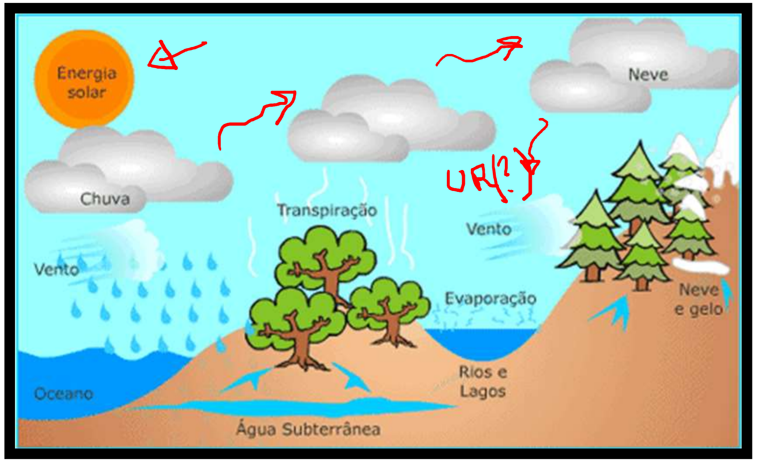
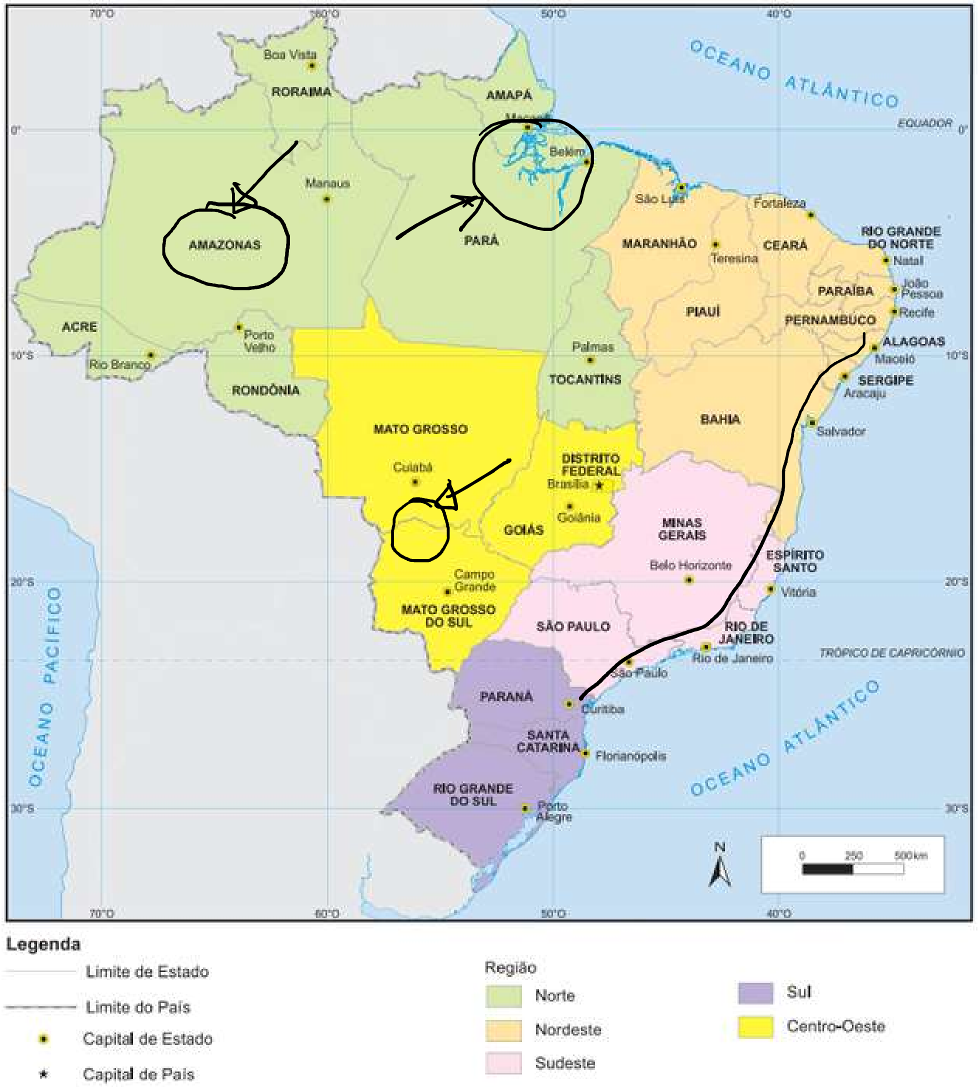
Umidade Relativa do Ar

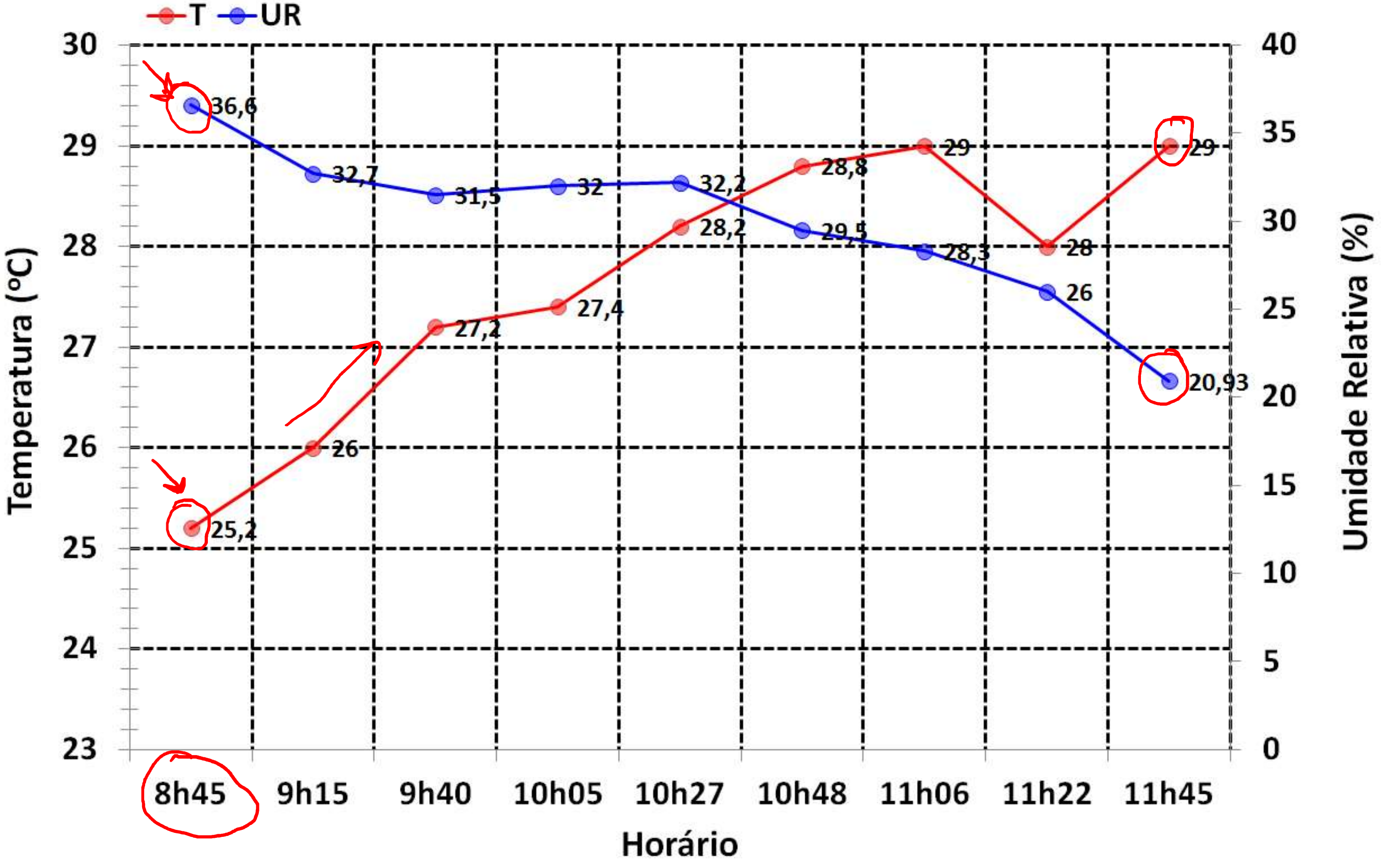

Energia solar
Neve
Chuva
Transpiração
UR(?)
Vento
Vento
Evaporação
Neve e gelo
Oceano
Rios e Lagos
Água Subterrânea


OCEANO ATLÂNTICO
EQUADOR
OCEANO PACÍFICO
OCEANO ATLÂNTICO
TRÓPICO DE CAPRICÓRNIO
70°O
60°O
50°O
40°O
0°
10°S
20°S
30°S
RORAIMA
Boa Vista
AMAPÁ
Macapá
Belém
AMAZONAS
Manaus
PARÁ
São Luís
Fortaleza
MARANHÃO
Teresina
CEARÁ
RIO GRANDE DO NORTE
Natal
PARAÍBA
João Pessoa
PIAUÍ
PERNAMBUCO
Recife
ACRE
Rio Branco
Porto Velho
Palmas
ALAGOAS
Maceió
SERGIPE
Aracaju
RONDÔNIA
TOCANTINS
BAHIA
Salvador
MATO GROSSO
Cuiabá
DISTRITO FEDERAL
Brasília
Goiânia
GOIÁS
MINAS GERAIS
Belo Horizonte
ESPÍRITO SANTO
Vitória
Campo Grande
MATO GROSSO DO SUL
SÃO PAULO
São Paulo
RIO DE JANEIRO
Rio de Janeiro
PARANÁ
Curitiba
SANTA CATARINA
Florianópolis
RIO GRANDE DO SUL
Porto Alegre
N
0 250 500 km
Legenda
Limite de Estado
Limite do País
Capital de Estado
Capital de País
Região
Norte
Nordeste
Sudeste
Sul
Centro-Oeste

Umidade Relativa do Ar

http://www.leb.esalq.usp.br/posto/

↓ Tar ↑ UR
↑ Tar ↓ UR



Umidade Relativa do Ar

Umidade Relativa do Ar

Umidade Relativa do Ar

Presença de vapor d´água na atmosfera

Lei de Dalton

“A pressão exercida por uma mistura de gases ideais em um dado volume V e a uma temperatura absoluta T é igual à soma das pressões Pi, a qual seria exercida respectivamente por cada gás individualmente, se ele sozinho ocupa um mesmo volume V na mesma temperatura T.

$$\sum_{i=1}^{n} P.v_i = \sum_{i=1}^{n} n.R.T_i$$

Densidade do ar:1,1609 kg m^{-3}

Massa molar do ar: 28,56 g/mol

$$n = \frac{m}{\mu}$$

Umidade Relativa do Ar

Presença de vapor d´água na atmosfera

Lei de Dalton →

Parte sêca (Par)

Parte úmida (ea) → Pressão atual de vapor d'água

$P = Par + ea$

Umidade Relativa do Ar

Umidade Relativa do Ar

1) **Definir a Lei de Dalton**

2) **Definir Par, ea, mar e ma**

$$P = P_{ar} + ea$$

$$P_{ar} = P - ea$$

3) **Definir a relação entre (massa molar água e massa molar do ar sêco)**

4) **Definir relações de umidade relativa do ar**
   - **4.1) Umidade Específica (q):**
   - **4.2) Razão de Mistura (W):**
   - **4.3) Umidade Absoluta ou Atual (UA)**
   - **4.4) Umidade de Saturação (US)**
   - **4.5) Conceito de Saturação (Lei de Tetens, UR%)**

$$q = \frac{\mu_a}{m} = \frac{0,622.\,ea}{(P - 0,378.\,ea)} \quad (kg_{vapor} / kg_{ar\ úmido})$$

$$W = \frac{m_a}{m_{ar}} = 0,622.\frac{ea}{P_{ar}} \quad (kg_{vapor} / kg_{ar\ sêco})$$

$$UA = \frac{m_a}{V} = K.\frac{ea}{T} \quad (g/cm^3 \text{ ou } g/m^3)$$

K = 2165 (P = kPa), 2,165 (P = Pa) ou 288 (P = mmHg)

$$US = \frac{m_a}{V} = K.\frac{es}{T} \quad (g/cm^3 \text{ ou } g/m^3)$$

K = 2165 (P = kPa), 2,165 (P = Pa) ou 288 (P = mmHg)

Umidade Relativa do Ar

$$q = \frac{M_a}{m}$$

M_a → 18g/mol

q → Umidade específica

$m = m_a + m_{ar}$

$$\boxed{\varepsilon} = \frac{M_a}{M_{ar}} = \frac{18}{28{,}9} = \boxed{0{,}622}$$

$$\underline{W} = \frac{m_a}{m_{ar}}$$

W → razão de mistura

$$\text{Portanto: } W = \frac{e_a \cdot \cancel{V} \cdot \boxed{M_a}}{\cancel{R \cdot T}} \cdot \frac{\cancel{R \cdot T}}{P_{ar} \cdot \cancel{V} \cdot \boxed{M_{ar}}}$$

$$W = 0{,}622 \cdot \frac{e_a}{P_{ar}}$$

$$P \cdot V = \frac{m}{M} \cdot R \cdot T$$

$$m = \frac{\boxed{P} \cdot V \cdot M}{R \cdot T}$$

$$\boxed{m_a} = \frac{e_a \cdot V \cdot M_a}{R \cdot T} \qquad \boxed{m_{ar}} = \frac{P_{ar} \cdot V \cdot M_{ar}}{R \cdot T}$$

Umidade Relativa do Ar (UR)

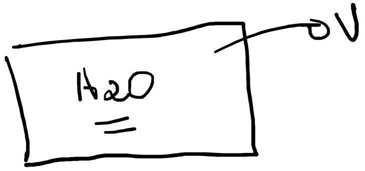
$$\boxed{UR} = \frac{\text{"agora"}}{\text{"máximo"}} = \frac{\boxed{UA}}{\boxed{US}}$$

Ex: $\boxed{50\,g\ H_2O}$ → $100\,g\ H_2O$ → $\boxed{UR = 50\,\%}$

Umidade Relativa do Ar

UA = Umidade atual ou absoluta

$$UA = \frac{ma}{V}$$



$$ma = \frac{ea \cdot V \cdot Ma}{R \cdot T}$$

$$UA = \frac{ea \cdot \cancel{V} \cdot Ma}{R \cdot T \cdot \cancel{V}}$$

$Ma \rightarrow 18\ g/mol$

$R \rightarrow 8{,}314\ \frac{J}{mol\,K} \rightarrow J = Pa \cdot m^3$

$$UA = \boxed{2{,}165} \cdot \frac{ea}{T} \qquad ea \rightarrow Pa \qquad T \rightarrow K$$

$$UA = 2165 \cdot \frac{ea}{T} \qquad ea \rightarrow kPa \qquad T \rightarrow K$$

$$UA = 288 \cdot \frac{ea}{T} \qquad ea \rightarrow mmHg \qquad T \rightarrow K$$

- Pa ✓
- kPa ✓
- mmHg ✓

T = K

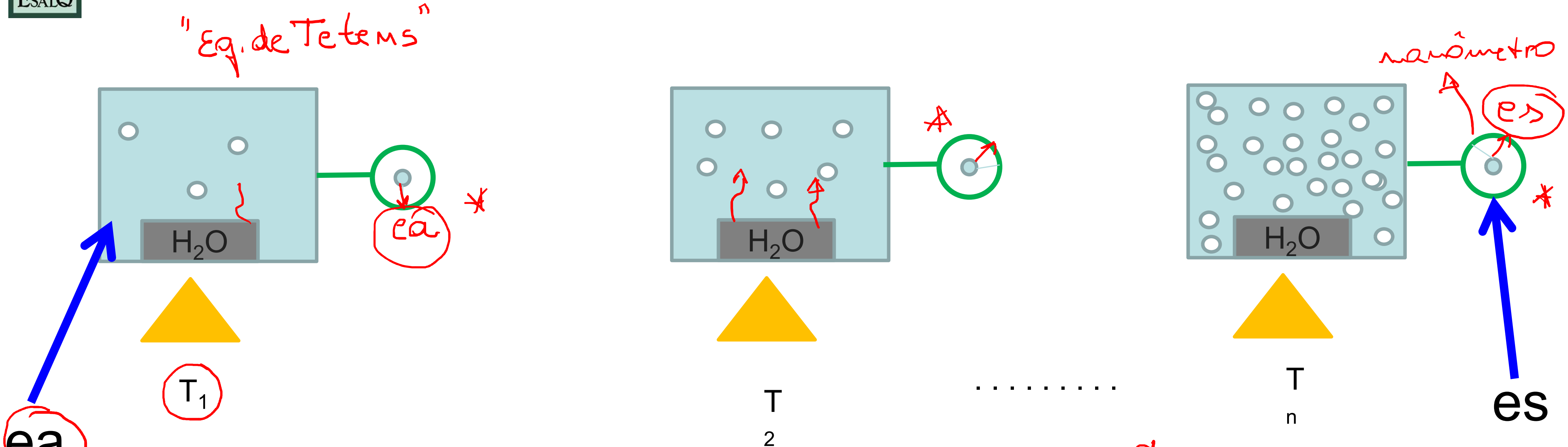
$$UA = \boxed{K} \cdot \frac{ea}{T} \qquad US = K \cdot \frac{es}{T}$$

es = pressão de saturação do vapor d'água

Portanto:

$$\underset{(\%)}{UR} = \frac{UA}{US} \cdot 100 = \frac{\cancel{K} \cdot ea / \cancel{T}}{\cancel{K} \cdot es / \cancel{T}} \Rightarrow \underset{(\%)}{UR} = \frac{ea}{es} \cdot 100$$

Umidade Relativa do Ar

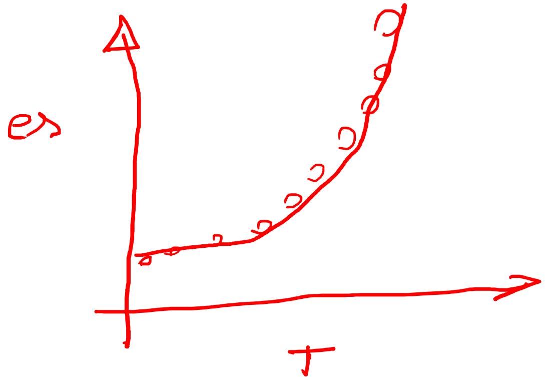

"Eq. de Tetens"
H_2O
ea
*
ea
T_1
es_1
A
H_2O
T_2
es_2
. . . .
manômetro
A
es
*
H_2O
T_n
es_n
es

$$UA = K \cdot \frac{ea}{T}$$

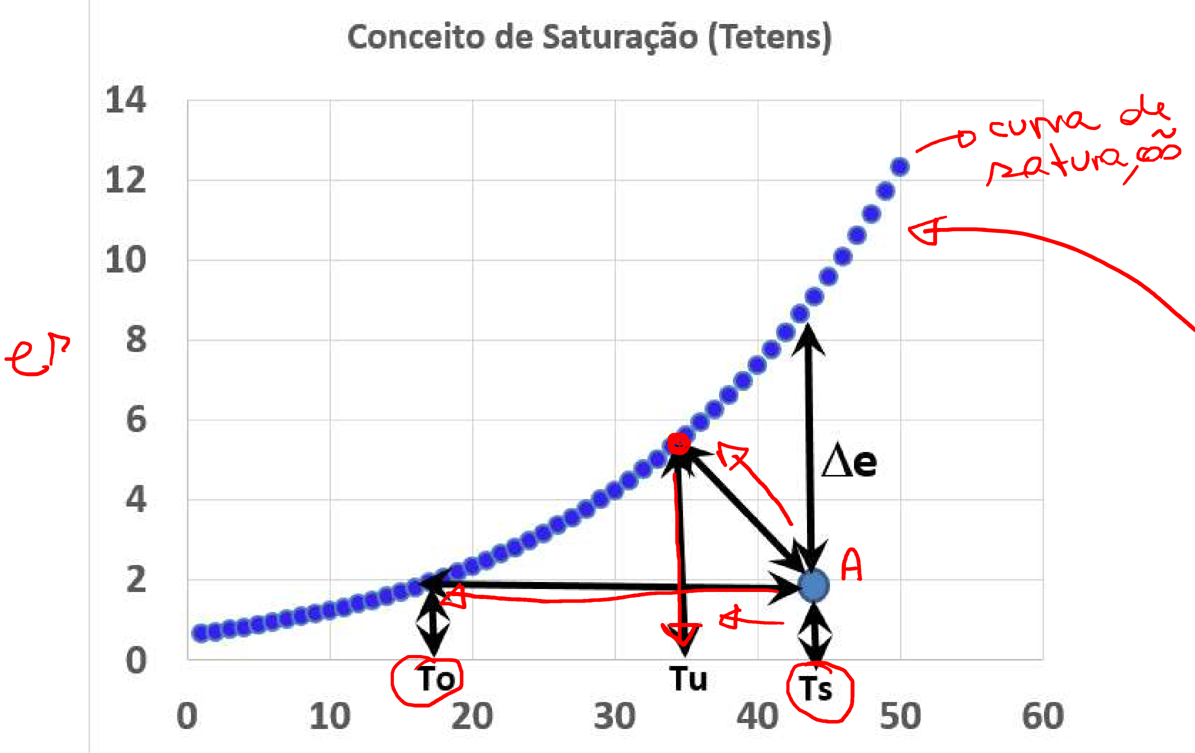
$$\underset{(\%)}{UR} = \frac{UA}{US} \cdot 100$$

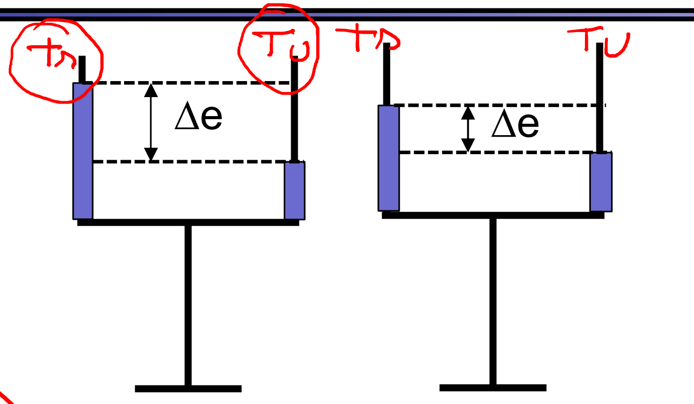
$$US = K \cdot \frac{es}{T}$$

$$\underset{(\%)}{UR} = \boxed{\frac{ea}{es}} \cdot 100$$



Umidade Relativa do Ar





$$e_s = A.10^{\frac{7,5.Ts}{237,3+Ts}}$$

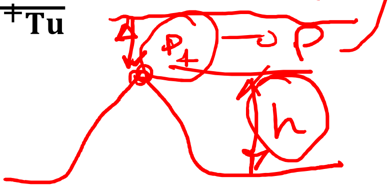
8.10⁻⁴ °C⁻¹

$$e_a = e_{su} - \gamma.P.(Ts - Tu)$$

Pressão do local

Equação do Psicrômetro

$$\mathbf{es_u = A.10^{\frac{7,5 \cdot Tu}{237,3+Tu}}}$$



$$UR(\%) = \frac{UA}{US}.100$$

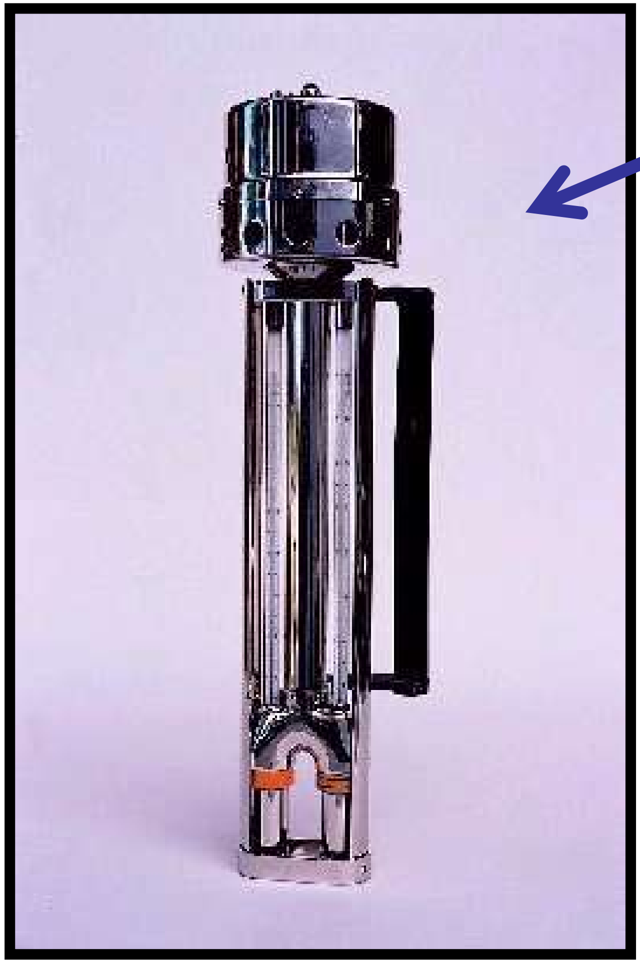
$$UR(\%) = \frac{e_a}{e_s}.100$$

Ts = Temp. do ar sêco ou temp. do termômetro de bulbo sêco

Tu = temp. do termômetro de bulbo úmido

To = temp. do ponto de orvalho

Umidade Relativa do Ar

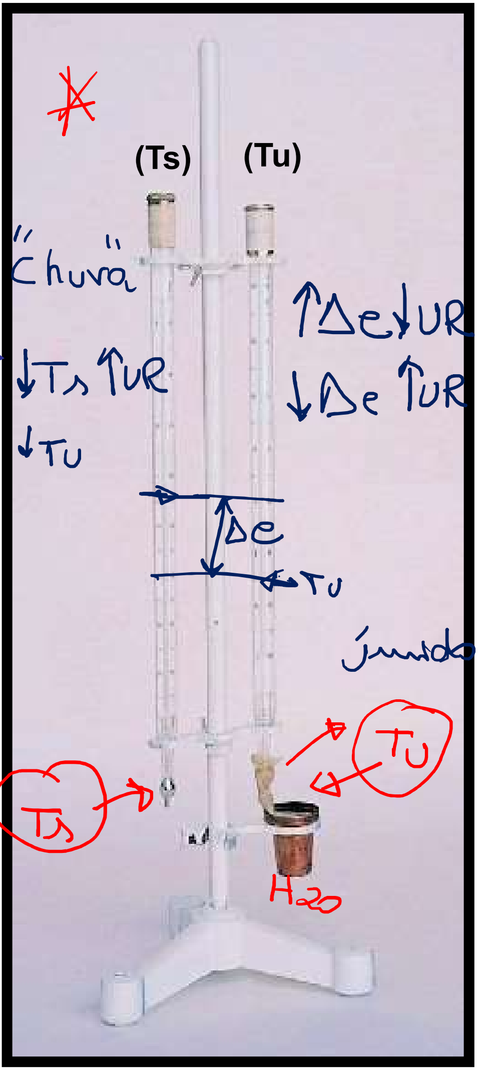


$$\gamma = 6{,}7.10^{-4}\,{}^{o}C^{-1}$$

(para psicrômetros com aspiração forçada)

$$\boxed{\gamma = 8.10^{-4}\,{}^{o}C^{-1}}$$

(para psicrômetros sem aspiração forçada)


(Ts)
(Tu)
"Chuva"
↓Ts ↑UR
↓Tu
↑Δe ↓UR
↓Δe ↑UR
Δe
Tu
úmido
Tu
Ts
H2O

Ts = temperatura do termômetro de bulbo seco (°C)

Tu = temperatura do termômetro de bulbo úmido (°C)

Umidade Relativa do Ar

$$UR\,(\%) = \frac{UA}{US} \cdot 100$$

$$UA = K \cdot \frac{ea}{T \rightarrow (K)}$$

288 = ea = mmHg
2,165 = ea = Pa
2165 = ea = KPa

$$US = K \cdot \frac{es}{T \rightarrow (K)}$$

288 = es = mmHg
2,165 = es = Pa
2165 = es = KPa

$$UR\,(\%) = \frac{ea}{es} \cdot 100$$

$$es = A \cdot 10^{\frac{7,5 \cdot Ts}{237,3 + Ts}}$$ Ts → °C

4,58 = es ⇒ mmHg
0,6108 = es ⇒ KPa
610,8 = es = Pa

$$esu = A \cdot 10^{\frac{7,5 \cdot Tu}{237,3 + Tu}}$$ Tu → °C

$\gamma = 8 \cdot 10^{-4}\,°C^{-1}$

$$ea = esu - \gamma \cdot P \cdot (Ts - Tu)$$
$\rightarrow 8 \cdot 10^{-4}\,°C^{-1}$

$$P = K \cdot \left(1 - \frac{0,0065 \cdot h}{288}\right)^{5,2568}$$

760 = P ⇒ mmHg
101325 = P ⇒ Pa
101,325 P ⇒ KPa

Umidade Relativa do Ar

$$e_s = A.10^{\frac{7,5.Ts}{237,3+Ts}}$$

A = 0,6108 (kPa), 610,8 (Pa) ou A = 4,58 (mmHg)

$$e_a = e_{su} - \gamma.P.(Ts - Tu)$$

$$\gamma = 6,7.10^{-4}\ {}^{o}C^{-1}$$

(para psicrômetros com aspiração forçada)

$$es_u = A.10^{\frac{7,5\cdot Tu}{237,3+Tu}}$$

$$\gamma = 8.10^{-4}\ {}^{o}C^{-1}$$

(para psicrômetros sem aspiração forçada)

$$P = K.\left(1 - \frac{0,0065.h}{288}\right)^{5,2568}$$

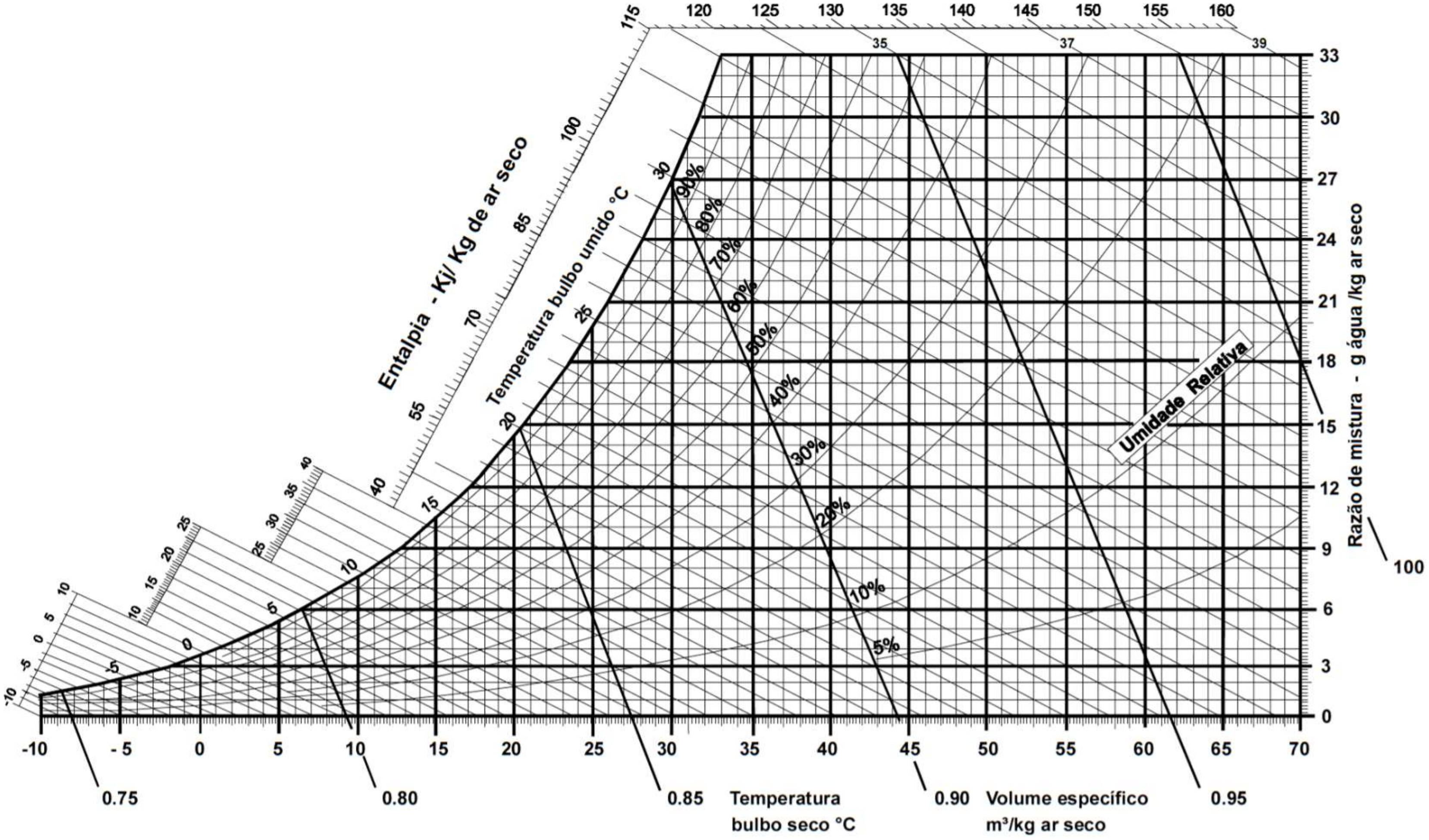
K = 101,325 (P em kPa), 101325 (P em Pa) ou 760 (P em mmHg)

$$UR(\%) = \frac{e_a}{e_s}.100$$

$$To = \frac{237,3.Log\left(\frac{ea}{A}\right)}{7,5 - Log\left(\frac{ea}{A}\right)}$$

A = 0,6108 (kPa), 610,8 (Pa) ou A = 4,58 (mmHg)

$$UR(\%) = \frac{UA}{US}.100$$


Entalpia - Kj/ Kg de ar seco
115
120
125
130
135
140
145
150
155
160
100
85
70
55
40
35
37
39
10
15
20
25
25
30
35
40
-10
-5
0
5
10
Temperatura bulbo umido °C
30
25
20
15
10
5
0
-5
90%
80%
70%
60%
50%
40%
30%
20%
10%
5%
Umidade Relativa
Razão de mistura - g água /kg ar seco
33
30
27
24
21
18
15
12
9
6
3
0
100
-10
- 5
0
5
10
15
20
25
30
35
40
45
50
55
60
65
70
0.75
0.80
0.85
0.90
0.95
Temperatura bulbo seco °C
Volume específico m³/kg ar seco

Ts = 18°C
Tu = 16,1°C } UR = 81,29 %

$$UR_{(\%)} = \frac{ea}{es} \times 100$$

ea = 12,58 mmHg

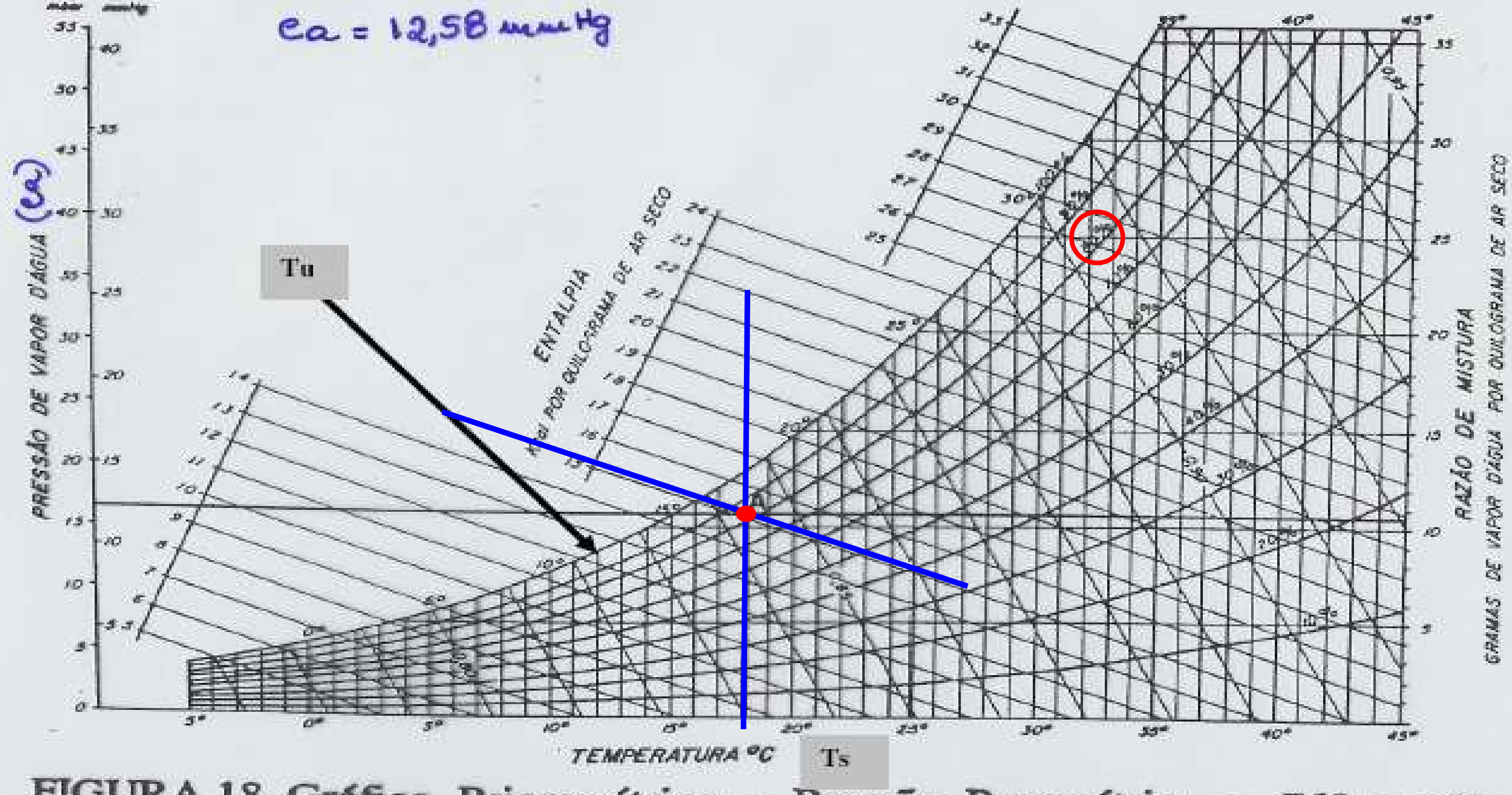
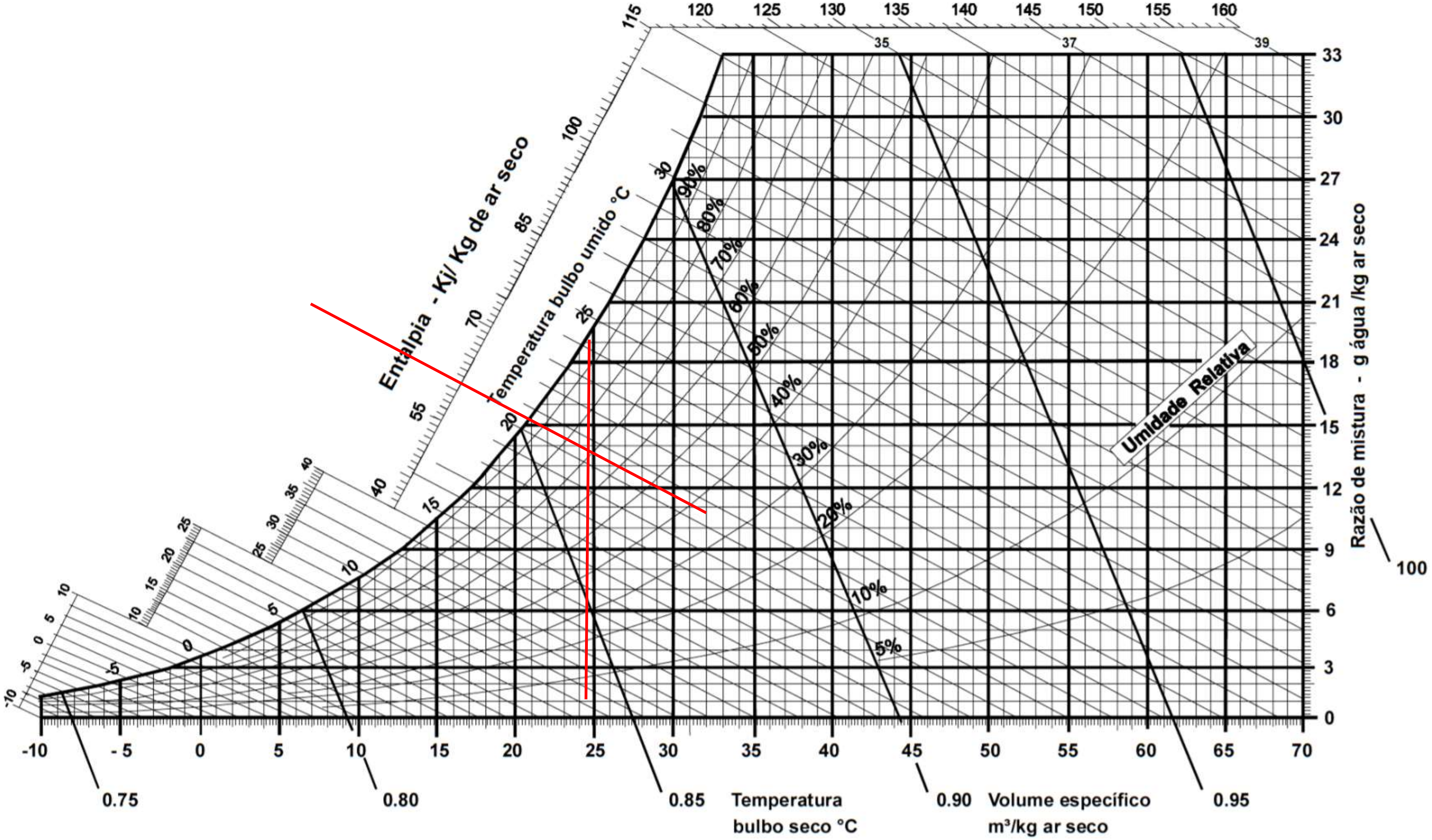


FIGURA 18 Gráfico Psicrométrico – Pressão Barométrica = 760 mmHg (1013 mb).

Umidade Relativa do Ar



Umidade Relativa do Ar

1) Em determinado momento observa-se, num psicrômetro sem aspiração forçada, uma temperatura do bulbo seco de 28 °C e uma temperatura do bulbo úmido de 22 °C. A altitude do local é de 900 metros.
Calcular a pressão atual de vapor (ea), a umidade relativa do ar e o déficit de vapor (Δe) (es-ea).
(Respostas: 2207,17 Pa; 58,40%; 1572,51 Pa)

$$e_s = A.10^{\frac{7,5.Ts}{237,3+Ts}}$$

A = 0,6108 (kPa), 610,8 (Pa) ou A = 4,58 (mmHg)

$$e_a = e_{su} - \gamma.P.(Ts - Tu)$$

$$\gamma = 8.10^{-4}\ {}^{o}C^{-1}$$

(para psicrômetros sem aspiração forçada)

$$e_{su} = A.\,10^{\frac{7,5.Ts}{237,3+Ts}}$$

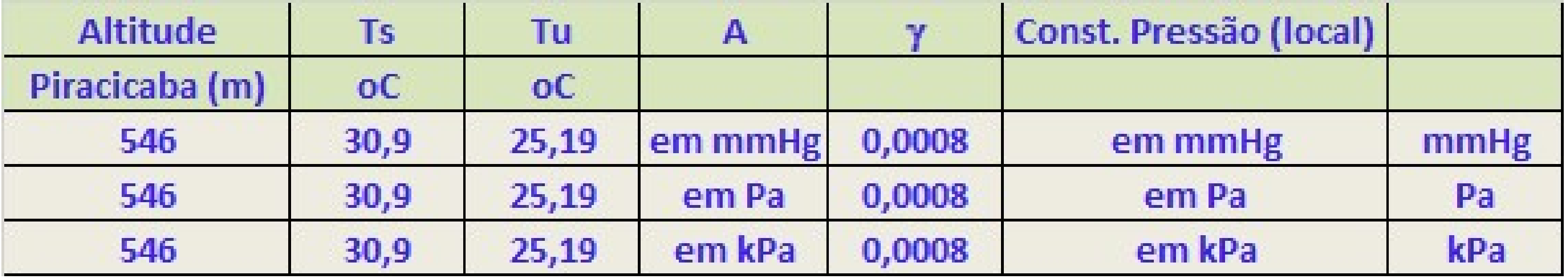
$$\Delta \mathbf{e} = \mathbf{e_s} - \mathbf{e_a}$$

$$P = K.\left(1 - \frac{0,0065.h}{288}\right)^{5,2568}$$

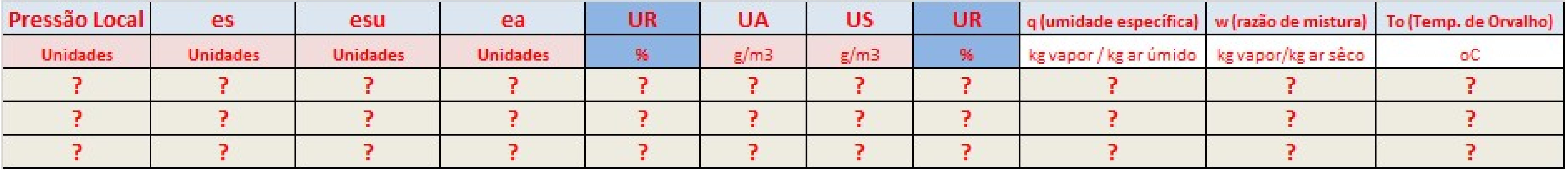
K = 101,325 (P em kPa), 101325 (P em Pa) ou 760 (P em mmHg)

$$UR(\%) = \frac{e_a}{e_s}.100$$

Umidade Relativa do Ar



Altitude Piracicaba (m)	Ts oC	Tu oC	A	γ	Const. Pressão (local)	
546	30,9	25,19	em mmHg	0,0008	em mmHg	mmHg
546	30,9	25,19	em Pa	0,0008	em Pa	Pa
546	30,9	25,19	em kPa	0,0008	em kPa	kPa



Pressão Local	es	esu	ea	UR	UA	US	UR	q (umidade específica)	w (razão de mistura)	To (Temp. de Orvalho)
Unidades	Unidades	Unidades	Unidades	%	g/m3	g/m3	%	kg vapor / kg ar úmido	kg vapor/kg ar sêco	oC
?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?
?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?
?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?