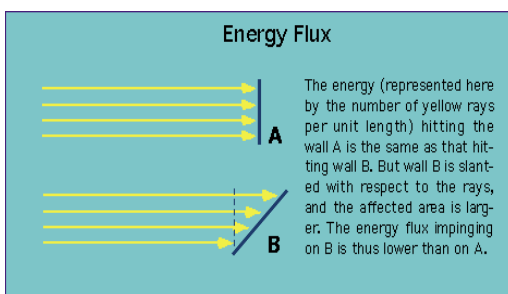


FIGURE 2.10 Sunlight warms the earth's surface only during the day, whereas the surface constantly emits infrared radiation upward during the day and at night.

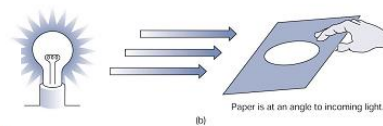
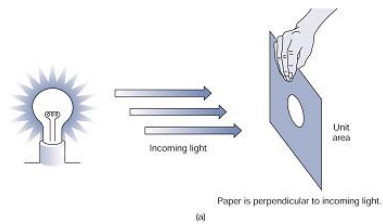
a) Near the surface *without water vapor, CO₂, and other greenhouse gases*, the earth's surface would constantly emit infrared radiation (IR) energy; incoming energy from the sun would be equal to outgoing IR energy from the earth's surface. Since the earth would receive no IR energy from its lower atmosphere (no atmospheric greenhouse effect), the earth's average surface temperature would be a frigid -18°C (0°F).

(b) With greenhouse gases, the earth's surface receives energy from the sun and infrared energy from its atmosphere. Incoming energy still equals outgoing energy, but the added IR energy from the greenhouse gases raises the earth's average surface temperature about 33°C , to a comfortable 15°C (59°F).

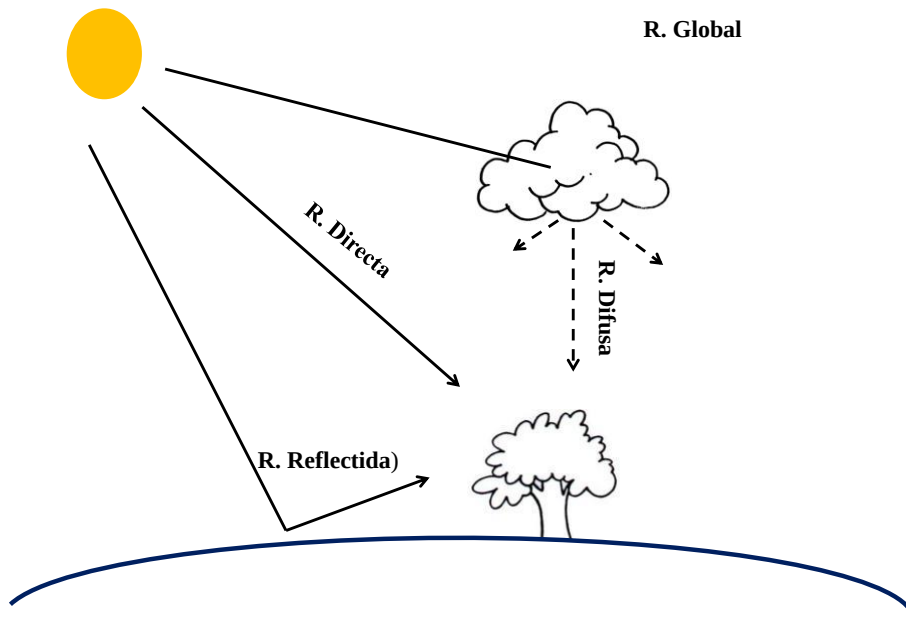
energy flux are W/m^2 (Watts per square meter - where $1 \text{ W} = 1 \text{ Joule/sec}$)



Flux on an angled surface



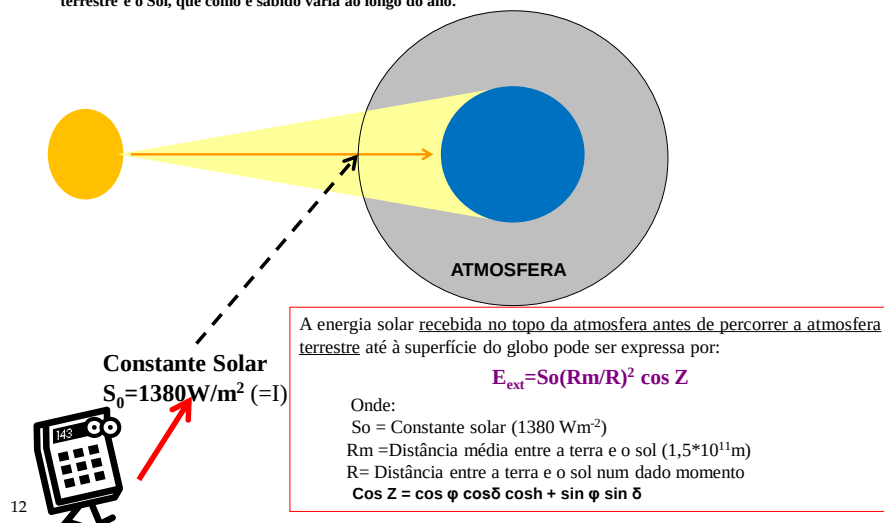
<http://www.atmos.washington.edu/2006Q1/211/index.html>



11

Energia recebida no topo da atmosfera

- A energia disponível no topo da atmosfera foi estabelecida a partir de uma constante física – **Constante Solar (S_0)** e tem o valor médio de **1380 W/m^2** .
- esta energia, no topo da atmosfera, e após ter percorrido o vazio, depende da distância média entre o globo terrestre e o Sol, que como é sabido varia ao longo do ano.

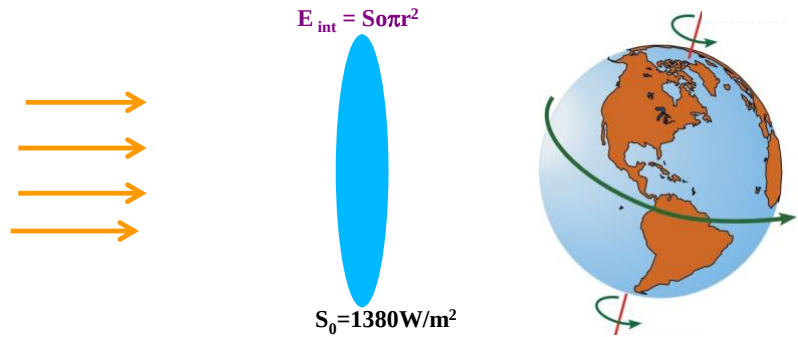


12

Radiação média incidente à superfície do globo terrestre

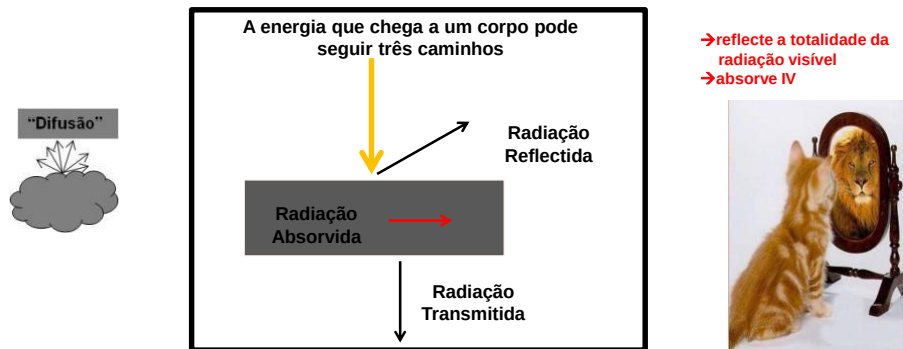
Área círculo= πr^2
 Área da esfera= $4 \pi r^2$

A radiação solar interceptada (E_{int}) pelo globo terrestre é função da área de superfície (circulo com raio da terra) de intercepção e da Constante Solar.



Devido → rotação da terra a radiação interceptada é distribuída por toda a superfície da terra Esfera com raio da terra → $S_0 \pi r^2 / 4 \pi r^2 = S_0 / 4 = 1380 / 4 \text{ Wm}^{-2} = 345 \text{ Wm}^{-2}$

13 (=)Radiação média à superfície da terra



$E_{\lambda} \text{ incidente} = E_{\lambda} \text{ absorvida} + E_{\lambda} \text{ reflectida} + E_{\lambda} \text{ transmitida}$

Se dividirmos a eq. anterir por $E_{\lambda inc.}$, obtém-se a **coefi. Absorção** , **coefi. reflexão** e **coefi. transmissão** de um corpo, num determinado **comprimento de onda**:

$$1 = \frac{E_{\lambda} \text{ absorvida}}{E_{\lambda} \text{ Incidente}} + \frac{E_{\lambda} \text{ reflectida}}{E_{\lambda} \text{ Incidente}} + \frac{E_{\lambda} \text{ transmitida}}{E_{\lambda} \text{ Incidente}}$$

Rad. monocromática → $E_{\lambda} \alpha + E_{\lambda} \rho + E_{\lambda} \tau = 1$
 $\alpha + \rho + \tau = 1$
 Rad. visível → $a + r + t = 1$

O albedo tb é um coef. de reflexão mas utiliza-se para grandes áreas, nuvens florestas ...

Pode concluir-se que:

Chegam à terra dois tipos de radiação:

Radiação solar directa (Sd) – que vem directamente do sol sem sofrer reflexão;

Radiação solar difusa (Sb) – que chega à terra após ter sido reflectida pela atmosfera.

15

Há três componentes atmosféricos (muito variáveis com as latitudes) que são os grandes responsáveis por estas perdas:

Vapor de água – grande capacidade de absorção da radiação IV;

Nuvens – grande capacidade de absorção e de reflexão;

Cristais de gelo – que integram a parte superior das nuvens mais altas e têm grande capacidade de reflexão.

16

A capacidade de reflexão da radiação solar designa-se genericamente por **Albedo (α)** corresponde à percentagem de energia reflectida por um corpo em relação com o total de energia incidente sobre ele.

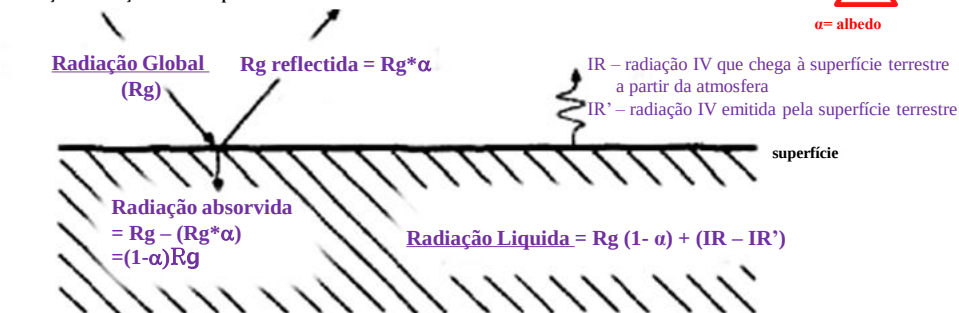
Exemplos de Albedos:

Neve – 95%
 Nuvens – 90%
 Areia – 30%
 Floresta – 20%
 Solo nu – 20%
 Mar – 5%

17

Radiação Terrestre e Atmosférica

Balanco da radiação de uma superficie



À superfície terrestre chega a **Radiação Global** (R_g), mas nem toda vai ser absorvida por esta, pelo que vai de novo para a atmosfera através de reflexão. A radiação absorvida pela superfície terrestre vai ser igual a $R_g - R_g$ reflectida.

$$R_g \text{ reflectida} = R_g * \alpha$$

$$\text{Radiação absorvida} = R_g - (R_g * \alpha)$$

A terra absorve 47% da radiação que chegou ao topo da atmosfera e reflecte cerca de 5%.

Supondo que 100 é o valor da radiação que chegou ao topo da atmosfera, o sistema terra – atmosfera no seu conjunto retém 70 (47 pela terra e 23 pela atmosfera) e reflecte 30 (25% pela atmosfera e 5% pela terra).

Mas, esta radiação absorvida não constitui o stock final de calor que se acumula na terra, pois parte vai ser irradiada de novo para a atmosfera, porque todo o corpo que armazena calor começa de novo a emitir radiação sempre que a sua temperatura seja superior a 0°K.

$$\text{Radiação Líquida} = R_g (1 - \alpha) + (IR - IR')$$

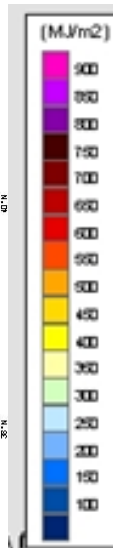
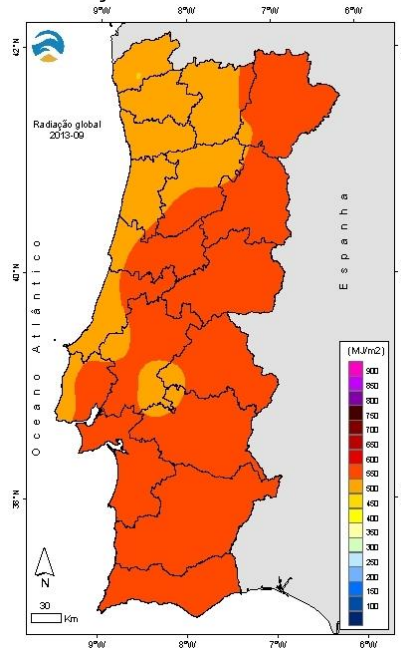
Onde:

IR – radiação IV que chega à superfície terrestre a partir da atmosfera

IR' – radiação IV emitida pela superfície terrestre

18

Radiação Solar Global

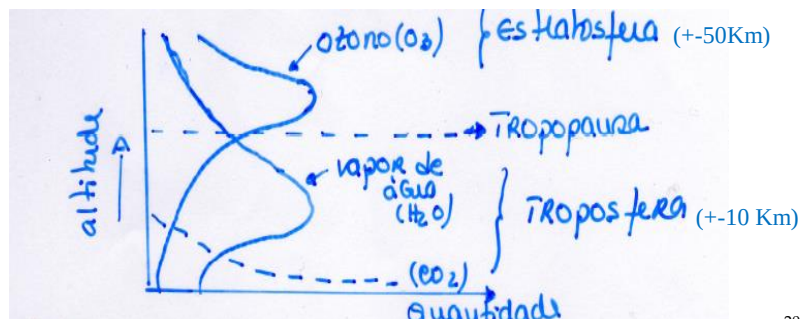


Mapa obtido operacionalmente por interpolação (IDW), a partir dos apuramentos **diários acumulados da radiação global** (das 0 às 0 UTC) da rede de estações automáticas do IPMA no Continente. Atualização mensal, no primeiro dia do mês. O mapa utiliza os limites das DRAP (Direções Regionais de Agricultura e Pescas).

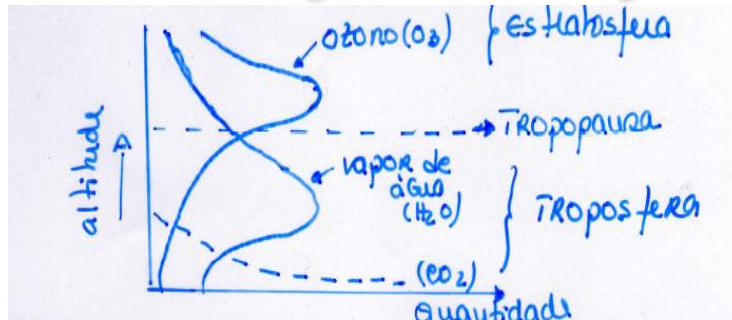
Balanço da radiação

Os principais absorventes da energia radiante terrestre (grande λ) e da radiação solar (pequeno λ) são o vapor de água; dióxido de carbono; ozono e oxigénio.

Distribuição na atmosfera de alguns dos principais absorventes da radiação:



Balanço da radiação

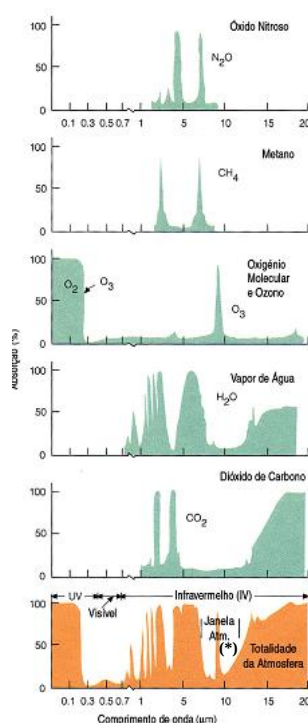


Maior concentração de O_3 a elevada altitude – estratosfera;

Maior concentração de vapor de água na troposfera, onde a nebulosidade é mais frequente (500 a 550 m);

Maior concentração de CO_2 junto ao solo, diminuindo com a altitude.

21



Comportamento dos GEE's quanto às radiações (solar e terrestre)

Figure 2.9 shows some of the most important selectively absorbing gases in our atmosphere (the shaded area represents the percent of radiation absorbed by each gas at various wavelengths). Notice that both water vapor (H_2O) and carbon dioxide (CO_2) are strong absorbers of infrared radiation and poor absorbers of visible solar radiation. Other, less important, selective absorbers include nitrous oxide (N_2O), methane (CH_4), and ozone (O_3), which is most abundant in the stratosphere. As these gases absorb infrared radiation emitted from the earth's surface, they gain kinetic energy (energy of motion). The gas molecules share this energy by colliding with neighboring air molecules, such as oxygen and nitrogen (both of which are poor absorbers of infrared energy). These

Absorption of radiation by gases in the atmosphere. The shaded area represents the percent of radiation absorbed. The strongest absorbers of infrared radiation are water vapor and carbon dioxide.

*absorção atmosférica, mínima

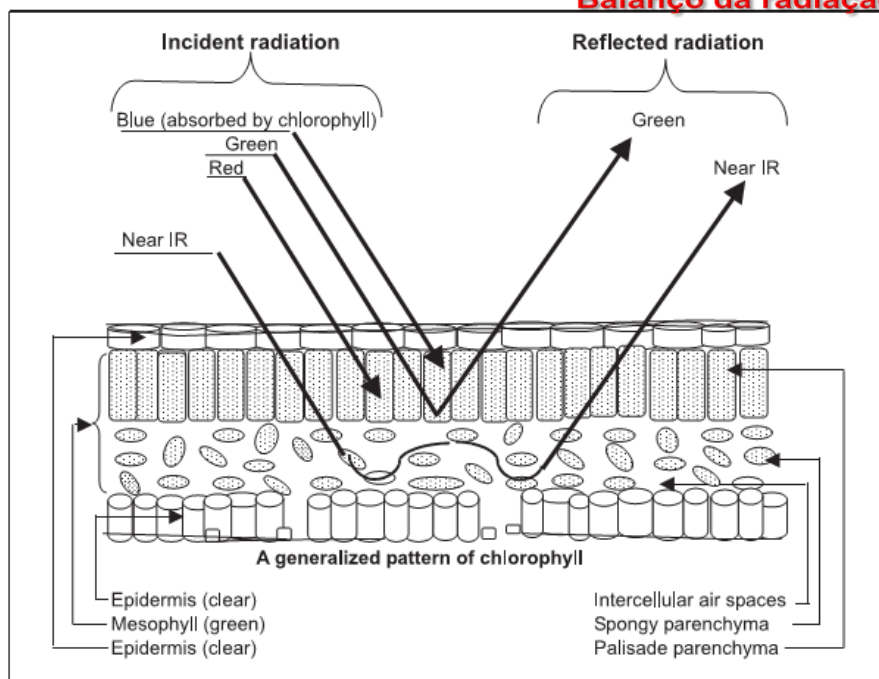
Vapor de água contribui 60% para o efeito de estufa, o dióxido de carbono 23% e os restantes GEE's 14%.

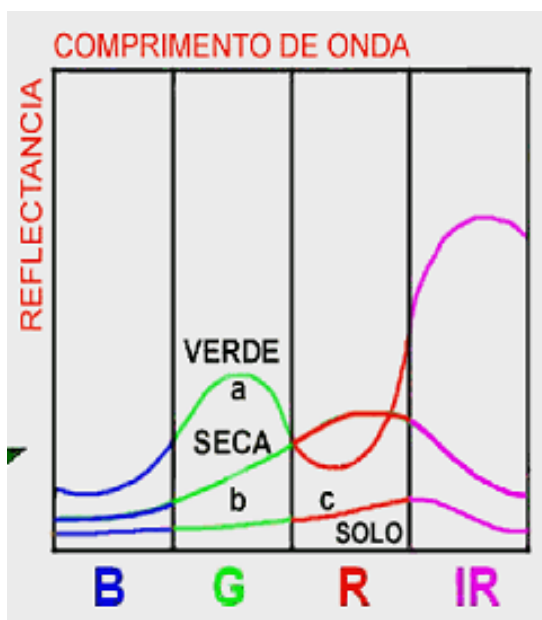
Balanco da radiação

TABLE 2.7. Green leaf response to spectral radiation components

Wavelength (μm)	Reflection (%)	Transmission (%)	Absorption (%)
0.34	9	0	91
0.44 (0,40 a 0,47 μm)	11	2	87
0.51	14	10	76
0.58 (50 e 0,55 μm)	14	10	76
0.64 (0,60 a 0,70 μm).	13	9	78
1.0	45	50	5
2.4	7	28	65

Balanco da radiação



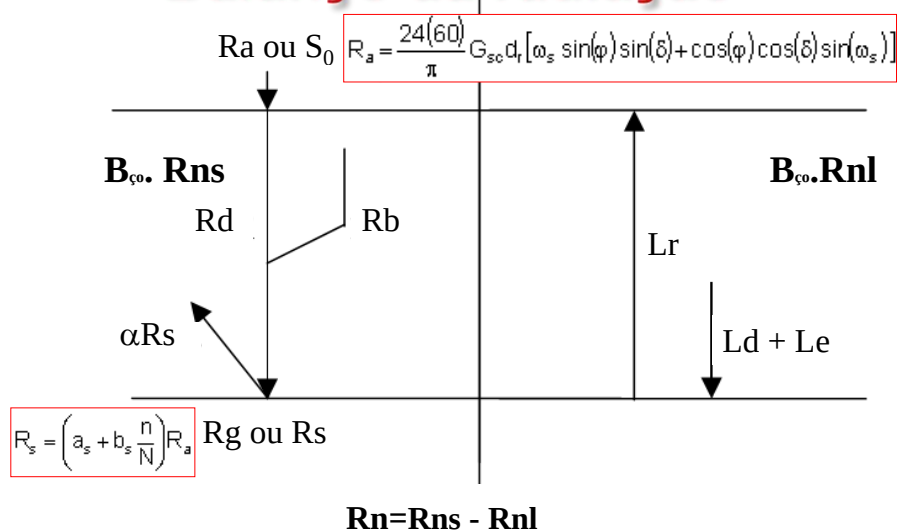


Balanço da radiação



Comportamento típico de um alvo vegetal

Balanço da radiação



$$R_n = (1 - \alpha) R_s - \sigma \left[\frac{T_{max,K}^4 + T_{min,K}^4}{2} \right] (0,34 - 0,14 \sqrt{e_a}) \left(1,35 \frac{R_s}{R_{so}} - 0,35 \right)$$



TEMPERATURA e do Ar HUMIDIDADE



Temperatura do Ar

Os factores que condicionam a temperatura do ar na camada mais baixa da atmosfera podem ser classificados como:

- **Factores gerais**
- **Factores regionais e locais**



Temperatura do Ar

Factores gerais

Radiação solar – interceptada pelo globo terrestre durante as várias as estações do ano e nas diversas latitudes;

Movimentos da terra – que originam os períodos do dia e da noite, com variação no valor diário da radiação solar nos solstícios, equinócios e nas diversas latitudes.



Temperatura do Ar

Factores regionais e locais

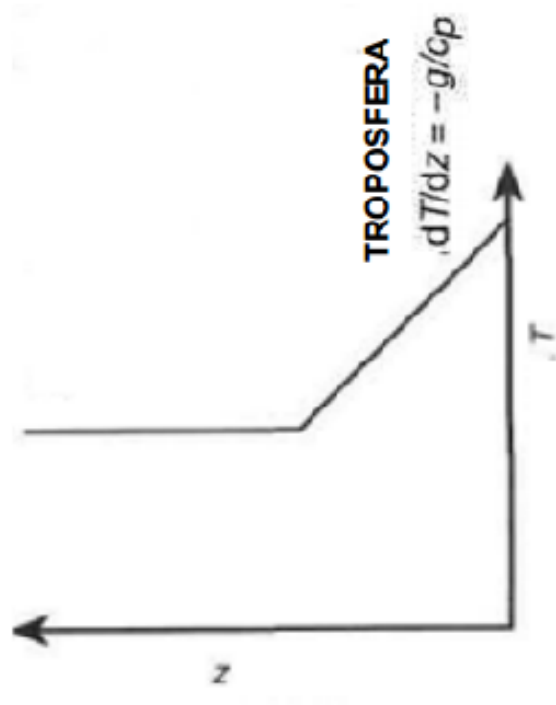
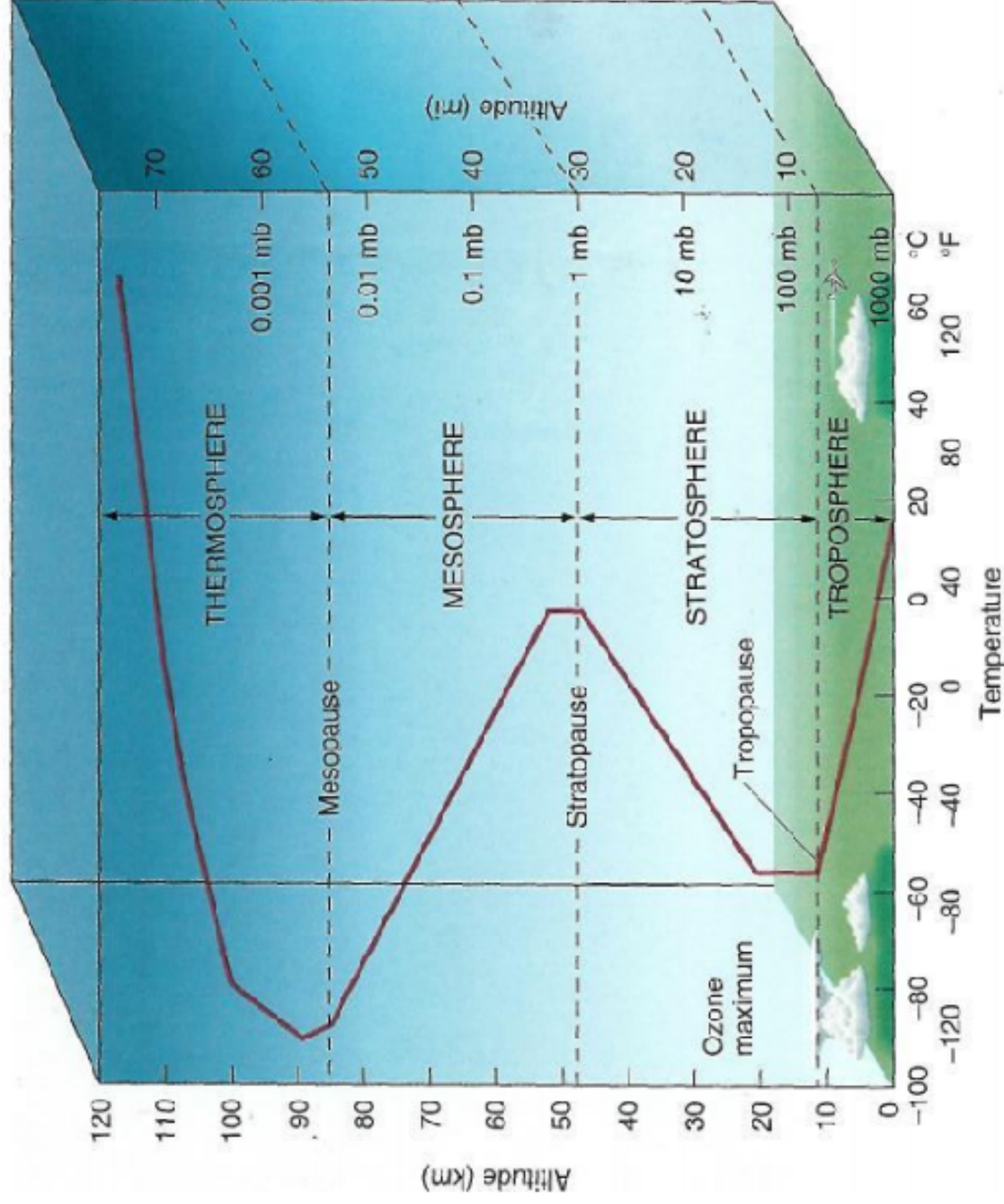
Influência dos mares – cuja capacidade térmica condiciona o valor das temperaturas à superfície em relação aos continentes (a capacidade térmica da água é duas vezes superior à da terra);

Influência dos continentes – condicionam a temperatura da região devido ao coberto vegetal, agindo como estabilizador da temperatura;

Cadeias montanhosas – condicionam a temperatura devido a altitude (efeito estático) e devido à exposição aos ventos dominantes e exposição aos raios solares (efeito dinâmico).

Temperatura do Ar

Perfil de temperatura





Temperatura do Ar

TROPOSFERA:

- Camada mais próxima da terra, onde todos os processos biológicos tem lugar;
- Camada em contínua mudança;
- O gradiente térmico vertical é negativo e é altamente variável de lugar para lugar com a quantidade de vapor de água presente, não excedendo $10\text{ }^{\circ}\text{C Km}^{-1}$, excepto à superfície do solo;
- Variação da temperatura decrescente com a altitude a uma média de $6,5\text{ }^{\circ}\text{C Km}^{-1}$;



Temperatura do Ar

TROPOSFERA:

- Fluxos de ar no sentido vertical;
- Responsável por cerca de 80% da massa total da atmosfera, contendo todo o vapor de água, nuvens e precipitação que se possa observar na atmosfera terrestre;
- Mais importante para os seres vivos, pois é nesta camada que os processos e mecanismos de transferência de energia ocorrem.



Temperatura do Ar

Escalas de Temperaturas:

A temperatura não tendo dimensões, pode ser determinada pela utilização de escalas, contendo um número fixo de divisões que separam dois pontos fixos cuja temperatura pode ser reproduzida sob formas de condições físicas definidas de certas substâncias.

Os pontos fixos da escala de temperatura Celsius e Fahrenheit são:

- o ponto de fusão
- o ponto de ebulição.



Temperatura do Ar

Escalas de Temperaturas:

- Na escala Celsius ou Centígrados o ponto de ebulição ocorre a 100°C e na Fahrenheit a 212°F .
- O ponto de fusão, ocorre, na escala Celsius a 0°C e na Fahrenheit a 32°F .
- Em trabalhos científicos usa-se frequentemente a escala de Kelvin ou escala absoluta.

Temperatura do Ar

Alteração / conversão de valores de temperaturas:

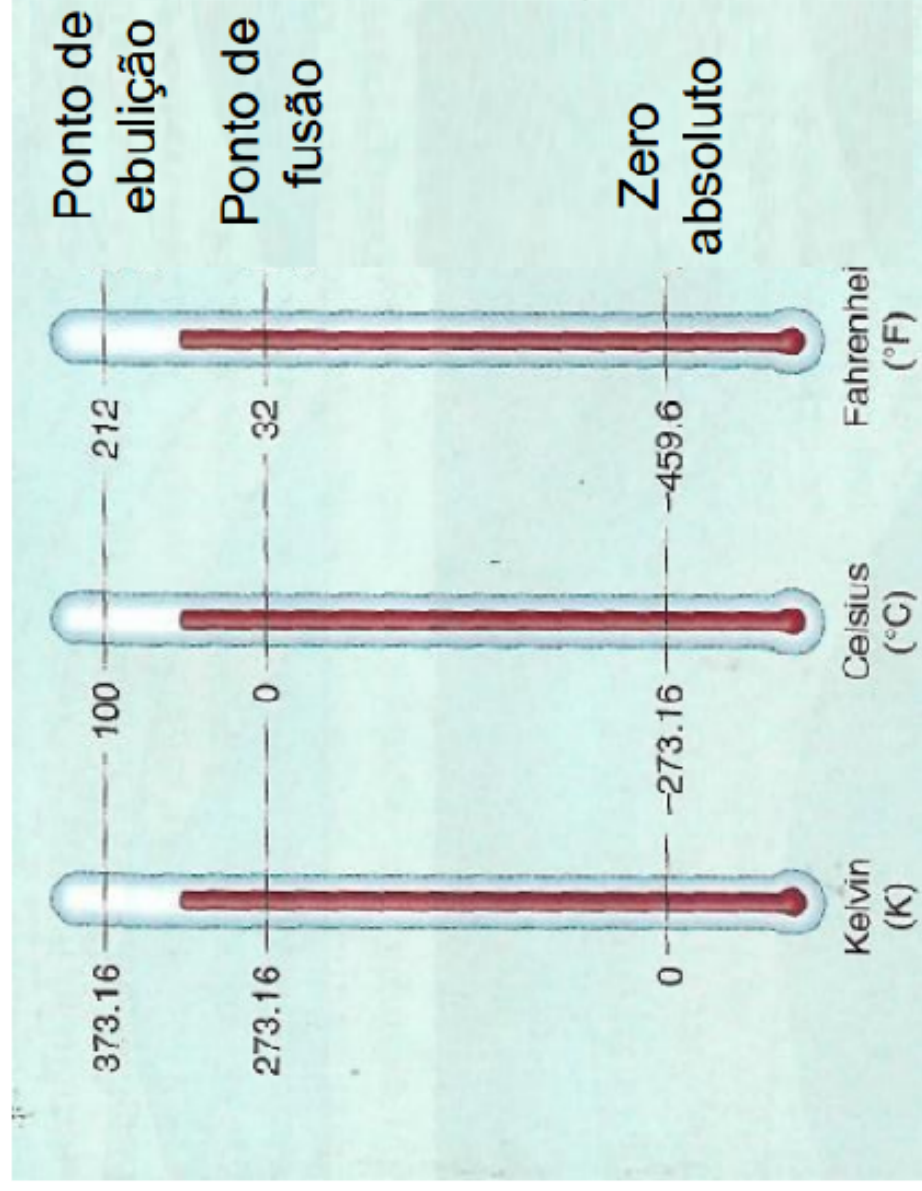
De °C para:

$$^{\circ}\text{F} = [(9/5) * ^{\circ}\text{C}] + 32$$

$$\text{K} = 273 + ^{\circ}\text{C}$$

De °F para

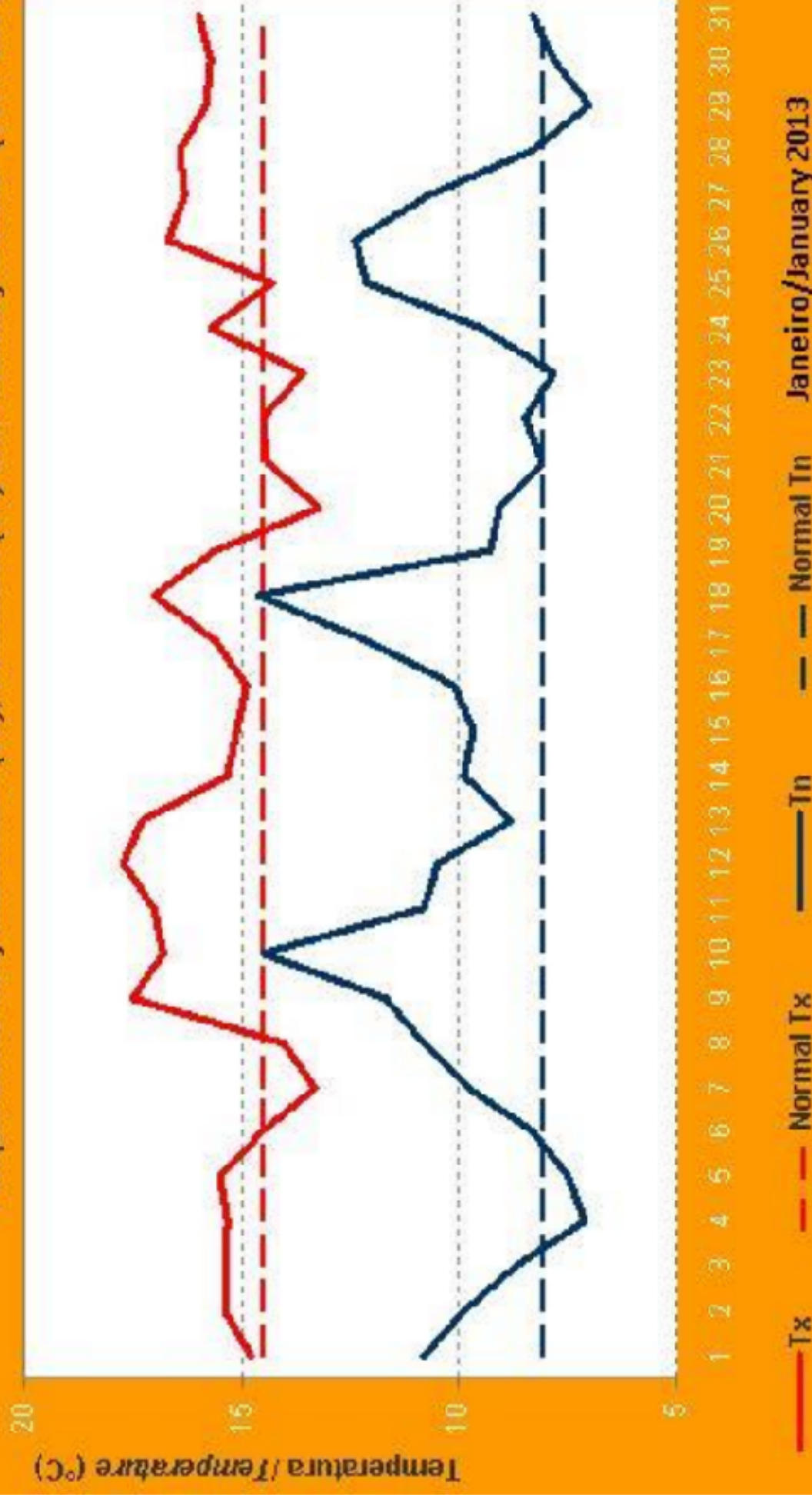
$$^{\circ}\text{C} = [(5/9) * (^{\circ}\text{F} - 32)]$$



LISBOA

Valores diários da temperatura máxima (Tx), mínima (Tn) e normal mensal (1971-2000)

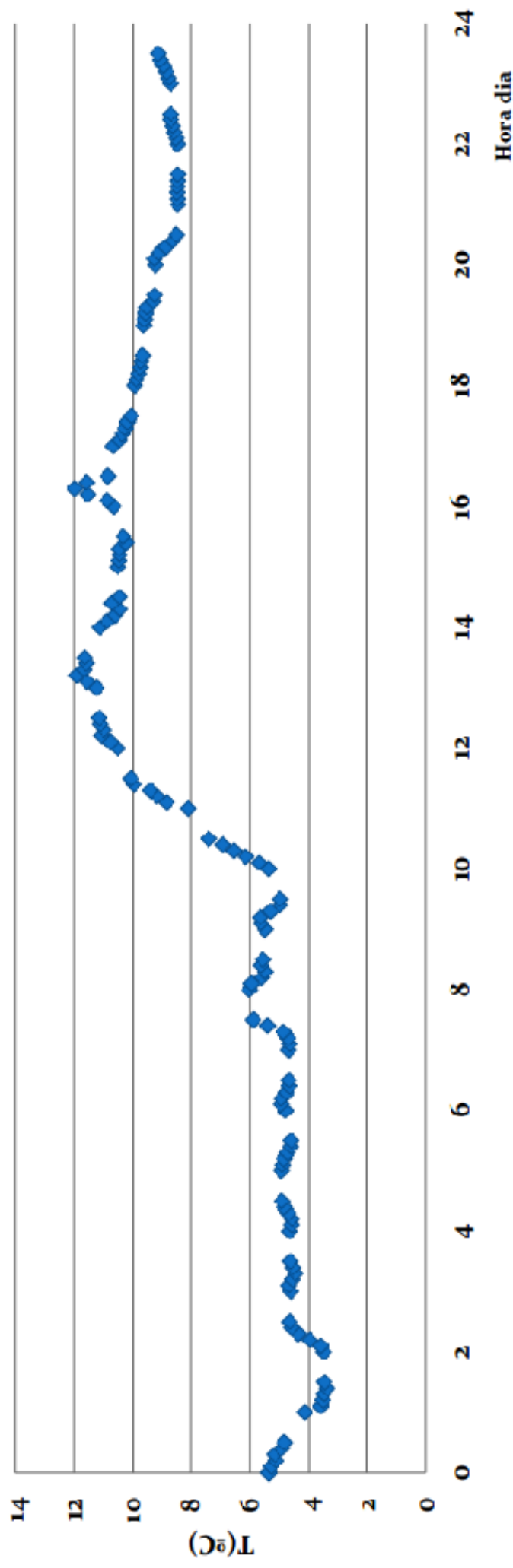
Temperature: daily maximum (Tx), minimum (Tn) and monthly normal (1971-2000)



Chama-se **normal climatológica** de um elemento climático em um local o valor médio correspondente a um número de anos suficiente para se poder admitir que ele representa o valor predominante daquele elemento no local considerado.

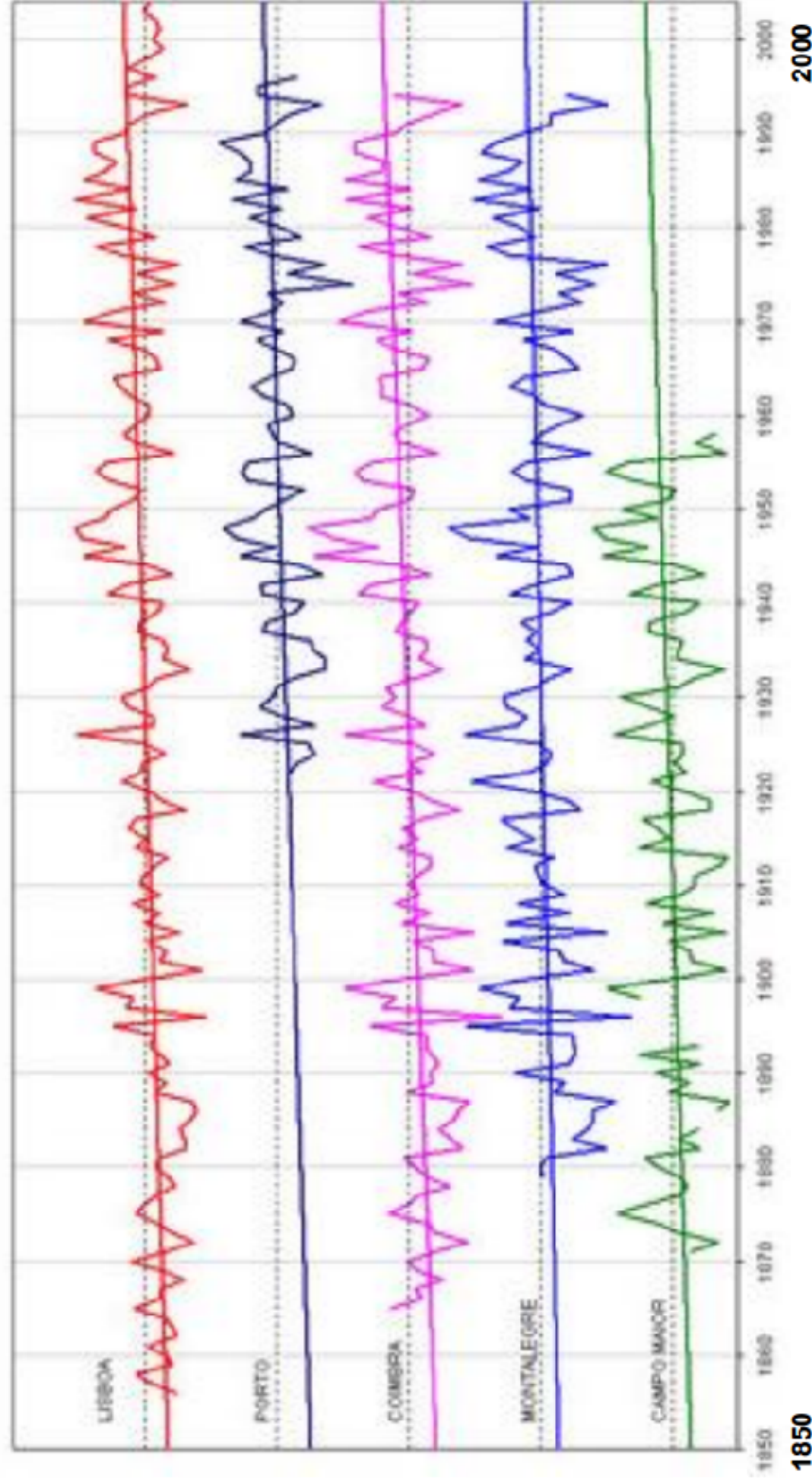


Evolução Diária da Temperatura para o dia 01/01/12



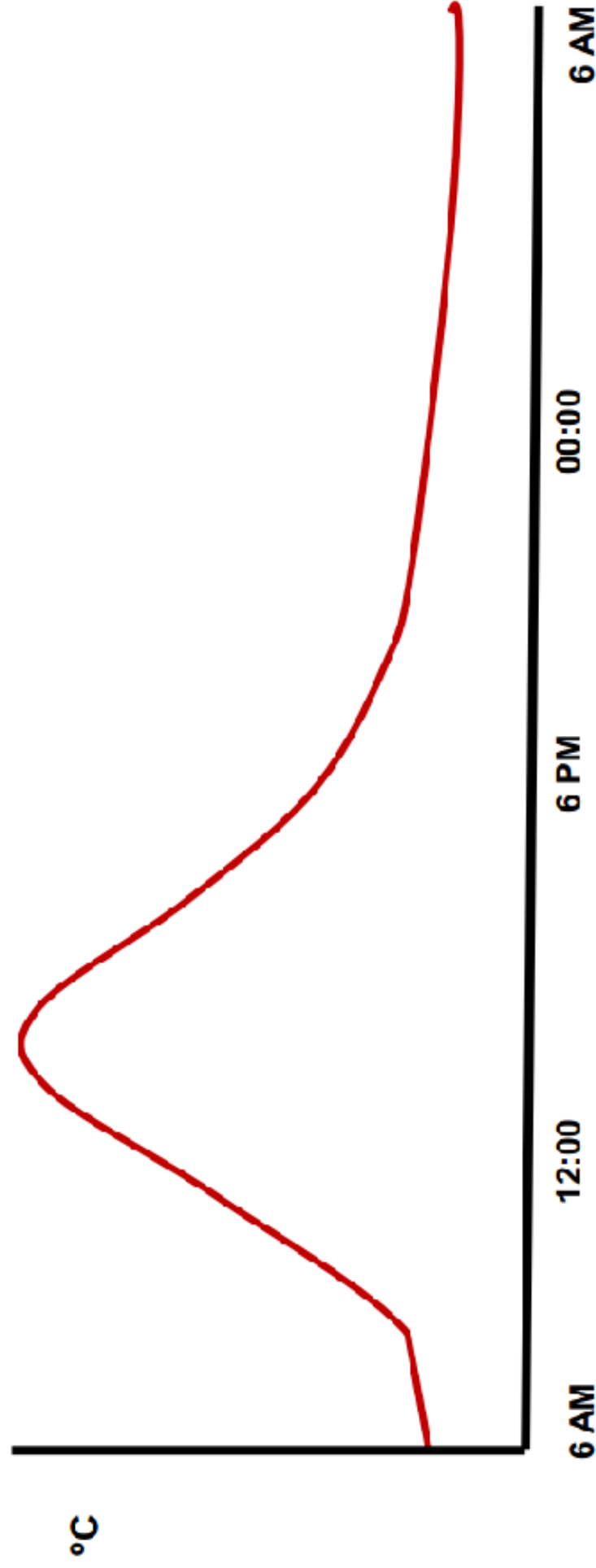
- Calcular Temperatura:
- Mínima
 - Máxima
 - Média
 - mensal !
 - Anual !
 - ...

A temperatura média do ar tem estado a aumentar desde meados do século XIX. Este aumento é estimado em $0.0074^{\circ}\text{C}/\text{ano}$.

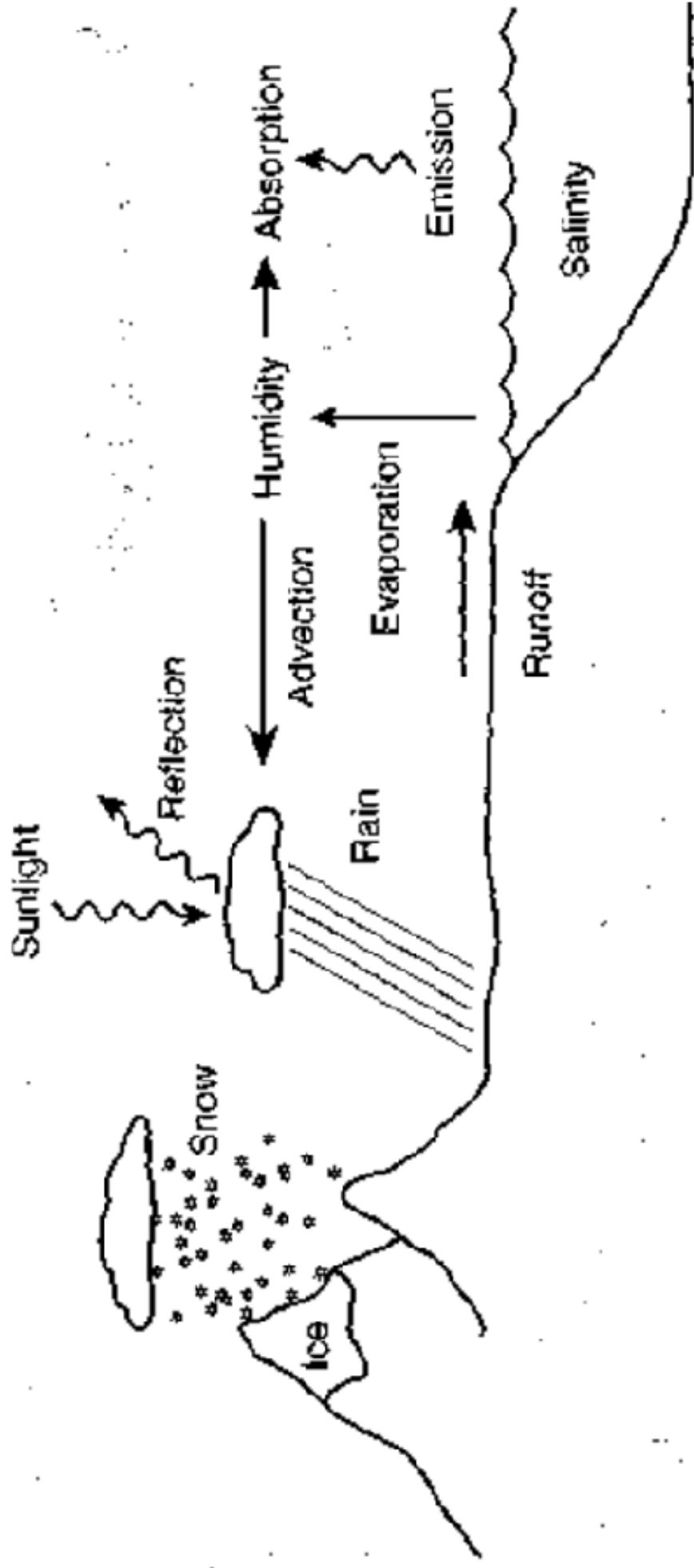


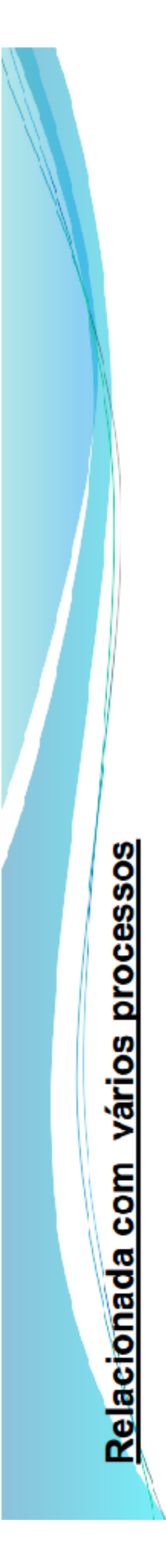
Evolução das temperaturas médias anuais e tendência linear de longo prazo em Lisboa, Porto, Coimbra, Montalegre e Campo Maior.

Temperatura do Ar



Humidade do Ar





Relacionada com vários processos

- Conforto animal
- Relação solo – planta - atmosfera (consumo hídrico)
- Doenças/pragas
- Instalações agro- industriais
- Incêndios florestais
- ...

- As grandezas mais importantes através das quais a

humidade do ar se pode expressar são:

- Humidade absoluta

$$\rho_v = \frac{m_v}{V} (\text{kg/m}^3)$$

- Tensão de vapor
- Humidade específica

➤ Humidade relativa

- Razão de mistura
- Défice de saturação
- Ponto de orvalho
- Temperatura do bolbo seco e húmido

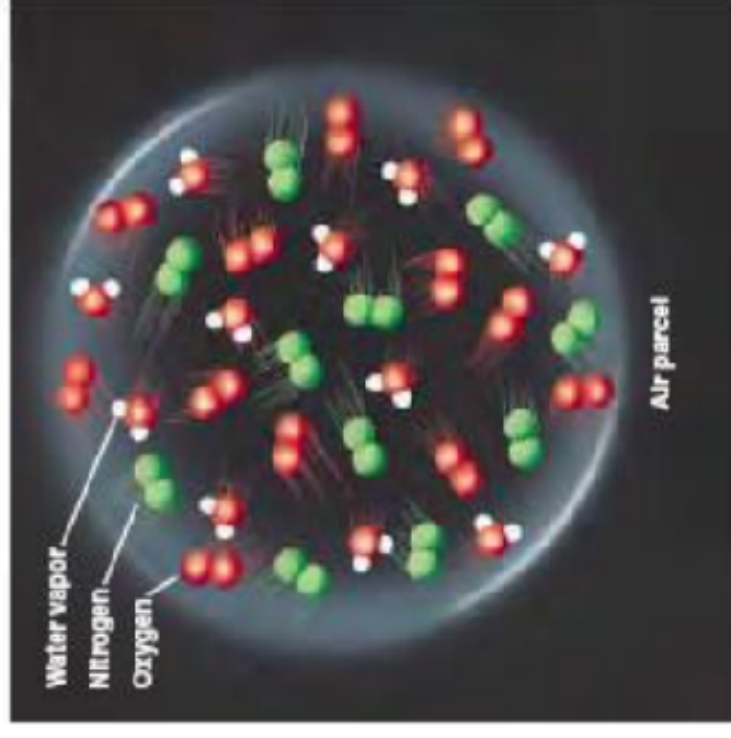


FIGURE 4.4

The water vapor content (humidity) inside this air parcel can be expressed in a number of ways.

Temperatura

Temperatura do bolbo seco (t_{bs})

Temperatura do bolbo húmido (t_{bh})

Temperatura do ponto de orvalho (t_d)

Temperatura do bolbo seco

É a temperatura medida num termómetro devidamente protegido da radiação solar

Temperatura do bolbo húmido

É a temperatura medida num termómetro cujo bolbo se encontra envolvido por um material poroso que esta em contacto com a água

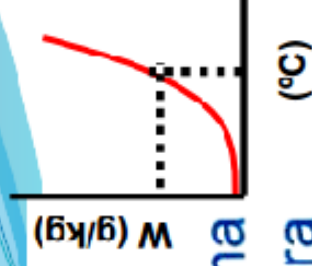
A evaporação da água desse material para o meio circundante faz com que o calor sensível seja rapidamente transferido do meio para o material poroso de modo a fornecer energia para a evaporação, o que consequentemente baixará a temperatura de bolbo húmido

Quanto mais seco estiver o ar, para uma dada t_{bs} , maior será a evaporação e menor a t_{bh}



FIGURE 4.9
The sling psychrometer.

Temperatura de ponto de orvalho



É a temperatura do ar saturado que tem a mesma tensão de vapor que a mistura de ar em causa. É a temperatura duma mistura à qual se inicia o fenómeno de **condensação**, $U = 100\%$, para uma situação em que o ar é arrefecido à pressão **P** e **W** constantes

Pode ser medida experimentalmente pelo controlo da temperatura de uma placa metálica polida, cuja temperatura superficial é baixada muito lentamente. Ao baixar a temperatura da placa, baixa também a temperatura da mistura circundante. Quando na placa começa a haver condensação de vapor de água da mistura, está encontrado a t_d , sabendo a temperatura à face da placa

$$t_{bs} = 30\text{ }^{\circ}\text{C}$$

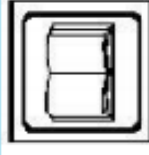
$$t_{bh} = 19\text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$e_a = 1,46\text{ kPa}$$

$$t_d = ??$$

$$t_d = \frac{240,97 \ln \frac{e_a}{0,611}}{17,502 - \ln \frac{e_a}{0,611}} = 12,62^{\circ}\text{C} \quad (3.14).$$

Humidade Relativa (U ou RH)



É a razão entre a pressão parcial do vapor de água na mistura e a pressão de vapor de água se o ar estivesse saturado de vapor de água à mesma pressão total

Existem tabelas que fornecem os valores de **tensão máxima** → $e_{\max}$ ou e_s para diferentes temperaturas, esses valores são relacionados com as **tensões verificadas (e)** ou também chamadas **actuais** (e_a)

$$U(\%) = \frac{e_a}{e_{\max}} \times 100$$

→ $e_{\max}$, e_a - expressos em unidade de pressão (atm, mmHg, mb, hPa ou kPa..)

Tensão máxima do vapor de água em relação à água na fase líquida (hPa)

t (°C)	0,0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9
1	6,566	6,614	6,661	6,709	6,758	6,807	6,856	6,905	6,955	7,004
10	12,270	12,350	12,440	12,520	12,610	12,690	12,770	12,860	12,950	13,030
11	13,120	13,210	13,290	13,380	13,470	13,560	13,650	13,740	13,830	13,930
12	14,020	14,110	14,200	14,300	14,390	14,490	14,580	14,680	14,770	14,870
13	14,970	15,070	15,170	15,270	15,370	15,470	15,570	15,670	15,770	15,870
17	19,370	19,490	19,610	19,740	19,860	19,990	20,120	20,240	20,370	20,500
23	28,090	28,260	28,430	28,600	28,770	28,950	29,120	29,300	29,470	29,650

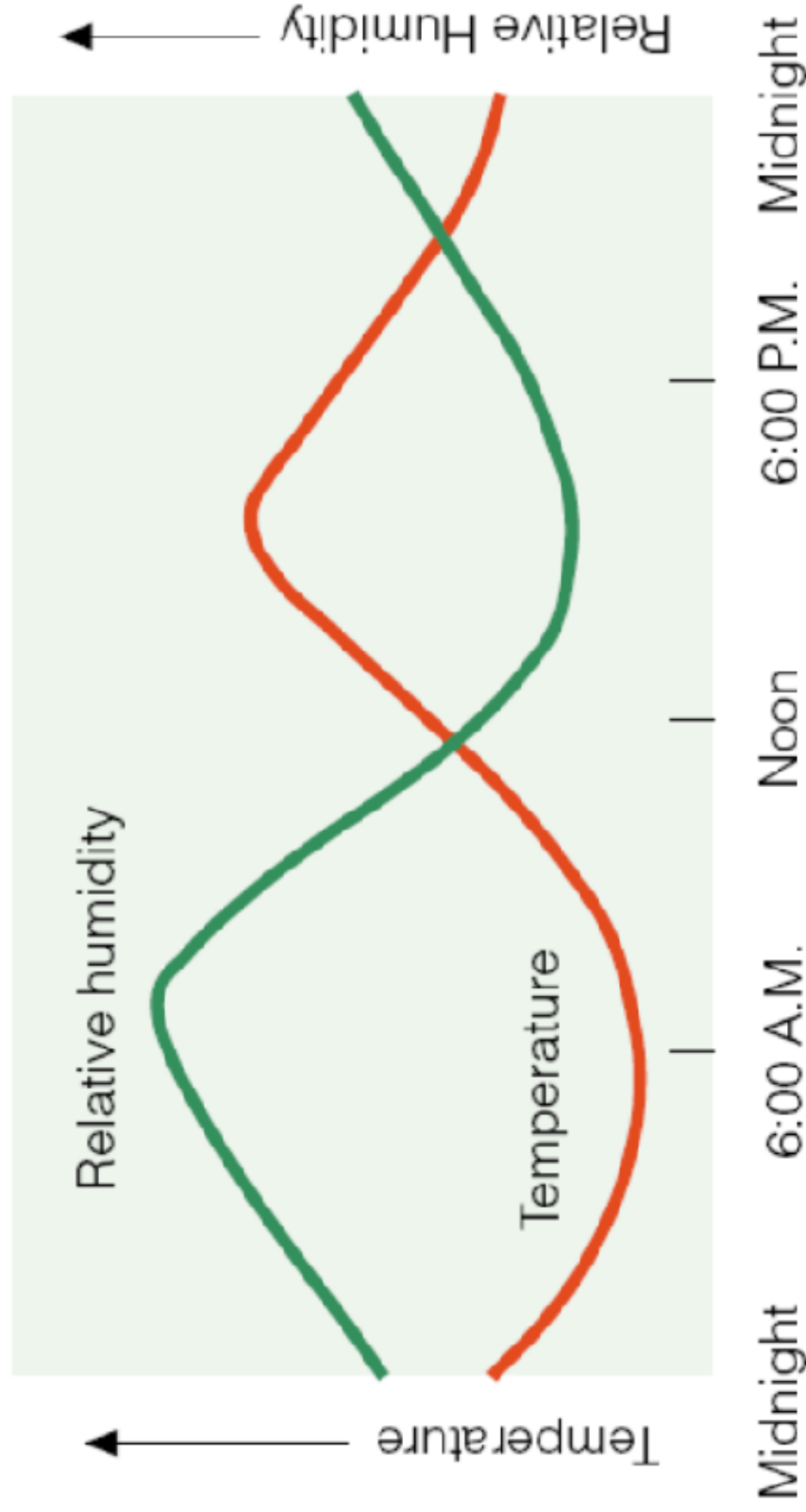
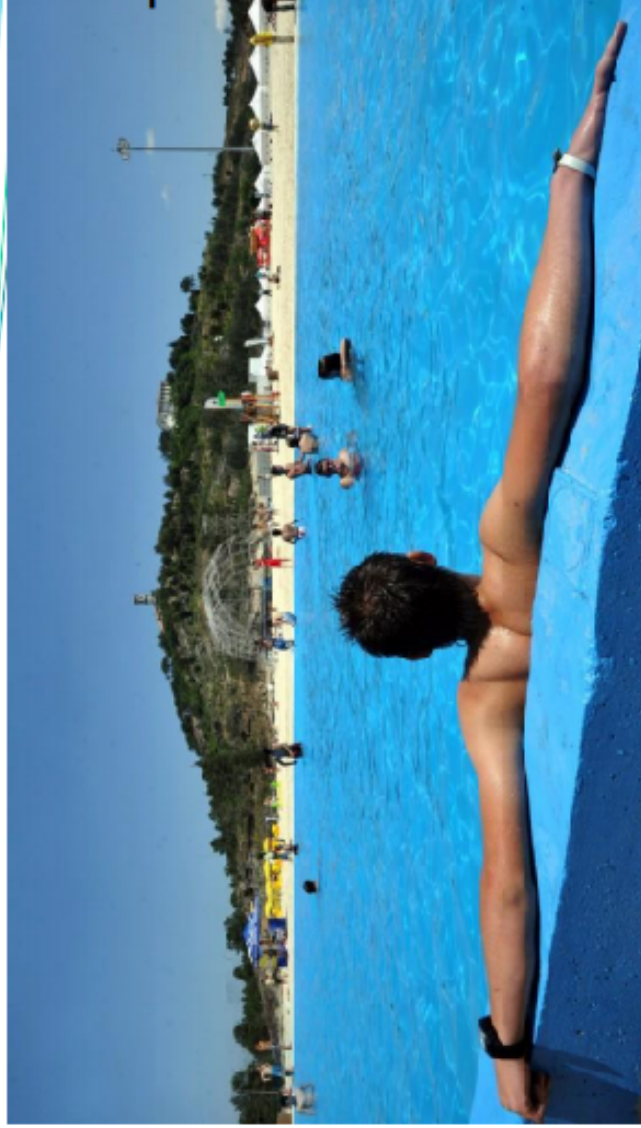


FIGURE 4.6

When the air is cool (morning), the relative humidity is high. When the air is warm (afternoon), the relative humidity is low. These conditions exist in clear weather when the air is calm or of constant wind speed.

Qual é a humidade relativa deste dia?



Temperatura do Ar = 27 °C

Embaciada



Temp. cerveja= 7 °C
(lado de fora do vidro)

Temp. do vinho = 18 °C
(lado de fora do vidro)



$$U(\%) = \frac{e_a}{e_{\max}} \times 100$$

$$U(\%) = \frac{10,2(mb)}{35,0(mb)} \times 100 = 29,0$$

Humidade relativa e Temperatura de ponto de orvalho



TABLE B.1 Saturation Vapor Pressure over Water for Various Air Temperatures

Air Temperature (°C)	Air Temperature (°F)	Saturation Vapor Pressure (mb)	Air Temperature (°C)	Air Temperature (°F)	Saturation Vapor Pressure (mb)
-18	(0)	1.5	18	(65)	21.0
-15	(5)	1.9	21	(70)	25.0
-12	(10)	2.4	24	(75)	29.6
-9	(15)	3.0	27	(80)	35.0
-7	(20)	3.7	29	(85)	41.0
-4	(25)	4.6	32	(90)	48.1
-1	(30)	5.6	35	(95)	56.2
2	(35)	6.9	38	(100)	65.6
4	(40)	8.4	41	(105)	76.2
7	(45)	10.2	43	(110)	87.8
10	(50)	12.3	46	(115)	101.4
13	(55)	14.8	49	(120)	116.8
16	(60)	17.7	52	(125)	134.2

10 °C



100%

Humidade relativa

21 °C



49 %

Humidade relativa

29 °C



30,9 %

Humidade relativa

Units/Constants

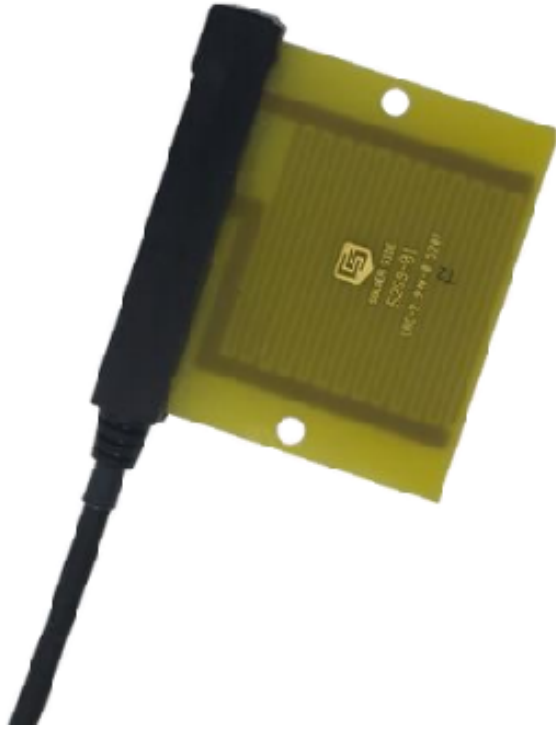
- e = actual vapor pressure (millibars)
- e_s = saturation vapor pressure (millibars)
- RH = relative humidity (percent)

$$RH = \frac{e}{e_s} \times 100\%.$$

To determine e and e_s , when the air temperature and dew-point temperature are known, consult Table B.1. Simply read the value adjacent to the air temperature and obtain e_s ; read the value adjacent to the dew-point temperature and obtain e .

Equipamentos

(<http://www.campbellsci.com/products>)



Leaf Wetness Sensors



(<http://www.bayercropscience.pt>)

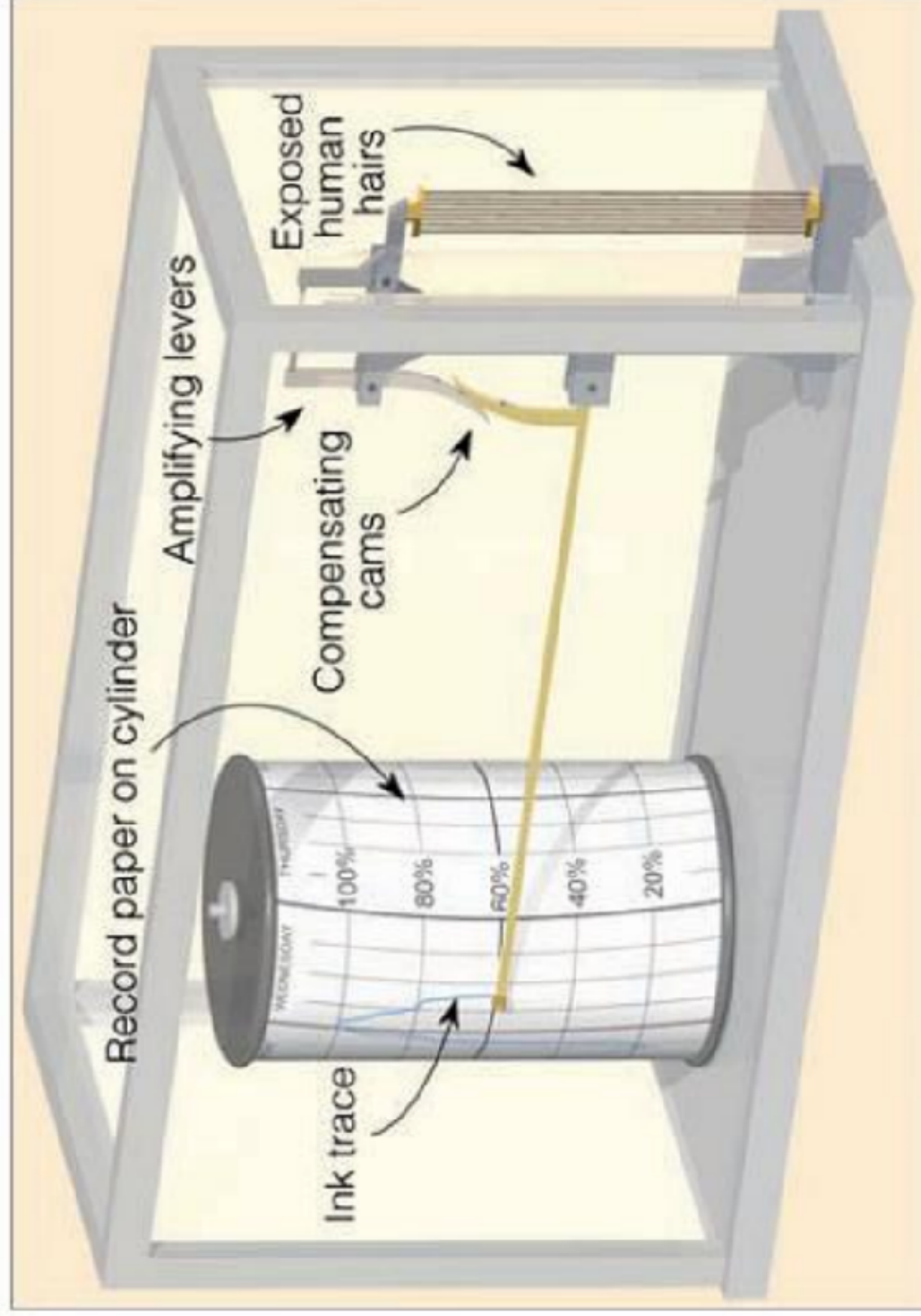




Technical Description

The HMP155A uses a HUMICAP®180R capacitive thin film polymer sensor to measure RH, and a PRT to measure temperature.





● **FIGURE 4.21** The hair hygrometer measures relative humidity by amplifying and measuring changes in the length of human (or horse) hair.

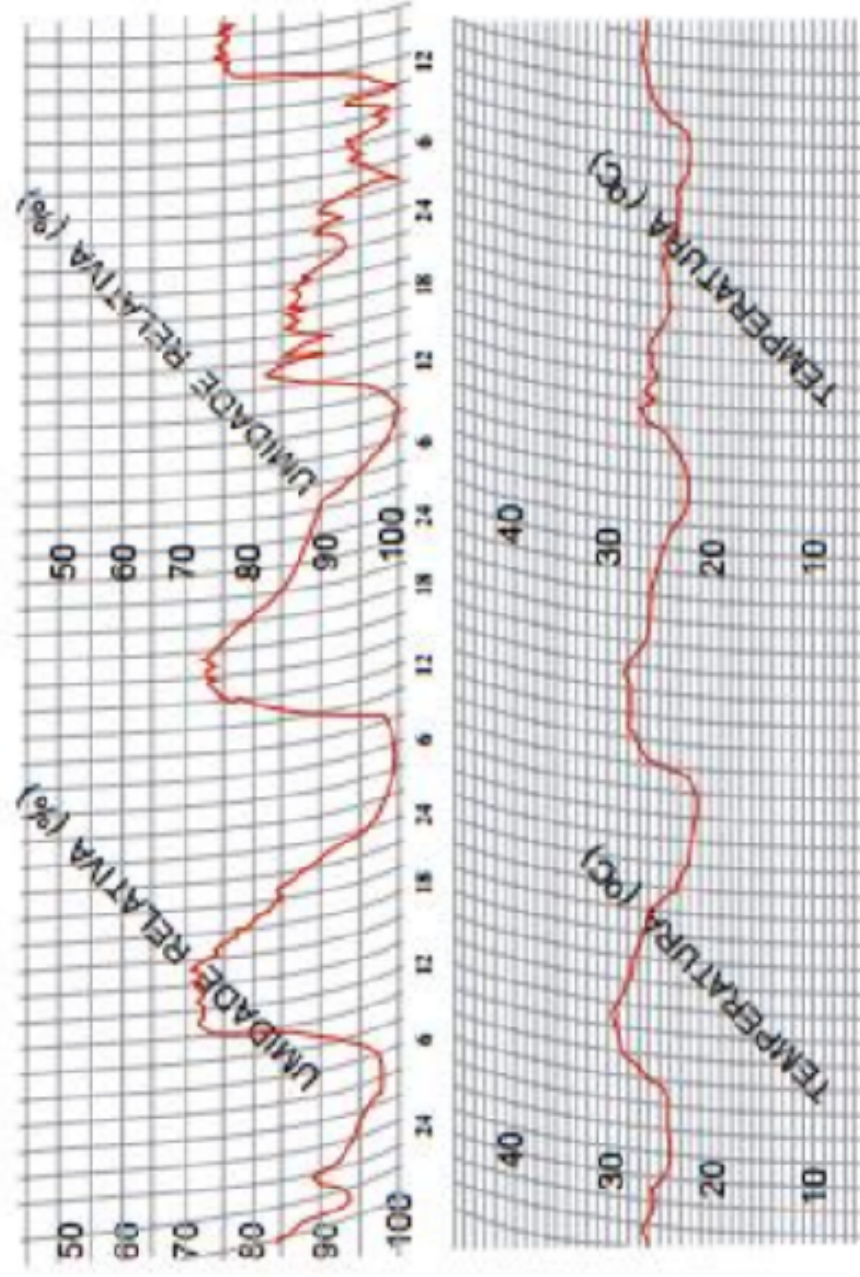


Fig. IV.7 - O termohigrógrafo, um registrador convencional de temperatura e de umidade do ar (acima), usa o termohigrografa como diagrama (abaixo).

Cálculo da Humidade Relativa Média do ar

$$U_{med} = (U_{max} + U_{min}) / 2$$

$$U_{med} = \frac{1}{24} (U_{00:00} + U_{01:00} + \dots + U_{23:59})$$

$$U_{med} = (\sum U_i) / n$$

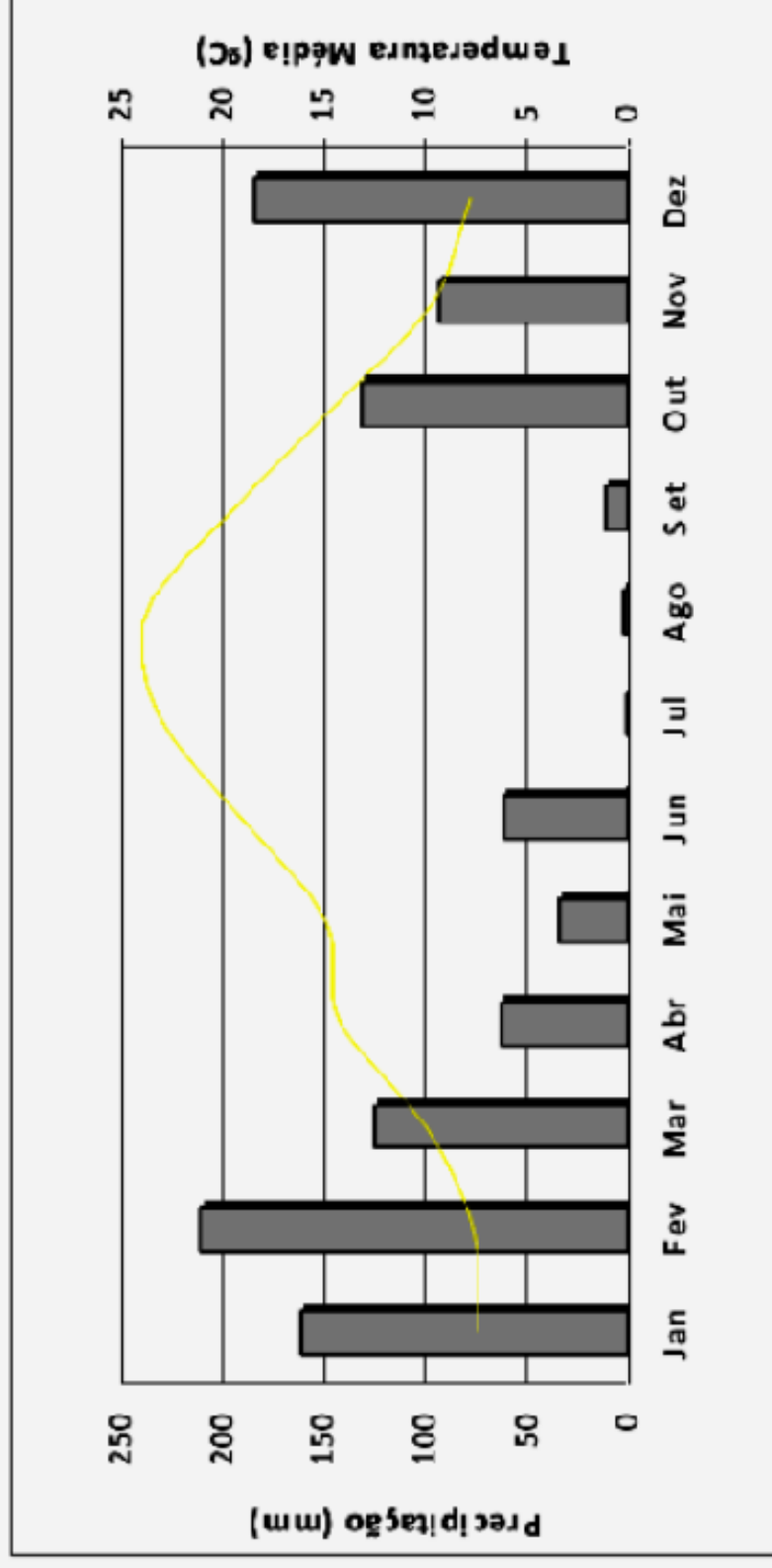


Figura 20. Temperaturas médias mensais (linha) e precipitação mensal do ano 2010 no campo experimental. Dados da estação meteorológico local

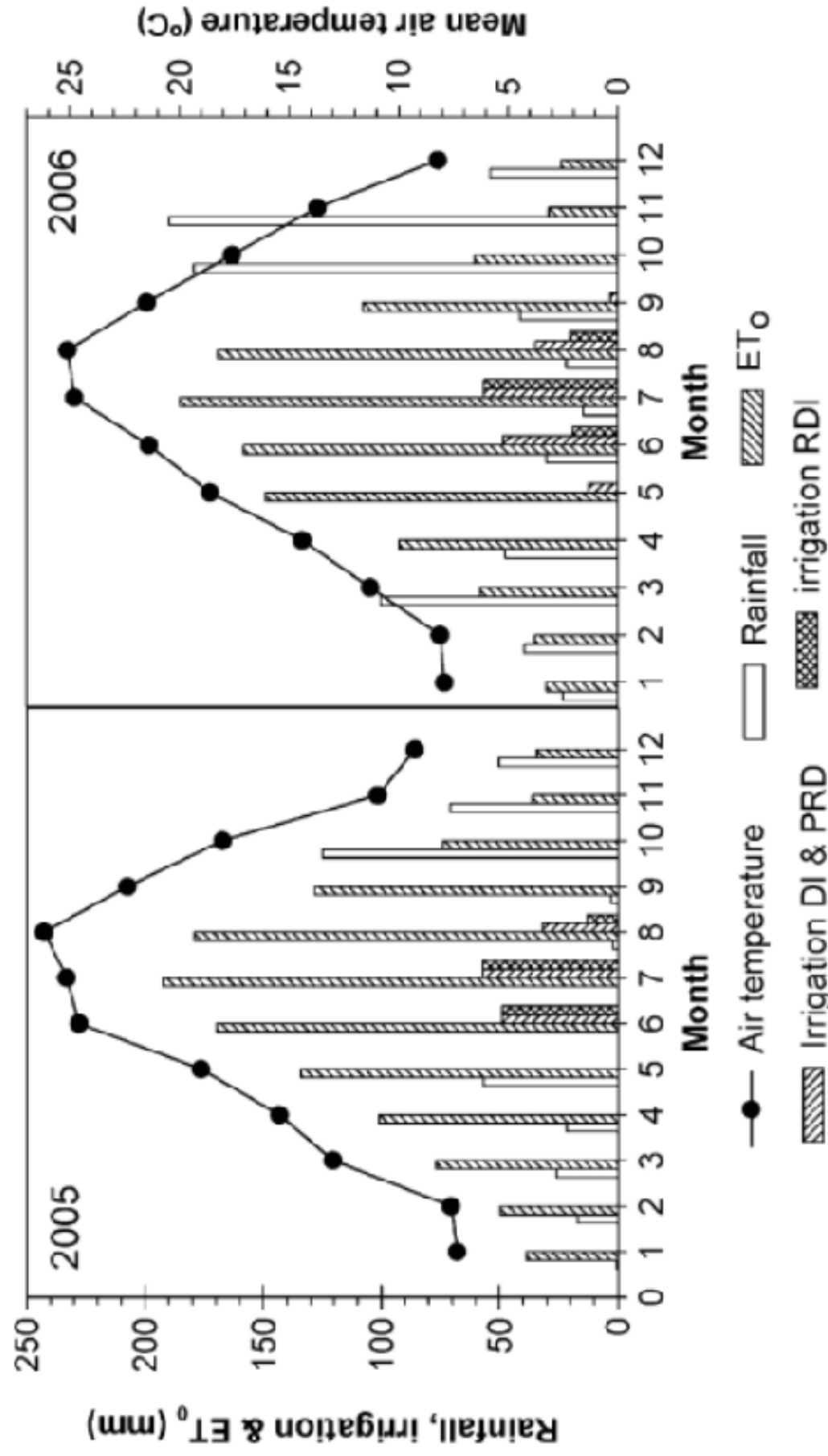
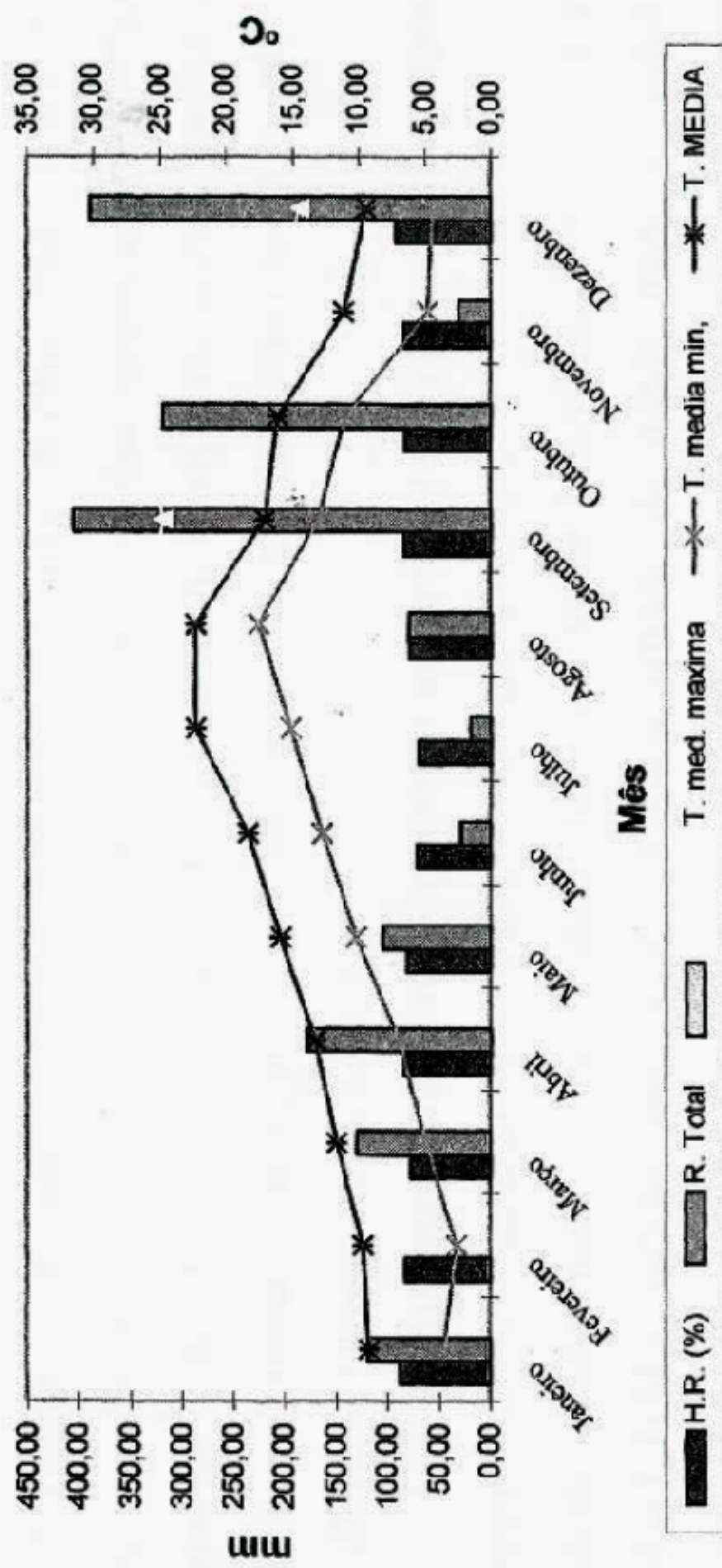
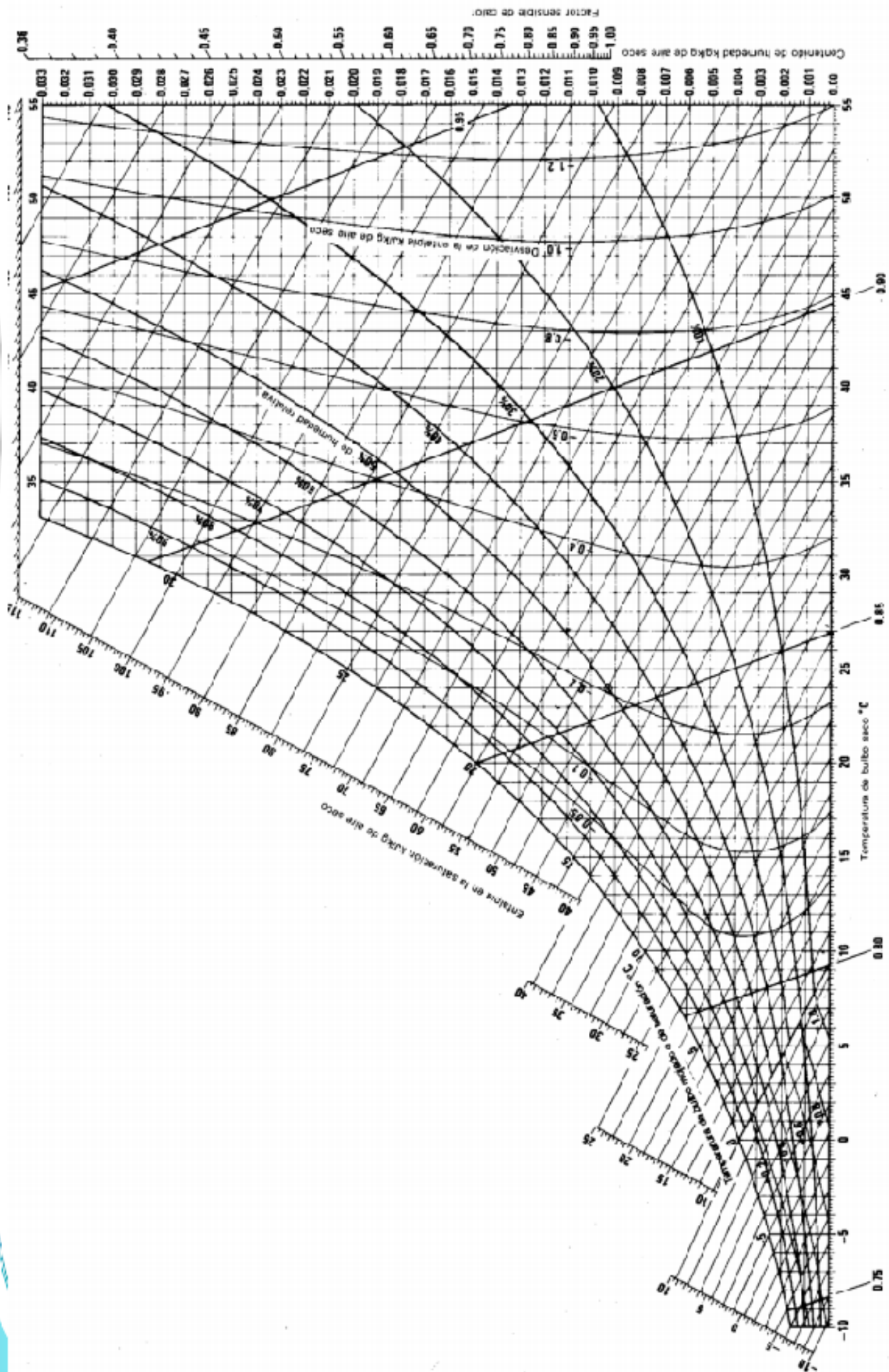
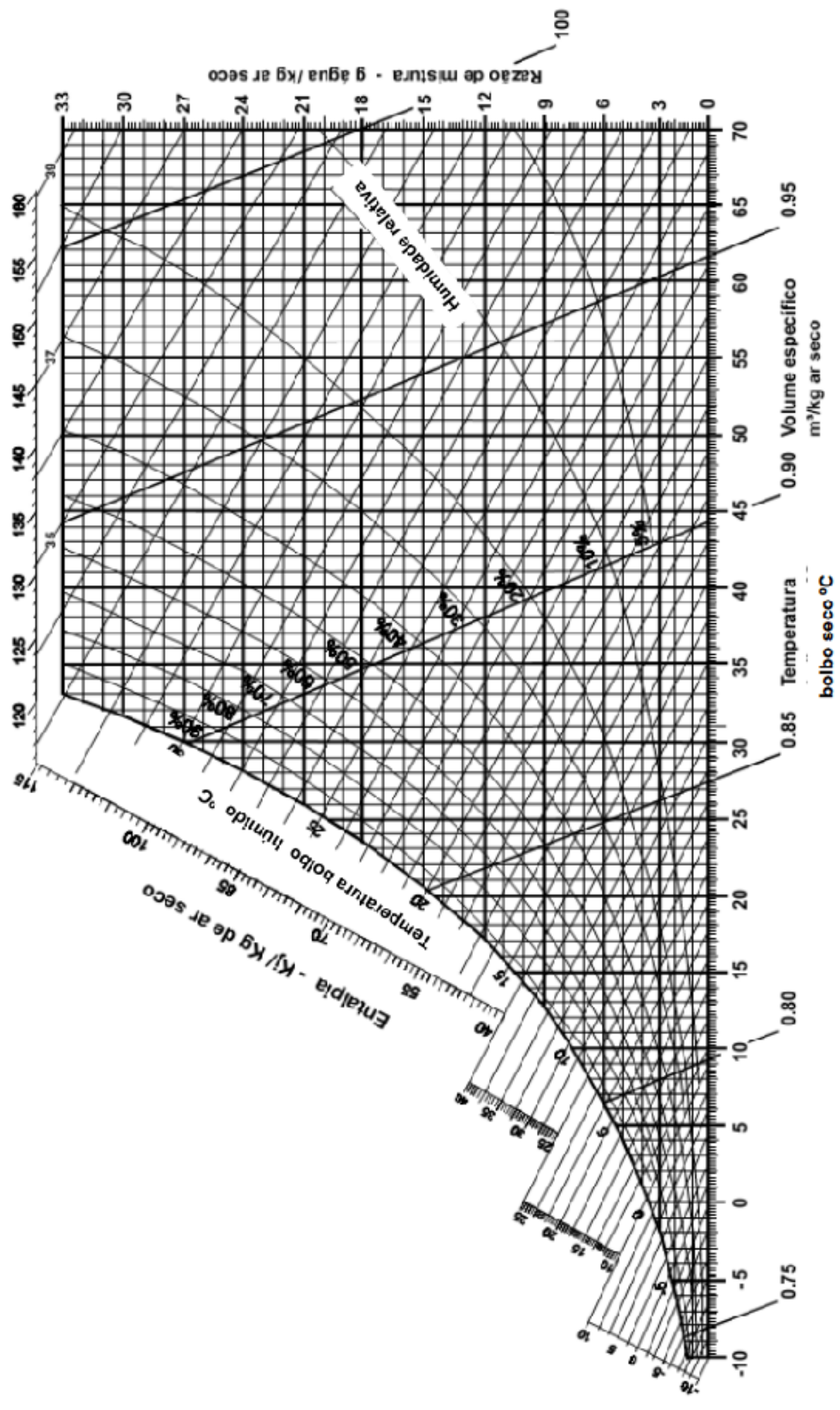


Fig. 1. Mean daily temperature and total monthly rainfall, irrigation and reference evapotranspiration on 2005 and 2006 seasons, at Estremoz, Portugal.







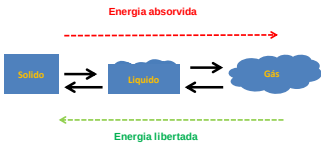
Precipitação e Nuvens

1

Precipitação

Por precipitação entendem-se todas as formas de água líquida ou sólida, que caem das nuvens.

A formação de grandes nuvens e abundante chuva implica sempre um forte arrefecimento, normalmente por enérgica subida do ar.



2

Observatório de Secas - Índice PDSI - Definição

O Índice PDSI (Palmer Drought Severity Index), foi desenvolvido por Palmer (1965) e implementado e calibrado para Portugal Continental (Pires, 2003).

Este índice baseia-se no conceito do balanço da água tendo em conta dados da quantidade de precipitação, temperatura do ar e capacidade de água disponível no solo e permite detetar a ocorrência de períodos de seca classificando-os em termos de intensidade (fraca, moderada, severa e extrema).

Quadro- Classificação do índice PDSI para períodos secos e períodos chuvosos		
Legenda de cores	Classes do PDSI	Descrição
maior que 4,0	Chuva extrema	Chuva extrema
3,01 a 4,0	Chuva severa	Chuva severa
2,01 a 3,0	Chuva moderada	Chuva moderada
0,51 a 2,0	Chuva fraca	Chuva fraca
-0,49 a 0,5	Normal	Normal
-1,99 a -0,5	Seca fraca	Seca fraca
-2,99 a -2,0	Seca moderada	Seca moderada
-3,99 a -3,0	Seca severa	Seca severa
menor ou igual a -4,00	Seca extrema	Seca extrema

3



Extremos Climatológicos - Continente

CONTINENTE			
Variável	Valor	Local	Data
Maior valor da temperatura mínima do ar	+ 32,2 °C	Faro	26/07/2004
Menor valor da temperatura mínima do ar	- 16,0 °C	Penhas da Saúde	04/02/1954
Maior valor da temperatura máxima do ar	+ 47,4 °C	Amareleja	01/08/2003
Menor valor da temperatura máxima do ar	- 10,2 °C	Penhas da Saúde	04/02/1954
Maior valor da temperatura média do ar	+ 37,1 °C	Amareleja	01/08/2003
Menor valor da temperatura média do ar	- 11,1 °C	Lagoa Comprida	12/01/1945
Maior valor da precipitação em 24 h	220,0 mm	Penhas da Saúde	14/01/1977
Maior valor da rajada	>167 km/h *	Porto/S. Pilar	15/02/1941

(*) maior valor registado pelo anemómetro que avançou (ciclone de 1941)

Extremos Climatológicos - Capitais Distrito

CAPITAIS DE DISTRITO				
Estação meteorológica (data início dados)	T. min. Absol.	T. max. Absol.	N.º dias <= 0.0°C (1971-2000)	N.º dias >= 30.0°C (1971-2000)
Viseu (1941-2005)	-9,5	44	28,2	44,6
Data	14-11-1927	06-08-1932		

Extremos Climatológicos - Arquipélago da Madeira

ARQUIPÉLAGO DA MADEIRA			
Variável	Valor	Local	Data
Maior valor da temperatura mínima do ar	+ 30,6 °C	Bom Sucesso	18/08/1966
Menor valor da temperatura mínima do ar	- 9,5 °C	Bica da Cana	05/03/1993
Maior valor da temperatura máxima do ar	+ 39,0 °C	Sanatório do Monte	18/08/1976
Menor valor da temperatura máxima do ar	- 1,5 °C	Arieiro	13/02/1981
Maior valor da precipitação em 24 h	277,0 mm	Encumeada	9/12/1976



Precipitação / Nuvens / Ondas / ventos

Extremos Climatológicos - Arquipélago dos Açores

ARQUIPÉLAGO DO AÇORES

Variável	Valor	Local	Data
Maior valor da temperatura mínima do ar	+ 24,3 °C	Angra do Heroísmo /Terceira	30/06/1996
Menor valor da temperatura mínima do ar	- 3,5 °C	Chã das Lagoinhas /S. Miguel	02/01/1973
Maior valor da temperatura máxima do ar	+ 32,1 °C	Madalena/Pico	07/09/1985
Menor valor da temperatura máxima do ar	+ 4,0 °C	Chã das Lagoinhas /S. Miguel	20/02/1972
Maior valor da precipitação em 24 h	276,0 mm	Furnas/S. Miguel	03/10/1974
Maior valor da rajada	>168 km/h *	Angra do Heroísmo/ Terceira	02/11/1995

(*) maior valor registado a quando da passagem do ciclone tropical Tanya

11

Precipitação / Nuvens / Ondas / ventos



Formas de precipitação:

Chuva:

as gotículas de água que compõem as nuvens são tão pequenas que o menor movimento ascendente de ar as mantém em suspensão. Se a turbulência do ar ocasionar contactos entre as gotas, aumenta a condensação e as gotas unem-se crescendo em tamanho e em peso, pelo que começam a cair.

Durante a queda, as pequenas gotas podem chocar umas com as outras, tornando-se maiores e mais pesadas, dando um aumento da sua velocidade. Atingem o solo sob a forma de gotas de chuva cujo diâmetro se situa, geralmente, entre 0,5 e 5 mm.

13

Formas de precipitação:

Chuviscos:

quando as gotas não ultrapassam 0,5 mm de diâmetro, caindo mesmo assim e parecendo que flutuam no ar. Esta precipitação é própria dos estratos baixos.

Neve:

tem a mesma origem que a chuva, mas a sua formação processa-se com temperaturas negativas, sendo constituída por cristais de gelo. Quando em queda estes cristais podem juntar-se originando flocos de neve.

14

Formas de precipitação:

Granizo:

quando um cristal de gelo cai do cimo das nuvens, atravessa as camadas mais baixas das nuvens onde gotículas de água se lhe aderem, aumentando o tamanho e a velocidade inicial.

Saraiva:

pequenos pedaços de gelo, com diâmetro superior a 5mm que se formam a grandes altitudes e atingem a superfície.

15

Formas de precipitação:

Aguaceiros:

formas de precipitação violenta e de curta duração, que começam e terminam bruscamente. Normalmente são acompanhados por um aumento súbito da velocidade do vento. Normalmente têm diâmetro inferior a 3mm e apenas alguns minutos de duração.

16

Formas de precipitação:

Trovoadas:

várias descargas de electricidade atmosférica podendo dar-se entre duas nuvens, duas partes da mesma nuvem ou entre as nuvens e o solo. São próprias de tempo instável.

17

Define-se como **altura de precipitação, h**, a espessura, medida na vertical, duma lâmina de água que se acumularia sobre a projecção horizontal da superfície atingida, se toda a precipitação aí ficasse retida, e normalmente expressa-se em **mm**.

$1\text{ mm} = 1\text{l/m}^2 = 10\text{ m}^3 / \text{ha}.$

Construção de um pluviômetro / Determinação da altura de precipitação

Funil

Reservatório

pluviômetro

$$S = \pi r^2$$
$$S = \frac{\pi d^2}{4}$$
$$h(mm) = \frac{V(cm^3)}{S(cm^2)} \times 10$$

h = Altura de precipitação
V = Volume de precipitação lido na proveta
S = Área da boca
R = Raio da boca
D = Diâmetro da boca

1 dm³ = 1 l → 1000 cm³ = 1 l ↔ 1 l = 1000 ml

Nuvens

Quando a condensação do vapor de água ocorre a altitudes mais elevadas formam-se nuvens – grandes aglomerados de gotículas de água ou de cristais de gelo, mantidos em suspensão pelas correntes ascendentes.

As nuvens e a precipitação derivam de condensação intensa e prolongada. A subida energética e expansão rápida de massas de ar originam correntes ascendentes que provocam a subida de ar húmido.

20

As nuvens são formadas por gotas de água ou cristais de gelo em suspensão. Nas de grandes dimensões, podem-se distinguir quatro zonas em altitude.

Na parte inferior, até ao nível de 0º C, a nuvem é constituída por gotas de água.

A seguir, a zona até ao nível de -15º C é constituída por gotas de água em sobre-fusão.

21

A zona seguinte, até ao nível de -40° C, é formada por gotas de água em sobrefusão e por cristais de gelo.

A zona superior é constituída apenas por cristais de gelo.

As nuvens apresentam várias formas típicas, de acordo com a altitude a que se formam e com o estado de tempo particular que traduzem.

22

Classificação das nuvens

A classificação das nuvens é baseada na aparência e altitude das nuvens.

Distinguem-se dois tipos fundamentais:

estratos - são nuvens de pequena espessura, mas de apreciável extensão. As correntes ascendentes são pouco importantes.

cúmulos - são grandes nuvens de grande espessura, mas de pequena extensão. As correntes ascendentes são intensas.

23

Classificação das nuvens

Originalmente a classificação das nuvens assentava em quatro categorias:

- Stratus "camada"
- Cumulus "monte"
- Cirrus "Tufo de pêlos"
- Nimbus "Chuva forte"

24

ETIMOLOGIA DOS NOMES USADOS PARA A CLASSIFICAÇÃO DAS NUVENS.

Termo	Significado	Termo	Significado
<i>altum</i>	elevado	<i>mamma</i>	mama, teta
<i>arcus</i>	arcada, abóbada	<i>mediocris</i>	médio, medíocre
<i>calvus</i>	calvo, desnudo	<i>nebulosus</i>	neblina, nevoeiro
<i>capillatus</i>	cabeludo	<i>nimbus</i>	nuvem que chove
<i>cirrus</i>	mecha de cabelo	<i>opacus</i>	opaco, sombrio
<i>congestus</i>	amontoado, empilhado	<i>pannus</i>	pano, farrapo
<i>cumulus</i>	pilha, acúmulo	<i>perlucidus</i>	translúcido
<i>duplicatus</i>	duplo, duplicado	<i>pileus</i>	barrete, gorro
<i>fibratus</i>	fibroso, filamentoso	<i>præcipitatio</i>	precipitação, queda
<i>floccus</i>	floco, tufo de lã	<i>radiatus</i>	raiado, ter raios
<i>humilis</i>	baixo, pequeno	<i>spissatus</i>	espesso, grosso
<i>fractus</i>	fraturado, rasgado	<i>stratus</i>	estendido, coberto
<i>incus</i>	bigorna	<i>tuba</i>	tubo, trombeta
<i>intortus</i>	torcido, torto	<i>uncinus</i>	gancho, garra, unha
<i>lacunosus</i>	lacunoso	<i>velum</i>	vela de navio
<i>lenticularis</i>	lente, lenticula	<i>virga</i>	vara, pau, ramo

FONTE: O.M.M. (1956).



FIGURE 4.32
Mammatus clouds.

Classificação das nuvens

De acordo com a altitude a que se formam as nuvens, os dois tipos fundamentais podem-se combinar. Deste modo temos quatro famílias que compreendem **dez** géneros:

Famílias:

- Nuvens altas;
- Nuvens médias;
- Nuvens baixas;
- Nuvens de desenvolvimento vertical.

TABLE 4.2 The Four Major Cloud Groups and Their Types

1. High clouds	3. Low clouds
Cirrus (Ci)	Stratus (St)
Cirrostratus (Cs)	Stratocumulus (Sc)
Cirrocumulus (Cc)	Nimbostratus (Ns)
2. Middle clouds	4. Clouds with vertical development
Altostratus (As)	Cumulus (Cu)
Altocumulus (Ac)	Cumulonimbus (Cb)

28

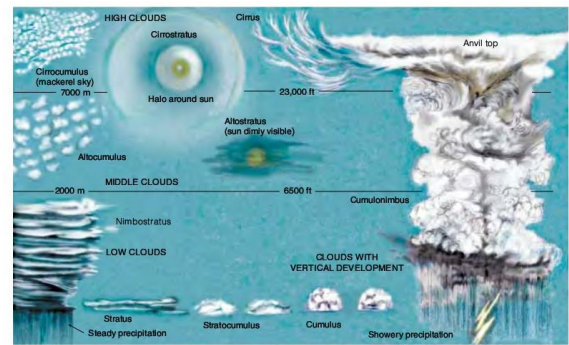


FIGURE 4.29 A generalized illustration of basic cloud types based on height above the surface and vertical development.

29

Nuvens Altas

Encontram-se acima dos 5 000 / 6 000 metros (até 18Km) e são constituídas principalmente por cristais de gelo.

Englobam os géneros:

- Cirros (Ci)
- Cirrostratos (Cs)
- Cirrocumulos (Cc)

30

Nuvens Médias

Situam-se geralmente entre os 2 000 e os 6 000 metros. São constituídas essencialmente por gotículas de água.

Englobam os géneros:

Altostratos (As)

Alto cumululos (Ac)

31

Nuvens Baixas

São nuvens constituídas essencialmente por gotículas de água líquida e que se encontram abaixo dos 2 000 metros.

Englobam os géneros:

Estratos (St)

Estratocumululos (Sc)

Nimbostratos (Ns)

32

Nuvens de desenvolvimento vertical

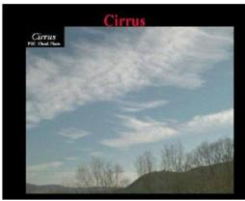
São nuvens que têm a sua base nos níveis baixos, mas a sua extensão vertical é frequentemente, tão grande que pode atingir outros níveis.

Englobam os géneros:

Cumululos (Cu)

Cumululonimbos (Cb)

33



Cirros (Ci)

São nuvens isoladas, de estrutura fibrosa, sem sombra própria, de cor branca, muitas vezes de brilho sedoso. São sempre constituídas por cristais de gelo e a sua transparência deve-se à grande dispersão destes cristais.

Quando aparecem no céu são, muitas vezes, pronuncio de uma tempestade ou de uma frente quente em aproximação

34



Cirrostratos (Cs)

São nuvens em forma de véu fino, esbranquiçado e, por vezes, de aparência leitosa. Não ocultam os contornos do Sol ou da Lua, mas produzem à sua volta um halo luminoso.

35



Cirrocumulos(Cc)

São nuvens compostas por pequenas massas globulares, alinhadas segundo uma ou duas direcções, ou em pequenas ondulações semelhantes às deixadas na paria pelas ondas do mar. Não têm sombras próprias. São geralmente prenúncio de chuva.

36

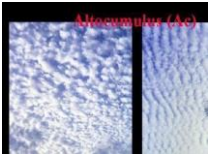
Altostratos (As)



São nuvens formadas por um extenso véu fibroso ou estriado, de cor cinzenta ou azulada. O Sol e a Lua distinguem-se, através destas nuvens, por uma claridade difusa. Não produzem fenómeno de halo.

37

Alto cúmulos (Ac)



São nuvens brancas ou acinzentadas constituídas por um manto de globos achatados, separados e alinhados segundo uma ou duas direcções. Distinguem-se dos cirrocúmulos por serem maiores e terem sombra própria.

38

Estratocúmulos (Sc)



São nuvens compostas por massas globulares, segundo uma ou duas direcções, de cor cinzenta e com sombra própria.

39

Nimbostratus (Ns)



São nuvens que constituem uma capa baixa, amorfa, de cor cinzenta, sombria, quase uniforme. A sua espessura é, em todos os pontos, suficiente para ocultar o sol.

40



Cúmulos (Cu)



FIGURE 4-39
Cumulus clouds. Small cumulus clouds such as these are sometimes called fair weather cumulus, or cumulus humilis.

São nuvens maciças, com a parte inferior plana e horizontal e a parte superior em cúpulas. No seu interior há fortes correntes verticais

41



FIGURE 4-38
A cumulonimbus cloud. Strong upper-level winds blowing from right to left produce a well-defined anvil. Sunlight scattered by falling ice crystals produces the white (bright) area beneath the anvil. Notice the heavy rain shower falling from the base of the cloud.

Cumulonimbos(Cb)

São nuvens que formam massas imponentes, com grande desenvolvimento vertical, acasteladas e com a parte superior em forma de bigorna. No seu interior, há correntes ascendentes e descendentes, que podem ser extremamente violentas.

42



FIGURE 4.18
Cirrus clouds.

43



FIGURE 4.20
Cirrostratus clouds with a halo.

44



FIGURE 4.21
Altostratus clouds.

45



FIGURE 4.26
Cumulus clouds. Small cumulus clouds such as these are sometimes called *fair weather cumulus*, or *cumulus humilis*.

46

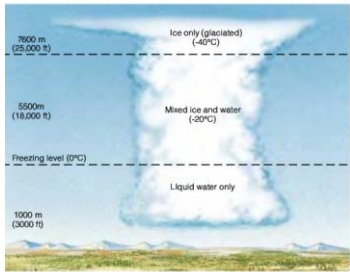


FIGURE 5.18
The distribution of ice and water in a cumulonimbus cloud.

47

GEADAS

Precipitação / Nuvens / Geadas / ventos

GEADAS

Tecnicamente o termo geada pode ser definido como a ocorrência de temperaturas de ar de 0°C ou inferiores, a determinado nível (normalmente medida num abrigo meteorológico situado a uma altura de 1,5m do solo) com formação de cristais de gelo sobre as superfícies arrefecidas.

Precipitação / Nuvens / Geadas / ventos

GEADAS

O estudo das geadas tem grande interesse agrícola, pois o seu aparecimento coincide, pelo menos em grande parte, com o período activo da vegetação.

Esta sobreposição pode originar grandes prejuízos nas culturas, que podem levar a sua destruição completa.

Precipitação / Nuvens / Geadas / ventos

GEADAS

Tipos de Geadas:

Contudo para além destes termos para classificar as geadas, existem outros de utilização corrente, de origem rural que estão consagrados pelo uso.

Estes termos são:

GEADA “BRANCA”

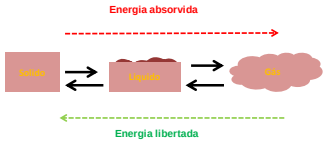
GEADA “NEGRA”

Precipitação / Nuvens / Geadas / ventos

GEADAS

Tipos de Geadas:

Geadas “branca” – é utilizado para definir a ocorrência de um hidrômetro produzido pela congelação do orvalho ou por sublimação do vapor de água sobre as superfícies e corpos arrefecidos a uma temperatura inferior ou igual a 0°C.



Precipitação / Nuvens / Geadas / ventos

GEADAS

Tipos de Geadas:

Geadas “negra” – neste caso o termo é utilizado para definir uma situação de geada que ocorre quando o ponto de orvalho é mais baixo do que a temperatura negativa considerada nefasta para os órgãos vegetais das culturas. Deve-se esta designação ao aspecto necrótico apresentado pelos órgãos vegetais.

Precipitação / Nuvens / Geadas / ventos

GEADAS

Origem das geadas

As geadas podem resultar de três situações distintas:

Geadas de radiação

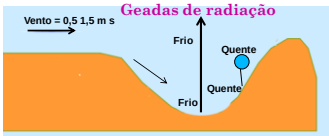
- Radiação (sentido restrito)
- Advecção - radiação

Geadas de advecção

Geadas de evaporação

Precipitação / Nuvens / Geadas / ventos

GEADAS

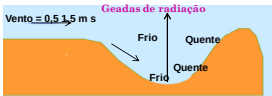


Radiação (sentido restrito)

Este tipo de geadas resulta principalmente de um balanço energético negativo quando em situação de ocorrência de uma radiação efectiva elevada acompanhadas de céu limpo, ponto de orvalho baixo, fraca turbulência (vento fraco ou calmo).

Precipitação / Nuvens / Geadas / ventos

GEADAS

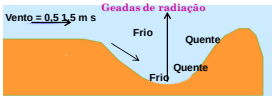


Radiação (sentido restrito)

São geadas que ocorrem localmente, mesmo com temperaturas na ordem dos 15°C, mas em que o arrefecimento nocturno conduz ao aparecimento de temperaturas negativas.

Precipitação / Nuvens / Geadas / ventos

GEADAS



Geadas de radiação

Radiação (sentido restrito)

Os locais mais susceptíveis de ocorrer este tipo de geadas são as depressões e principalmente quando os declives são acentuados e livres de obstáculos à passagem de ar frio. As temperaturas mínimas nocturnas são mais elevadas nos cumes e secções superiores e médias encostas.

Precipitação / Nuvens / Geadas / ventos

GEADAS



Geadas de radiação
Advecção – Radiação

Este tipo de geadas tem características das geadas de radiação e das de advecção. Estão geralmente associadas à passagem de uma massa de ar frio e seco.

Precipitação / Nuvens / Geadas / ventos

GEADAS

Geadas de radiação
Advecção – Radiação

A situação meteorológica típica é tal que durante o dia a temperatura do ar pode ser superior a 0°C, mas existe ou verifica-se uma intensa radiação efectiva que dá origem a um deficit energético no final do dia. A esta situação está também associada a presença de uma inversão térmica.

Precipitação / Nuvens / Geadas / ventos

GEADAS

Geadas de radiação
Advecção – Radiação

Estas são as geadas mais frequentes em Portugal durante a Primavera e Outono, quando as temperaturas médias diárias são já relativamente altas. Afectam mais, em regra, as culturas existentes em lugares abrigados e as cotas menores relativamente ao fundo dos vales.



Geadas de advecção

Este tipo de geadas resulta da intrusão de massas de ar muito frio de origem ártica ou polar e pouco modificados.

Estas massas de ar têm temperaturas normalmente inferiores a 0°C e são acompanhadas de ventos com velocidades entre 10 – 12 Km/h e uma humidade relativa geralmente baixa.



Geadas de advecção

Os locais mais atingidos são aqueles de maior cota e pouco abrigados. Em Portugal este tipo de geadas ocorre quando o ar gélido originário das regiões árticas é pouco modificado e transportado na circulação de um anticiclone.

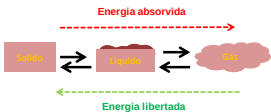


Geadas de advecção

O mar tem um efeito moderador na massa de ar durante a sua travessia pela Baía de Biscaya aumentando a sua temperatura de alguns graus ao atingir a Península Ibérica.

Precipitação / Nuvens / Geadas / ventos

GEADAS

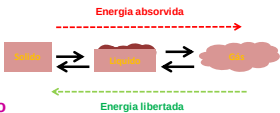


Geadas de evaporação

Este tipo de geadas é menos frequentes ou mesmo raro. Ocorrem normalmente após a queda de aguaceiros frios com vento intruso e elevado deficit de saturação.

Precipitação / Nuvens / Geadas / ventos

GEADAS



Geadas de evaporação

Nestas condições verifica-se então uma secagem rápida da vegetação baixando a temperatura a valores negativos.
O arrefecimento originado pela evaporação é tanto maior quanto mais seco e forte for o vento.

Precipitação / Nuvens / Geadas / ventos

GEADAS

Condições de formação

O abaixamento da temperatura durante a noite resulta de fenómenos de radiação.
Tanto o solo como os vegetais, estando a uma temperatura absoluta diferente de zero, perdem continuamente energia sob a forma de radiação de grande comprimento de onda.

Precipitação / Nuvens / Geadas / ventos

GEADAS

Condições de formação

O solo e os vegetais recebem radiação solar e atmosférica.

Durante a noite subsistem apenas as radiações terrestre e atmosférica: daqui resulta uma descida da temperatura, que constitui o arrefecimento nocturno.

Precipitação / Nuvens / Geadas / ventos

GEADAS

Meios de prevenção das geadas:

- Métodos de luta directa

- Métodos de luta indirecta**

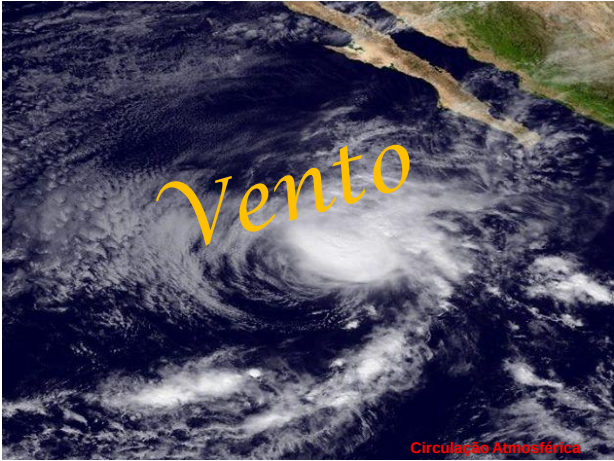
Precipitação | Nuvens | Geadas | ventos

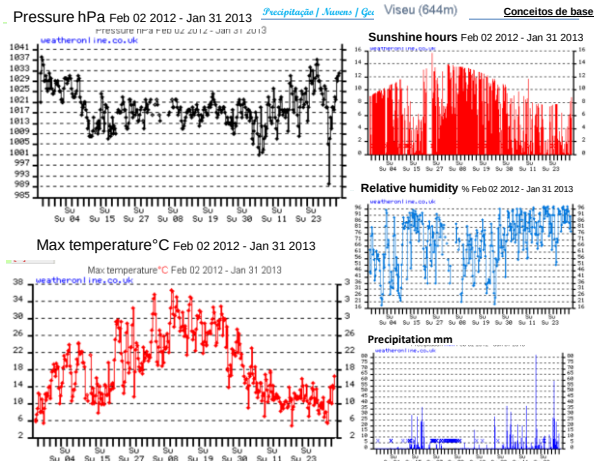
GEADAS

Meios de prevenção das geadas:

Métodos de luta directa

são métodos de carácter protectivo, de implementação temporária e assentam na previsão de ocorrência de geada.





Precipitação / Nuvens / Ondas / ventos Conceitos de base

$$P_{atm} = \frac{\text{Peso do Ar(??)}}{\text{Sup. da Terra (??)}} = \text{☺}$$

$$= 10^5 \text{ N / m}^2$$

$$= 10^5 \text{ Pa}$$

millibar (mbar)	1 mbar = 0,1 kPa
hPa	1 millibar (mbar) ◀
bar	1bar = 100 kPa
centimetre of water (cm)	1 cm of water = 0,09807 kPa
millimetre of mercury (mmHg)	1 mmHg = 0,1333 kPa
atmospheres (atm)	1 atm = 101,325 kPa
pound per square inch (psi)	1 psi = 6,896 kPa

$$P_{atm}(\text{nível mar}) = 1 \text{ atmosfera} = \underline{10.134 \text{ N/cm}^2} = 760 \text{ mm coluna Hg} = \underline{10.33 \text{ m.c.a.}}$$

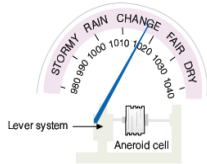


FIGURE 6.5
The aneroid barometer.

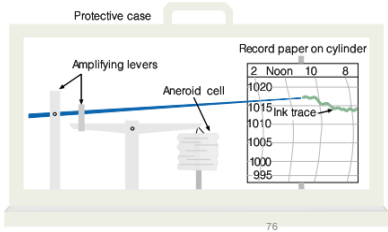
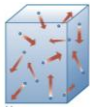


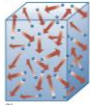
FIGURE 6.6
A recording barograph.

Relação entre a pressão, a temperatura e densidade $\rightarrow P = \rho RT$

$$P(Pa) = \rho(kg / m^3) R(J/kg K) T(K)$$



As moléculas exercem pressão



A pressão deve aumentar, se a densidade aumentar ou seja n° de moléculas



A pressão deve aumentar, se a temperatura aumentar

Pressão atmosférica e a densidade decrescem o com a altitude

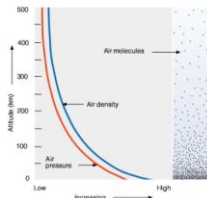


FIGURE 1.5
Both air pressure and air density decrease with increasing altitude.

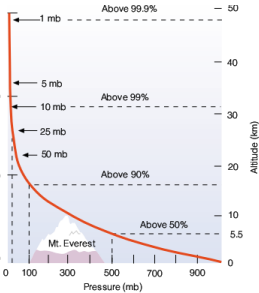


Fig. 1.3
The most vertical temperature profile of the atmosphere, simplified to show the observed zoning of the regions or "spheres". The interfaces between these, shown as dashed lines, are called, from bottom to top, the tropopause, the stratopause, and the mesopause. These names are still in use, although in modern work it is just as common to refer to the lower, middle, and upper atmosphere, as shown on the right.

FIGURE 1.6
Atmospheric pressure decreases rapidly with height. Climbing to an altitude of only 5.5 km, where the pressure is 500 mb, would put you above one-half of the atmosphere's molecules.

TIPOS DE VENTOS

Precipitação / Nuvens / Ondas / ventos

Conceitos de base

1. Vento Geostrófico

→ (em alturas > 500 m, onde não há obstáculos naturais)

→ À escala Global

2. Ciclone e anticiclones

3. Ventos Locais

(outro exemplo de classificação)

i) Vento barostrófico

- Quando a PGF é a principal força
- Sopra normalmente as isóbaras
- A força de Coriolis não se faz sentir
- São ventos locais (ex., brisas)

ii) Vento geostrófico

- Ventos de altitude
- Forças de PGF e Coriolis equilibram-se
- Vento tem trajetória paralela às isóbaras

iii) Vento de gradiente

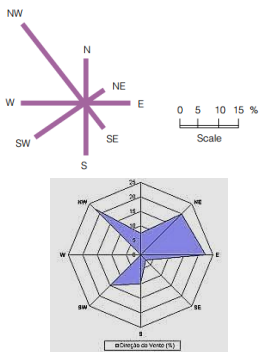
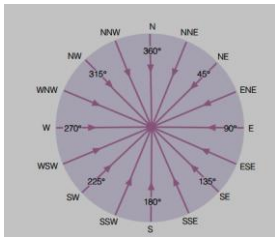
- A força centrífuga é importante, trajetórias curvilíneas (ex., ciclones tropicais)

79

Vento: direção e velocidade

Precipitação / Nuvens / Ondas / ventos

Conceitos de base



Definido em termos do azimute, ângulo que o vector da direcção forma com o Norte geográfico local

80

Vento: direção e velocidade

A velocidade do vento expressa a distância percorrida pelo vento em um determinado intervalo de tempo. É medida a 10 m de altura (para fins meteorológicos) ou 2 m (para fins agrometeorológicos).

A velocidade do vento aumenta exponencialmente com a altura.

$$u_z = u_z \frac{4.87}{\ln(67.8 z - 5.42)} \quad (47)$$

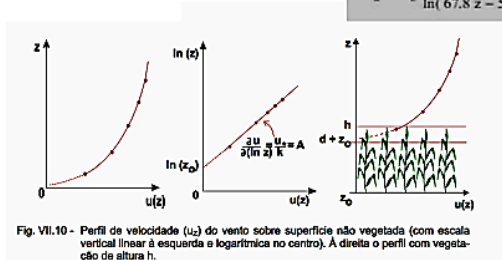


Fig. VII.10 - Perfil de velocidade (u_z) do vento sobre superfície não vegetada (com escala vertical linear à esquerda e logarítmica no centro). À direita o perfil com vegetação de altura h .

81

81

Vento: direção e velocidade

Precipitação / Nuvens / Ondas / ventos

1 knot = 1 nautical mi/hr = 0.51 m/sec

	MILES (STATUTE) PER HOUR	KNOTS	KILOMETERS PER HOUR		MILES (STATUTE) PER HOUR	KNOTS	KILOMETERS PER HOUR
	Calm	Calm	Calm		44-49	38-42	70-79
	1-2	1-2	1-3		50-54	43-47	80-87
	3-8	3-7	4-13		55-60	48-52	88-96
	9-14	8-12	14-19		61-66	53-57	97-106
	15-20	13-17	20-32		67-71	58-62	107-114
	21-25	18-22	33-40		72-77	63-67	115-124
	26-31	23-27	41-50		78-83	68-72	125-134
	32-37	28-32	51-60		84-89	73-77	135-143
	38-43	33-37	61-69		119-123	103-107	144-198

20 m/s = Knot =km/h

82

Vento: direção e velocidade

Precipitação / Nuvens / Ondas / ventos

TABLE C.1 Estimating Wind Speed from Surface Observation					
BEAUFORT NUMBER	DESCRIPTION	MI/HR	WIND SPEED KNOTS	KM/HR	OBSERVATIONS
0	Calm	0-1	0-1	0-2	Smoke rises vertically
1	Light air	1-3	1-3	2-6	Direction of wind shown by drifting smoke, but not by wind vane
2	Slight breeze	4-7	4-6	7-11	Wind felt on face; leaves rustle; wind vane moved by wind; flags stir
3	Gentle breeze	8-12	7-10	12-19	Leaves and small twigs move; wind will extend light flag
4	Moderate breeze	13-18	11-16	20-29	Wind raises dust and loose paper; small branches move; flags flap
5	Fresh breeze	19-24	17-21	30-39	Small trees with leaves begin to sway; flags ripple
6	Strong breeze	25-31	22-27	40-50	Large tree branches in motion; whistling heard in telegraph wires; umbrellas used with difficulty
7	High wind	32-38	28-33	51-61	Whole trees in motion; inconvenience felt walking against wind; flags extend
8	Gale	39-46	34-40	62-74	Wind breaks twigs off trees; walking is difficult
9	Strong gale	47-54	41-47	75-87	Slight structural damage occurs (signs and antennas blown down)
10	Whole gale	55-63	48-55	88-101	Trees uprooted; considerable damage occurs
11	Storm	64-74	56-64	102-119	Winds produce widespread damage
12	Hurricane	≥ 75	≥ 65	≥ 120	Winds produce extensive damage

83

Precipitação / Nuvens / Ondas / ventos

ventos locais

Ventos locais

Para além dos ventos que fazem parte da circulação geral da atmosfera (vento geostrófico), existem outros que se verificam localmente, afectando zonas relativamente pequenas e com características bem marcadas de acordo com a natureza física da região e sua situação geográfica.

Esses ventos são designados por ventos locais.

84

84

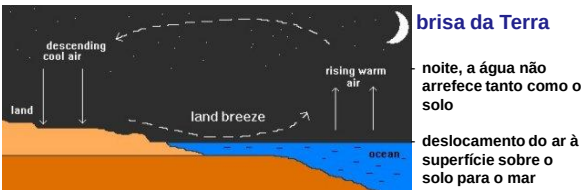
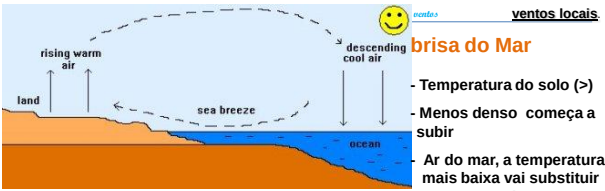
BRISAS DO MAR E DA TERRA:

As variações diurnas da temperatura dão origem a ventos locais diários que são conhecidos por Brisas. As quais quando se sopram na orla costeira devido as diferenças de temperatura entre o mar e a terra designam-se por Brisas do Mar ou por Brisas da terra conforme esse vento venha do mar ou sobre da terra.

BRISAS DO MAR E DA TERRA:

As variações de temperatura no mar são da ordem dos 2°C a 3°C mas na terra são da ordem dos 10°C.

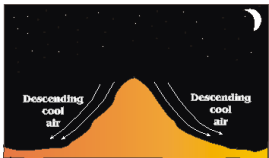
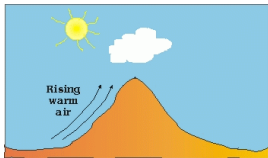
Assim durante o dia o aquecimento excessivo da terra faz com que se observem correntes ascensionais sobre a terra com aumento da pressão sobre o mar originando a deslocação do ar do mar para a terra a fim de se restabelecer o equilíbrio - **brisa do mar**.



BRISAS DO VALE

E DA

MONTANHA



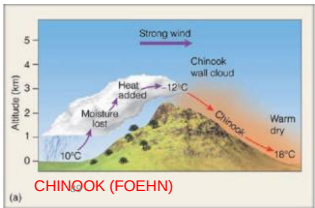
O ar, na vizinhança das encostas das montanhas, fica a temperatura mais elevada e eleva-se durante o dia; o ar ascendente é substituído pelo ar que se encontra nos vales. Assim, durante o dia o ar sobe a encosta. Este processo é responsável pela formação de nuvens e ocorrência de precipitação sobre as montanhas com alguma frequência no Verão e ao fim da tarde!

Durante a noite, as encostas das montanhas arrefecem. Este ar frio desce a montanha por acção da gravidade. Assim, ao amanhecer, o ar mais frio pode ser encontrado no vale. Se o ar contiver humidade suficiente, pode formar-se nevoeiro no vale.

Ventos Foehn

Quando esse ar deslocado sobe ao longo da encosta, arrefece e por expansão adiabática condensa, devido à sua saturação em relação ao vapor de água.

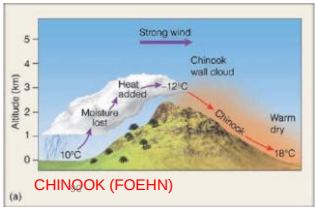
Ocorre então a formação de nevoeiros, nuvens ou em casos extremos a queda de precipitação (influencia orográfica sobre a precipitação).



Ventos Foehn

A taxa de arrefecimento do ar que sobe inicialmente é 1°C/100m passando depois da condensação para 0,5 a 0,8°C/100m.

A taxa de aquecimento do ar que desce é de 1°C/100m.



Ventos Foehn

O ar arrefecido no topo da montanha tende a descer ao longo da encosta oposta e assim por compressão adiabática verifica-se um aumento da temperatura com o ar relativamente mais seco.

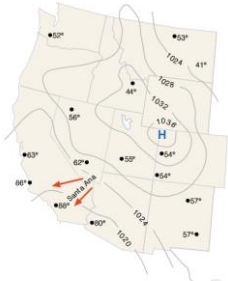
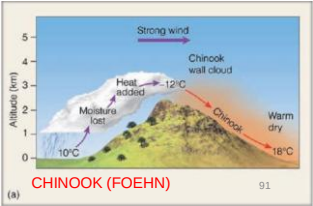
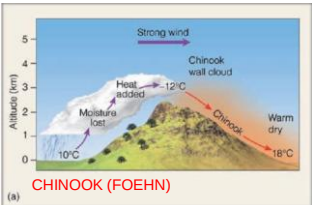


FIGURE 7.11 Surface weather map showing Santa Ana conditions in January. Maximum temperatures for this particular day are given in °F. Observe that the downslope winds blowing into Southern California raised temperatures into the upper 80s, while elsewhere temperature readings were much lower.

91

Ventos Foehn

Em regiões montanhosas, normalmente observam-se ventos vindos da costa, quentes e húmidos, relativamente fortes soprando ao longo das vertentes opostas à direcção donde sopra o vento.



92

92

Tabela 6.2 Classificação de ventos locais		
Nome	Características	Forçante
Anabólico	Fluxo quente diurno, encosta acima	Gradiente horizontal de densidade em direção à encosta
Catabólico	Fluxo frio noturno, encosta abaixo	Gravidade e gradiente horizontal de densidade afastando-se da encosta
Vento de montanha	Fluxo frio noturno, vale abaixo	Gradiente de densidade da montanha para a planície
Vento de vale	Vento quente diurno, vale acima	Gradiente de densidade da planície para a montanha
Vento antimontanha	Acima do vento de montanha na direção oposta	Corrente de compensação
Vento antivale	Acima do vento de vale na direção oposta	Corrente de compensação
Brisa marinha	Fluxo diurno do mar para a terra	Gradiente de densidade do mar fresco para o continente aquecido
Brisa terrestre	Fluxo noturno da terra para o mar	Gradiente de densidade do continente fresco para o mar mais quente
Föhn (Chinook)	Desce encosta a sotavento com temperatura crescente e menor umidade relativa	Fluxo bloqueado no lado a barlavento; ou fluxo cruzando montanhas com nuvens/precipitação na encosta a barlavento
Bora	Desce encosta a sotavento com ar mais frio do que o que substitui	Fluxo de ar frio bloqueado a montante
Vento de barreira	Fluxo baixo paralelo às montanhas, em direção aos polos	Bloqueio reduz a velocidade do fluxo normal à barreira, diminuindo a força de Coriolis

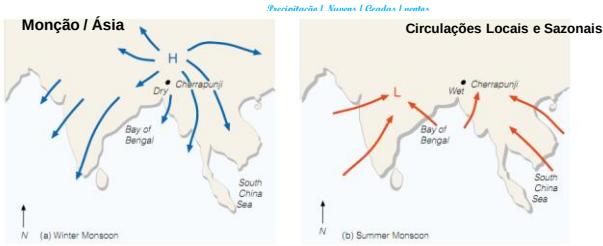


FIGURE 7.6 Changing annual wind flow patterns associated with the winter and summer Asian monsoon.

Principal causa → Aquecimento diferencial de grandes áreas continentais e oceânicas conforme a estação do ano (Variação INVERNO / VERÃO)

Durante Inverno o ar no sul do continente fica mais frio e denso que o ar do oceano, dando origem a uma zona de alta pressão e por conseguinte o ar circula em direção ao mar, originando céu limpo e tempo seco no continente.

Durante verão ?

94

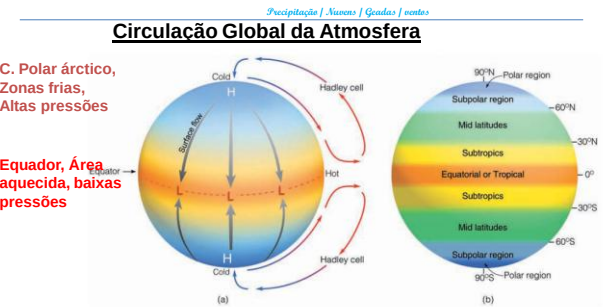
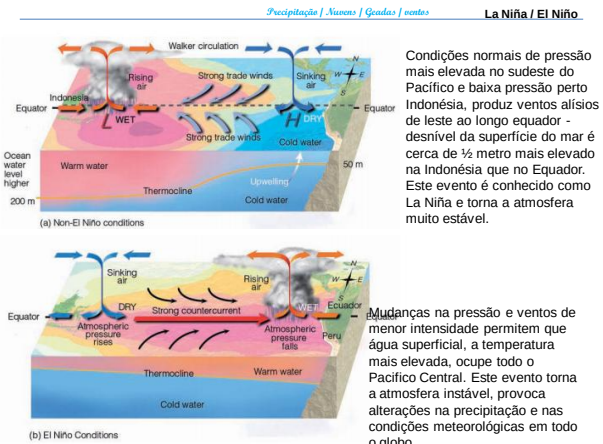
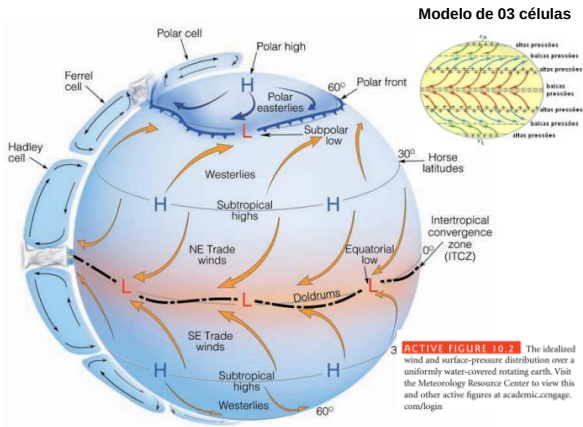
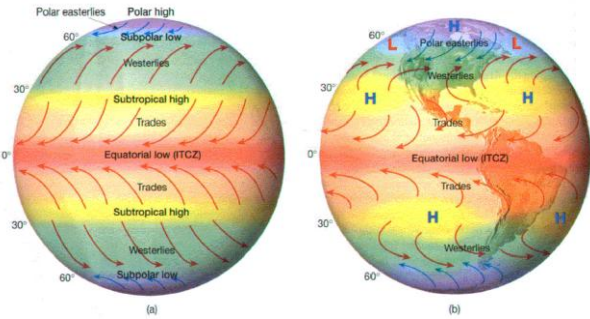


FIGURE 10.1 Diagram (a) shows the general circulation of air on a nonrotating earth uniformly covered with water and with the sun directly above the equator. (Vertical air motions are highly exaggerated in the vertical.) Diagram (b) shows the names that apply to the different regions of the world and their approximate latitudes.

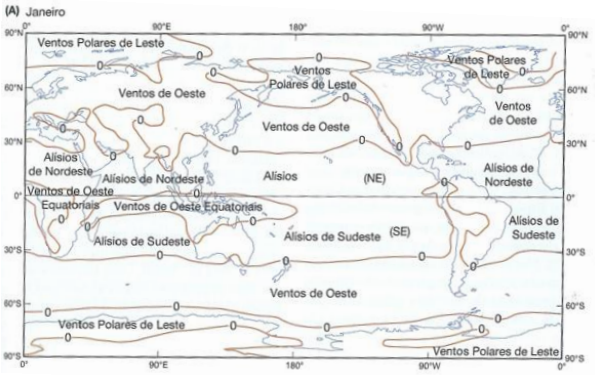
95



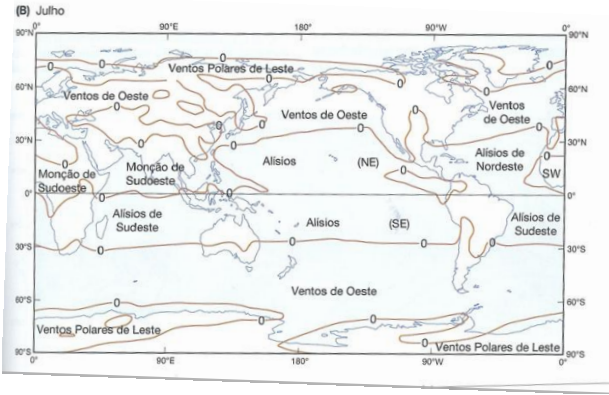
Circulação Global da Atmosfera



98



99



Previsão do tempo

101

O Verdadeiro Almanaque

BORDA D'ÁGUA

Reportório útil a toda a gente

Para **2011** (Comum)

Contendo todos os dados astronômicos e religiosos e muitas indicações úteis de interesse geral

CALENDÁRIO PARA 2011

JANUÁRIO	FEBREIRO	MARÇO
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31	1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28	1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31
31 30 29 28 27 26 25 24 23 22 21 20 19 18 17 16 15 14 13 12 11 10 9 8 7 6 5 4 3 2 1	31 30 29 28 27 26 25 24 23 22 21 20 19 18 17 16 15 14 13 12 11 10 9 8 7 6 5 4 3 2 1	31 30 29 28 27 26 25 24 23 22 21 20 19 18 17 16 15 14 13 12 11 10 9 8 7 6 5 4 3 2 1

EDITORIAL MINERVA

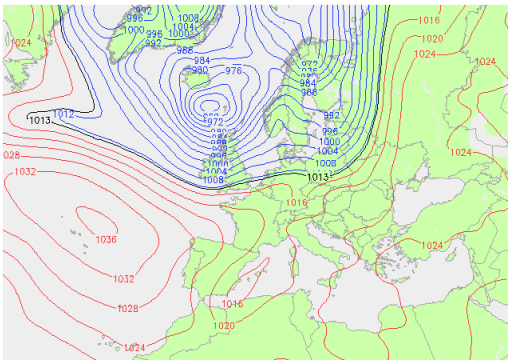
RUA LUZ SOBRADO, 31-33 • 1205-245 LISBOA • Tel. 21 346 8293
RUA DA ALECRIM, 50 • 1200-987 LISBOA • Tel. 21 322 4950 • Fax 21 322 4952

102



Precipitação / Nuvens / Ondas / ventos

Previsão do tempo



Classificações Climáticas

Classificações Climáticas

Os climas do planeta resultam do funcionamento do sistema climático e as suas variadas características reflectem a influência dos diferentes componentes que, de forma conjunta actuam no sistema.

Ao estabelecerem-se classificações climáticas tem de ter-se em atenção os factores que determinam e condicionam o clima.

Classificações Climáticas

Estes factores são:

- a latitude,
- as massas de ar
- os factores geográficos (altitude, topografia, correntes marítimas, proximidade do mar).

Classificações Climáticas

A latitude exerce acção preponderante:

os tipos climáticos repartem-se por regiões climáticas que se dispõem mais ou menos regularmente do Equador aos Pólos.

Como segundo factor a proximidade do mar:

pois os climas ordenam-se do litoral para o interior dos continentes.

Classificações Climáticas

A primeira e mais generalizada classificação de climas deve-se aos Gregos, que dividiram a terra em três grandes zonas climáticas:

- Tropical,
- Temperada,
- Polar.

Classificações Climáticas

Desde então, foram numerosos os sistemas formulados, em particular no séc. XX, mas sempre com duas tendências principais:

Baseados em factores que originam a diversidade climática, como a circulação atmosférica, as massas de ar e os tipos de tempo.

Estas classificações são conhecidas como **classificações genéticas**,

.

Classificações Climáticas

As que combinam diferentes elementos do clima (geralmente o grau de aridez e a temperatura) agrupados ou não em índices.

Estas classificações são designadas de **Empíricas** e realçam-se os trabalhos desenvolvidos por Thornthwaite por Köppen.

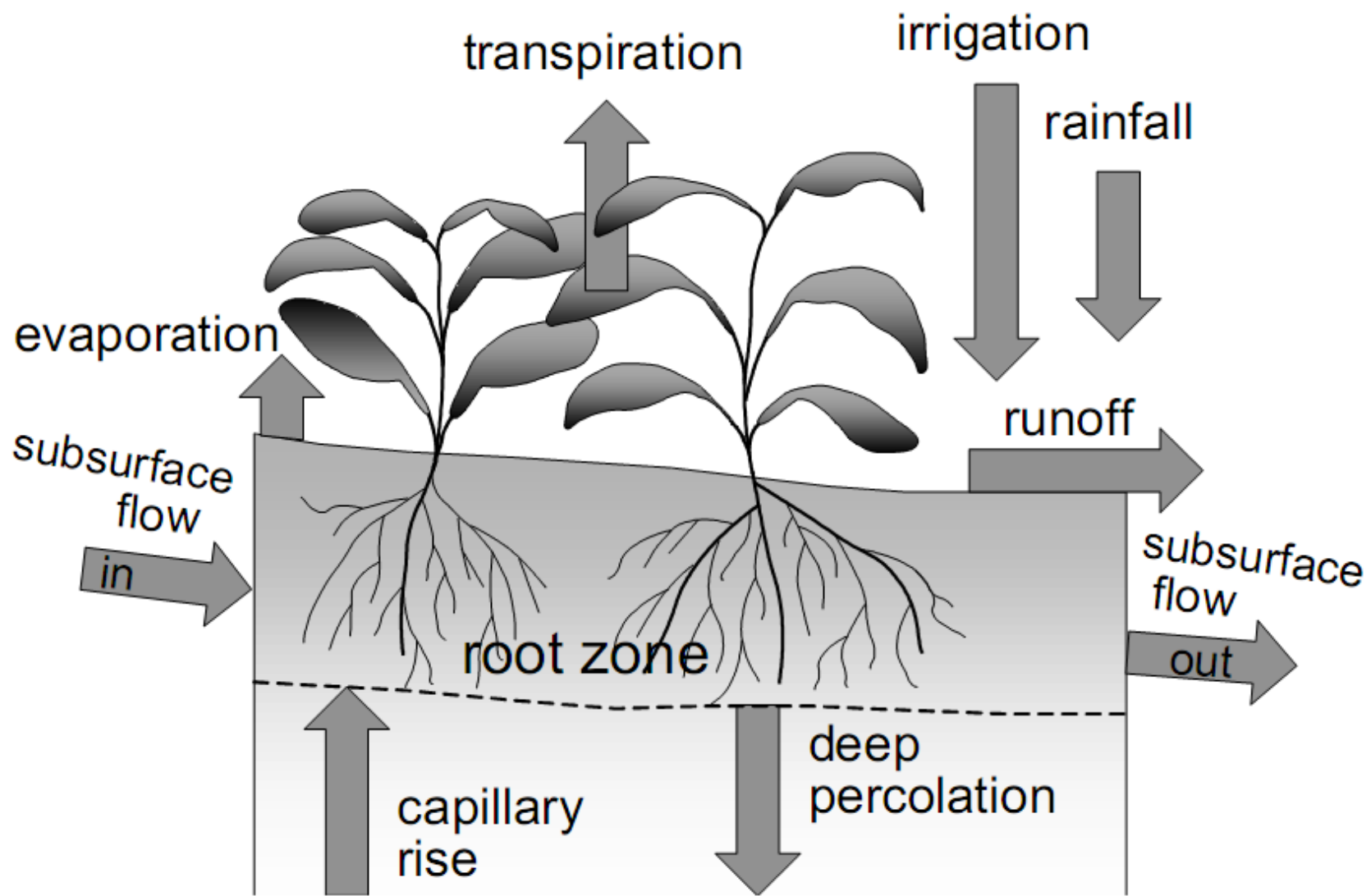
Classificações Climáticas

Classificação racional de Thornthwaite

Baseia-se no conceito de evapotranspiração potencial e no balanço de vapor de água.

Contém quatro critérios básicos:

- ✓ índice global de humidade,
- ✓ variação estacional da humidade efectiva,
- ✓ índice de eficiência térmica,
- ✓ concentração estival da eficácia térmica.



Lisímetros



Classificações Climáticas

Classificação racional de Thornthwaite

A evapotranspiração potencial (ETP) determina-se a partir da temperatura média mensal, corrigida segundo a duração do dia.

Esta classificação foi feita em 1948 e compara as precipitações que se verificam num dado local ou região, com as quantidades de água que nesse mesmo local ou região são evapotranspiradas.

Classificações Climáticas

Classificação racional de Thornthwaite

A comparação é feita através de balanços hídricos, considerando-se por um lado as precipitações e por outro as evapotranspirações.

Dada a escassez de registos de evapotranspiração potencial, Thornthwaite, propôs que fosse avaliada:

$$ETP = 16 * (10t / I)^a$$

			1	2	3	4
5	<u>6</u>	7	<u>8</u>	9	10	11
12	13	14	15	16	17	18
19	20	21	22	23	24	<u>25</u>
26	27	28	29	30	31	



Classificações Climáticas

Classificação racional de Thornthwaite

$$\text{ETP} = 16 * (10t / I)^a$$

onde:

ETP = Evapotranspiração potencial (mm/mês)

t = Valor da temperatura média mensal (°C)

$$a = 675 * 10^{-9} I^3 - 771 * 10^{-7} I^2 + 1792 * 10^{-5} I + 0,49239$$

I = Índice térmico anual, somatório dos índices térmicos mensais i;

$$I = \sum_{1}^{12} \left(\frac{t_i}{5} \right)^{1,514}$$

Classificações Climáticas

Classificação racional de Thornthwaite

A utilização destas formulas é trabalhosa, por isso recorre-se sempre que possível a tabelas e ábacos.

A partir dos valores de evapotranspiração e de precipitação anuais pode determinar-se o balanço hídrico – que permite conhecer os meses em que se verifica excesso, deficiência ou equilíbrio de água, obtendo-se então a evapotranspiração real, o deficit e o excesso de água anuais

Classificação racional de Thornthwaite
Matriz para automatizar o Cálculo ETP

		JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGT	SET	OUT	NOV	DEZ
Temp. mensal (°C)	T_m	2,1	2,5	4,8	7,1	8,3	10,7	13,4	14,5	11,1	8,2	5,4	3,7
Índice térmico anual, somatório dos índices térmicos mensais i_m	$I = \sum_1^{12} \left(\frac{t_i}{5} \right)^{1,514} = 25,3$	0,3	0,4	0,9	1,7	2,2	3,2	4,4	5,0	3,3	2,1	1,1	0,6
Coefficiente	a	0,91	0,91	0,91	0,91	0,91	0,91	0,91	0,91	0,91	0,91	0,91	0,91
Evapotranspiração não ajustada	$(ETP_m) = 16 * (10t / I)^a$	13,5	15,9	28,6	40,8	47,1	59,2	72,6	78,0	61,2	46,5	31,9	22,6
Duração do fotoperíodo, d (Tab.27 ou Eq. 34, FAO56)	d	9,4	10,6	12	13	15	15,2	15	13,9	12,6	11,1	9,8	9,1
Ajuste para o numero de Horas do fotoperíodo	(d/12)	0,78	0,88	0,99	1,12	1,22	1,27	1,24	1,16	1,05	0,93	0,82	0,76
Evapotranspiração ajustada, mensal (mm/mês)	$ETP_m = (d/12) * (ETP_m)$	10,6	14,0	28,4	45,6	57,3	75,0	90,2	90,4	64,3	43,1	26,0	17,2
Evapotranspiração ajustada diária (mm/dia), com ajuste para o Numero de dias e Horas do fotoperíodo, substituindo t_m pela temperatura diária	$ETP_d = (d/12) * (N/30) * (ETP_m)$ [onde d é o fotoperíodo do dia e N é numero de dias, N=1]	0,4	0,5	0,9	1,5	1,9	2,5	3,0	3,0	2,1	1,4	0,9	0,6
$a = 675 * 10^{-9} ^3 - 771 * 10^{-7} ^2 + 1792 * 10^{-5} + 0,49239$													

Classificação racional de Thornthwaite
Matríz para automatizar o Cálculo ETo
(Hargreaves)

Hargreaves equation			
$ET_o = 0,0023(T_{mean} + 17,8)(T_{max} - T_{min})^{0,5} R_a$ (52)			
(Eto e Ra em mm/day)			
-	Tmax =	26,6	°C
-	Tmin =	14,8	°C
-	Tmed =	20,7	°C
Tabela 2.6 or Eq. 21 (Ra)	J	196	-
	Latitude =	46,0	°N
	R _a =	40,6	MJ m ⁻² day ⁻¹
equivalent evaporation [mm day ⁻¹] = 0.408 x Radiation [MJ m ² day ⁻¹]	0,408R _a =	16,5648	mm/day
Eq. 52 ETo = 0.0023(Tmean + 17.8)(Tmax - Tmin) ^{0.5} Ra	ETo	5,038668	mm/day

Classificação racional de Thornthwaite

Matriz para automatizar - Balanço Hidrológico

Balanço Hidrológico Sequencial Mensal, Thornthwaite – Mather

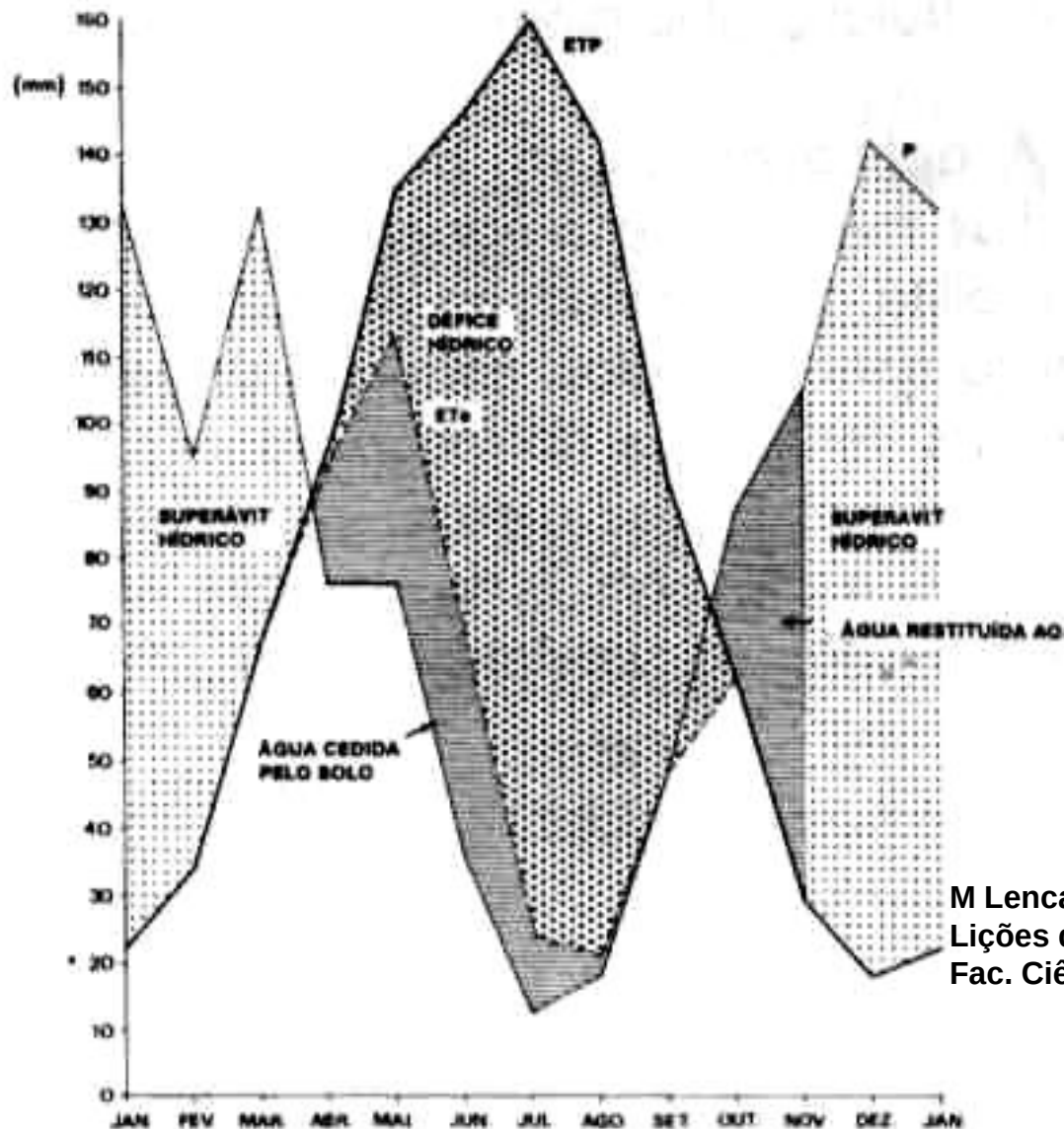
Local; Latitude; Longitude; Altitude; Período; Nº de Anos; Cap. Utiliz. (CU -capacidade de água máxima que o solo pode armazenar)

CU= 100 mm (admite-se CU se encontra satisfeito ao início do período seco - Abril)			JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGT	SET	OUT	NOV	DEZ	Ano
Conhecido	1	T(°C)													
Índice calórico, Tab	2	I													
Evapotranspiração não ajustada, Tab	3	(ETP)													
Factor de ajustamento, Tab	4	F													
Conhecido	1,5	R													
3*4 ou Penman ou ...	2,6	ETP													
	3,7	R-ETP													
Perda de água potencial em determinado período de tempo; Valores Acumulados da linha anterior quando Negativos (L<=0)	4,8	L													
Volume Água Armazenado ; [A= CU EXP (L/CU) (Max=CU)	5,9	A													
Variação no armazenamento; AA i = Ai - A(i-1) = CU EXP (Li/CU) - A(i-1) (meses com déficit)	6,10	AA													
- Intervalos com déficit hídrico; ETR =R-AA (AA<0) - AA>=0 ETR=ETP	7,11	ETR													
D - Déficit de água no Solo; D=ETP - ETR	8,12	D													
S – Excesso de água no Solo; S= R - (ETP+ AA)	9,13	S													

R-ETP S-D

--	--

Classificação racional de Thornthwaite



M Lencastre, A. C e Franco, F., 1992.
Lições de Hidrologia. Universidade Nova.
Fac. Ciências e Tecnologia

Balanço hidrológico sequencial mensal (Valores médios de 30 anos em Coimbra; capa-cidade utilizável = 100 mm)

Classificações Climáticas

Classificação racional de Thornthwaite

Com base nos valores anuais médios do deficit (DH) hídrico do solo, do excesso (SH) e da ETP, foram estabelecidos os índices de humidade (I_u) e o índice de aridez (I_a)

$$I_u = (\text{SH} / \text{ETP}) * 100 (\%)$$

$$I_a = (\text{DH} / \text{ETP}) * 100 (\%)$$

O índice hídrico (I_h) conjuga os dois índices anteriores num valor numérico

$$I_h = I_u - 0,6 I_a$$

Classificações Climáticas

Classificação racional de Thornthwaite

A evapotranspiração potencial é assim uma avaliação da eficiência térmica.

Os diversos tipos climáticos da classificação de Thornthwaite obtêm-se considerando sucessivamente valores:

- do índice hídrico,
- resultado global do balanço anual,
- da ETP tomada como indicativo da eficiência térmica, dos índices de aridez e de humidade, dando expressão aos excessos ou deficiências de água.

Classificações Climáticas

Classificação racional de Thornthwaite

Assim os tipos climáticos definidos por Thornthwaite são:

a) Classificação em função do índice hídrico

$I_h \geq 100\%$	A — Super-húmido (N)
$90\% \leq I_h < 100\%$	B ₄ — Muito húmido (N)
$60\% \leq I_h < 80\%$	B ₃ — Húmido
$40\% \leq I_h < 60\%$	B ₂ — Moderadamente húmido
$20\% \leq I_h < 40\%$	B ₁ — Pouco húmido
$0\% \leq I_h < 20\%$	C ₂ — Sub-húmido húmido (N)
$-20\% \leq I_h < 0\%$	C ₁ — Sub-húmido seco (S)
$-40\% \leq I_h < -20\%$	D — Semi-árido (S)
$-60\% \leq I_h < -40\%$	E — Árido

Classificações Climáticas

Classificação racional de Thornthwaite

b) Em função da eficiência térmica (= ETP em mm)

ETP < 142 E'	Clima de Gelo
142 ≤ ETP < 285 D'	Tundra
285 ≤ ETP < 427 C'1 1º	Microtérnico
427 ≤ ETP < 570 C'2 2º	Microtérnico
570 ≤ ETP < 712 B'1 1º	Mesotérnico
712 ≤ ETP < 855 B'2 2º	Mesotérnico
855 ≤ ETP < 997 B'3 3º	Mesotérnico
997 ≤ ETP < 1140 B'4 4º	Mesotérnico
ETP ≥ 1140 A'	Megatérnico

Classificações Climáticas

Classificação racional de Thornthwaite

c) Classificação pelos índices de aridez e humidade

· Climas húmidos (A, B e C₂)

0,0	$< I_a \leq 16,7\%$	r	— DH nulo ou pequeno, no ano
16,7%	$< I_a \leq 33,3\%$	s	— DH moderado, no Verão
16,7%	$< I_a \leq 33,3\%$	w	— DH moderado, no Inverno
	$I_a > 33,3\%$	s ₂	— DH grande, no Verão
	$I_a > 33,3\%$	w ₂	— DH grande, no Inverno

Climas secos e áridos (C₁, D e E)

0,0	$< I_u \leq 10\%$	d	— SH nulo ou pequeno, no ano
10%	$< I_u \leq 20\%$	s	— SH moderado, no Inverno
10%	$< I_u \leq 20\%$	w	— SH moderado, no Verão
	$I_u > 20\%$	s ₂	— SH grande, no Inverno
	$I_u > 20\%$	w ₂	— SH grande, no Verão

Classificações Climáticas

Classificação de Köppen

A classificação de Köppen é o melhor exemplo de classificações empíricas e é uma das classificações mais conhecidas e mais utilizadas.

Os climas são definidos pelos valores médios anuais e mensais das temperaturas e da precipitação,

e com estes critérios diferencia vários grupos e subgrupos climáticos que se identificam mediante um código de letras.

Classificações Climáticas

Classificação de Köppen

Köppen distingue 5 grupos principais aos quais atribuiu letras maiúsculas:

- A – Climas Tropicais Chuvosos.** A temperatura média do mês mais frio é superior a 18°C . Não existe estação fria e as precipitações são abundantes
- B – Climas Secos.** A precipitação é inferior à evaporação.
- C – Climas Temperados e Húmidos.** O mês mais frio tem uma temperatura média entre 18°C e -3°C e o mês mais quente tem uma temperatura superior a 10°C .
- D – Climas Temperados de Inverno Frio.** A temperatura média do mês mais frio é inferior a -3°C e a do mês mais quente superior a 10°C .
- E – Climas Polares.** Não têm estação quente e a temperatura média mensal é sempre inferior a 10°C .

Classificações Climáticas

Classificação de Köppen

Cada tipo é subdividido em subgrupos mais específicos com base na **precipitação** e identificam-se por letras minúsculas:

f - sem estação seca, precipitação todo o ano

s – estação seca no Verão

w – estação seca no Inverno

m – estação seca curta no Inverno (Monção).

Classificações Climáticas

Classificação de Köppen

Para ter em atenção o regime **térmico**, utiliza-se uma terceira letra minúscula, sendo as mais significativas:

- a – temperatura média do mês mais quente superior a 22°C
- b – temperatura média do mês mais quente inferior a 20°C, mas com pelo menos 4 meses com temperaturas medias superiores a 10°C
- c – menos de 4 meses com temperaturas medias superiores a 10°C
- d – o mês mais frio tem temperatura média inferior a – 38°C
- h – a temperatura media anual superior a 18°C
- k – temperatura média anual inferior a 18°C

FIGURE 13.6

Worldwide distribution of climatic regions (after Köppen).

”mudanças sazonais na temperatura e precipitação”

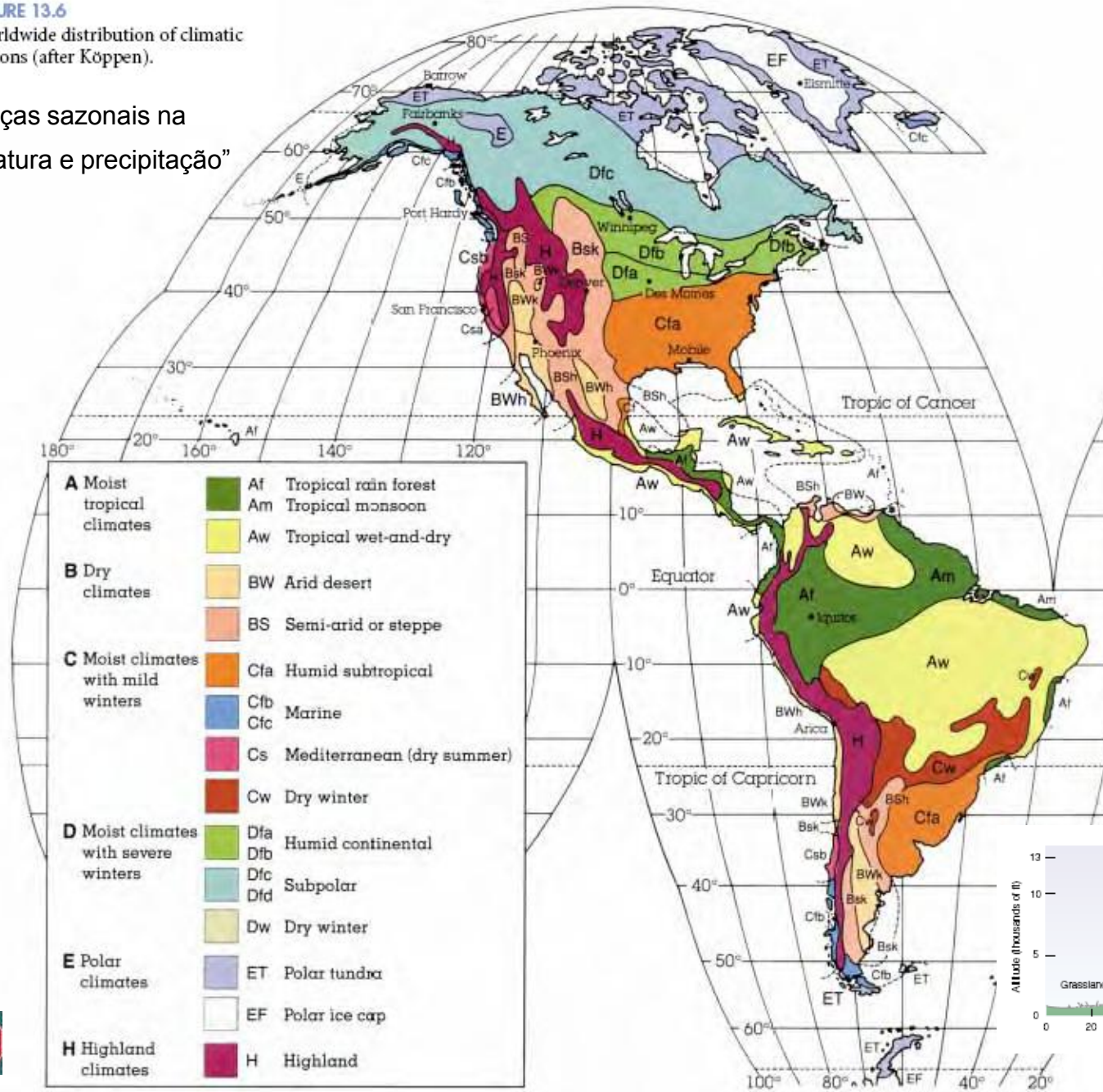
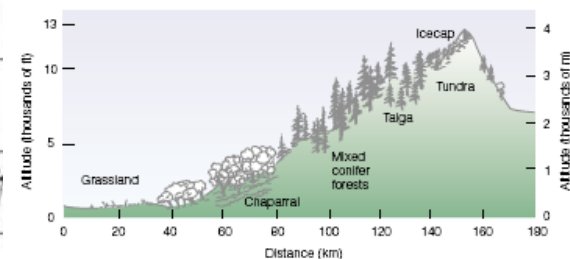


FIGURE 13.27

Vertical view of changing vegetation and climate due to elevation in the central Sierra Nevada.



Köppen's Climatic Classification System

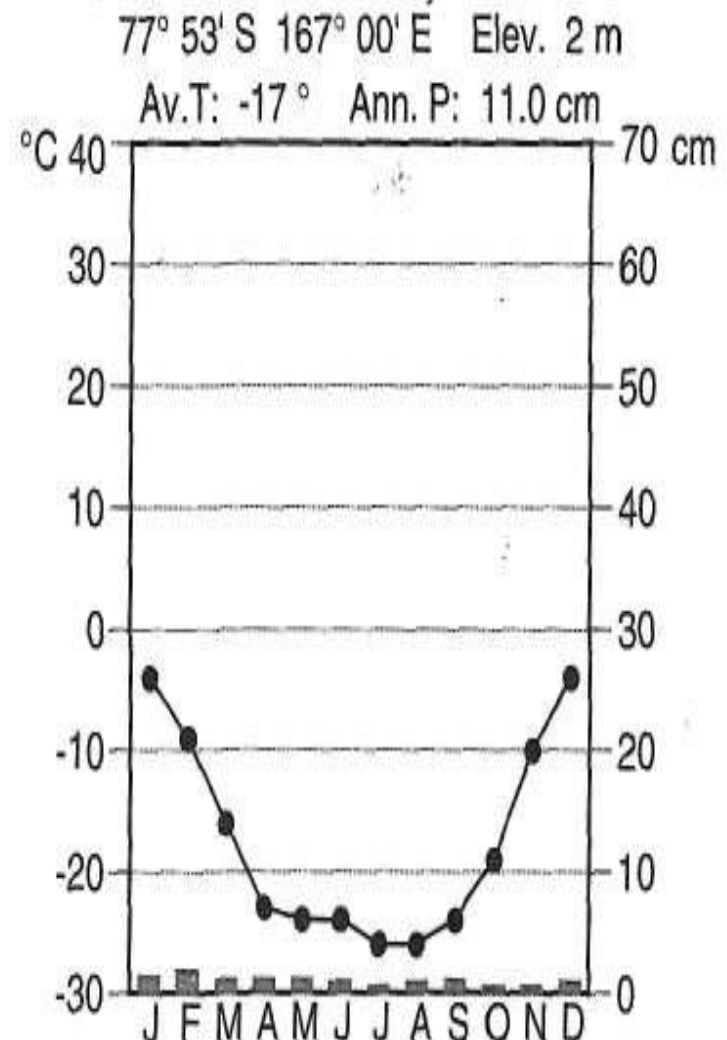
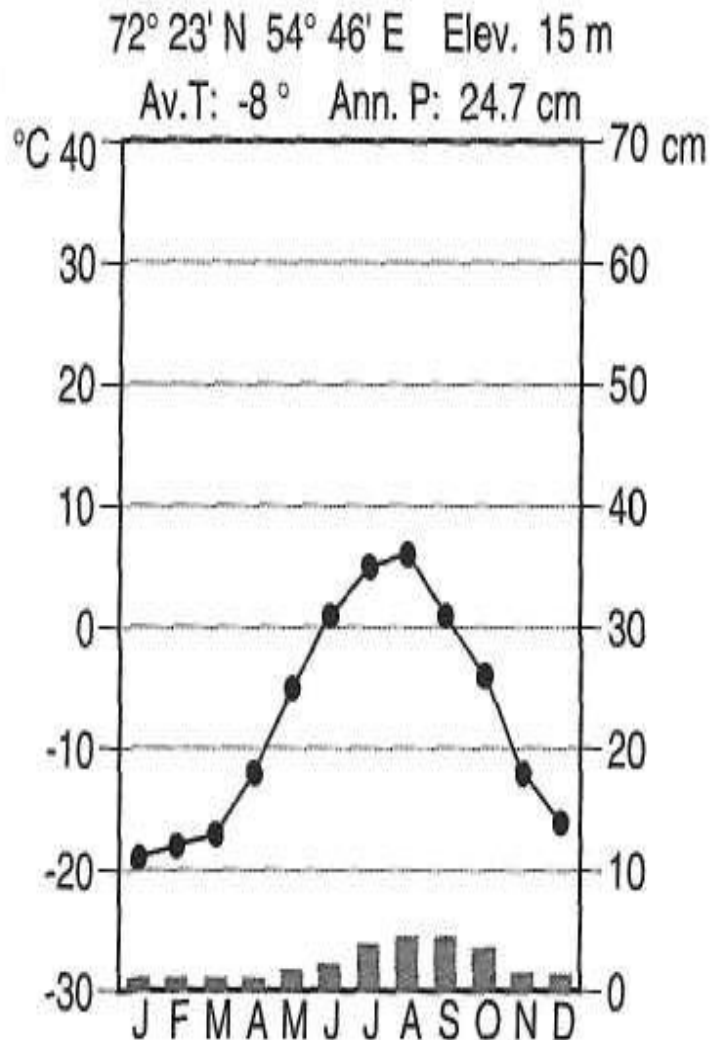
Letter Symbol			Climatic Characteristics	Criteria
1st	2nd	3rd		
A	f		Humid tropical	All months have an average temperature of 18°C (64°F) or higher
	w		Tropical wet (rain forest)	Wet all seasons; all months have at least 6 cm (2.4 in.) of rainfall
			Tropical wet and dry (savanna)	Winter dry season; rainfall in driest month is less than 6 cm (2.4 in.) and less than $10 - P/25$ (P is mean annual rainfall in cm)
	m		Tropical monsoon	Short dry season; rainfall in driest month is less than 6 cm (2.4 in.) but equal to or greater than $10 - P/25$.
B			Dry	Potential evaporation and transpiration exceed precipitation. The dry/humid boundary is defined by the following formulas: $p = 2t + 28$ when 70% or more of rain falls in warmer 6 months (dry winter) $p = 2t$ when 70% or more of rain falls in cooler 6 months (dry summer) $p = 2t + 14$ when neither half year has 70% or more of rain (p is the mean annual precipitation in cm and t is the mean annual temperature in °C)* The BS/BW boundary is exactly $\frac{1}{2}$ the dry/humid boundary
	S		Semi-arid (steppe)	
	W		Arid (desert)	
		h	Hot and dry	Mean annual temperature is 18°C (64°F) or higher
		k	Cool and dry	Mean annual temperature is below 18°C (64°F)
C			Moist with mild winters	Average temperature of coolest month is below 18°C (64°F) and above -3°C (27°F)
	w		Dry winters	Average rainfall of wettest summer month at least 10 times as much as in driest winter month
	s		Dry summers	Average rainfall of driest summer month less than 4 cm (1.6 in.); average rainfall of wettest winter month at least 3 times as much as in driest summer month
	f		Wet all seasons	Criteria for w and s cannot be met
		a	Summers long and hot	Average temperature of warmest month above 22°C (72°F); at least 4 months with average above 10°C (50°F)
		b	Summers long and cool	Average temperature of all months below 22°C (72°F); at least 4 months with average above 10°C (50°F)
		c	Summers short and cool	Average temperature of all months below 22°C (72°F); 1 to 3 months with average above 10°C (50°F)

D	w s f		Moist with cold winters	Average temperature of coldest month is -3°C (27°F) or below; average temperature of warmest month is greater than 10°C (50°F)
			Dry winters	Same as under C
			Dry summers	Same as under C
			Wet all seasons	Same as under C
		a	Summers long and hot	Same as under C
		b	Summers long and cool	Same as under C
		c	Summers short and cool	Same as under C
		d	Summers short and cool; winters severe	Average temperature of coldest month is -38°C (-36°F) or below
E	T		Polar climates	Average temperature of warmest month is below 10°C (50°F)
			Tundra	Average temperature of warmest month is greater than 0°C (32°F) but less than 10°C (50°F)
	F		Ice cap	Average temperature of warmest month is 0°C (32°F) or below

*The dry/humid boundary is defined in English units as: $p = 0.44t - 3$ (dry winter); $p = 0.44t - 14$ (dry summer); and $p = 0.44t - 8.6$ (rainfall evenly distributed). Where p is mean annual rainfall in inches and t is mean annual temperature in $^{\circ}\text{F}$.

Classificações Climáticas

Classificação de Köppen



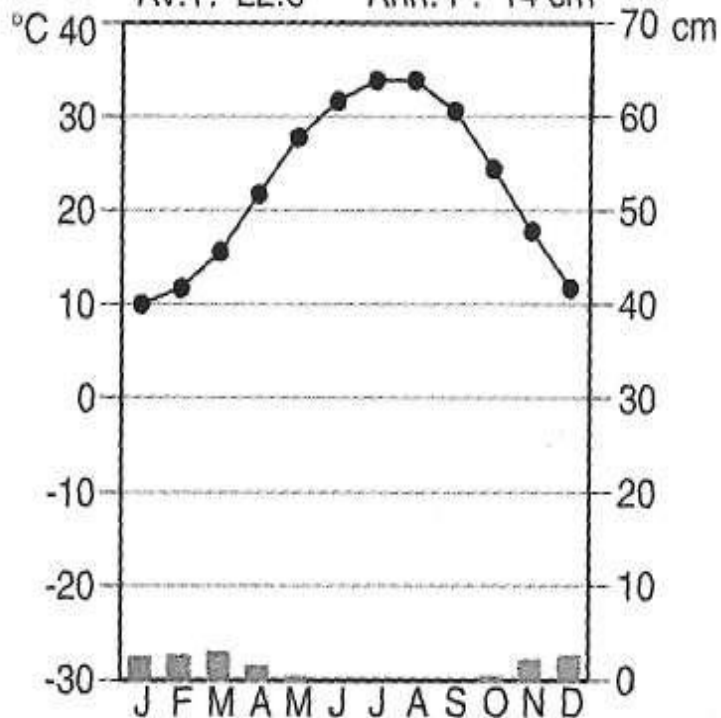
Classificações Climáticas

Classificação de Köppen

Baghdad, Iraq

33° 14' N 44° 22' E Elev. 34 m

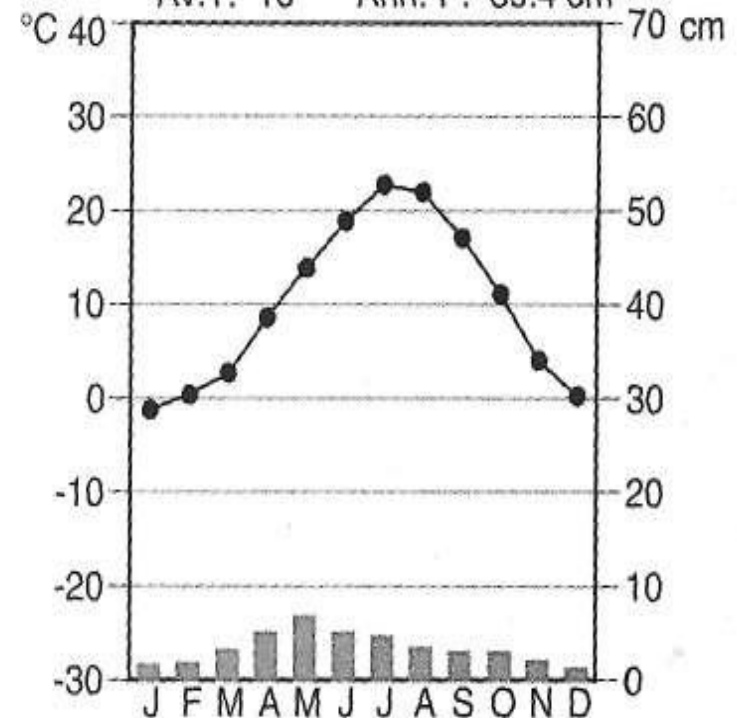
Av.T: 22.6 ° Ann. P: 14 cm



Denver, CO

39° 44' N 105° 00' W Elev. 1600 m

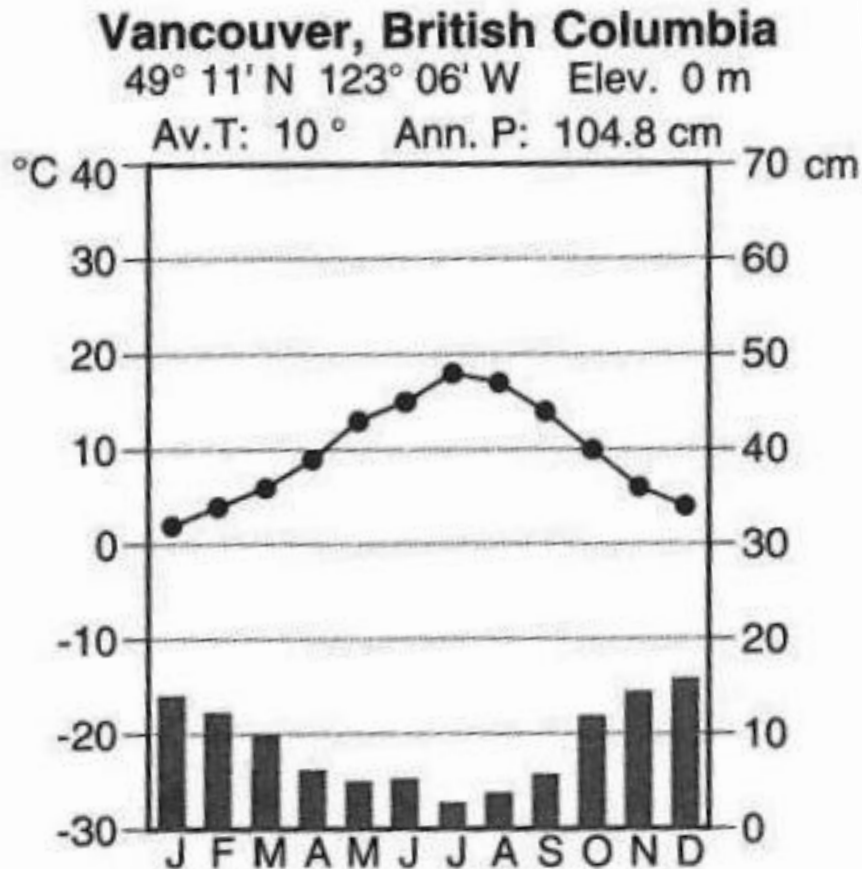
Av.T: 10 ° Ann. P: 39.4 cm



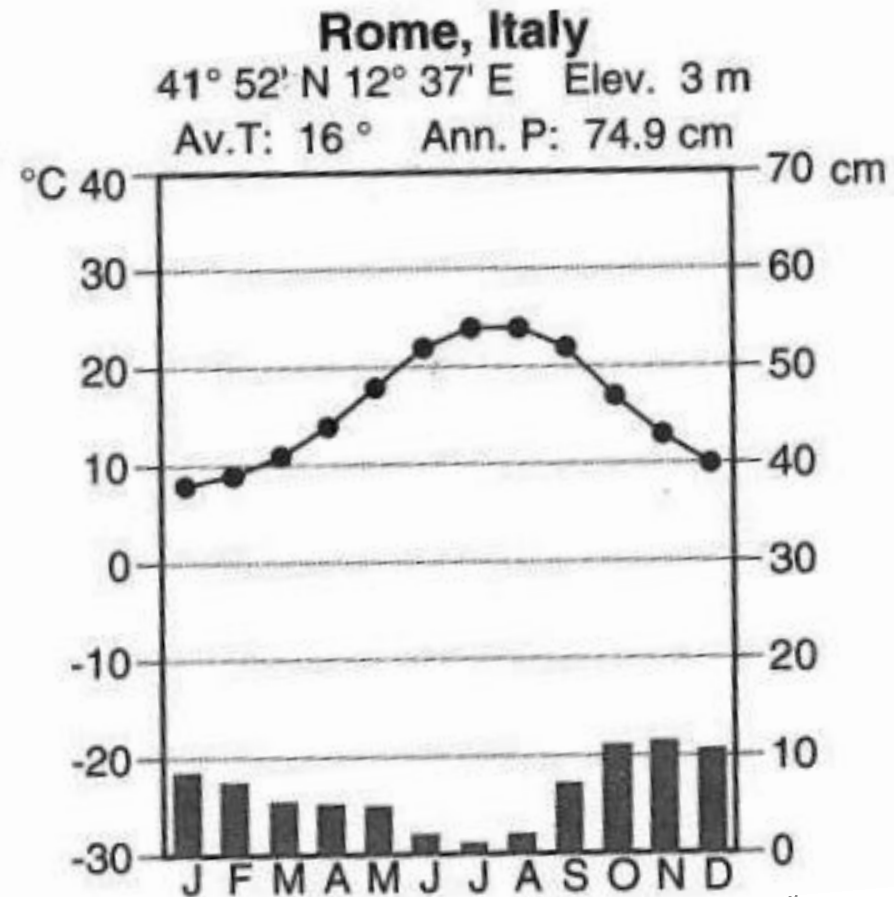
Classificações Climáticas

Classificação de Köppen

Cfb

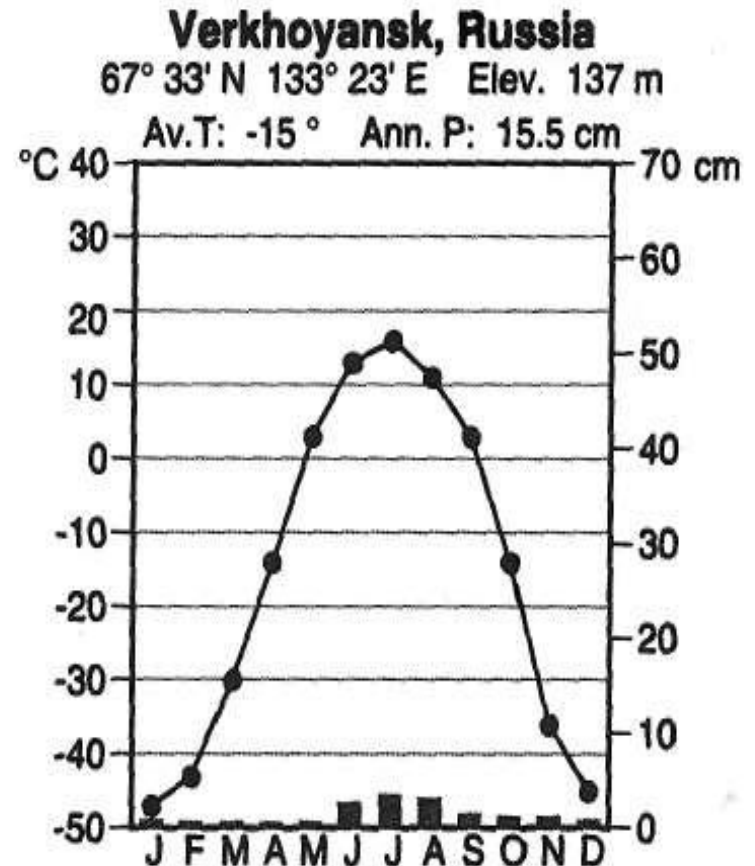
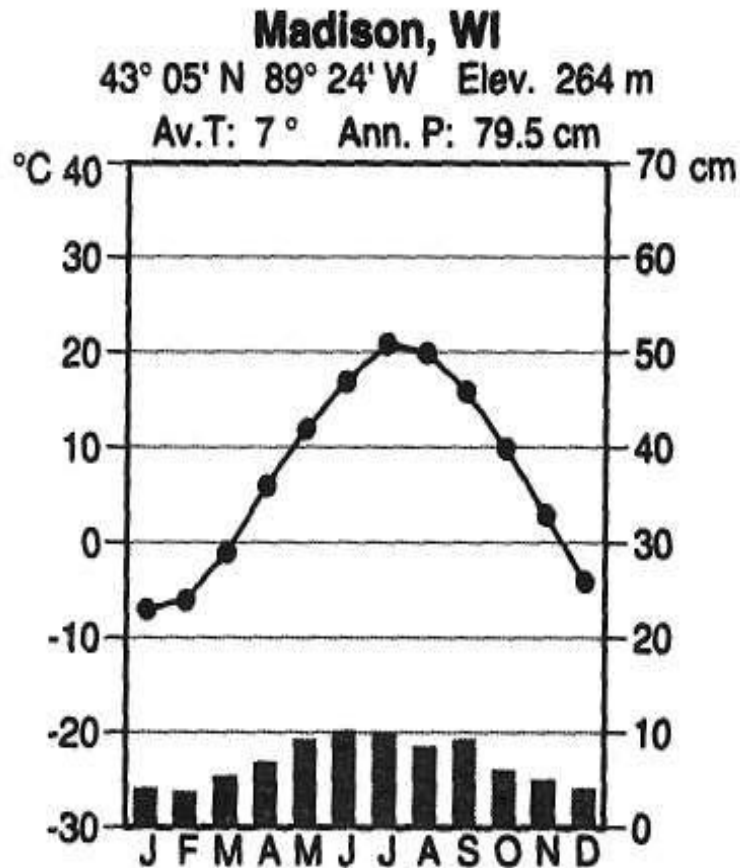


Cs



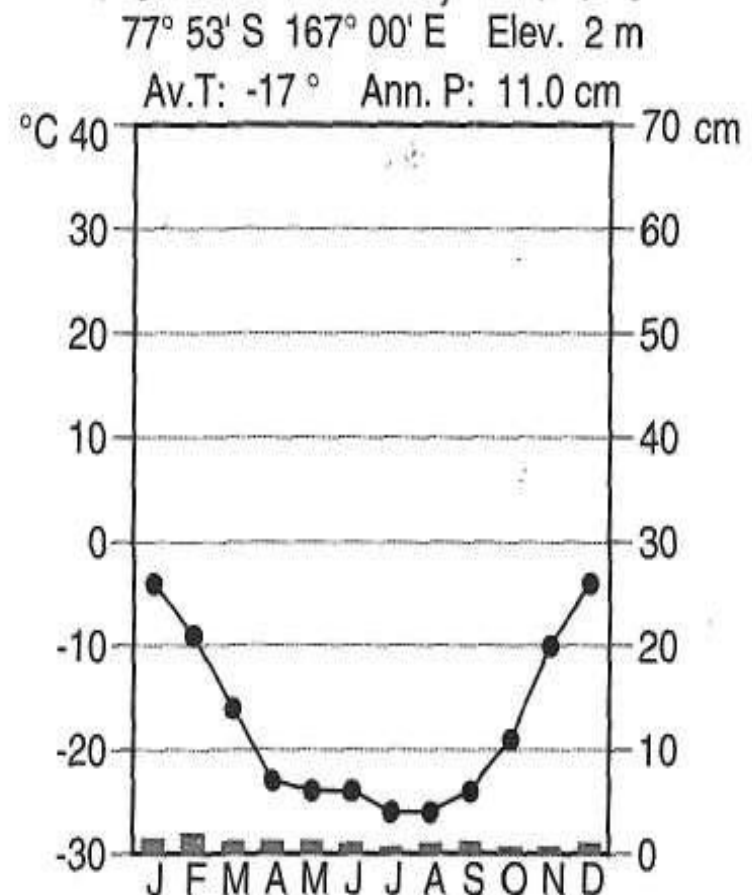
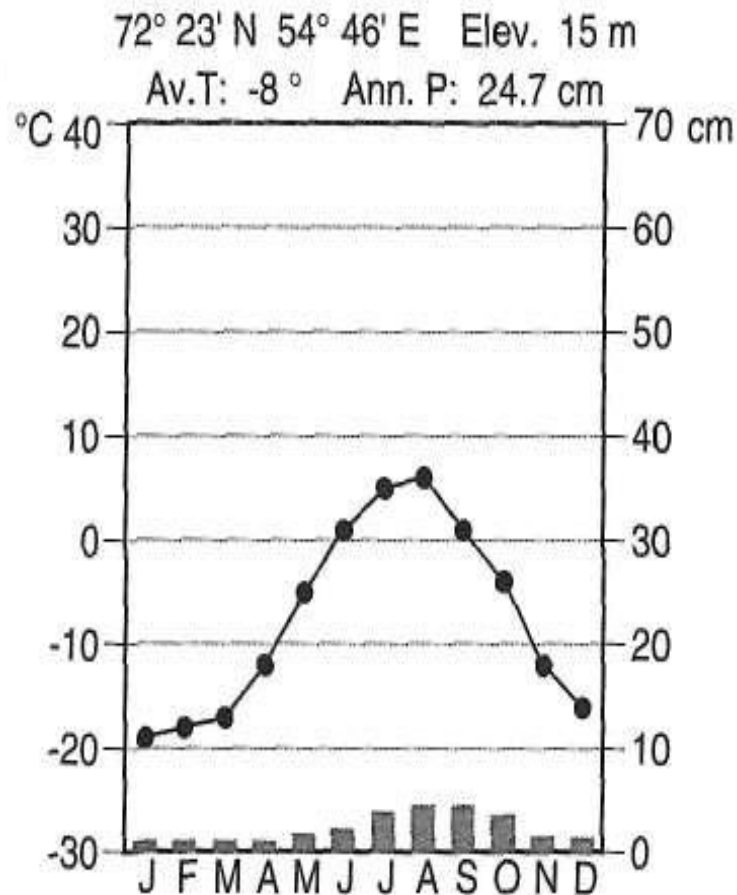
Classificações Climáticas

Classificação de Köppen



Classificações Climáticas

Classificação de Köppen



Classificações Climáticas

Classificação de Köppen

Classificação do clima de Portugal:

Cs – Clima temperado, com estação seca no verão, com a temperatura do mês mais frio inferior a 18°C, mas superior a – 3°C.

O mês mais quente tem temperaturas médias superiores a 10°C. Csa para o Sul e o Interior e Csb para o Norte e o Litoral.

Classificações Climáticas

Clímas Regionais

Classificações Climáticas

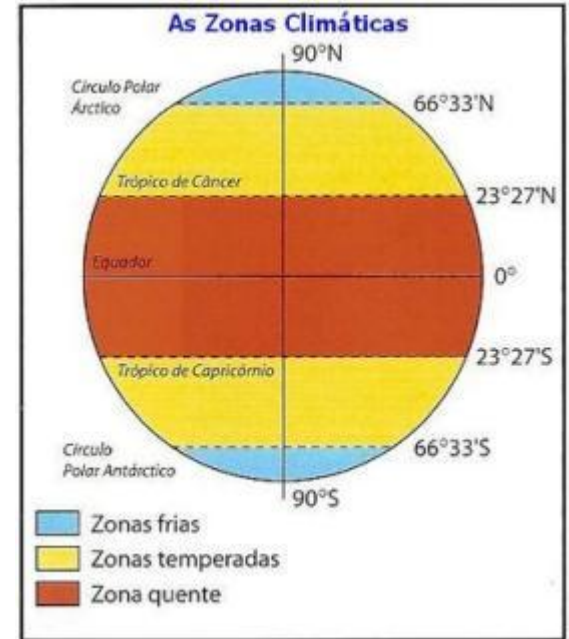
Climas Regionais

É impossível descrever individualmente todos os climas existentes.

Na divisão mundial dos climas podem observar-se bem diferenciadas três grandes zonas que correspondem às áreas

Intertropicais, Temperadas e Polares.

Em cada uma destas pode identificar-se uma variada tipologia de climas regionais:



Zona Quente: Clima Equatorial; Clima Tropical (de monção, húmido e seco) e Clima Desértico.

Zona Temperada: Clima subtropical húmido, Clima Mediterrânico; Clima Marítimo ou Oceânico e Clima Continental.

Zona Fria: Clima Continental ou Subpolar e Clima Polar. Os climas de altitude não acompanham a distribuição latitudinal dos climas

Montanhas

Classificações Climáticas

Climas Regionais - Intertropicais

Ocupam a extensa área do globo compreendida entre os Trópicos de Câncer e de Capricórnio, e caracterizam-se por temperaturas altas e homogêneas ao longo do ano.

Podem diferenciar-se quatro tipos de climas:

Climas Equatoriais

Climas Tropicais secos e húmidos

Climas Monçónicos

Climas Secos

Classificações Climáticas

Climas Regionais - Intertropicais

Climas Equatoriais

Têm uma disposição zonal entre as latitudes 10° - 15° a Norte e a Sul do Equador.

São climas de grande uniformidade térmica.

A precipitação é sempre abundante, com totais anuais superiores a 2000mm.

Classificações Climáticas

Climas Regionais - Intertropicais

Climas Tropicais secos e húmidos

Caracterizados pela alternância das estações seca e húmida.

A época das chuvas ocorre no Verão e o período seco no Inverno.

As temperaturas são elevadas durante todos os meses.

Classificações Climáticas

Climas Regionais - Intertropicais

Climas Monçónicos

Caracterizados pela alternância de um período de elevada precipitação e outro seco.

Climas Secos

São caracterizados pela extrema aridez provocada pela escassa precipitação e levada evaporação.

Têm um balanço hídrico deficitário todo o ano.

Classificações Climáticas

Climas Regionais - Intertropicais

Climas Monçónicos

Caracterizados pela alternância de um período de elevada precipitação e outro seco.

Climas Secos

São caracterizados pela extrema aridez provocada pela escassa precipitação e levada evaporação.

Têm um balanço hídrico deficitário todo o ano.

Classificações Climáticas

Climas Regionais - Temperados

Ocupam uma vasta área em ambos os hemisférios entre os paralelos 40° e 70° aproximadamente.

São caracterizados pela circulação dos ventos de Oeste e pela conjugação das massas de ar tropical e polar.

Engloba climas muito diferentes desde quentes a muito frios, chuvosos a secos, mas com uma linha comum o regime térmico permite alternância entre calor e frio.

Classificações Climáticas

Climas Regionais - Temperados

Podem diferenciar-se 3 climas:

Clima mediterrâneo

Clima Oceânico

Clima Continental

Clima mediterrâneo

Localiza-se entre os paralelos 30° e 45°.

É caracterizado por chuvas fracas, quente. Durante o Verão altas temperaturas e tempo seco, durante o Inverno chuvas, frio e neve.

Clima Oceânico

Os Invernos são temperados, os Verões frescos com amplitudes térmicas na ordem dos 10°C.

Em todas as estações a humidade do ar é elevada e há ocorrência de precipitação, mas com maior incidência no Inverno.

Clima Continental

Regime térmico muito variável, com precipitações abundantes, principalmente nos meses estivais e neve nos meses frios.

Classificações Climáticas

Clímas Regionais - Polares

São os climas das grandes latitudes, caracterizados por frio intenso e ausência de Verão.

As áreas polares são zonas secas.

Podem distinguir-se dois tipos de climas:

Clima de Tundra

Clima Glaciar

Classificações Climáticas

Climas Regionais - Polares

Clima de Tundra

Ocupa as zonas costeiras ártica e antártica.

Os Verões são inexistentes e os Invernos rigorosos.

Clima Glaciar

É o clima mais frio do globo, com temperaturas sempre inferiores a 0°C.

As precipitações são escassas e quando ocorrem é sob a forma de neve.

Classificações Climáticas

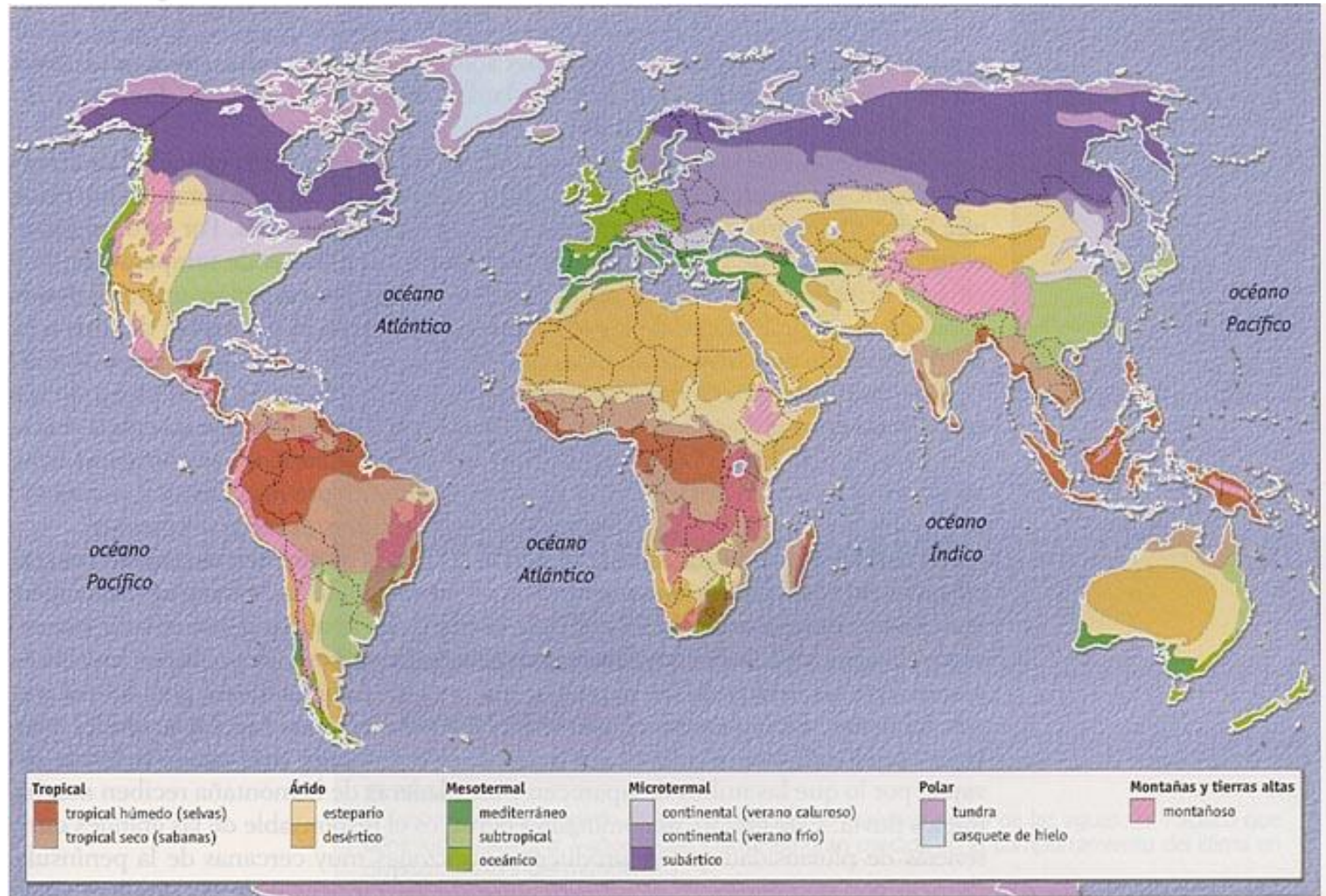
Clímas Regionais - Montanhas

Constituem um factor azonal do clima e introduzem importantes modificações nos elementos meteorológicos.

A disposição do relevo, altitude, exposição solar originam verdadeiros tipos de clima particulares.

Há diminuição da temperatura e aumento da precipitação com a altitude, logo há sempre temperaturas baixas e elevadas precipitações que podem ocorrer sob a forma de neve.

Classificações Climáticas



Estação Meteorológica

Input/Output Connections—Individually configured for ratiometric resistive bridge, thermocouple, switch closure, high-frequency pulses, low-level ac, serial sensors, and more.

Removable Power Terminal—simplifies connection to external power supply.

• ?????????

CS I/O Port—connects with AC-powered PCs and communication peripherals such as phone, RF, short-haul, and multidrop modems.

RS-232—provides a 9-pin DCE port for connecting a battery-powered laptop, serial sensors or RS-232 modems.

- Como construir uma estação meteorológica de baixo custo



INSTITUTO DE METEOROLOGIA

PORTUGAL

Pedra de Previsão do Tempo



simplex

CONDIÇÃO

PREVISÃO

Pedra molhada

Chuva

Pedra seca

Tempo seco

Sombra no chão

Ensolarado

Pedra branca no topo

Nevando

Não se consegue ver a pedra

Nevoeiro

Pedra balançando

Vento

Pedra pulando para cima e para baixo

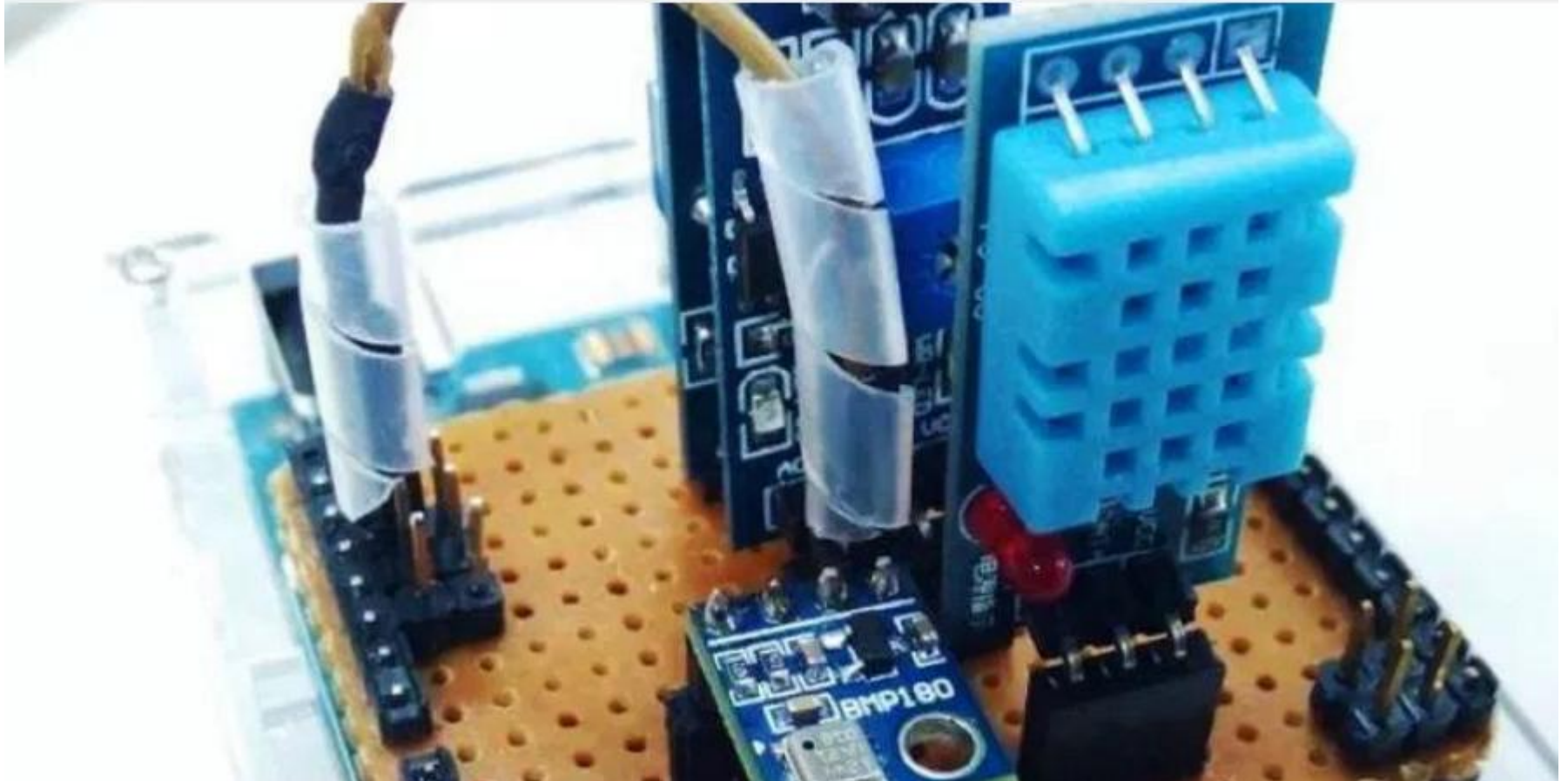
Terremoto

A pedra não está

Tornado

12.12.2006

Build Your Own Arduino Weather Station



Instrumentos Meteorológicos

Instrumentos Meteorológicos

São todos os instrumentos utilizados para determinar ou quantificar os elementos do clima.

De acordo com o modo de realizar a leitura, os instrumentos meteorológicos podem classificar-se em:

- Instrumentos registadores
- Instrumentos de leitura directa

Instrumentos Meteorológicos

Instrumentos registadores - instrumentos nos quais o movimento das partes móveis se amplia por alavancas, que actuam sobre uma pena que escreve sobre um rolo de papel, estas bandas são graduadas para poder determinar a hora exacta de cada ponto da curva registada.

Ex.: Barógrafo

Instrumentos de leitura directa – são mais precisos, mas cada medida necessita de uma leitura;

Ex.: Termómetro

Instrumentos Meteorológicos

Os instrumentos meteorológicos devem cumprir os seguintes requisitos:

- Regularidade no funcionamento,
- Precisão,
- Facilidade de manuseio ,
- Solidez de construção.

Instrumentos Meteorológicos

Abrigo

O abrigo da estação meteorológica:

- encontra-se a uma altura de 1,5 metros;
- é construído por ripas de madeira branca, que permitam uma ventilação natural e ao mesmo tempo permitam criar condições de sombra;
- a porta do abrigo encontra-se virada para o pólo mais próximo, para que quando esta se abra, os raios solares não incidam directamente sobre os instrumentos contidos no seu interior.



Instrumentos Meteorológicos

Abrigo

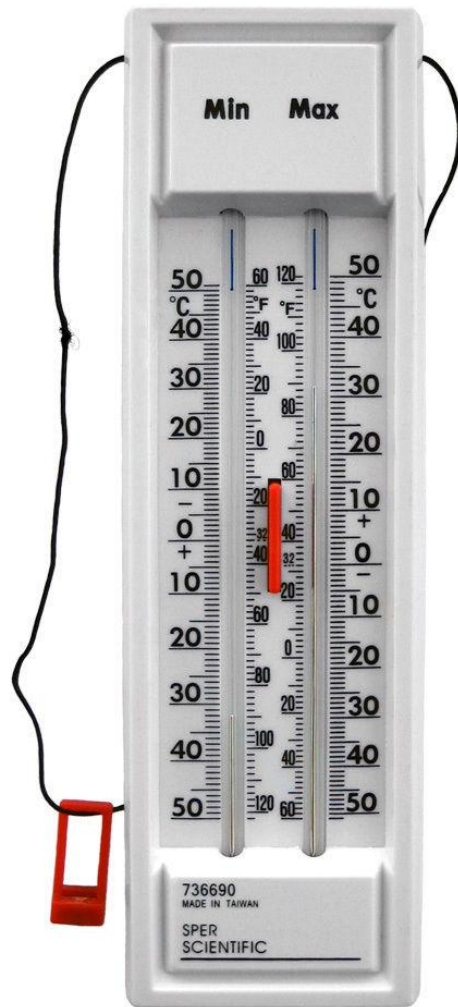
Os instrumentos contidos no seu interior:

- Termómetros de máxima e mínima;
- Psicrómetro;
- Termohigrógrafo;
- Barógrafo;
- Evaporímetro de Piche.



Instrumentos Meteorológicos

Termómetros de Máxima e de Mínima



<http://www.ebay.com/>

Termohigrógrafo



Price: **AU \$1,700.00**
Approximately
EUR 1,176.29

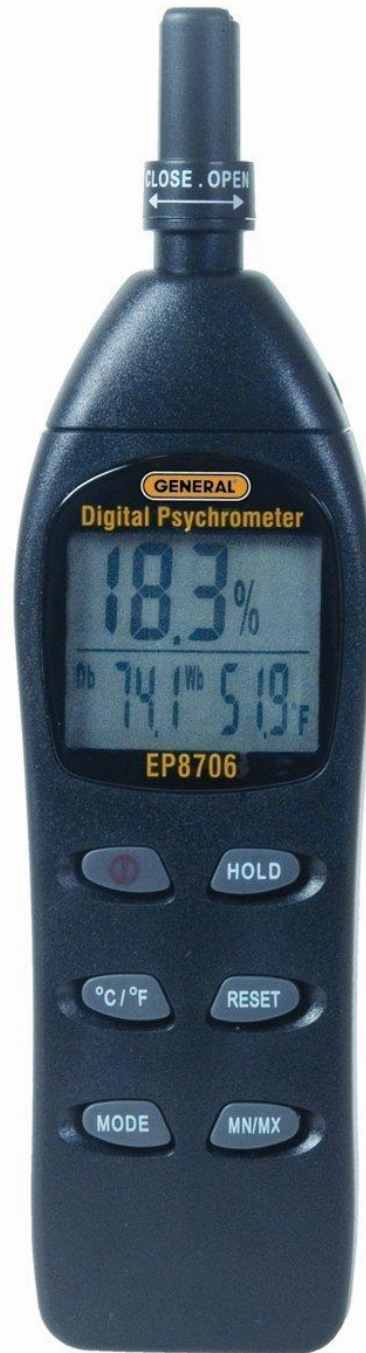


Price:
GBP 3.71
Approximately **EUR 4.70**

Psicrómetro



Price: **US \$39.95**
Approximately **EUR 31.38**



List Price: ~~\$89.95~~

Price: **\$69.95** & **FREE Shipping.**

You Save: **\$20.00 (22%)**

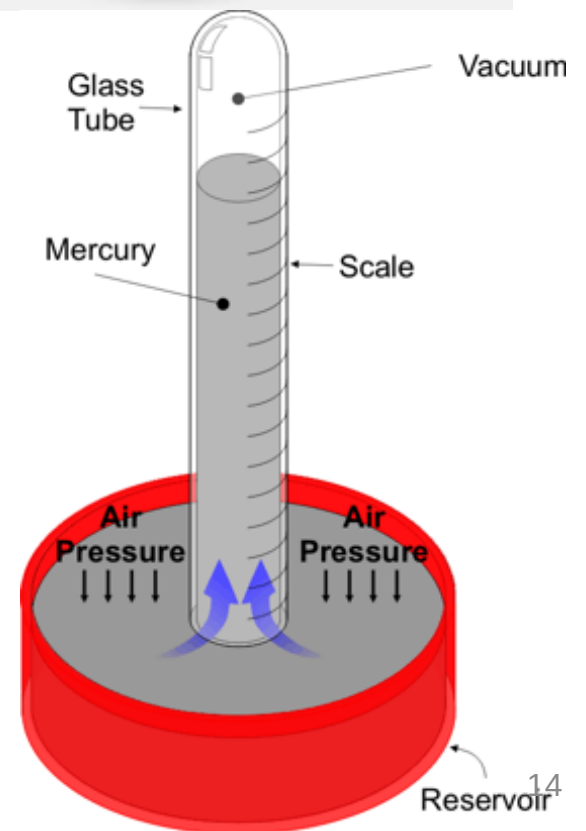
amazon
Try Prime

Instrumentos Meteorológicos

Barógrafo

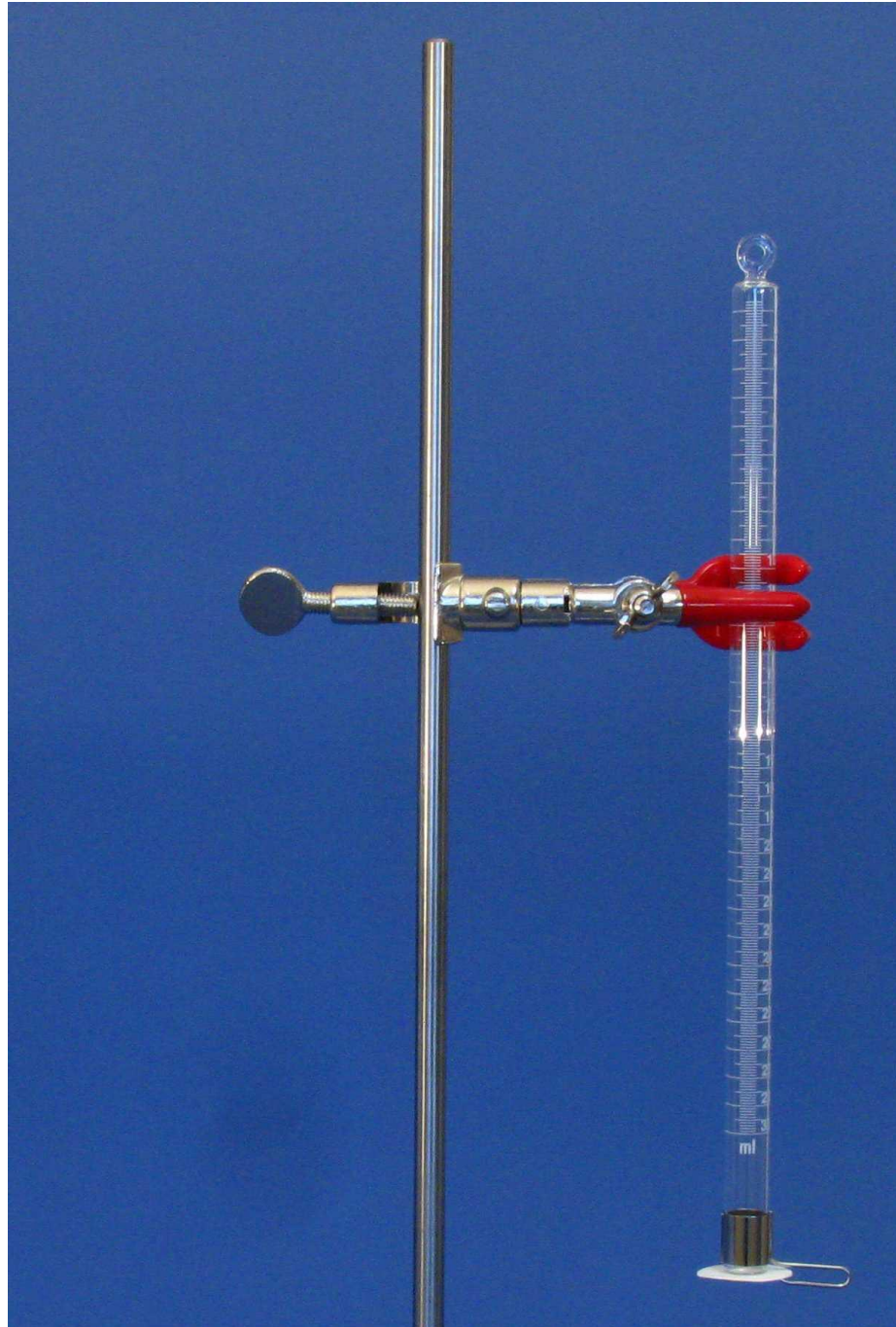


starting bid:
US \$99.99 Approximately EUR 78.55



Instrumentos Meteorológicos

Evaporímetro de Piche



Instrumentos Meteorológicos

Tinas de Evaporação

As tinas de evaporação são constituídas por um tanque cilíndrico, em chapa de ferro galvanizado, com 1,2 m de diâmetro e 26 cm de altura, apresentando, aproximadamente 1,20 m de superfície evaporante.

Estas tinas estão apoiadas num estrado de madeira a 7 cm do solo para que o ar possa circular livremente por baixo.



Instrumentos Meteorológicos

Termómetro de Relva

Destina-se a obter informação sobre a geada.



Termómetros de Profundidade

Instrumentos Meteorológicos

“Precipitação”

Udómetro

(=) **Pluviómetro**



Udógrafo

Instrumentos Meteorológicos

Heliógrafo

→ regista insolação



Instrumentos Meteorológicos

Cata – Vento

Determina a direcção do vento.



Instrumentos Meteorológicos

Anemómetro

Para medir a velocidade do vento utilizam-se anemómetros.

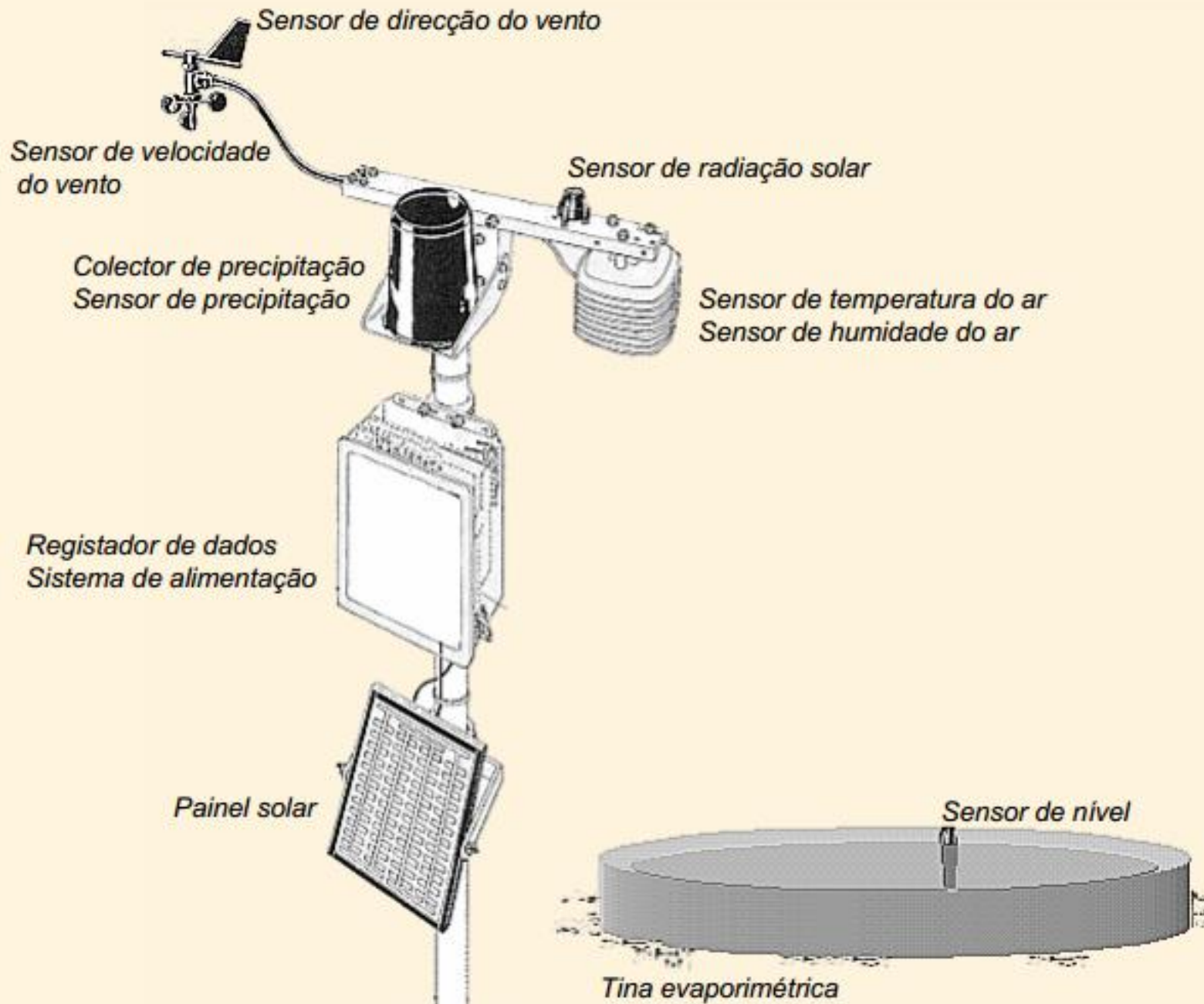
Os mais usados são os anemómetros de copos.

Estes copos movimentam-se com uma velocidade proporcional à do vento.

(medem a componente horizontal do vento)



Estação Meteorológica com equipamentos automáticos



Instrumentos Meteorológicos

Estação Automática

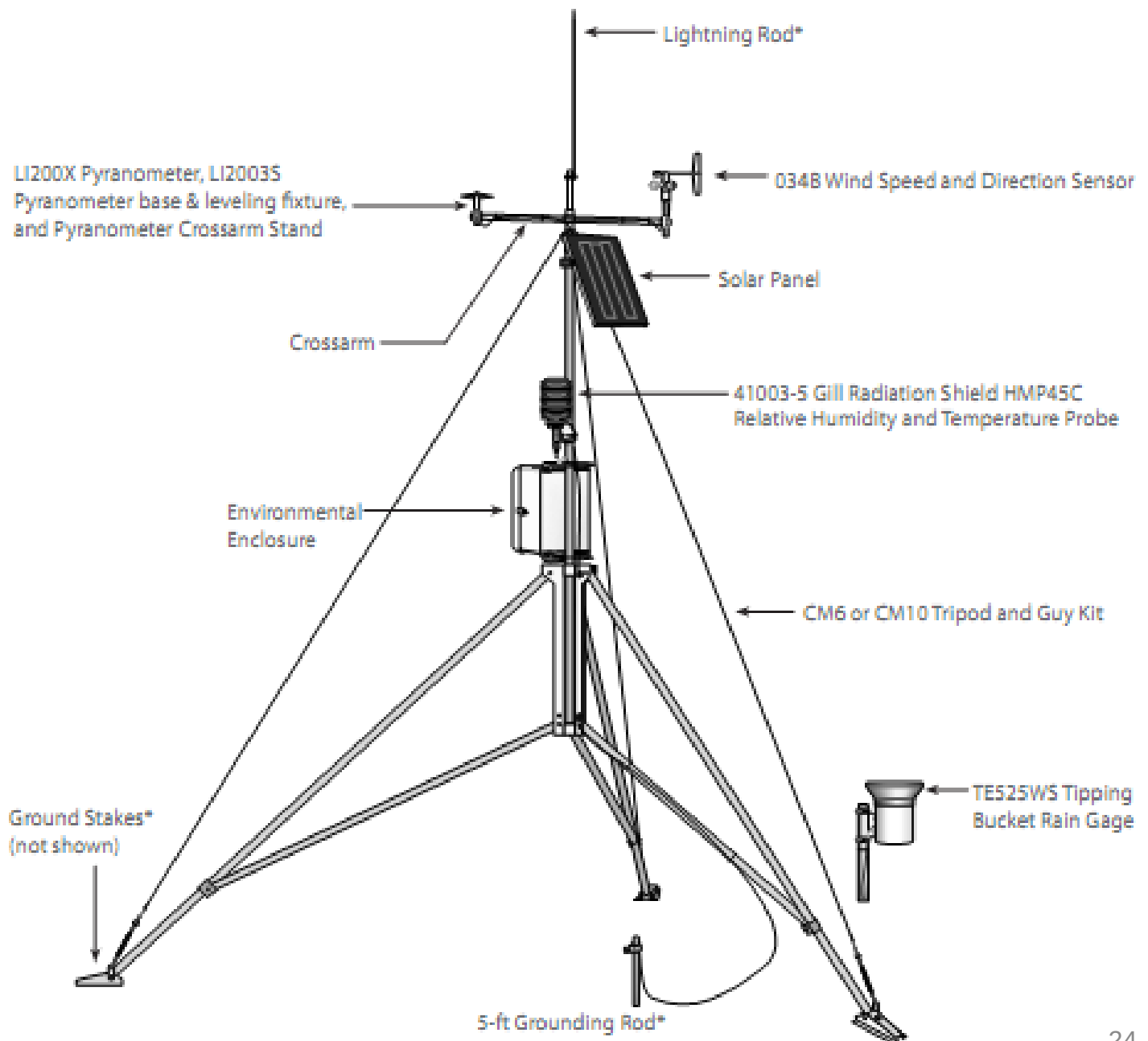
A estação meteorológica automática, é uma estação que possibilita a recolha dos dados meteorológicos de uma forma automatizada, segundo um passo de tempo estabelecido.

Este sistema é composto por um conjunto de sensores, os quais medem, instante a instante, os vários elementos climáticos.

Esta informação é enviada para um "Data Logger", a memória do sistema, o qual, com base nos valores instantâneos determina, as médias horárias dos elementos climáticos medidos.

Estes dados ficam armazenados no "Data Logger", até serem exportados por via telefónica ou Ou através de um computador portátil.

Instrumentos Meteorológicos



Instrumentos Meteorológicos

Aquisição de dados Meteorológicos

“LISTAR”

Dataloggers & Data Acquisition Systems



Communications

Wireless, remote, hard-wired, direct, or two-way communication

NL120

10baseT Ethernet Module



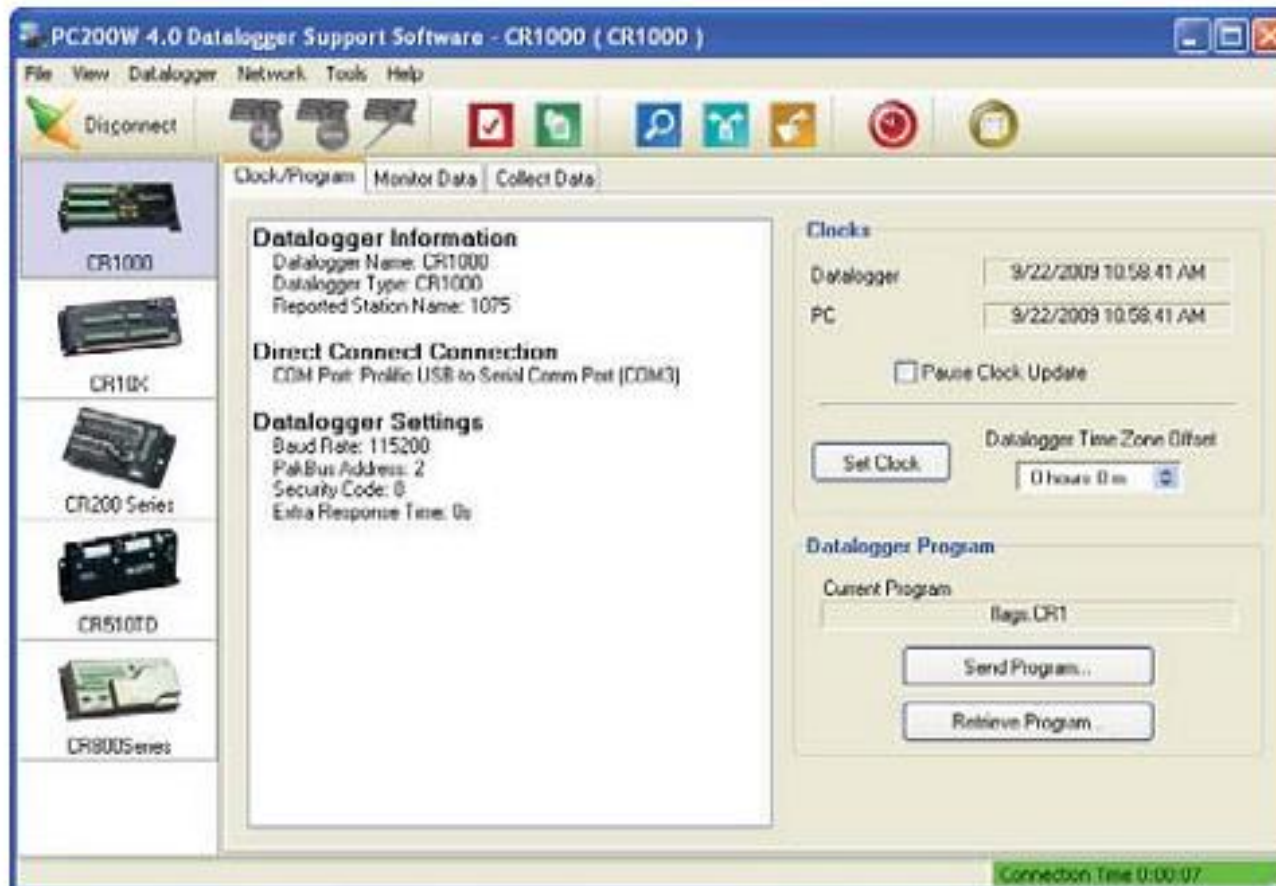
The NL120 is the smallest Ethernet Module available for our CR1000 and CR3000.

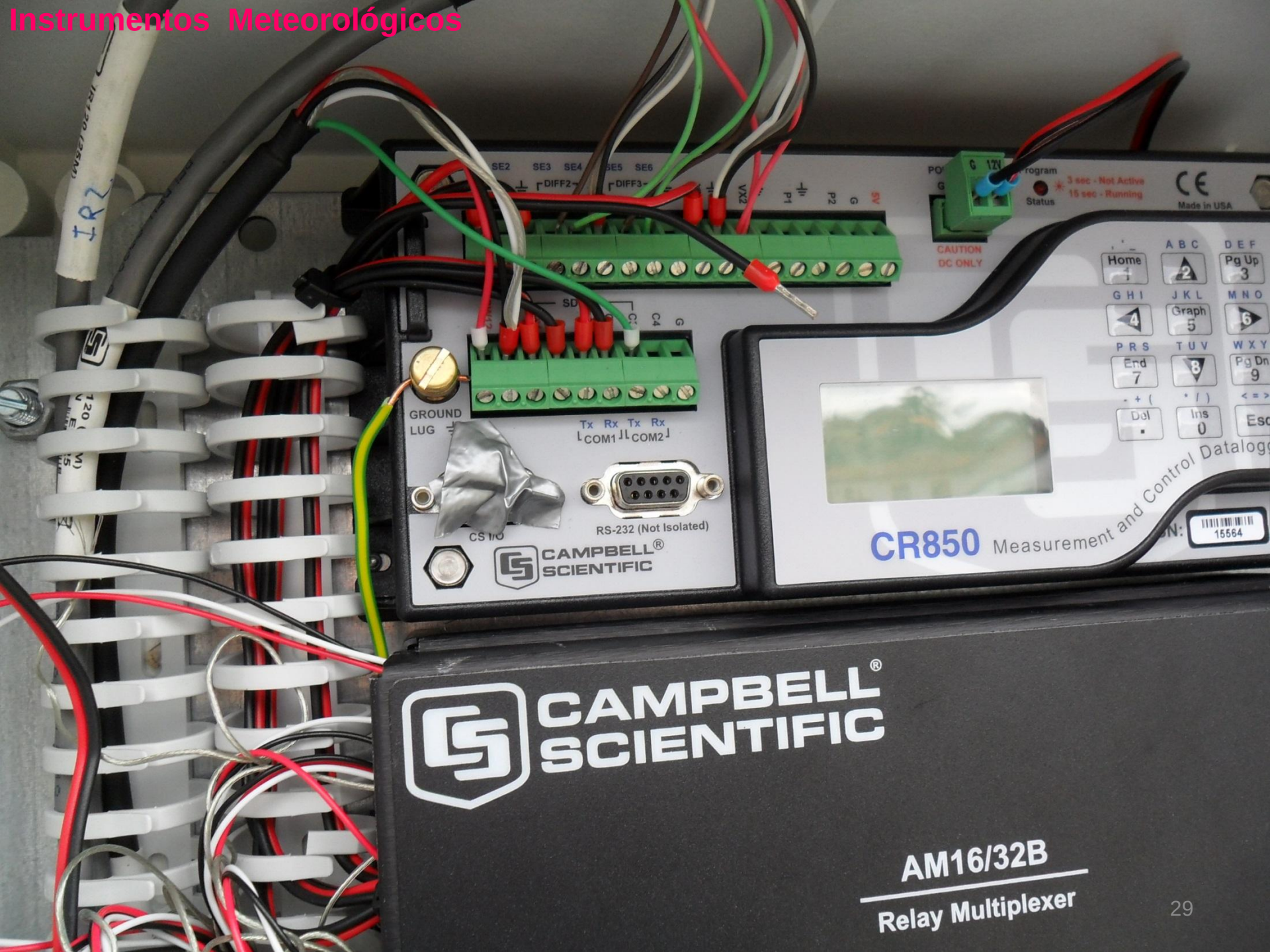


The NL120 fastens to the peripheral port on a CR1000 (shown above) or CR3000 datalogger.

PC200W version 4.0

Starter Software









Radiation Sensors

Quantum sensors, Pyranometers, Net radiometers and Pyrhemimeters

“ZONAS ESPECTRAIS
ESPECÍFICAS – PAR”

“PIRANÓMETROS”

“NET PIRANÓMETRO”
“NET-RADIÓMETRO”

“PIRELIÓMETRO”

LI190SB | Quantum Sensor

Accurate and versatile



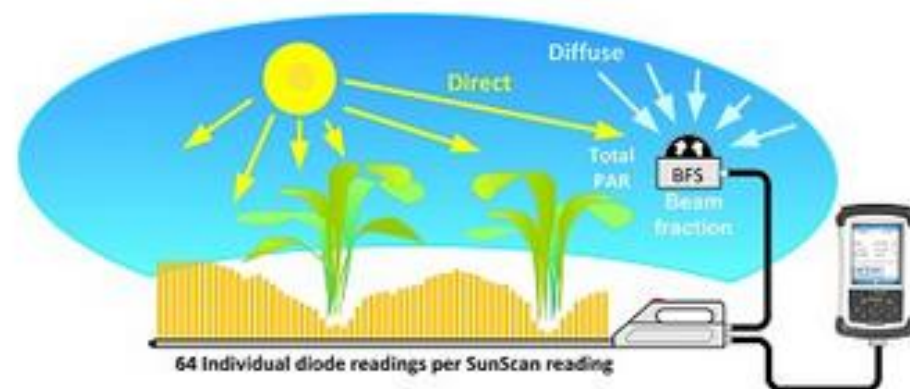
Sensor	Measurement Description	Spectral Range	Sensitivity	Operating Temperature
silicon photovoltaic detector mounted in a cosine-corrected head	Measures Photosynthetic Photon Flux Density (PPFD), in both natural and artificial light	400 to 700 nm	Typically 5 μA per 1000 $\mu\text{moles s}^{-1} \text{m}^{-2}$	-40° to +65°C



(Radiação Fotossinteticamente Activa)

SunScan Canopy Analysis System

- Measures incident and transmitted PAR in canopies
- Direct display of Leaf Area Index (LAI)
- Usable in cloudy and clear conditions
- Weatherproof and battery powered
- Proven, research-grade canopy analyser
- Ideal for phenotyping based research





LI200X | Silicon Pyranometer

Accurate and dependable



silicon photovoltaic detector mounted in a cosine-corrected head	Measures sun plus sky radiation	400 to 1100 nm	0.2 kW m ⁻² mV ⁻¹	-40° to +65°C
--	---------------------------------	----------------	---	---------------

LP02 | ISO-Second-Class Pyranometer

High Quality device with protective dome

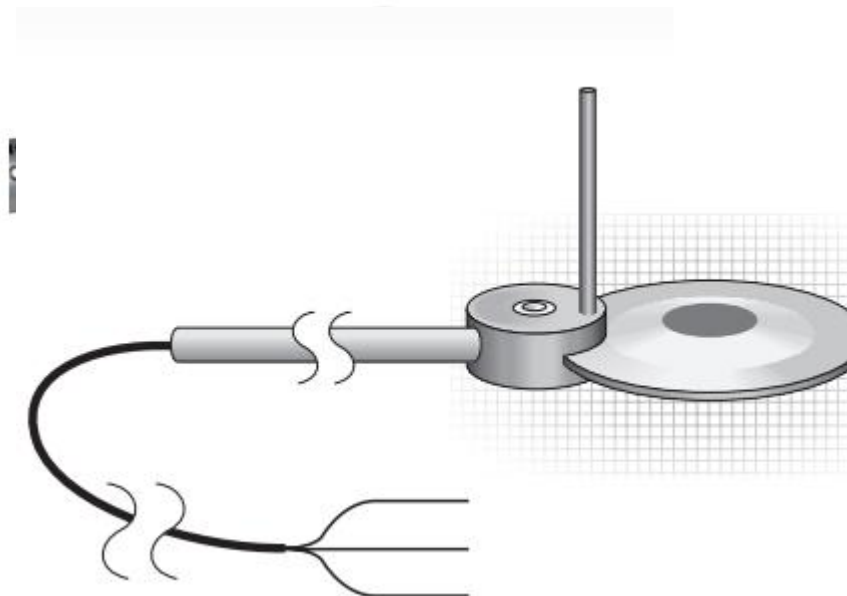


Blackened thermopile protected by a dome	Monitors solar radiation for the full solar spectrum range	285 to 3000 nm	15 μV/W/m ²	-40° to +80°C
--	--	----------------	------------------------	---------------

Os piranómetros (sensores de radiação solar total) medem a radiação global.

NR-LITE2 | Net Radiometer
Weather-resistant PTFE-coated
absorbers instead of fragile dome

The NR-LITE2 is a rugged net radiometer that measures the **energy balance between** incoming short-wave and long-wave infrared radiation relative to surface-reflected short-wave and outgoing.



Two black conical absorbers—one facing upward and the other facing downward	Measures incoming and outgoing short-wave and long-wave radiation	0 to 100 μm	10 $\mu\text{V/W/m}^2$ (nominal)	-30° to 70°C
---	---	------------------------	----------------------------------	--------------

NR01 | 4-Component
Research-Grade Net Radiometer
Robust—4-way radiometer which
requires little maintenance



Hukseflux's SR01
ISO-class, thermo-
pile pyranometers,
IR01 pyrgeometers,
PT100 RTD

Measures incoming
and outgoing
short-wave and
long-wave radiation

Pyranometer:
305 to 2800 nm

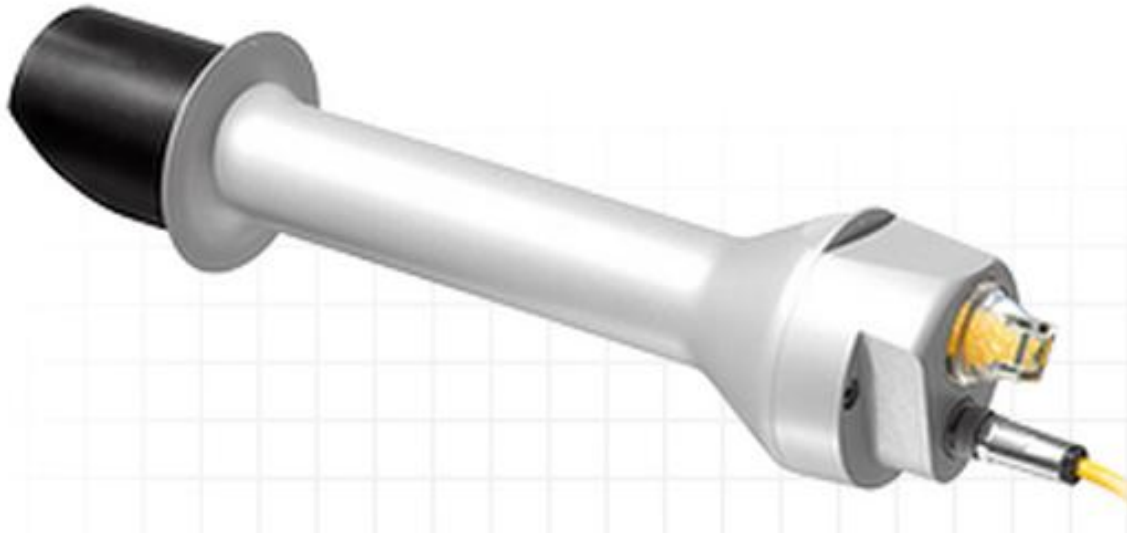
Pyrgeometer:
4500 to 50,000 nm

10 to 40 $\mu\text{V}/\text{W}/\text{m}^2$

-40° to 80°C

CHP1-L

Pyrheliometer



The CHP1-L, manufactured by Kipp & Zonen, is a pyrheometer used for unattended **direct solar-radiation measurement**. It is designed specifically to measure the direct beam solar irradiance with a field of view limited to 5 degrees. This is achieved by the shape of the collimation tube, precision apertures, and the detector design

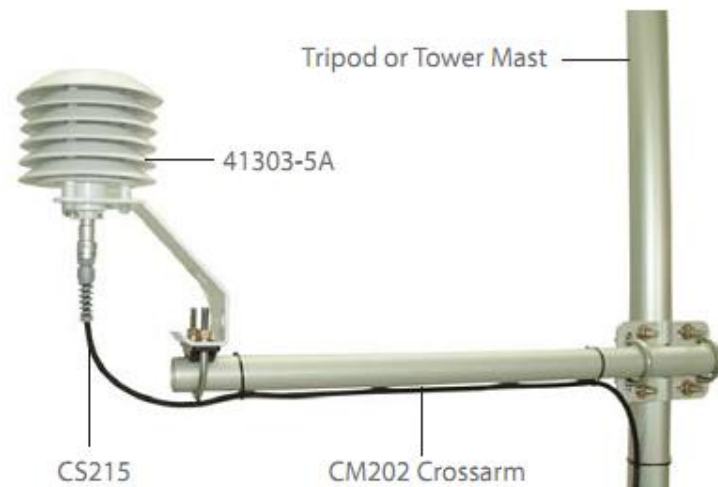
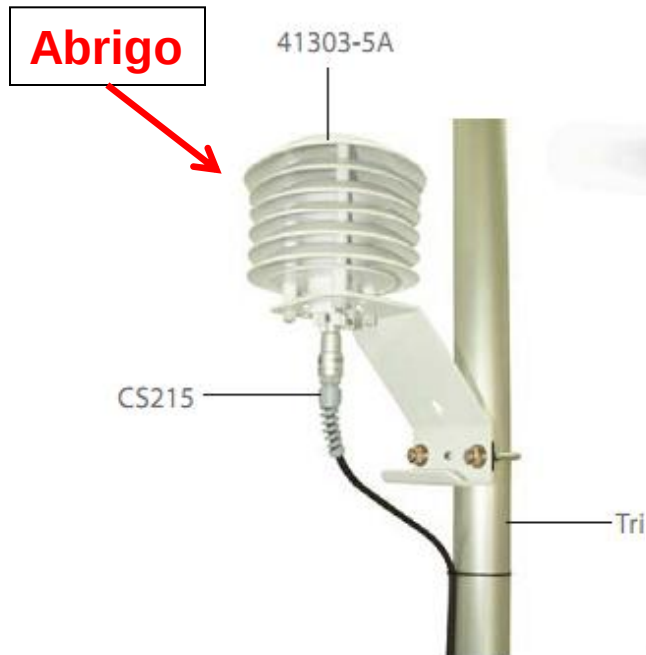
BF5 Sunshine Sensor - improved Design

- Measures global and diffuse radiation, and sunshine duration
- PAR reference sensor for SunScan System
- No moving parts, shade rings or motorised tracking
- Outputs can be PAR ($\text{mmol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$), Energy (W.m^{-2}) or Lux
- New model includes heater as standard



Sensors

Temperature and Relative Humidity Probe



Temperature Probe

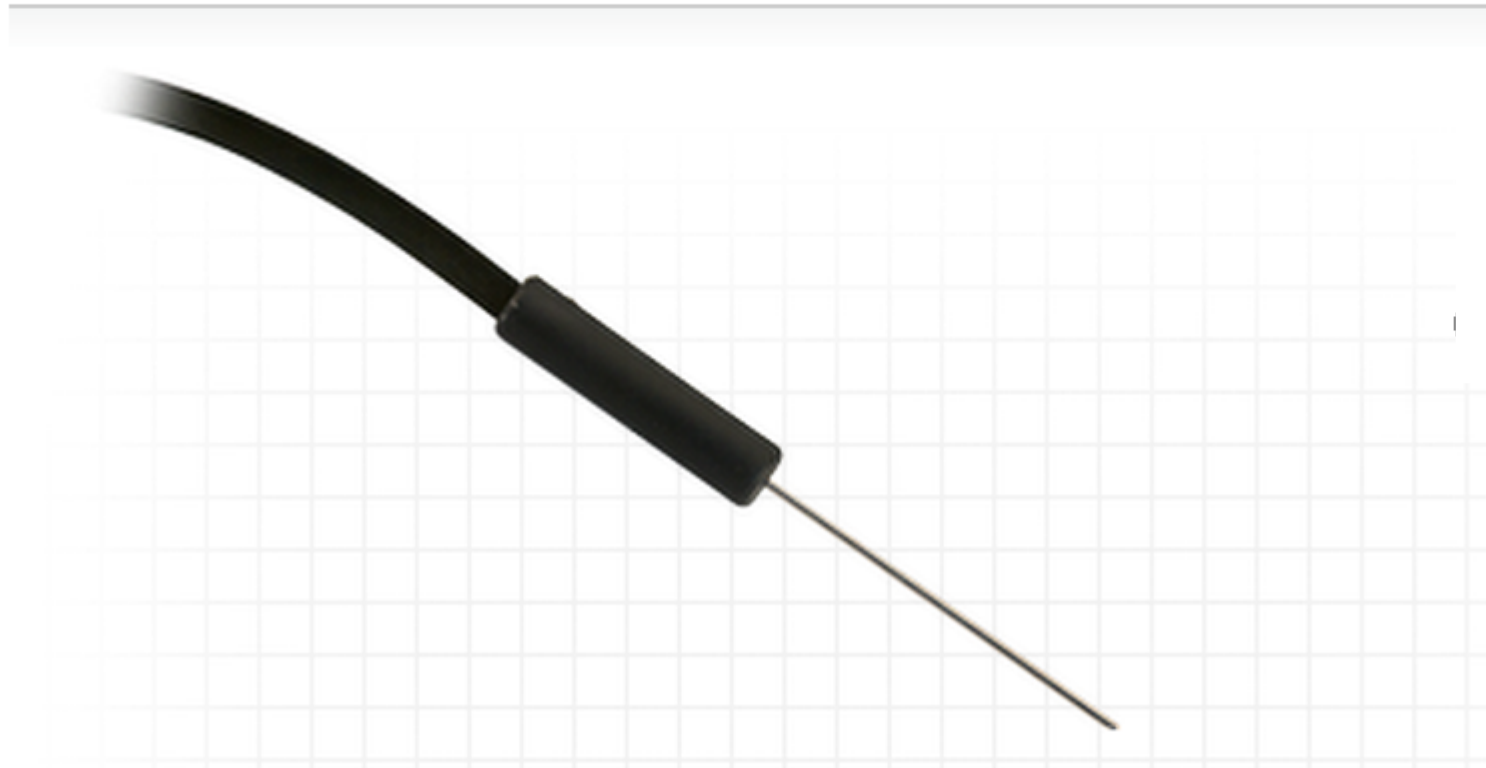


The 107 is a rugged, accurate probe that measures temperature of air, soil, or water from -40°C to +50°C. It easily interfaces with most Campbell Scientific dataloggers and can be used in a wide range of applications.

"termopares"

109SS-L

Stainless-Steel Temperature Probe for Harsh Environments



Instrumentos Meteorológicos



"termopares"



MAJOR SPECIFICATIONS

CS100 | Standard Barometer

Resides inside weather-proof enclosure



Measurement Range	Elevation	Temperature Range	Accuracy	Current Consumption
600 to 1100 mb	~ 2000 ft below sea level (as in a mine) to 12,000 feet above sea level	-40° to 60°C	± 0.5 mb @ +20°C; ± 1.0 mb @ 0° to 40°C; ± 1.5 mb @ -20° to +50°C; ± 2.0 mb @ -40° to +60°C	< 3 mA (active); < 1 μ A (sleep mode)

THIES ANEMÓMETR COMPACT



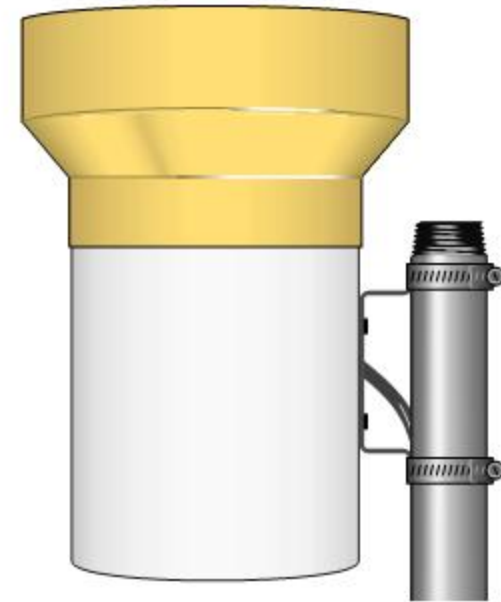
Os anemômetros **ultra-sônicos** medem a velocidade e a direcção do vento em uma, duas ou três dimensões, com uma qualidade de dados elevada (resolução e frequência de medição)

Wind Speed and Wind Direction



Precipitation Sensors

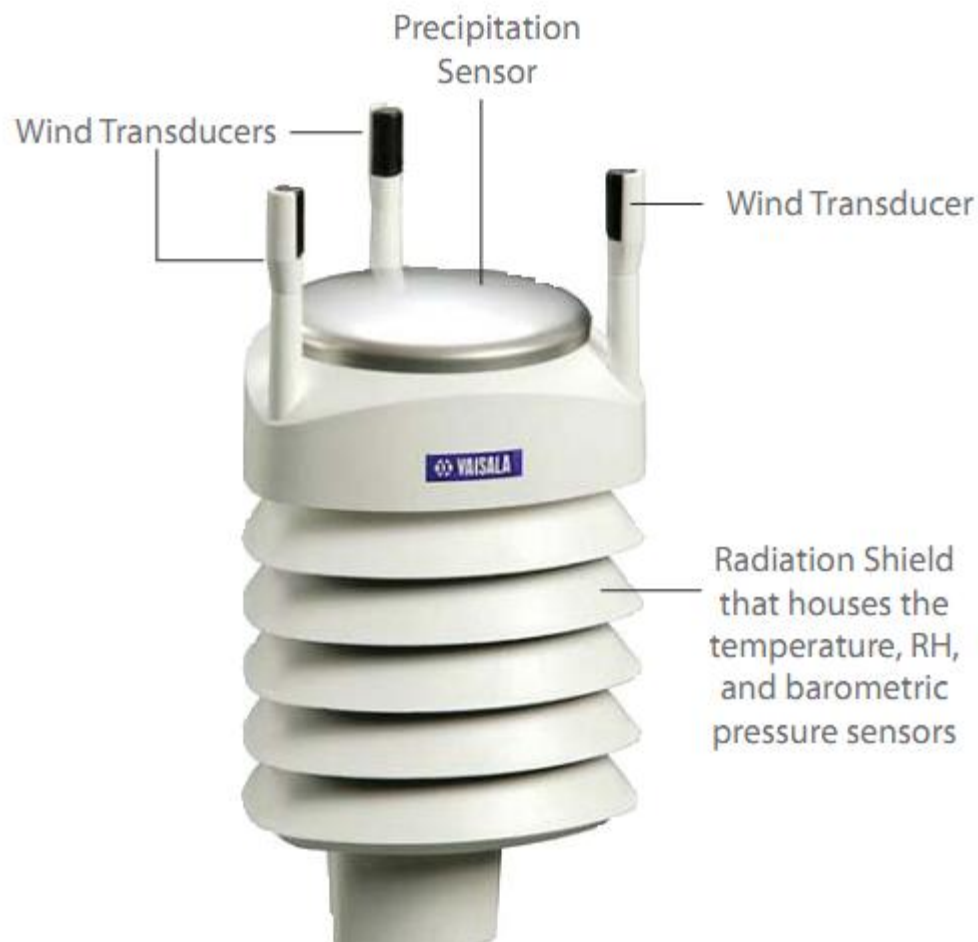
RG2+BP-06 - Raingauge, compact (6m cable)



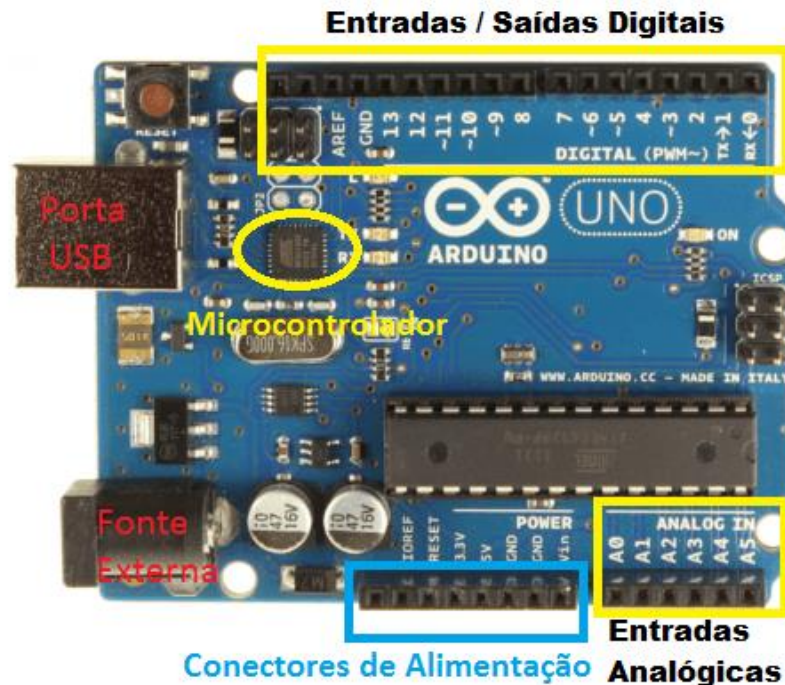
The TE525WS conforms to the National Weather Service recommendation for an 8-inch funnel orifice.

Basic Weather

These sensors measure wind speed and direction, precipitation, barometric pressure, temperature, and relative humidity



O **arduino** é uma placa de prototipagem com um microcontrolador, Atmel AVR, programável, essencialmente em linguagem C ou C++. Esta placa permite o desenvolvimento de variados projetos, desde a implementação de um pequeno projeto que controla a **temperatura**, até a construção de um robot.



[Home](#)[Buy](#)[Download](#)[Products ▾](#)[Learning ▾](#)[Forum](#)[Support ▾](#)[Blog](#)[LOG IN](#)[SIGN UP](#)

DOWNLOAD

ENGLISH ▾

Download the Arduino Software



ARDUINO 1.6.12

The open-source Arduino Software (IDE) makes it easy to write code and upload it to the board. It runs on Windows, Mac OS X, and Linux. The environment is written in Java and based on Processing and other open-source software.

This software can be used with any Arduino board.

Refer to the [Getting Started](#) page for Installation instructions.

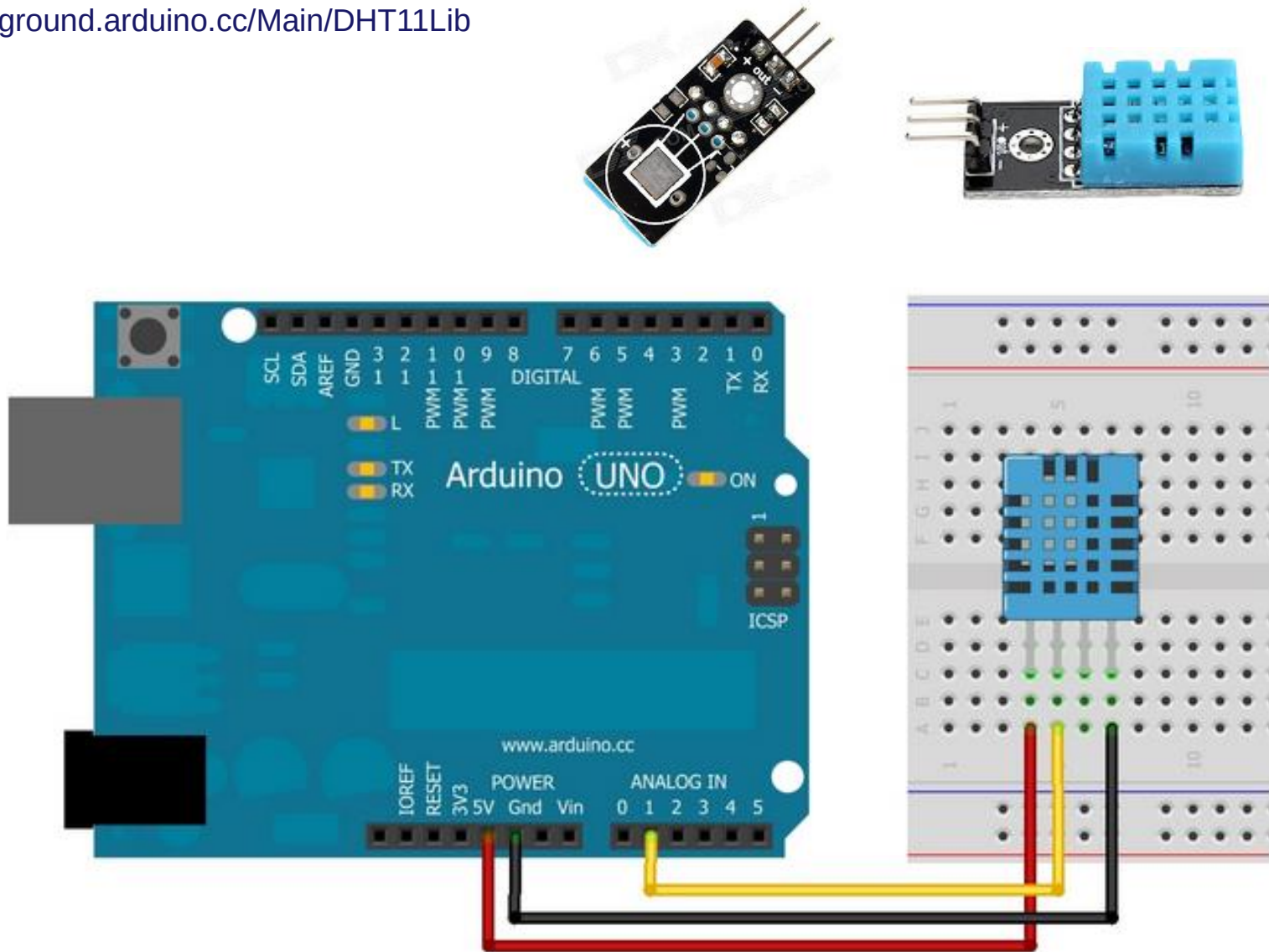
[Windows Installer](#)[Windows ZIP file for non admin install](#)[Mac OS X 10.7 Lion or newer](#)[Linux 32 bits](#)[Linux 64 bits](#)[Linux ARM \(experimental\)](#)[Release Notes](#)[Source Code](#)[Checksums \(sha512\)](#)

<https://www.arduino.cc/>

Sensor de Humidade e Temperatura DHT11

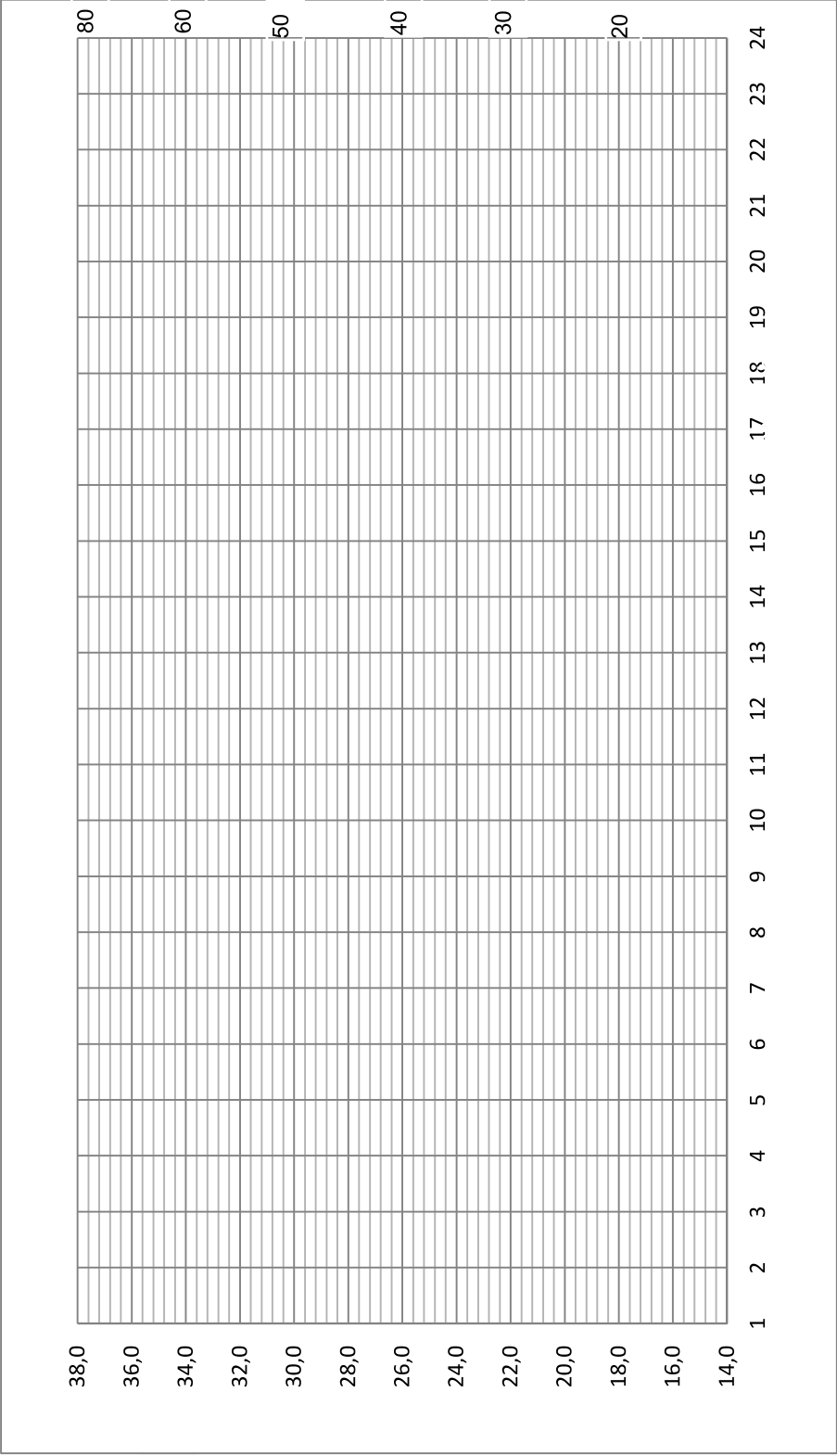
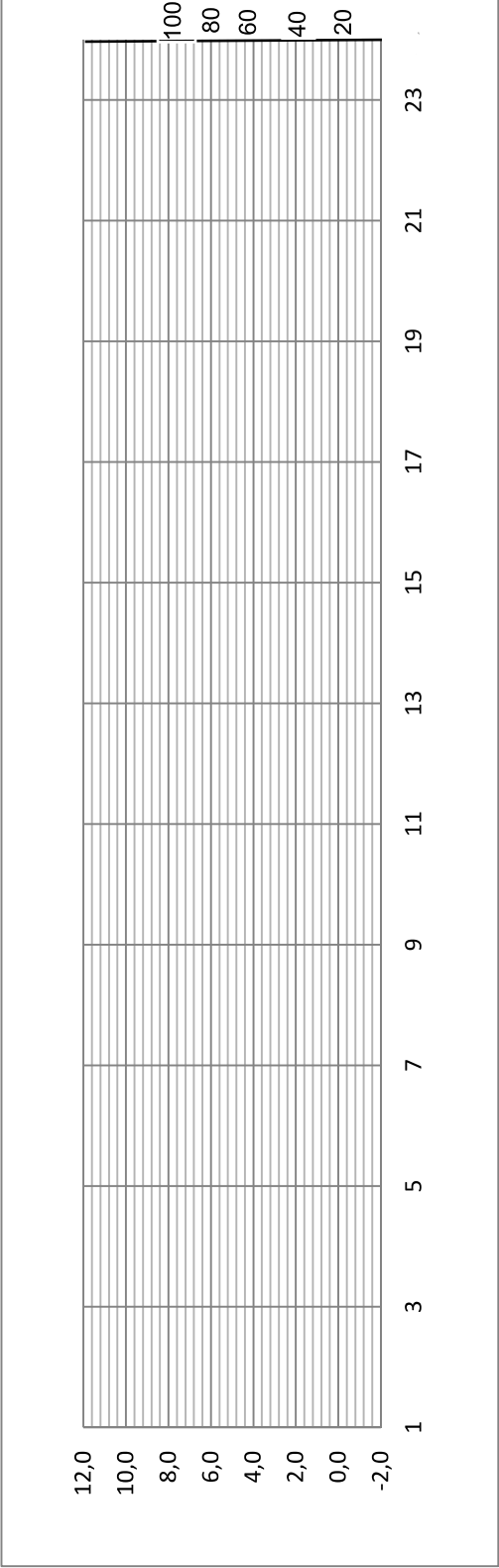
<http://www.arduinoocia.com.br/2013/05/sensor-de-umidade-e-temperatura-dht11.html>

<http://playground.arduino.cc/Main/DHT11Lib>



```
1 //Programa : Sensor de umidade e temperatura DHT11
2 //Autor : Arduino e Cia
3
4 #include <dht.h>
5
6 #define dht_dpin A1 //Pino DATA do Sensor ligado na porta Analogica A1
7
8 dht DHT; //Inicializa o sensor
9
10 void setup()
11 {
12     Serial.begin(9600);
13     delay(1000); //Aguarda 1 seg antes de acessar as informações do sensor
14 }
15
16 void loop()
17 {
18     DHT.read11(dht_dpin); //Lê as informações do sensor
19     Serial.print("Umidade = ");
20     Serial.print(DHT.humidity);
21     Serial.print(" % ");
22     Serial.print("Temperatura = ");
23     Serial.print(DHT.temperature);
24     Serial.println(" Celsius ");
25
26     //Não diminuir o valor abaixo. O ideal é a leitura a cada 2 segundos
27     delay(2000);
28 }
```

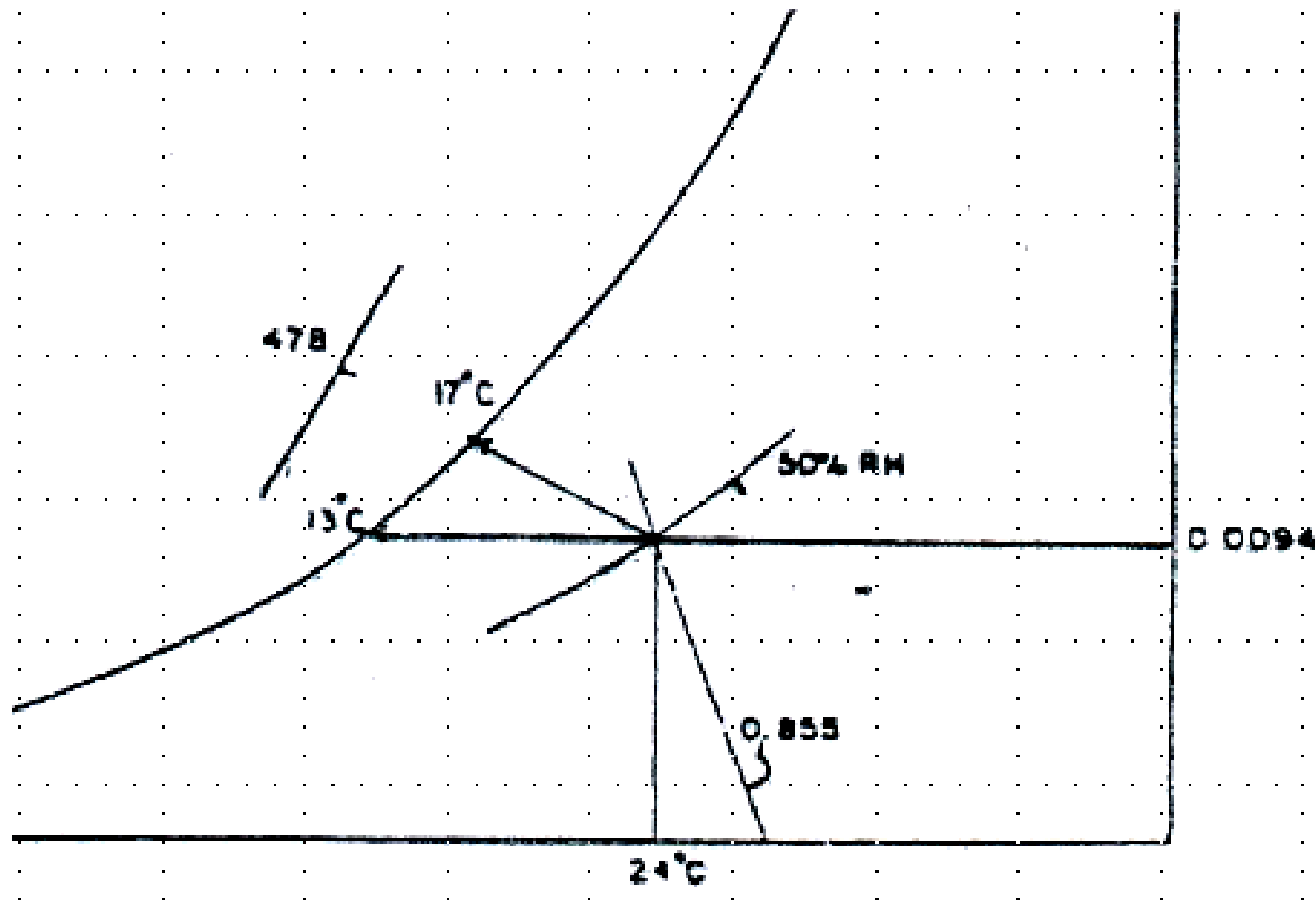
Data	Hora	T	HR	
	10	1	3,7	89
	10	2	3,1	91
	10	3	2,2	94
	10	4	1,5	95
	10	5	1,0	95
	10	6	0,7	97
	10	7	0,5	97
	10	8	0,4	97
	10	9	0,1	97
	10	10	-0,1	98
	10	11	0,2	97
	10	12	1,5	94
	10	13	3,9	88
	10	14	6,1	80
	10	15	7,9	74
	10	16	8,9	71
	10	17	9,8	68
	10	18	9,4	68
	10	19	7,7	72
	10	20	4,8	81
	10	21	3,2	87
	10	22	2,3	91
	10	23	1,6	94
	10	24	1,1	95
	222	1	19,2	47
	222	2	18,2	50
	222	3	18,1	51
	222	4	17,4	54
	222	5	16,7	58
	222	6	16,2	61
	222	7	17,1	60
	222	8	15,7	66
	222	9	19,3	56
	222	10	23,2	48
	222	11	27,1	41
	222	12	31,0	33
	222	13	32,3	30
	222	14	33,1	28
	222	15	34,6	26
	222	16	36,1	24
	222	17	36,8	24
	222	18	36,7	25
	222	19	35,6	28
	222	20	33,0	34
	222	21	29,8	37
	222	22	26,6	44
	222	23	23,4	51
	222	24	22,0	53

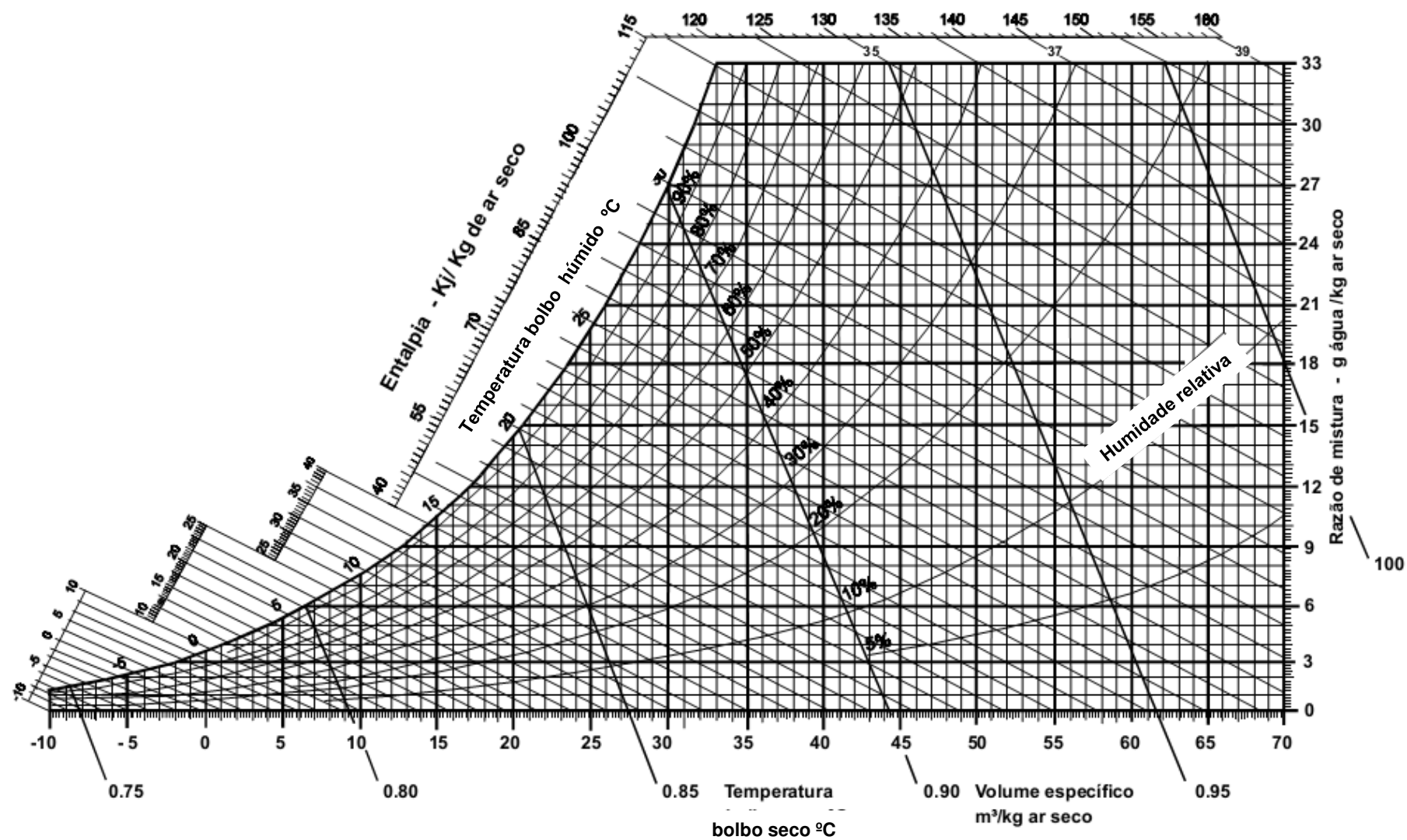


Exemplo 1

Propriedades do ar húmido numa carta psicrométrica

Propriedades do ar húmido a 24°C e a 50% de humidade relativa





Exemplo 2

O ar numa estufa tem uma temperatura de 25 °C e 80% de humidade relativa. Que procedimentos se devem tomar para que não ocorram fenómenos de condensação.?

$$U = (e_a / e_{\max}) * 100$$

Temperatura do ar (°C)	Ha ou ρ (g/m ³)	Tensão de vapor (mmHg)
-10	2,4	2,1
-5	3,4	3,1
0	4,9	4,6
1	5,2	4,9
2	5,6	5,3
3	6,0	5,7
4	6,4	6,1
5	6,8	6,5
6	7,3	7,0
7	7,8	7,5
8	8,3	8,0
9	8,8	8,6
10	9,4	9,2
11	10,0	9,8
12	10,7	10,5
13	11,4	11,2
14	12,1	11,9
15	12,9	12,7
16	13,5	13,5
17	14,4	14,4
18	15,3	15,4
19	16,2	16,4
20	17,2	17,4
21	18,3	18,5
22	19,4	19,7
23	20,6	20,9
24	21,8	22,2
25	23,1	23,6
26	24,4	25,0
27	25,8	26,5
28	27,2	28,1
29	28,7	29,8

ANEXO 1

TABELAS PARA O CÁLCULO DA EVAPOTRANSPIRAÇÃO POTENCIAL E
REALIZAÇÃO DO BALANÇO HÍDRICO

pelo método

de

THORNTON-MAITRE-MATHER

TABELA 1

VALORES MENSIS DE "E" CORRESPONDENTES A TEMPERATURAS MÉDIAS MENSIS (°C) (I)

T°C	.0	.1	.2	.3	.4	.5	.6	.7	.8	.9
0			.01	.01	.02	.03	.04	.05	.06	.07
1	.09	.10	.12	.13	.15	.16	.18	.20	.21	.23
2	.25	.27	.29	.31	.33	.35	.37	.39	.42	.44
3	.46	.48	.51	.53	.56	.58	.61	.63	.66	.69
4	.71	.74	.77	.80	.82	.85	.88	.91	.94	.97
5	1.00	1.03	1.06	1.09	1.12	1.16	1.19	1.22	1.25	1.29
6	1.32	1.35	1.39	1.42	1.45	1.49	1.52	1.56	1.59	1.63
7	1.66	1.70	1.74	1.77	1.81	1.85	1.89	1.92	1.96	2.00
8	2.04	2.08	2.12	2.15	2.19	2.23	2.27	2.31	2.35	2.39
9	2.44	2.48	2.52	2.56	2.60	2.64	2.69	2.73	2.77	2.81
10	2.86	2.90	2.94	2.99	3.03	3.08	3.12	3.16	3.21	3.25
11	3.30	3.34	3.39	3.44	3.48	3.53	3.58	3.62	3.67	3.72
12	3.76	3.81	3.86	3.91	3.96	4.00	4.05	4.10	4.15	4.20
13	4.25	4.30	4.35	4.40	4.45	4.50	4.55	4.60	4.65	4.70
14	4.75	4.81	4.86	4.91	4.96	5.01	5.07	5.12	5.17	5.22
15	5.28	5.33	5.38	5.44	5.49	5.55	5.60	5.65	5.71	5.76
16	5.82	5.87	5.93	5.98	6.04	6.10	6.15	6.21	6.26	6.32
17	6.38	6.44	6.49	6.55	6.61	6.66	6.72	6.78	6.84	6.90
18	6.95	7.01	7.07	7.13	7.19	7.25	7.31	7.37	7.43	7.49
19	7.55	7.61	7.67	7.73	7.79	7.85	7.91	7.97	8.03	8.10
20	8.16	8.22	8.28	8.34	8.41	8.47	8.53	8.59	8.66	8.72
21	8.78	8.85	8.91	8.97	9.04	9.10	9.17	9.23	9.29	9.36
22	9.42	9.49	9.55	9.62	9.68	9.75	9.82	9.88	9.95	10.01
23	10.08	10.15	10.21	10.28	10.35	10.41	10.48	10.55	10.62	10.68
24	10.75	10.82	10.89	10.95	11.02	11.09	11.16	11.23	11.30	11.37
25	11.44	11.50	11.57	11.64	11.71	11.78	11.85	11.92	11.99	12.06
26	12.13	12.21	12.28	12.35	12.42	12.49	12.56	12.63	12.70	12.78
27	12.85	12.92	12.99	13.07	13.14	13.21	13.28	13.36	13.43	13.50
28	13.58	13.65	13.72	13.80	13.87	13.94	14.02	14.09	14.17	14.24
29	14.32	14.39	14.47	14.54	14.62	14.69	14.77	14.84	14.92	14.99
30	15.07	15.15	15.22	15.30	15.38	15.45	15.53	15.61	15.68	15.76
31	15.84	15.92	15.99	16.07	16.15	16.23	16.30	16.38	16.46	16.54
32	16.62	16.70	16.78	16.85	16.93	17.01	17.09	17.17	17.25	17.33
33	17.41	17.49	17.57	17.65	17.73	17.81	17.89	17.97	18.05	18.13
34	18.22	18.30	18.38	18.46	18.54	18.62	18.70	18.79	18.87	18.95
35	19.07	19.11	19.20	19.28	19.36	19.45	19.53	19.61	19.69	19.78
36	19.86	19.95	20.03	20.11	20.20	20.28	20.36	20.45	20.53	20.62
37	20.70	20.79	20.87	20.96	21.04	21.13	21.21	21.30	21.38	21.47
38	21.56	21.64	21.73	21.81	21.90	21.99	22.07	22.16	22.25	22.33
39	22.42	22.51	22.59	22.68	22.77	22.86	22.95	23.03	23.12	23.21
40	23.30									

ORIGEM - C. W. Thornthwaite and J. R. Mather, Instructions and Tables for Computing Potential Evapotranspiration and the Water Balance, Publications in Climatology 113, Drexel Institute of Technology, Centerton, New Jersey, 1957.

TABELA 2

VALORES DIÁRIOS DA EVAPOTRANSPIRAÇÃO POTENCIAL NÃO AJUSTADA (mm)
PARA DIFERENTES TEMPERATURAS MÉDIAS (°C) E VALORES DE $\overline{VI}$

(ETP)

anual

T°C	25.0	27.5	30.0	32.5	35.0	37.5	40.0	42.5	45.0	47.5	50.0	52.5
0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.25	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.50	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.75	0.2	0.2	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.0	0.0
1.00	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
1.25	0.3	0.3	0.2	0.2	0.2	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
1.50	0.3	0.3	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.1	0.1	0.1
1.75	0.4	0.4	0.3	0.3	0.3	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.1
2.00	0.4	0.4	0.3	0.3	0.3	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
2.25	0.5	0.5	0.4	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.2	0.2	0.2
2.50	0.5	0.5	0.4	0.4	0.4	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.2
2.75	0.6	0.6	0.5	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.3	0.3	0.3	0.3
3.00	0.6	0.6	0.5	0.5	0.5	0.4	0.4	0.4	0.4	0.3	0.3	0.3
3.25	0.7	0.7	0.6	0.5	0.5	0.5	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.3
3.50	0.7	0.7	0.6	0.6	0.5	0.5	0.5	0.5	0.4	0.4	0.4	0.4
3.75	0.8	0.7	0.6	0.6	0.6	0.5	0.5	0.5	0.5	0.4	0.4	0.4
4.00	0.8	0.8	0.7	0.6	0.6	0.6	0.5	0.5	0.5	0.5	0.4	0.4
4.25	0.8	0.8	0.7	0.7	0.6	0.6	0.6	0.6	0.5	0.5	0.5	0.4
4.50	0.9	0.9	0.8	0.7	0.7	0.6	0.6	0.6	0.6	0.5	0.5	0.5
4.75	1.0	0.9	0.8	0.8	0.7	0.7	0.6	0.6	0.6	0.5	0.5	0.5
5.00	1.0	1.0	0.9	0.8	0.8	0.7	0.7	0.7	0.6	0.6	0.6	0.5
5.25	1.1	1.0	0.9	0.9	0.8	0.8	0.7	0.7	0.7	0.6	0.6	0.6
5.50	1.1	1.1	1.0	0.9	0.9	0.8	0.8	0.7	0.7	0.6	0.6	0.6
5.75	1.2	1.1	1.0	1.0	0.9	0.9	0.8	0.8	0.7	0.7	0.7	0.6
6.00	1.2	1.2	1.1	1.0	0.9	0.9	0.9	0.8	0.8	0.7	0.7	0.7
6.25	1.2	1.2	1.1	1.0	1.0	0.9	0.9	0.8	0.8	0.7	0.7	0.7
6.50	1.3	1.2	1.1	1.1	1.0	1.0	0.9	0.9	0.8	0.8	0.8	0.7
6.75	1.3	1.3	1.2	1.1	1.0	1.0	1.0	0.9	0.9	0.8	0.8	0.8
7.00	1.4	1.3	1.2	1.1	1.1	1.0	1.0	1.0	0.9	0.9	0.8	0.8
7.25	1.4	1.4	1.3	1.2	1.1	1.1	1.0	1.0	1.0	0.9	0.9	0.8
7.50	1.5	1.4	1.3	1.2	1.2	1.1	1.1	1.0	1.0	0.9	0.9	0.9
7.75	1.5	1.4	1.4	1.3	1.2	1.2	1.1	1.1	1.0	1.0	1.0	0.9
8.00	1.6	1.5	1.4	1.3	1.3	1.2	1.2	1.1	1.1	1.0	1.0	1.0
8.25	1.6	1.5	1.4	1.4	1.3	1.3	1.2	1.2	1.1	1.1	1.1	1.0
8.50	1.6	1.6	1.5	1.4	1.4	1.3	1.3	1.2	1.2	1.1	1.1	1.0
8.75	1.7	1.6	1.5	1.5	1.4	1.3	1.3	1.2	1.2	1.1	1.1	1.1
9.00	1.7	1.6	1.5	1.5	1.4	1.4	1.3	1.3	1.2	1.2	1.2	1.1
9.25	1.7	1.7	1.6	1.5	1.5	1.4	1.4	1.3	1.3	1.2	1.2	1.1
9.50	1.8	1.7	1.6	1.6	1.5	1.5	1.4	1.4	1.3	1.3	1.2	1.2
9.75	1.8	1.8	1.7	1.6	1.6	1.5	1.5	1.4	1.4	1.3	1.3	1.2
10.00	1.9	1.8	1.7	1.7	1.6	1.6	1.5	1.4	1.4	1.4	1.3	1.3
10.25	1.9	1.9	1.8	1.7	1.7	1.6	1.5	1.5	1.4	1.4	1.4	1.3
10.50	2.0	1.9	1.8	1.8	1.7	1.7	1.6	1.5	1.5	1.4	1.4	1.4
10.75	2.0	2.0	1.9	1.8	1.8	1.7	1.6	1.6	1.5	1.5	1.5	1.4
11.00	2.1	2.0	1.9	1.8	1.8	1.7	1.7	1.6	1.6	1.5	1.5	1.4
11.25	2.1	2.0	1.9	1.9	1.8	1.8	1.7	1.6	1.6	1.5	1.5	1.5
11.50	2.1	2.1	2.0	1.9	1.9	1.8	1.7	1.7	1.6	1.6	1.6	1.5
11.75	2.2	2.1	2.0	1.9	1.9	1.8	1.8	1.7	1.7	1.6	1.6	1.5
12.00	2.2	2.2	2.1	2.0	1.9	1.9	1.8	1.8	1.7	1.7	1.7	1.6
12.25	2.3	2.2	2.1	2.0	2.0	1.9	1.9	1.8	1.8	1.7	1.7	1.6
12.50	2.3	2.3	2.2	2.1	2.0	2.0	1.9	1.9	1.8	1.8	1.8	1.7
12.75	2.3	2.3	2.2	2.1	2.1	2.0	2.0	1.9	1.9	1.8	1.8	1.7
13.00	2.4	2.3	2.3	2.2	2.1	2.1	2.0	2.0	1.9	1.9	1.9	1.8

T°C	25.0	27.5	30.0	32.5	35.0	37.5	40.0	42.5	45.0	47.5	50.0	52.5
13.25	2.4	2.4	2.3	2.2	2.2	2.1	2.1	2.0	2.0	1.9	1.9	1.8
13.50	2.5	2.4	2.3	2.3	2.2	2.2	2.1	2.1	2.0	2.0	2.0	1.9
13.75	2.5	2.4	2.4	2.3	2.3	2.2	2.1	2.1	2.0	2.0	2.0	1.9
14.00	2.5	2.5	2.4	2.3	2.3	2.2	2.2	2.2	2.1	2.0	2.0	1.9
14.25	2.6	2.5	2.4	2.4	2.3	2.3	2.2	2.2	2.1	2.1	2.1	2.0
14.50	2.6	2.5	2.5	2.4	2.4	2.3	2.3	2.3	2.2	2.1	2.1	2.0
14.75	2.7	2.6	2.5	2.5	2.4	2.4	2.3	2.3	2.2	2.2	2.2	2.1
15.00	2.7	2.6	2.6	2.5	2.5	2.4	2.4	2.3	2.3	2.2	2.2	2.1
15.25	2.8	2.7	2.6	2.6	2.5	2.5	2.4	2.4	2.3	2.3	2.3	2.2
15.50	2.8	2.7	2.7	2.6	2.6	2.5	2.5	2.4	2.4	2.3	2.3	2.2
15.75	2.9	2.8	2.7	2.7	2.6	2.6	2.5	2.5	2.4	2.4	2.4	2.3
16.00	2.9	2.8	2.8	2.7	2.7	2.6	2.6	2.5	2.5	2.4	2.4	2.3
16.25	2.9	2.8	2.8	2.7	2.7	2.6	2.6	2.5	2.5	2.4	2.4	2.4
16.50	3.0	2.9	2.8	2.8	2.7	2.7	2.6	2.6	2.5	2.5	2.5	2.4
16.75	3.0	2.9	2.9	2.8	2.8	2.7	2.7	2.6	2.6	2.5	2.5	2.5
17.00	3.0	3.0	2.9	2.9	2.8	2.8	2.7	2.7	2.6	2.6	2.6	2.5
17.25	3.1	3.0	2.9	2.9	2.9	2.8	2.8	2.7	2.7	2.6	2.6	2.6
17.50	3.1	3.0	3.0	3.0	2.9	2.9	2.8	2.8	2.7	2.7	2.7	2.6
17.75	3.2	3.1	3.0	3.0	3.0	2.9	2.9	2.8	2.8	2.8	2.7	2.7
18.00	3.2	3.1	3.1	3.1	3.0	3.0	2.9	2.9	2.9	2.8	2.8	2.7
18.25	3.2	3.2	3.1	3.1	3.1	3.0	3.0	2.9	2.9	2.9	2.8	2.8
18.50	3.3	3.2	3.2	3.1	3.1	3.1	3.0	3.0	3.0	2.9	2.9	2.8
18.75	3.3	3.2	3.2	3.2	3.1	3.1	3.0	3.0	3.0	2.9	2.9	2.9
19.00	3.3	3.3	3.2	3.2	3.2	3.1	3.1	3.0	3.0	3.0	3.0	2.9
19.25	3.4	3.3	3.3	3.2	3.2	3.2	3.1	3.1	3.1	3.0	3.0	3.0
19.50	3.4	3.4	3.3	3.3	3.3	3.2	3.2	3.1	3.1	3.1	3.1	3.0
19.75	3.5	3.4	3.4	3.3	3.3	3.3	3.2	3.2	3.2	3.1	3.1	3.1
20.00	3.5	3.5	3.4	3.4	3.4	3.3	3.3	3.2	3.2	3.2	3.2	3.1
20.25	3.6	3.5	3.5	3.4	3.4	3.4	3.3	3.3	3.3	3.2	3.2	3.2
20.50	3.6	3.5	3.5	3.5	3.5	3.4	3.4	3.3	3.3	3.3	3.3	3.2
20.75	3.7	3.6	3.5	3.5	3.5	3.5	3.4	3.4	3.4	3.3	3.3	3.3
21.00	3.7	3.6	3.6	3.6	3.5	3.5	3.5	3.4	3.4	3.4	3.4	3.3
21.25	3.7	3.6	3.6	3.6	3.6	3.5	3.5	3.4	3.4	3.4	3.4	3.4
21.50	3.8	3.7	3.6	3.6	3.6	3.6	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.4
21.75	3.8	3.7	3.7	3.7	3.6	3.6	3.6	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5
22.00	3.8	3.8	3.7	3.7	3.7	3.7	3.6	3.6	3.6	3.6	3.6	3.5
22.25	3.9	3.8	3.8	3.8	3.7	3.7	3.7	3.7	3.6	3.6	3.6	3.6
22.50	3.9	3.8	3.8	3.8	3.8	3.8	3.7	3.7	3.7	3.7	3.7	3.6
22.75	4.0	3.9	3.9	3.8	3.8	3.8	3.8	3.8	3.7	3.7	3.7	3.7
23.00	4.0	3.9	3.9	3.9	3.9	3.9	3.8	3.8	3.8	3.8	3.8	3.8
23.25	4.1	4.0	4.0	3.9	3.9	3.9	3.9	3.9	3.8	3.8	3.8	3.8
23.50	4.1	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	3.9	3.9	3.9	3.9	3.9	3.9
23.75	4.1	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	3.9	3.9	3.9	3.9	3.9
24.00	4.2	4.1	4.1	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	3.9
24.25	4.2	4.1	4.1	4.1	4.1	4.1	4.1	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0
24.50	4.2	4.1	4.1	4.1	4.1	4.1	4.1	4.1	4.1	4.1	4.1	4.1
24.75	4.3	4.2	4.2	4.2	4.2	4.2	4.2	4.1	4.1	4.1	4.1	4.1
25.00	4.3	4.2	4.2	4.2	4.2	4.2	4.2	4.2	4.2	4.2	4.2	4.2
25.25	4.3	4.3	4.3	4.3	4.3	4.3	4.3	4.2	4.2	4.2	4.2	4.2
25.50	4.4	4.3	4.3	4.3	4.3	4.3	4.3	4.3	4.3	4.3	4.3	4.3
25.75	4.4	4.4	4.4	4.4	4.4	4.4	4.4	4.4	4.4	4.4	4.4	4.4
26.00	4.5	4.4	4.4	4.4	4.4	4.4	4.4	4.4	4.4	4.4	4.4	4.4
26.25	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5
26.50	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5

TABELA 2 (cont.)

	55.0	57.5	60.0	62.5	65.0	67.5	70.0	72.5	75.0	77.5	80.0	82.5
T ₉₀												
0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
.25	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
.50	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
.75	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1.00	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1.25	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1.50	0.1	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1.75	0.1	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2.00	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2.25	0.2	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.0
2.50	0.2	0.2	0.2	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
2.75	0.2	0.2	0.2	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
3.00	0.3	0.2	0.2	0.2	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
3.25	0.3	0.3	0.2	0.2	0.2	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
3.50	0.3	0.3	0.3	0.2	0.2	0.2	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
3.75	0.3	0.3	0.3	0.2	0.2	0.2	0.2	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
4.00	0.4	0.3	0.3	0.3	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.1	0.1
4.25	0.4	0.4	0.3	0.3	0.3	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.1
4.50	0.4	0.4	0.4	0.3	0.3	0.3	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
4.75	0.4	0.4	0.4	0.3	0.3	0.3	0.3	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
5.00	0.5	0.4	0.4	0.4	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.2	0.2
5.25	0.5	0.5	0.4	0.4	0.4	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.2	0.2
5.50	0.5	0.5	0.5	0.4	0.4	0.4	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3
5.75	0.6	0.5	0.5	0.5	0.4	0.4	0.4	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3
6.00	0.6	0.6	0.5	0.5	0.5	0.4	0.4	0.4	0.4	0.3	0.3	0.3
6.25	0.6	0.6	0.6	0.5	0.5	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.3	0.3
6.50	0.7	0.6	0.6	0.6	0.5	0.5	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4
6.75	0.7	0.7	0.6	0.6	0.6	0.5	0.5	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4
7.00	0.7	0.7	0.7	0.6	0.6	0.5	0.5	0.5	0.5	0.4	0.4	0.4
7.25	0.7	0.7	0.7	0.7	0.6	0.6	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.4
7.50	0.8	0.8	0.7	0.7	0.7	0.6	0.6	0.5	0.5	0.5	0.5	0.4
7.75	0.9	0.8	0.8	0.7	0.7	0.6	0.6	0.6	0.6	0.5	0.5	0.5
8.00	0.9	0.9	0.8	0.8	0.7	0.7	0.6	0.6	0.6	0.6	0.5	0.5
8.25	0.9	0.9	0.8	0.8	0.8	0.7	0.7	0.6	0.6	0.6	0.6	0.5
8.50	1.0	0.9	0.9	0.8	0.8	0.8	0.7	0.7	0.7	0.6	0.6	0.6
8.75	1.0	1.0	0.9	0.9	0.8	0.8	0.7	0.7	0.7	0.7	0.6	0.6
9.00	1.0	1.0	0.9	0.9	0.9	0.8	0.8	0.7	0.7	0.7	0.7	0.6
9.25	1.1	1.0	1.0	0.9	0.9	0.9	0.8	0.8	0.8	0.7	0.7	0.7
9.50	1.1	1.1	1.0	1.0	0.9	0.9	0.9	0.8	0.8	0.8	0.7	0.7
9.75	1.2	1.1	1.1	1.0	1.0	0.9	0.9	0.8	0.8	0.8	0.8	0.7
10.00	1.2	1.2	1.1	1.1	1.0	1.0	0.9	0.9	0.9	0.8	0.8	0.8
10.25	1.3	1.2	1.2	1.1	1.1	1.0	1.0	0.9	0.9	0.9	0.8	0.8
10.50	1.3	1.2	1.2	1.2	1.1	1.1	1.0	1.0	1.0	0.9	0.9	0.8
10.75	1.3	1.3	1.2	1.2	1.2	1.1	1.1	1.0	1.0	0.9	0.9	0.9
11.00	1.4	1.3	1.3	1.3	1.2	1.1	1.1	1.0	1.0	1.0	1.0	0.9
11.25	1.4	1.3	1.3	1.3	1.3	1.2	1.1	1.1	1.1	1.0	1.0	0.9
11.50	1.4	1.4	1.3	1.3	1.3	1.2	1.2	1.1	1.1	1.0	1.0	1.0
11.75	1.5	1.4	1.4	1.4	1.3	1.3	1.2	1.1	1.1	1.1	1.1	1.0
12.00	1.5	1.5	1.4	1.4	1.4	1.3	1.3	1.2	1.2	1.1	1.1	1.0
12.25	1.6	1.5	1.5	1.5	1.4	1.4	1.3	1.2	1.2	1.2	1.2	1.1
12.50	1.6	1.6	1.5	1.5	1.5	1.4	1.4	1.3	1.3	1.2	1.2	1.2
12.75	1.7	1.6	1.6	1.5	1.5	1.5	1.4	1.4	1.3	1.3	1.2	1.2
13.00	1.7	1.7	1.6	1.6	1.5	1.5	1.5	1.5	1.3	1.3	1.3	1.2

	55.0	57.5	60.0	62.5	65.0	67.5	70.0	72.5	75.0	77.5	80.0	82.5
T°C												
13.25	1.8	1.7	1.7	1.6	1.6	1.6	1.5	1.5	1.4	1.4	1.3	1.3
13.50	1.8	1.8	1.7	1.7	1.6	1.6	1.6	1.5	1.4	1.4	1.4	1.3
13.75	1.9	1.8	1.8	1.7	1.7	1.7	1.6	1.6	1.5	1.5	1.4	1.4
14.00	1.9	1.8	1.8	1.7	1.7	1.7	1.6	1.6	1.5	1.5	1.5	1.4
14.25	2.0	1.9	1.9	1.8	1.7	1.7	1.7	1.7	1.6	1.5	1.5	1.5
14.50	2.0	1.9	1.9	1.8	1.8	1.8	1.7	1.7	1.6	1.6	1.6	1.5
14.75	2.1	2.0	2.0	1.9	1.8	1.8	1.8	1.7	1.7	1.6	1.6	1.6
15.00	2.1	2.0	2.0	1.9	1.9	1.9	1.8	1.8	1.7	1.7	1.7	1.6
15.25	2.2	2.1	2.1	2.0	1.9	1.9	1.9	1.8	1.8	1.7	1.7	1.7
15.50	2.2	2.1	2.1	2.0	2.0	1.9	1.9	1.9	1.8	1.8	1.8	1.7
15.75	2.3	2.2	2.2	2.1	2.0	2.0	2.0	1.9	1.9	1.8	1.8	1.8
16.00	2.3	2.2	2.2	2.1	2.1	2.0	2.0	2.0	2.0	1.9	1.9	1.8
16.25	2.3	2.2	2.2	2.1	2.1	2.0	2.0	2.0	2.0	1.9	1.9	1.9
16.50	2.4	2.3	2.3	2.2	2.1	2.1	2.1	2.0	2.0	1.9	1.9	1.9
16.75	2.4	2.3	2.3	2.2	2.2	2.1	2.1	2.1	2.1	2.0	2.0	2.0
17.00	2.5	2.4	2.4	2.3	2.3	2.2	2.2	2.1	2.1	2.0	2.0	2.0
17.25	2.5	2.5	2.4	2.4	2.3	2.3	2.2	2.2	2.2	2.1	2.1	2.1
17.50	2.6	2.5	2.5	2.4	2.4	2.3	2.3	2.3	2.2	2.2	2.2	2.1
17.75	2.6	2.6	2.5	2.5	2.4	2.4	2.4	2.3	2.3	2.3	2.2	2.2
18.00	2.7	2.6	2.6	2.5	2.5	2.4	2.4	2.4	2.3	2.3	2.3	2.3
18.25	2.7	2.7	2.6	2.6	2.5	2.5	2.5	2.4	2.4	2.4	2.4	2.4
18.50	2.8	2.7	2.7	2.6	2.6	2.5	2.5	2.5	2.4	2.4	2.4	2.4
18.75	2.8	2.8	2.7	2.7	2.6	2.6	2.6	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5
19.00	2.9	2.8	2.8	2.7	2.7	2.6	2.6	2.6	2.5	2.5	2.5	2.5
19.25	2.9	2.9	2.8	2.8	2.7	2.7	2.7	2.6	2.6	2.6	2.6	2.6
19.50	3.0	2.9	2.9	2.8	2.8	2.7	2.7	2.7	2.7	2.6	2.6	2.6
19.75	3.0	3.0	2.9	2.9	2.9	2.8	2.8	2.7	2.7	2.7	2.7	2.7
20.00	3.1	3.0	3.0	3.0	2.9	2.9	2.8	2.8	2.8	2.8	2.8	2.8
20.25	3.2	3.1	3.1	3.0	3.0	3.0	2.9	2.9	2.9	2.8	2.8	2.8
20.50	3.2	3.2	3.2	3.1	3.1	3.0	3.0	3.0	2.9	2.9	2.9	2.9
20.75	3.3	3.2	3.2	3.1	3.1	3.1	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0
21.00	3.3	3.3	3.3	3.2	3.2	3.1	3.1	3.1	3.0	3.0	3.0	3.0
21.25	3.4	3.3	3.3	3.2	3.2	3.2	3.1	3.1	3.1	3.1	3.1	3.1
21.50	3.4	3.4	3.4	3.3	3.3	3.2	3.2	3.2	3.2	3.1	3.1	3.1
21.75	3.5	3.4	3.4	3.3	3.3	3.3	3.2	3.2	3.2	3.2	3.2	3.2
22.00	3.5	3.5	3.4	3.4	3.4	3.3	3.3	3.3	3.3	3.3	3.3	3.3
22.25	3.6	3.5	3.5	3.4	3.4	3.4	3.3	3.3	3.3	3.3	3.3	3.3
22.50	3.6	3.6	3.6	3.5	3.5	3.5	3.4	3.4	3.4	3.4	3.4	3.4
22.75	3.7	3.7	3.6	3.6	3.6	3.6	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5
23.00	3.7	3.7	3.7	3.6	3.6	3.6	3.6	3.6	3.6	3.6	3.6	3.6
23.25	3.8	3.8	3.8	3.7	3.7	3.7	3.7	3.7	3.7	3.7	3.7	3.7
23.50	3.8	3.8	3.8	3.8	3.8	3.8	3.8	3.7	3.7	3.7	3.7	3.7
23.75	3.9	3.9	3.9	3.8	3.8	3.8	3.8	3.8	3.8	3.8	3.8	3.8
24.00	3.9	3.9	3.9	3.9	3.9	3.9	3.9	3.8	3.8	3.8	3.8	3.8
24.25	4.0	4.0	4.0	3.9	3.9	3.9	3.9	3.9	3.9	3.9	3.9	3.9
24.50	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	3.9	3.9	3.9	3.9	3.9
24.75	4.1	4.1	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0
25.00	4.2	4.1	4.1	4.1	4.1	4.1	4.1	4.1	4.1	4.0	4.0	4.0
25.25	4.2	4.2	4.2	4.2	4.2	4.2	4.1	4.1	4.1	4.1	4.1	4.1
25.50	4.3	4.3	4.3	4.3	4.3	4.2	4.2	4.2	4.2	4.2	4.2	4.2
25.75	4.3	4.3	4.3	4.3	4.3	4.3	4.3	4.3	4.3	4.3	4.2	4.2
26.00	4.4	4.4	4.4	4.4	4.4	4.4	4.4	4.4	4.4	4.4	4.3	4.3
26.25	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.4	4.4
26.50	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5

TABLA 2 (cont.)

T ^o C	85.0	87.5	90.0	92.5	95.0	97.5	100.0	102.5	105.0	107.5	110.0	112.5
0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
.25	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
.50	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
.75	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1.25	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1.50	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1.75	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2.25	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2.50	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2.75	0.1	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
3.00	0.1	0.1	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
3.25	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
3.50	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
3.75	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
4.00	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
4.25	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
4.50	0.2	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
4.75	0.2	0.2	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
5.00	0.2	0.2	0.2	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
5.25	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
5.50	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
5.75	0.3	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
6.00	0.3	0.3	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
6.25	0.3	0.3	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
6.50	0.3	0.3	0.3	0.3	0.2	0.2	0.2	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
6.75	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.1
7.00	0.4	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
7.25	0.4	0.4	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
7.50	0.4	0.4	0.4	0.4	0.3	0.3	0.3	0.3	0.2	0.2	0.2	0.2
7.75	0.5	0.4	0.4	0.4	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.2	0.2	0.2
8.00	0.5	0.5	0.4	0.4	0.4	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.2
8.25	0.5	0.5	0.5	0.4	0.4	0.4	0.4	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3
8.50	0.6	0.5	0.5	0.5	0.4	0.4	0.4	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3
8.75	0.6	0.5	0.5	0.5	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.3	0.3	0.3
9.00	0.6	0.6	0.5	0.5	0.5	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.3	0.3
9.25	0.6	0.6	0.6	0.5	0.5	0.5	0.5	0.4	0.4	0.4	0.4	0.3
9.50	0.7	0.6	0.6	0.6	0.5	0.5	0.5	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4
9.75	0.7	0.7	0.6	0.6	0.6	0.5	0.5	0.5	0.5	0.4	0.4	0.4
10.00	0.7	0.7	0.7	0.6	0.6	0.6	0.5	0.5	0.5	0.4	0.4	0.4
10.25	0.8	0.7	0.7	0.7	0.6	0.6	0.6	0.5	0.5	0.5	0.5	0.4
10.50	0.8	0.8	0.7	0.7	0.7	0.7	0.6	0.6	0.5	0.5	0.5	0.5
10.75	0.8	0.8	0.8	0.8	0.7	0.7	0.6	0.6	0.6	0.5	0.5	0.5
11.00	0.9	0.8	0.8	0.8	0.7	0.7	0.7	0.6	0.6	0.6	0.6	0.5
11.25	0.9	0.9	0.8	0.8	0.8	0.7	0.7	0.6	0.6	0.6	0.6	0.5
11.50	0.9	0.9	0.9	0.9	0.8	0.8	0.7	0.7	0.7	0.6	0.6	0.6
11.75	1.0	0.9	0.9	0.9	0.8	0.8	0.8	0.7	0.7	0.7	0.6	0.6
12.00	1.0	1.0	0.9	0.9	0.8	0.8	0.8	0.7	0.7	0.7	0.7	0.6
12.25	1.1	1.0	1.0	1.0	0.9	0.9	0.8	0.8	0.8	0.8	0.7	0.7
12.50	1.1	1.1	1.0	1.0	0.9	0.9	0.9	0.8	0.8	0.8	0.7	0.7
12.75	1.2	1.1	1.1	1.1	1.0	1.0	0.9	0.9	0.8	0.8	0.8	0.7
13.00	1.2	1.2	1.1	1.1	1.0	1.0	1.0	0.9	0.9	0.9	0.8	0.8

	85.0	87.5	90.0	92.5	95.0	97.5	100.0	102.5	105.0	107.5	110.0	112.5
°C												
13.25	1.2	1.2	1.2	1.1	1.1	1.0	1.0	1.0	0.9	0.9	0.9	0.8
13.50	1.3	1.2	1.2	1.2	1.1	1.1	1.0	1.0	1.0	0.9	0.9	0.9
13.75	1.3	1.3	1.2	1.2	1.1	1.1	1.1	1.1	1.0	1.0	0.9	0.9
14.00	1.4	1.3	1.3	1.2	1.2	1.1	1.1	1.1	1.0	1.0	1.0	0.9
14.25	1.4	1.3	1.3	1.3	1.2	1.2	1.2	1.1	1.1	1.0	1.0	1.0
14.50	1.5	1.4	1.4	1.3	1.3	1.2	1.2	1.2	1.1	1.1	1.0	1.0
14.75	1.5	1.4	1.4	1.3	1.3	1.3	1.3	1.2	1.1	1.1	1.1	1.1
15.00	1.6	1.5	1.5	1.4	1.4	1.3	1.3	1.3	1.2	1.1	1.1	1.1
15.25	1.6	1.6	1.5	1.5	1.5	1.4	1.4	1.3	1.2	1.2	1.2	1.2
15.50	1.7	1.6	1.6	1.6	1.5	1.5	1.4	1.4	1.3	1.3	1.3	1.2
15.75	1.7	1.7	1.7	1.6	1.6	1.5	1.5	1.4	1.3	1.3	1.3	1.3
16.00	1.8	1.7	1.7	1.7	1.6	1.6	1.5	1.5	1.4	1.4	1.4	1.3
16.25	1.8	1.8	1.8	1.7	1.7	1.6	1.6	1.5	1.4	1.4	1.4	1.4
16.50	1.9	1.8	1.8	1.7	1.7	1.7	1.6	1.6	1.5	1.5	1.5	1.4
16.75	1.9	1.9	1.9	1.8	1.8	1.7	1.7	1.6	1.6	1.5	1.5	1.5
17.00	2.0	1.9	1.9	1.8	1.8	1.8	1.7	1.7	1.7	1.6	1.6	1.5
17.25	2.1	2.0	2.0	1.9	1.9	1.8	1.8	1.7	1.7	1.6	1.6	1.6
17.50	2.1	2.0	2.0	2.0	1.9	1.9	1.8	1.8	1.7	1.7	1.7	1.6
17.75	2.2	2.1	2.1	2.0	2.0	1.9	1.9	1.8	1.8	1.8	1.8	1.7
18.00	2.3	2.2	2.1	2.1	2.1	2.0	2.0	1.9	1.9	1.8	1.8	1.8
18.25	2.3	2.2	2.2	2.2	2.2	2.1	2.1	2.0	1.9	1.9	1.9	1.8
18.50	2.4	2.3	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.0	2.0	1.9	1.9	1.9
18.75	2.4	2.3	2.3	2.3	2.3	2.2	2.2	2.1	2.0	2.0	2.0	2.0
19.00	2.5	2.4	2.4	2.3	2.3	2.3	2.3	2.1	2.1	2.0	2.0	2.0
19.25	2.5	2.4	2.4	2.4	2.4	2.3	2.3	2.2	2.1	2.1	2.1	2.1
19.50	2.6	2.5	2.5	2.4	2.4	2.4	2.4	2.2	2.2	2.2	2.2	2.1
19.75	2.6	2.5	2.5	2.5	2.5	2.4	2.4	2.3	2.2	2.2	2.2	2.2
20.00	2.7	2.6	2.6	2.6	2.5	2.5	2.5	2.4	2.3	2.3	2.3	2.3
20.25	2.8	2.7	2.7	2.6	2.6	2.6	2.6	2.5	2.4	2.4	2.4	2.4
20.50	2.8	2.8	2.8	2.7	2.7	2.7	2.6	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5
20.75	2.9	2.8	2.8	2.8	2.8	2.7	2.7	2.6	2.6	2.6	2.6	2.6
21.00	3.0	2.9	2.9	2.9	2.8	2.8	2.8	2.7	2.7	2.7	2.7	2.6
21.25	3.0	2.9	2.9	2.9	2.9	2.9	2.8	2.8	2.7	2.7	2.7	2.7
21.50	3.1	3.0	3.0	2.9	2.9	2.9	2.9	2.8	2.8	2.8	2.8	2.7
21.75	3.2	3.1	3.1	3.0	3.0	3.0	3.0	2.9	2.9	2.9	2.9	2.8
22.00	3.2	3.1	3.1	3.1	3.1	3.1	3.1	3.0	3.0	3.0	3.0	2.9
22.25	3.3	3.2	3.2	3.2	3.2	3.2	3.2	3.1	3.0	3.0	3.0	3.0
22.50	3.4	3.3	3.3	3.2	3.2	3.2	3.2	3.1	3.1	3.1	3.1	3.1
22.75	3.5	3.4	3.4	3.3	3.3	3.3	3.3	3.2	3.2	3.2	3.2	3.2
23.00	3.6	3.5	3.5	3.4	3.4	3.4	3.4	3.3	3.3	3.3	3.3	3.3
23.25	3.6	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.4	3.3	3.3	3.3	3.3
23.50	3.7	3.6	3.6	3.6	3.6	3.6	3.5	3.5	3.4	3.4	3.4	3.4
23.75	3.7	3.7	3.7	3.6	3.6	3.6	3.6	3.6	3.5	3.5	3.5	3.4
24.00	3.8	3.7	3.7	3.7	3.7	3.7	3.6	3.6	3.5	3.5	3.5	3.5
24.25	3.9	3.8	3.8	3.8	3.8	3.8	3.7	3.7	3.6	3.6	3.6	3.6
24.50	3.9	3.8	3.8	3.8	3.8	3.8	3.8	3.8	3.7	3.7	3.7	3.7
24.75	4.0	3.9	3.9	3.9	3.9	3.9	3.9	3.9	3.8	3.8	3.8	3.8
25.00	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	3.9	3.9	3.9	3.9
25.25	4.1	4.1	4.1	4.1	4.1	4.1	4.1	4.1	4.0	4.0	4.0	4.0
25.50	4.2	4.2	4.2	4.2	4.2	4.2	4.2	4.2	4.1	4.1	4.1	4.1
25.75	4.3	4.3	4.3	4.3	4.3	4.3	4.3	4.3	4.2	4.2	4.2	4.2
26.00	4.4	4.4	4.4	4.4	4.4	4.4	4.4	4.4	4.3	4.3	4.3	4.3
26.25	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.4	4.4	4.4	4.4
26.50	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5

Table 2 (cont.)

	11.0	117.5	120.0	122.5	125.0	127.5	130.0	132.5	135.0	137.5	140.0
T ₉₀											
0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
.25	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
.50	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
.75	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1.25	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1.50	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1.75	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2.25	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2.50	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2.75	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
3.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
3.25	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
3.50	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
3.75	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
4.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
4.25	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
4.50	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
4.75	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
5.00	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
5.25	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
5.50	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
5.75	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
6.00	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0
6.25	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0
6.50	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0
6.75	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.0
7.00	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.0
7.25	0.2	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
7.50	0.2	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
7.75	0.2	0.2	0.2	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
8.00	0.2	0.2	0.2	0.2	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
8.25	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
8.50	0.3	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.1	0.1	0.1	0.1
8.75	0.3	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.1	0.1	0.1
9.00	0.3	0.3	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.1	0.1	0.1
9.25	0.3	0.3	0.3	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.1	0.1	0.1
9.50	0.3	0.3	0.3	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.1
9.75	0.4	0.3	0.3	0.3	0.3	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
10.00	0.4	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
10.25	0.4	0.4	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.2	0.2	0.2	0.2
10.50	0.4	0.4	0.4	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.2	0.2	0.2
10.75	0.5	0.4	0.4	0.4	0.4	0.3	0.3	0.3	0.2	0.2	0.2
11.00	0.5	0.5	0.4	0.4	0.4	0.4	0.3	0.3	0.3	0.2	0.2
11.25	0.5	0.5	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.3	0.3	0.3	0.3
11.50	0.5	0.5	0.5	0.4	0.4	0.4	0.4	0.3	0.3	0.3	0.3
11.75	0.6	0.5	0.5	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.3	0.3	0.3
12.00	0.6	0.5	0.5	0.5	0.5	0.4	0.4	0.4	0.3	0.3	0.3
12.25	0.6	0.6	0.6	0.5	0.5	0.5	0.5	0.4	0.4	0.3	0.3
12.50	0.7	0.6	0.6	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.4	0.4	0.4
12.75	0.7	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.5	0.5	0.4	0.4	0.4
13.00	0.7	0.7	0.7	0.6	0.6	0.6	0.6	0.5	0.5	0.4	0.4

TABLE 2 (cont.)

	115.0	117.5	120.0	122.5	125.0	127.5	130.0	132.5	135.0	137.5	140.0
T ^{°C}											
13.25	0.7	0.7	0.7	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.5	0.5	0.5
13.50	0.8	0.8	0.7	0.7	0.7	0.6	0.6	0.6	0.5	0.5	0.5
13.75	0.8	0.8	0.8	0.7	0.7	0.7	0.6	0.6	0.6	0.5	0.5
14.00	0.8	0.8	0.8	0.7	0.7	0.7	0.7	0.6	0.6	0.5	0.5
14.25	0.9	0.9	0.8	0.8	0.8	0.7	0.7	0.7	0.6	0.5	0.5
14.50	0.9	0.9	0.9	0.8	0.8	0.8	0.7	0.7	0.6	0.6	0.6
14.75	1.0	1.0	0.9	0.9	0.8	0.8	0.8	0.7	0.7	0.6	0.6
15.00	1.0	1.0	1.0	0.9	0.9	0.9	0.8	0.8	0.7	0.7	0.7
15.25	1.1	1.1	1.0	1.0	0.9	0.9	0.9	0.8	0.8	0.7	0.7
15.50	1.2	1.1	1.1	1.0	1.0	1.0	0.9	0.9	0.8	0.8	0.8
15.75	1.2	1.1	1.1	1.1	1.1	1.0	1.0	0.9	0.9	0.8	0.8
16.00	1.3	1.2	1.2	1.1	1.1	1.1	1.0	1.0	0.9	0.9	0.9
16.25	1.3	1.2	1.2	1.2	1.1	1.1	1.1	1.0	1.0	0.9	0.9
16.50	1.4	1.3	1.2	1.2	1.2	1.1	1.1	1.1	1.0	0.9	0.9
16.75	1.4	1.3	1.3	1.2	1.2	1.2	1.2	1.1	1.0	1.0	1.0
17.00	1.5	1.4	1.3	1.3	1.3	1.3	1.2	1.2	1.1	1.0	1.0
17.25	1.6	1.5	1.4	1.3	1.3	1.3	1.3	1.2	1.2	1.1	1.1
17.50	1.6	1.5	1.5	1.4	1.4	1.4	1.3	1.3	1.2	1.2	1.2
17.75	1.7	1.6	1.5	1.5	1.5	1.4	1.4	1.4	1.3	1.2	1.2
18.00	1.8	1.7	1.6	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.4	1.3	1.3
18.25	1.8	1.7	1.6	1.6	1.6	1.6	1.5	1.5	1.4	1.4	1.4
18.50	1.9	1.8	1.7	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.5	1.4	1.4
18.75	1.9	1.8	1.8	1.7	1.7	1.7	1.6	1.6	1.5	1.5	1.5
19.00	1.9	1.8	1.8	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.6	1.5	1.5
19.25	2.0	1.9	1.9	1.8	1.8	1.8	1.7	1.7	1.7	1.6	1.6
19.50	2.1	2.0	1.9	1.9	1.9	1.9	1.8	1.8	1.7	1.7	1.6
19.75	2.2	2.0	2.0	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.8	1.8	1.7
20.00	2.2	2.1	2.1	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	1.9	1.9	1.8
20.25	2.3	2.2	2.2	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.0	2.0	1.9
20.50	2.4	2.3	2.3	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.1	2.1	2.0
20.75	2.5	2.4	2.3	2.3	2.3	2.3	2.3	2.2	2.2	2.1	2.1
21.00	2.6	2.5	2.4	2.4	2.3	2.3	2.3	2.3	2.2	2.2	2.2
21.25	2.7	2.6	2.5	2.4	2.4	2.4	2.4	2.3	2.3	2.3	2.3
21.50	2.7	2.6	2.5	2.5	2.4	2.4	2.4	2.4	2.3	2.3	2.3
21.75	2.8	2.7	2.6	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.4	2.4	2.4
22.00	2.9	2.8	2.7	2.6	2.6	2.6	2.6	2.6	2.6	2.5	2.5
22.25	3.0	2.9	2.8	2.7	2.7	2.7	2.7	2.7	2.7	2.6	2.6
22.50	3.1	3.0	2.9	2.8	2.8	2.8	2.8	2.8	2.8	2.7	2.7
22.75	3.2	3.1	3.0	2.9	2.9	2.9	2.9	2.9	2.9	2.8	2.8
23.00	3.3	3.2	3.1	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	2.9	2.9
23.25	3.3	3.3	3.2	3.1	3.1	3.1	3.1	3.1	3.1	3.0	3.0
23.50	3.4	3.4	3.3	3.2	3.2	3.2	3.2	3.2	3.2	3.1	3.1
23.75	3.5	3.5	3.4	3.3	3.2	3.2	3.2	3.2	3.2	3.2	3.1
24.00	3.5	3.5	3.4	3.3	3.3	3.3	3.3	3.3	3.3	3.3	3.2
24.25	3.6	3.6	3.5	3.4	3.4	3.4	3.4	3.4	3.4	3.4	3.3
24.50	3.7	3.7	3.6	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.4
24.75	3.8	3.8	3.7	3.6	3.6	3.6	3.6	3.6	3.6	3.6	3.5
25.00	3.9	3.9	3.8	3.8	3.8	3.8	3.8	3.8	3.8	3.8	3.7
25.25	4.0	4.0	3.9	3.9	3.9	3.9	3.9	3.9	3.9	3.9	3.8
25.50	4.1	4.1	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	3.9
25.75	4.2	4.2	4.2	4.2	4.2	4.2	4.2	4.2	4.2	4.2	4.1
26.00	4.3	4.3	4.3	4.3	4.3	4.3	4.3	4.3	4.3	4.3	4.2
26.25	4.4	4.4	4.4	4.4	4.4	4.4	4.4	4.4	4.4	4.4	4.3
26.50	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.4

UNIGEM - C.W. Thornthwaite and J.R. Mather, Instructions and Tables for Computing Potential Evapotranspiration and the Water Balance, Publications in Climatology X:3, Drexel Institute of Technology, Centeron, New Jersey, 1957.

TABELA 4

DURAÇÃO MÉDIA MENSAL POSSÍVEL EXPRESSA EM UNIDADES DE 12 HORAS

(HEMISFÉRIO NORTE)

	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
0°	31.2	28.2	31.2	30.3	31.2	30.3	31.2	31.2	30.3	31.2	30.3	31.2
1	31.2	28.2	31.2	30.3	31.2	30.3	31.2	31.2	30.3	31.2	30.3	31.2
2	31.2	28.2	31.2	30.3	31.5	30.6	31.2	31.2	30.3	31.2	30.0	30.9
3	30.9	28.2	30.9	30.3	31.5	30.6	31.5	31.2	30.3	31.2	30.0	30.9
4	30.9	27.9	30.9	30.6	31.8	30.9	31.5	31.5	30.3	30.9	30.0	30.6
5	30.6	27.9	30.9	30.6	31.8	30.9	31.8	31.5	30.3	30.9	29.7	30.6
6	30.6	27.9	30.9	30.6	31.8	31.2	31.8	31.5	30.3	30.9	29.7	30.3
7	30.3	27.6	30.9	30.6	32.1	31.2	32.1	31.8	30.3	30.9	29.7	30.3
8	30.3	27.6	30.9	30.9	32.1	31.5	32.1	31.8	30.6	30.6	29.4	30.0
9	30.0	27.6	30.9	30.9	32.4	31.5	32.4	31.8	30.6	30.6	29.4	30.0
10	30.0	27.3	30.9	30.9	32.4	31.8	32.4	32.1	30.6	30.6	29.4	29.7
11	29.7	27.3	30.9	30.9	32.7	31.8	32.7	32.1	30.6	30.6	29.1	29.7
12	29.7	27.3	30.9	31.2	32.7	32.1	33.0	32.1	30.6	30.3	29.1	29.4
13	29.4	27.3	30.9	31.2	33.0	32.1	33.0	32.4	30.6	30.3	28.8	29.4
14	29.4	27.3	30.9	31.2	33.0	32.4	33.3	32.4	30.6	30.3	28.8	29.1
15	29.1	27.3	30.9	31.2	33.3	32.4	33.6	32.4	30.6	30.3	28.5	29.1
16	29.1	27.3	30.9	31.2	33.3	32.7	33.6	32.7	30.6	30.3	28.5	28.8
17	28.8	27.3	30.9	31.5	33.6	32.7	33.9	32.7	30.6	30.0	28.2	28.8
18	28.8	27.0	30.9	31.5	33.6	33.0	33.9	33.0	30.6	30.0	28.2	28.5
19	28.5	27.0	30.9	31.5	33.9	33.0	34.2	33.0	30.6	30.0	27.9	28.5
20	28.5	27.0	30.9	31.5	33.9	33.3	34.2	33.3	30.6	30.0	27.9	28.2
21	28.2	27.0	30.9	31.5	33.9	33.3	34.5	33.3	30.6	30.0	27.6	28.2
22	28.2	26.7	30.9	31.8	34.2	33.6	34.5	33.3	30.6	29.7	27.6	27.9
23	27.9	26.7	30.9	31.8	34.2	33.9	34.8	33.6	30.6	29.7	27.6	27.6
24	27.9	26.7	30.9	31.8	34.5	34.2	34.8	33.6	30.6	29.7	27.3	27.6
25	27.9	26.7	30.9	31.8	34.5	34.2	35.1	33.6	30.6	29.7	27.3	27.3
26	27.6	26.4	30.9	32.1	34.8	34.5	35.1	33.6	30.6	29.7	27.3	27.3
27	27.6	26.4	30.9	32.1	34.8	34.5	35.4	33.9	30.6	29.7	27.0	27.0
28	27.3	26.4	30.9	32.1	35.1	34.8	35.4	33.9	30.9	29.4	27.0	27.0
29	27.3	26.1	30.9	32.1	35.1	34.8	35.7	33.9	30.9	29.4	26.7	26.7
30	27.0	26.1	30.9	32.4	35.4	35.1	36.0	34.2	30.9	29.4	26.7	26.4
31	27.0	26.1	30.9	32.4	35.4	35.1	36.0	34.2	30.9	29.4	26.4	26.4
32	26.7	25.8	30.9	32.4	35.7	35.4	36.3	34.5	30.9	29.4	26.4	26.1
33	26.4	25.8	30.9	32.7	35.7	35.7	36.3	34.5	30.9	29.1	26.1	25.8
34	26.4	25.8	30.9	32.7	36.0	36.0	36.6	34.8	30.9	29.1	26.1	25.8
35	26.1	25.5	30.9	32.7	36.3	36.3	36.9	34.8	30.9	29.1	25.8	25.5
36	26.1	25.5	30.9	33.0	36.3	36.6	37.2	34.8	30.9	29.1	25.8	25.2
37	25.8	25.5	30.9	33.0	36.6	36.9	37.5	35.1	30.9	29.1	25.5	24.9
38	25.5	25.2	30.9	33.0	36.9	37.2	37.5	35.1	31.2	28.8	25.2	24.9
39	25.5	25.2	30.9	33.3	36.9	37.2	37.8	35.4	31.2	28.8	25.2	24.6
40	25.2	24.9	30.9	33.3	37.2	37.5	38.1	35.4	31.2	28.8	24.9	24.3
41	24.9	24.9	30.9	33.3	37.5	37.8	38.1	35.7	31.2	28.8	24.6	24.0
42	24.6	24.6	30.9	33.6	37.8	38.1	38.4	35.7	31.2	28.5	24.6	23.7
43	24.3	24.6	30.6	33.6	37.8	38.4	38.7	36.0	31.2	28.5	24.3	23.1
44	24.3	24.3	30.6	33.6	38.1	38.7	39.0	36.0	31.2	28.5	24.0	22.8
45	24.0	24.3	30.6	33.9	38.4	38.7	39.3	36.3	31.2	28.2	23.7	22.5
46	23.7	24.0	30.6	33.9	38.7	39.0	39.6	36.6	31.2	28.2	23.7	22.2
47	23.1	24.0	30.6	34.2	39.0	39.6	39.9	36.6	31.5	27.9	23.4	21.9
48	22.8	23.7	30.6	34.2	39.3	39.9	40.2	36.9	31.5	27.9	23.1	21.6
49	22.5	23.7	30.6	34.5	39.6	40.2	40.5	37.2	31.5	27.6	22.8	21.3
50	22.2	23.4	30.6	34.5	39.9	40.8	41.1	37.5	31.8	27.6	22.8	21.0

TABELA 5
DURAÇÃO MÉDIA MENSAL POSSÍVEL EXPRESSA EM UNIDADES DE 12 HORAS
(HEMISFÉRIO SUL)

	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
0°	31.2	28.2	31.2	30.3	31.2	30.3	31.2	31.2	30.3	31.2	30.3	31.2
1	31.2	28.2	31.2	30.3	31.2	30.3	31.2	31.2	30.3	31.2	30.3	31.2
2	31.5	28.2	31.2	30.3	30.9	30.9	31.2	31.2	30.3	31.2	30.6	31.5
3	31.5	28.5	31.2	30.6	30.9	30.9	30.9	31.2	30.9	31.2	30.6	31.5
4	31.8	28.5	31.2	30.6	30.9	29.7	30.9	30.9	30.9	31.5	30.6	31.8
5	31.6	28.5	31.2	30.6	30.6	29.7	30.6	30.9	30.9	31.5	30.9	31.8
6	31.8	28.6	31.2	30.6	30.6	29.4	30.6	30.9	30.9	31.5	30.9	32.1
7	32.1	28.8	31.2	30.6	30.6	29.4	30.6	30.6	30.6	31.5	30.9	32.4
8	32.1	28.8	31.5	29.7	30.3	29.1	30.3	30.6	30.6	31.8	31.2	32.4
9	32.4	29.1	31.5	29.7	30.3	29.1	30.6	30.6	30.6	31.8	31.2	32.7
10	32.4	29.1	31.5	29.7	30.3	29.1	30.6	30.3	30.6	31.8	31.5	33.0
11	32.7	29.1	31.5	29.7	30.6	28.8	29.7	30.3	30.6	31.5	31.5	33.0
12	32.7	29.1	31.5	29.7	30.6	28.5	29.7	30.3	30.6	31.8	31.8	33.3
13	33.0	29.4	31.5	29.4	29.7	28.5	29.4	30.0	30.6	32.1	31.8	33.3
14	33.3	29.4	31.5	29.4	29.7	28.2	29.4	30.0	30.6	32.1	32.1	33.6
15	33.6	29.4	31.5	29.4	29.4	28.2	29.1	30.0	30.6	32.1	32.1	33.6
16	33.6	29.7	31.5	29.4	29.4	27.9	29.1	30.0	30.6	32.1	32.1	33.9
17	33.9	29.7	31.5	29.4	29.1	27.9	28.8	29.7	30.6	32.1	32.4	33.9
18	33.9	29.7	31.5	29.1	29.1	27.6	28.8	29.7	30.6	32.4	32.4	34.2
19	34.2	30.0	31.5	29.1	28.8	27.6	28.5	29.7	30.6	32.4	32.7	34.2
20	34.2	30.0	31.5	29.1	28.8	27.3	28.5	29.7	30.6	32.4	32.7	34.5
21	34.5	30.0	31.5	29.1	28.8	27.3	28.2	29.7	30.6	32.4	32.7	34.5
22	34.5	30.0	31.5	29.1	28.5	27.0	28.2	29.4	30.6	32.7	33.0	34.8
23	34.8	30.3	31.5	28.8	28.5	26.7	27.9	29.4	30.6	32.7	33.0	35.1
24	35.1	30.3	31.5	28.8	28.2	26.7	27.9	29.4	30.6	32.7	33.3	35.1
25	35.1	30.3	31.5	28.8	28.2	26.4	27.9	29.4	30.6	33.0	33.3	35.4
26	35.4	30.6	31.5	28.8	28.2	26.4	27.6	29.1	30.6	33.0	33.6	35.4
27	35.4	30.6	31.5	28.8	27.9	26.1	27.6	29.1	30.6	33.3	33.6	35.7
28	35.7	30.6	31.8	28.5	27.9	25.8	27.3	29.1	30.6	33.3	33.9	36.0
29	35.7	30.9	31.8	28.5	27.6	25.8	27.3	28.8	30.6	33.3	33.9	36.0
30	36.0	30.9	31.8	28.5	27.6	25.5	27.0	28.8	30.6	33.6	34.2	36.3
31	36.3	30.9	31.8	28.5	27.3	25.2	27.0	28.8	30.6	33.6	34.5	36.6
32	36.3	30.9	31.8	28.5	27.3	25.2	26.7	28.5	30.6	33.6	34.5	36.9
33	36.6	31.2	31.8	28.2	27.0	24.9	26.4	28.5	30.6	33.9	34.8	36.9
34	36.6	31.2	31.8	28.2	27.0	24.9	26.4	28.5	30.6	33.9	34.8	37.2
35	36.9	31.2	31.8	28.2	26.7	24.6	26.1	28.2	30.6	33.9	35.1	37.5
36	37.2	31.5	31.8	28.2	26.7	24.3	25.8	28.2	30.6	34.2	35.4	37.8
37	37.5	31.5	31.8	28.2	26.4	24.0	25.5	27.9	30.6	34.2	35.7	38.1
38	37.5	31.5	32.1	27.9	26.1	24.0	25.5	27.9	30.6	34.2	35.7	38.1
39	37.8	31.8	32.1	27.9	26.1	23.7	25.2	27.9	30.6	34.5	36.0	38.4
40	38.1	31.8	32.1	27.9	25.8	23.4	25.2	27.6	30.6	34.5	36.0	38.7
41	38.1	32.1	32.1	27.9	25.8	23.1	24.9	27.6	30.6	34.5	36.3	39.0
42	38.4	32.1	32.1	27.6	25.5	22.8	24.6	27.6	30.6	34.8	36.6	39.3
43	38.7	32.4	32.1	27.6	25.2	22.5	24.6	27.3	30.6	34.8	36.6	39.6
44	39.0	32.4	32.1	27.6	24.9	22.2	24.3	27.3	29.7	34.8	36.9	39.9
45	39.3	32.7	32.1	27.6	24.9	21.9	24.0	27.3	29.7	35.1	37.2	40.2
46	39.6	32.7	32.1	27.3	24.6	21.6	23.7	27.0	29.7	35.1	37.5	40.5
47	39.9	33.0	32.1	27.3	24.3	21.3	23.4	27.0	29.7	35.1	37.8	40.8
48	40.2	33.3	32.4	27.0	24.0	21.0	22.8	26.7	29.7	35.4	38.1	41.1
49	40.5	33.3	32.4	27.0	23.7	20.7	22.5	26.7	29.7	35.4	38.4	41.1
50	41.1	33.6	32.4	26.7	23.1	20.1	22.2	26.4	29.7	35.7	38.7	42.3

ORIGEM - C. W. Thornthwaite and J. R. Mather, Instructions and Tables for Computing Potential Evapotranspiration and the Water Balance, Publications in Climatology 113, Drexel Institute of Technology, Philadelphia, New Jersey, 1957.

Balanço Hidrológico Sequencial Mensal, Thornthwaite – Mather

Local; Latitude; Longitude; Altitude; Período; Nº de Anos; Cap. Utiliz. (CU -capacidade de água máxima que o solo pode armazenar)

CU= 100 mm (admite-se CU se encontra satisfeito ao início do período seco - Abril)														
Conhecido														
	1	T(°C)												
Índice calórico, Tab	2	I												
Evapotranspiração não ajustada, Tab	3	(ETP)												
Factor de ajustamento, Tab	4	F												
Conhecido	1,5	R												
3*4 ou Penman ou ...	2,6	ETP												
	3,7	R-ETP												
Perda de água potencial em determinado período de tempo; Valores Acumulados da linha anterior quando Negativos (L<=0)	4,8	L												
Volume Água Armazenado ; [A= CU EXP (L/CU) (Max=CU)	5,9	A												
Variação no armazenamento; AA i = Ai - A(i-1) = CU EXP (L/CU) - A(i-1) (meses com déficit)	6,10	AA												
- Intervalos com déficit hídrico; ETR =R-AA (AA<0) - AA>=0 ETR=ETP	7,11	ETR												
D - Déficit de água no Solo; D=ETP - ETR	8,12	D												
S - Excesso de água no Solo; S= R - (ETP+ AA)	9,13	S												