



LEB 1302 - Física para Biologia  
 Prof. Jarbas H. de Miranda e-mail: jhmirand@usp.br

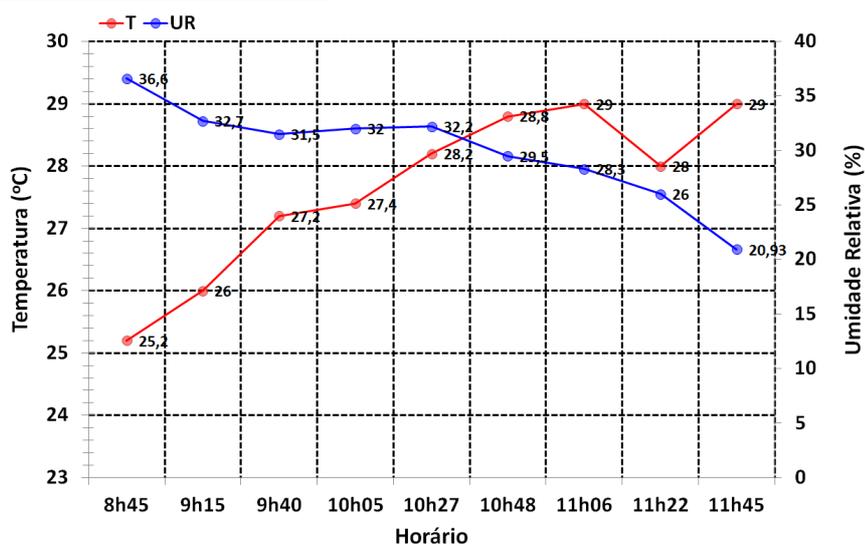
# Aula 10

(Umidade Relativa do Ar)

76



LEB 1302 - Física para Biologia  
 Prof. Jarbas H. de Miranda e-mail: jhmirand@usp.br

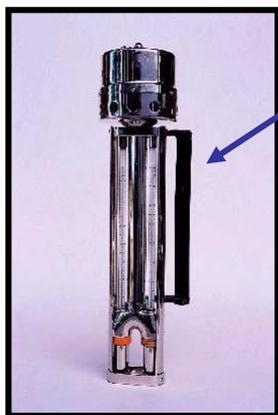


79



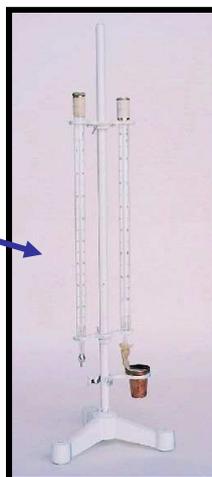
LEB 1302 - Física para Biologia  
 Prof. Jarbas H. de Miranda e-mail: jhmirand@usp.br

### 3) Umidade Relativa do Ar



$C = 6,7 \cdot 10^{-4} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$   
 (para psicrômetros com aspiração forçada)

$C = 8 \cdot 10^{-4} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$   
 (para psicrômetros sem aspiração forçada)

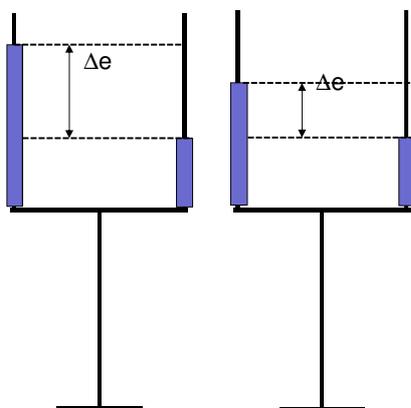


80



LEB 1302 - Física para Biologia  
 Prof. Jarbas H. de Miranda e-mail: jhmirand@usp.br

### 3) Umidade Relativa do Ar



81



LEB 1302 - Física para Biologia  
Prof. Jarbas H. de Miranda e-mail: jhmirand@usp.br

### 3) 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  $P_i$ , a qual seria exercida respectivamente por cada gás individualmente, se ele sozinho ocupa um mesmo volume V na mesma temperatura T.

82



LEB 1302 - Física para Biologia  
Prof. Jarbas H. de Miranda e-mail: jhmirand@usp.br

### 3) Umidade Relativa do Ar

- 1) Definir a Lei de Dalton
- 2) Definir Par, ea, mar e ma
- 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)

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

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

$$P = P_{ar} + ea \quad P_{ar} = P - ea$$

$$q = \frac{\mu a}{m} = \frac{0,622ea}{(P - 0,3780ea)} \text{ (kgvapor / kg ar úmido)}$$

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

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

$$W = \frac{ma}{mar} = 0,622 \frac{ea}{Par} \text{ (kgvapor / kg ar sêco)}$$

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

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

83



LEB 1302 - Física para Biologia  
Prof. Jarbas H. de Miranda e-mail: jhmirand@usp.br

### 3) Umidade Relativa do Ar

- 1) Definir a Lei de Dalton
- 2) Definir Par, ea, mar e ma
- 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 Absoluta ou Atual (UA)
  - 4.2) Umidade de Saturação (US)
  - 4.3) Conceito de Saturação (Lei de Tetens, UR%)

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

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

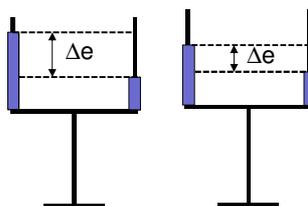
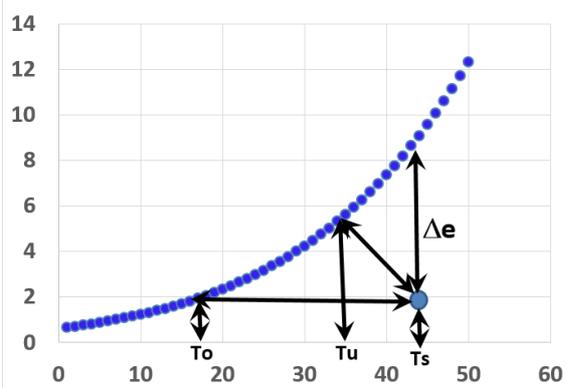
84



LEB 1302 - Física para Biologia  
Prof. Jarbas H. de Miranda e-mail: jhmirand@usp.br

### 3) Umidade Relativa do Ar

Conceito de Saturação (Tetens)



85



LEB 1302 - Física para Biologia  
Prof. Jarbas H. de Miranda e-mail: jhmirand@usp.br

### 3) Umidade Relativa do Ar

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

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

$$\gamma = 6,7 \cdot 10^{-4} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$$

(para psicrômetros com aspiração forçada)

$$\gamma = 8 \cdot 10^{-4} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$$

(para psicrômetros sem aspiração forçada)

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

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

$$T_o = \frac{237,3 \cdot \text{Log}\left(\frac{e_a}{A}\right)}{7,5 - \text{Log}\left(\frac{e_a}{A}\right)}$$

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

$$\text{UR}(\%) = \frac{U_A}{U_S} \cdot 100$$

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

86



LEB 1302 - Física para Biologia  
Prof. Jarbas H. de Miranda e-mail: jhmirand@usp.br

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

$$e_s = A \cdot 10^{\frac{7,5 \cdot T_s}{237,3 + T_s}} \quad \text{Ts e Tu em } ^\circ\text{C}$$

$$\gamma = 6,7 \cdot 10^{-4} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$$

(para psicrômetros com aspiração forçada)

$$\gamma = 8 \cdot 10^{-4} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$$

(para psicrômetros sem aspiração forçada)

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

$$\text{UR}(\%) = \frac{e_a}{e_s} \cdot 100 \quad \text{UR}(\%) = \frac{U_A}{U_S} \cdot 100$$

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

$$T_o = \frac{237,3 \cdot \text{Log}\left(\frac{e_a}{A}\right)}{7,5 - \text{Log}\left(\frac{e_a}{A}\right)}$$

$$U_A = \frac{m_a}{V} = K \frac{e_a}{T} \quad (\text{g/cm}^3 \text{ ou } \text{g/m}^3) \quad T = \text{Kelvin}$$

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

$$U_S = K \frac{e_s}{T} \quad (\text{g/cm}^3 \text{ ou } \text{g/m}^3) \quad T = \text{Kelvin}$$

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

87



LEB 1302 - Física para Biologia  
Prof. Jarbas H. de Miranda e-mail: jhmirand@usp.br

### 3) 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 pressão atmosférica é de  $0,94 \cdot 10^5$  Pa. Calcular a pressão de vapor, a umidade relativa do ar e o déficit de vapor ( $\Delta e$ ).

**(Respostas: 2.192,59 Pa; 58,0%; 1.587,09 Pa)**

$$e_s = A \cdot 10^{\frac{7,5 \cdot T_s}{237,3 + T_s}} \quad \mathbf{A = 0,6108 \text{ (kPa)}, 610,8 \text{ (Pa)} \text{ ou } \mathbf{A = 4,58 \text{ (mmHg)}}$$

$$\gamma = 8 \cdot 10^{-4} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$$

(para psicrômetros sem aspiração forçada)

$$e_a = e_{su} - \gamma \cdot P \cdot (T_s - T_u)$$

$$\Delta e = e_s - e_a$$

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

88



LEB 1302 - Física para Biologia  
Prof. Jarbas H. de Miranda e-mail: jhmirand@usp.br

2) Um reservatório de ar de 100 litros, fechado, encontra-se à temperatura de 300 K e umidade relativa de 10%. Coloca-se dentro do reservatório uma proveta com 100 mL de água.

a) Qual é a pressão de vapor no reservatório à umidade relativa de 10% ?

**(Resposta: 353 Pa)**

b) Qual será o volume de água na proveta quando a umidade relativa atingir 100%? **(Resposta: 97,7 mL)**

c) Considerando que a temperatura se manteve constante, quanto calor foi absorvido pelo reservatório durante o processo de evaporação? (considere que são gastos 2,45 MJ para evaporar 1 kg de água)

**(Resposta: 5,62 kJ)**

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

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

$$m_{\text{água}} = \frac{P \cdot V \cdot \mu_{\text{água}}}{R \cdot T}$$

P = ea (antes)

P = es (saturado)

89