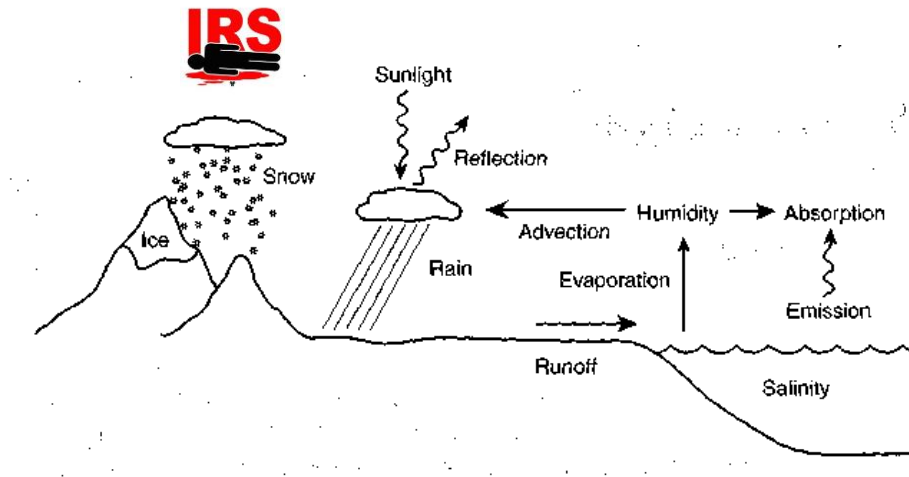



Humidade do Ar



Relacionada com vários processos

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

- Humidade do ar → quantificação do vapor de água existente na atmosfera num dado momento.
- A quantidade de vapor de água que uma dada massa de ar pode conter varia bastante com a temperatura:

 se o ar estiver quente pode conter mais vapor de água do que se estiver frio.

- As grandezas mais importantes através das quais a humidade do ar se pode expressar são:

- Humidade absoluta
- 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.

Humidade Absoluta

Define o conteúdo real da atmosfera em vapor de água

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

Como $e = p_v 4,619T$,

$$\rho_v = \frac{e}{4,619T}$$

Ou

$$\rho_v = \frac{217e}{T} (\text{g/m}^3)$$

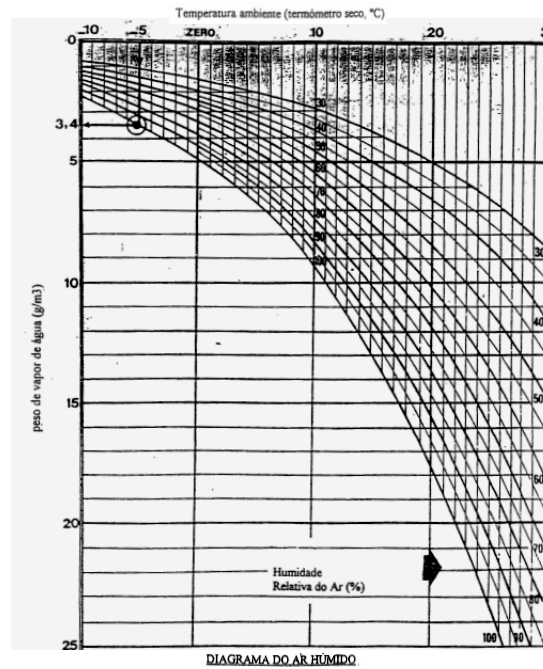
Corresponde à massa de vapor de água que existe na unidade de volume do ar húmido ou seja, massa de vapor de água existente num metro cúbico de ar.



	Parcel Size	Mass of H ₂ O Vapor	Absolute Humidity
	2 m³	10 g	5 g/m³
	1 m³	10 g	10 g/m³

FIGURE 4.7 With the same amount of water vapor in a parcel of air, an increase in volume decreases absolute humidity, whereas a decrease in volume increases absolute humidity.

Para cada temperatura, a humidade absoluta não pode ultrapassar um valor máximo – taxa de saturação ou ponto de saturação (PS) - que corresponde à quantidade máxima de vapor de água que o ar pode conter, a uma determinada temperatura.



Humidade específica

Massa de vapor de água (m_v) que existe por kg de ar húmido ($m_a + m_v$)

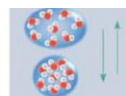
$$q = \frac{m_v}{m_a + m_v} = \frac{\frac{eV_v}{P_a V_a + eV_v}}{\frac{P_a V_a}{R_a T_a} + \frac{eV_v}{R_v T_v}} = \frac{\frac{e}{R_v}}{\frac{P_a}{R_a} + \frac{e}{R_v}}$$

Como $0,622 = \varepsilon = R_a / R_v \Leftrightarrow R_a = \varepsilon R_v$

$$\text{Então } q = \frac{\frac{e}{R_v}}{\frac{P - e}{R_a} + \frac{e}{R_v}} = \frac{\varepsilon e}{P - e + \varepsilon e} = \frac{0,622 e}{P - 0,378 e}$$

Desprezando $0,378e$

$$q = \frac{0,622e}{P} \quad (\text{kg vapor de água/kg ar húmido})$$



Mass of Parcel	Mass of H ₂ O Vapor	Specific Humidity
1 kg	1 g	1 g/kg
1 kg	1 g	1 g/kg

• FIGURE 4.8 The specific humidity does not change as air rises and descends.

Razão de Mistura

Massa de vapor de água (m_v) que existe por kg de ar seco (m_a)

$$W = m_v / m_a$$

Se $PV = mRT$,

$$W = \frac{\frac{eV_v}{P_a V_a}}{\frac{R_a T_a}{P_a V_a}} = \frac{eR_a}{P_a R_v} = \frac{0,622e}{P_a} = \frac{0,622e}{P - e}$$

(kg vapor de água / kg ar seco)

Temperatura

Temperatura do bolbo seco (t_{bs})

Temperatura do bolbo húmido (t_{bh})

Temperatura do ponto de orvalho (t_d)



FIGURE 4.9
The sling psychrometer.

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}

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

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

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

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

$$t_d = ??$$

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

An Introduction to Environmental Biophysics
Campbell, Gaylon S.
1998 Springer-Verlag New York, Inc

Pressure

$$\begin{aligned} 1 \text{ millibar (mb)} &= 1000 \text{ dynes/cm}^2 \\ &= 0.75 \text{ millimeter of mercury} \\ &\quad (\text{mm Hg}) \\ &= 0.02953 \text{ inch of mercury (in. Hg)} \\ &= 0.01450 \text{ pound per square inch} \\ &\quad (\text{lb/in.}^2) \\ &= 100 \text{ pascals (Pa)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 1 \text{ standard atmosphere} &= 1013,25 \text{ mb} \\ &= 760 \text{ mm Hg} \\ &= 29.92 \text{ in. Hg} \\ &= 14.7 \text{ lb/in.}^2 \end{aligned}$$

$$1 \text{ inch of mercury} = 33.865 \text{ mb}$$

$$1 \text{ millimeter of mercury} = 1.3332 \text{ mb}$$

$$\begin{aligned} 1 \text{ pascal} &= 0.01 \text{ mb} \\ &= 1 \text{ N/m}^2 \end{aligned}$$

$$1 \text{ hectopascal (hPa)} = 1 \text{ mb}$$

$$1 \text{ kilopascal (kPa)} = 10 \text{ mb}$$

$$P_{\text{atm (nível mar)}} = 1 \text{ atmosfera} = 10,134 \text{ N/cm}^2 = 760 \text{ mm coluna Hg} = 10,33 \text{ m.c.a.}$$

$$1 \text{ bar} = 10^5 \text{ Pa} = 14,5 \dots = \text{Psi (pound force per square inch), OU libra força por polegada quadrada}$$

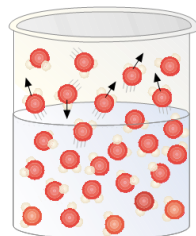


FIGURE 4.2

Water molecules at the surface of the water are evaporating (changing from liquid into vapor) and condensing (changing from vapor into liquid). Since more molecules are evaporating than condensing, net evaporation is occurring. (For clarity, only water molecules are illustrated.)

A tensão de vapor exercida pelo vapor de água num volume de ar saturado chama-se **tensão de saturação** à temperatura desse volume de ar.

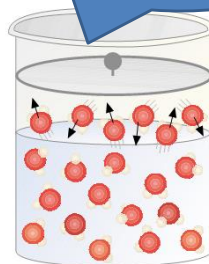


FIGURE 4.3

When the number of water molecules escaping from the liquid (evaporating) balances those returning (condensing), the air above the liquid is saturated with water vapor. (For clarity, only water molecules are illustrated.)

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** $\rightarrow e_{\max}$ ou e_s para diferentes temperaturas, esses valores são relacionados com as **tensões verificadas (e)** ou também chamadas **actuais**

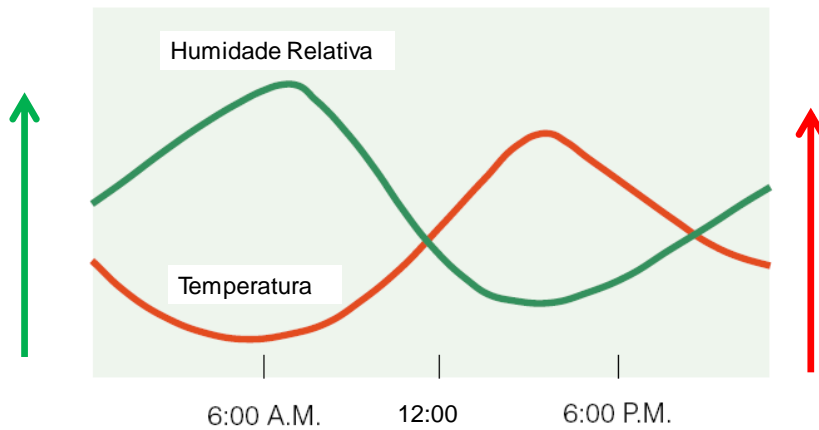
(e_a)

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

$\rightarrow e_{\max}, e_a$ - 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



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)	1.3	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

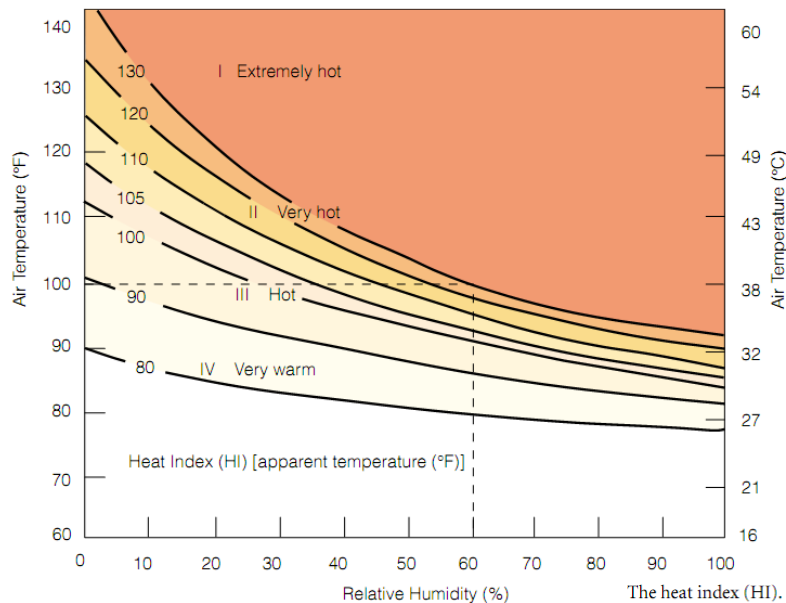
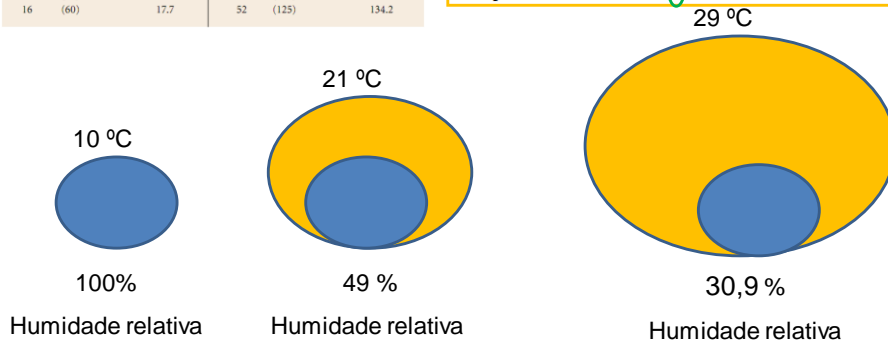


Units/Constants

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 .

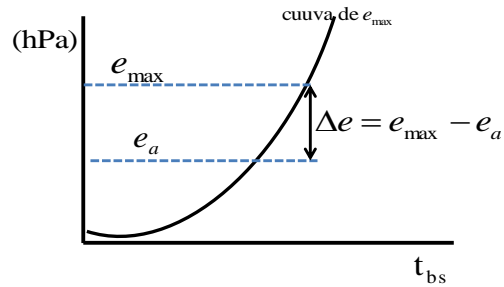


The heat index (HI). To calculate the apparent temperature, find the intersection of the air temperature and the relative humidity.

Défice de saturação / Déficit hídrico do ar / Déficit de tensão de vapor

Exprime o grau de deficiência do ar em humidade, em relação ao estado de saturação.

Corresponde à diferença entre a tensão de vapor saturado (ou máximo) e a tensão de vapor actual :



$$\Delta e = \rho_{max} - \rho_a$$

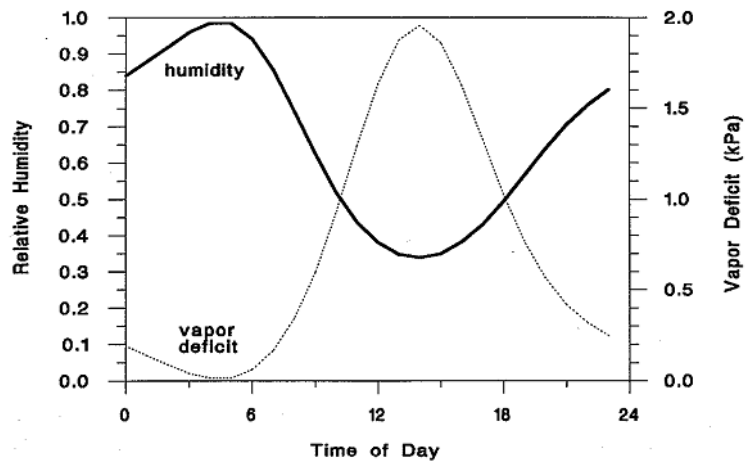
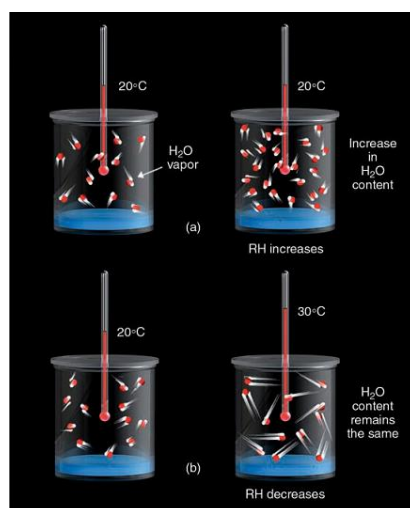


FIGURE 3-3. Diurnal variation in relative humidity and atmospheric vapor deficit for the temperature variation in Fig. 2.2. Vapor pressure is assumed to be constant throughout the day at 1.00 kPa.



● **FIGURE 4.11** (a) At the same air temperature, an increase in the water vapor content of the air increases the relative humidity as the air approaches saturation. (b) With the same water vapor content, an increase in air temperature causes a decrease in relative humidity as the air moves farther away from being saturated.

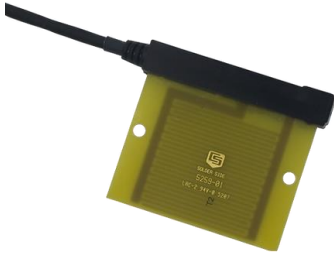


Uma massa de ar com determinado vapor de água pode atingir a saturação se a temperatura baixar (ex. subida do ar em altitude). Mantém-se a humidade absoluta mas aumenta a **Humidade relativa (U ou RH)**, devido á descida da temperatura, atingindo 100%.

Inversamente, numa massa de ar saturada de humidade, o vapor de água pode dissipar-se desde que haja subida da temperatura (devido á descida da massa de ar), a humidade absoluta mantém o mesmo valor, mas a **Humidade relativa (U ou RH)** desce de 100% para um valor inferior.

Equipamentos

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



Leaf Wetness Sensors



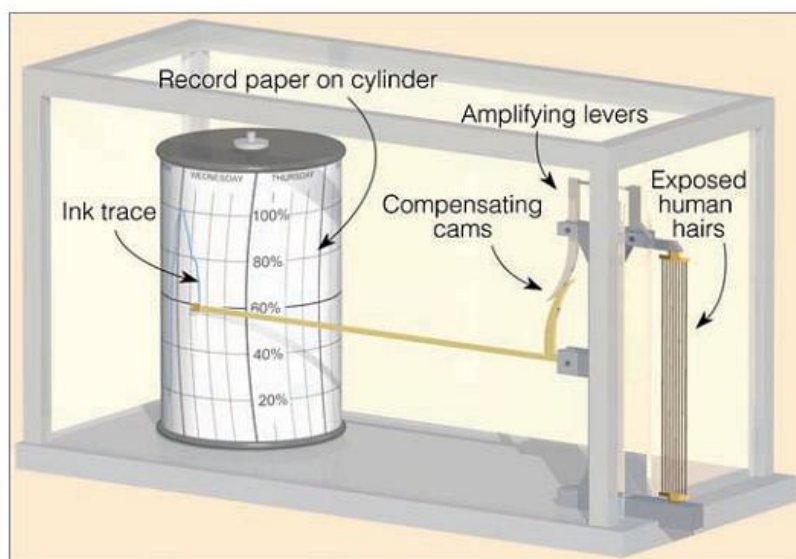
(<http://www.bayercropscience.pt>)



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.

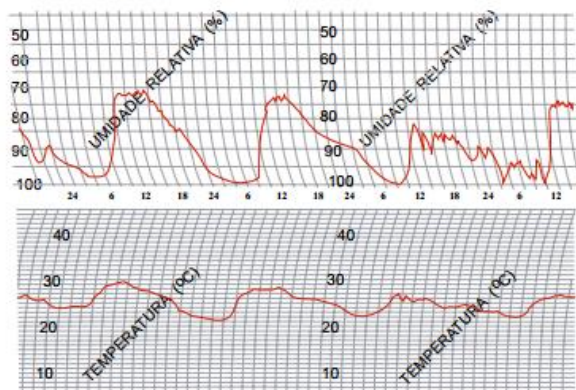
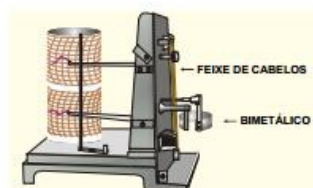


Fig. IV.7 - O termohigrógrafo, um registrador convencional de temperatura e de umidade do ar (acima), usa o termohigrograma como diagrama (abaixo).

Cálculo da Humidade Relativa Média do ar

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

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

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

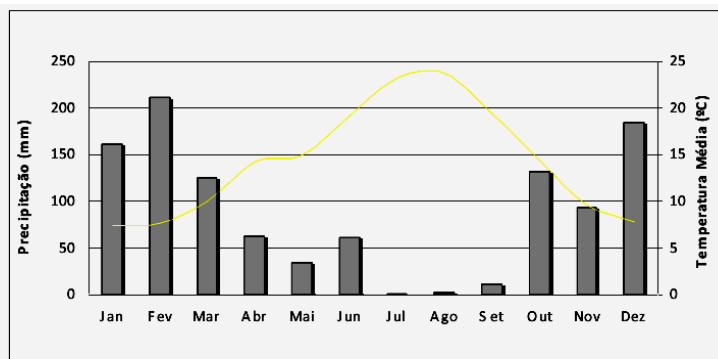


Figura 20. Temperaturas médias mensais (linha) e precipitação mensal do ano 2010 no campo experimental. Dados da estação meteorológico local

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

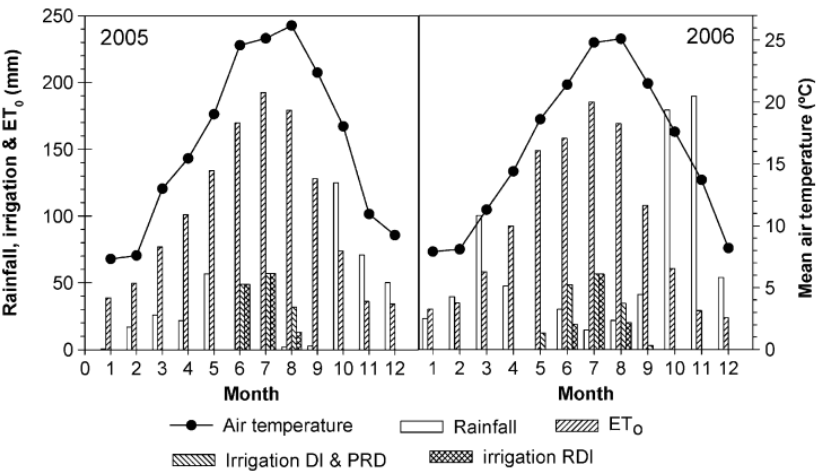


Fig. 1. Mean daily temperature and total monthly rainfall, irrigation and reference evapotranspiration on 2005 and 2006 seasons, at Estremoz, Portugal.

