

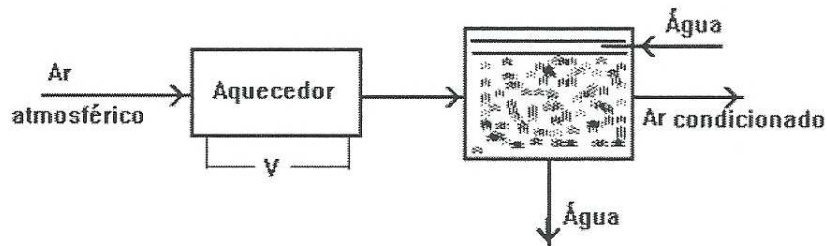
### Caso 4.9

Para condicionar  $28 \text{ m}^3/\text{min}$  (PTS) de ar atmosférico captado a  $13^\circ\text{C}$  com 20 % de humidade relativa, utiliza-se um aquecedor e uma torre de humedificação, tal como está representado na figura. As características exigidas para o ar condicionado são:  $22^\circ\text{C}$ ;  $8^\circ\text{C}$  de ponto de orvalho; pressão atmosférica normal.

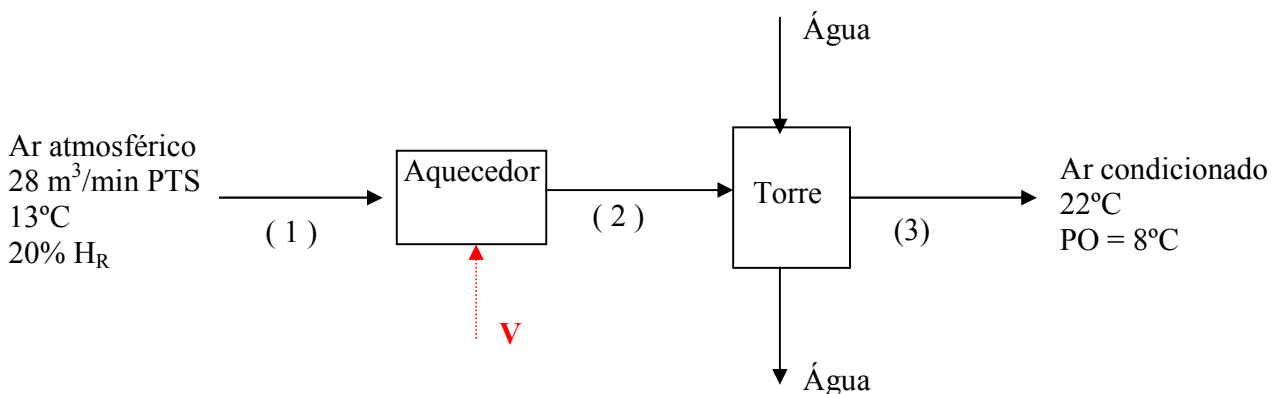
As perdas caloríficas na torre de humedificação cifram-se em  $100 \text{ kcal}/\text{min}$ . Como aproximação, admite-se que a variação do caudal e da temperatura da água que circula na torre de humedificação é desprezável.

Determinar:

- A potência eléctrica útil do aquecedor. (R:  $\cong 20,4 \text{ kW}$ )
- A temperatura e % humidade relativa do ar efluente do aquecedor. (R:  $\cong 46^\circ\text{C}$ ;  $\cong 3\%$ )



Este problema pode ser descrito de um modo mais completo pelo esquema abaixo:



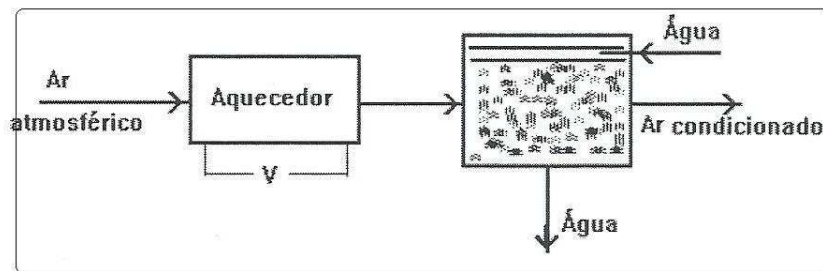
Perdas =  $100 \text{ kcal}/\text{min} = 4,18 \times 10^5 \text{ J}/\text{min}$  (do enunciado)

### Alínea a) Potência a fornecer ao aquecedor

#### Balçoço entálpico

Estado de referência: 0°C, ar (g), H<sub>2</sub>O (l). P<sub>T</sub>

Neste caso, como não sabemos nada das características da corrente (2) temos que definir uma zona de controle global de modo que a corrente (2) se torne uma corrente interna. De notar que neste tipo de problema assume-se que a água entra e sai com a mesma entalpia e não contribui para o balanço entálpico.

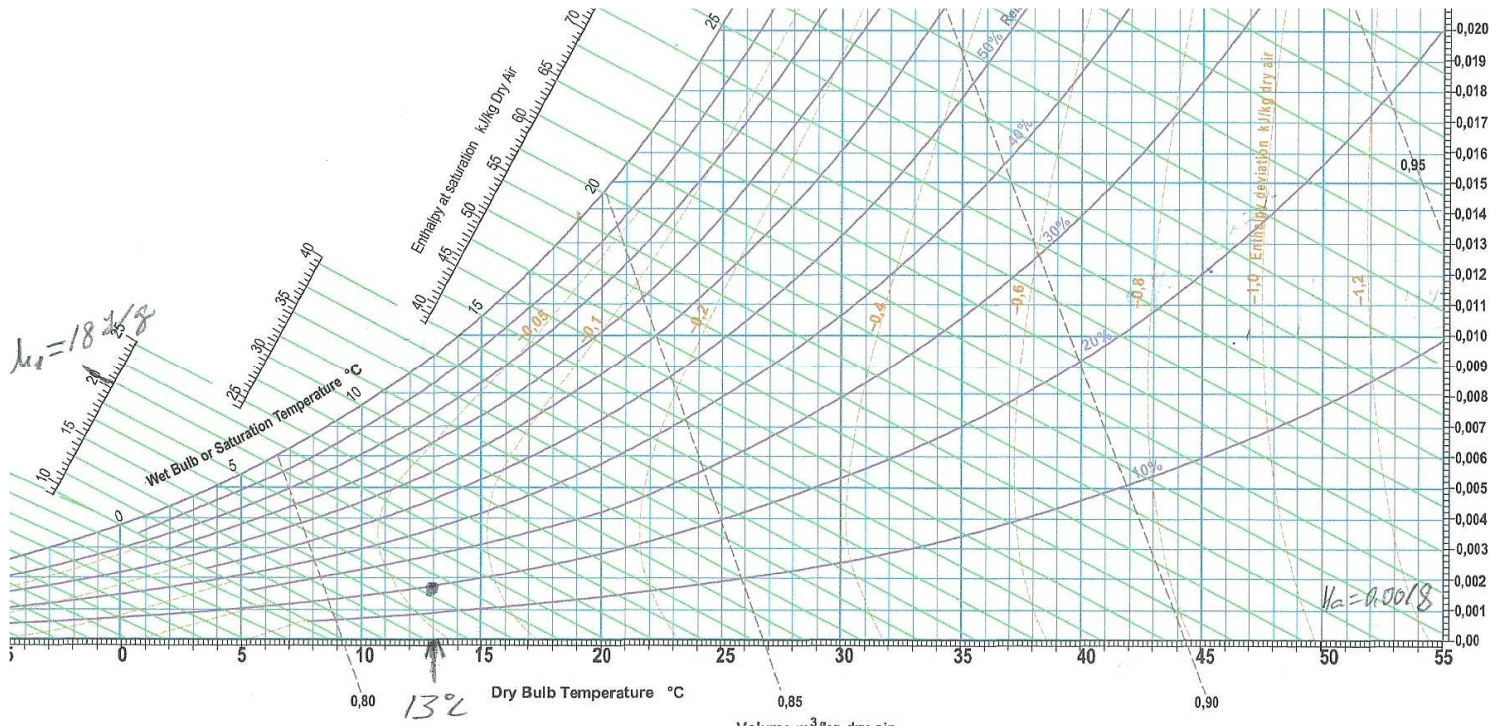


Vem:  $\Delta H_1 + V = \Delta H_3 + P$

#### Corrente (1)

$$\text{Caudal} = 28 \text{ m}^3 / \text{min} = \frac{28000}{22,4} = 1250 \text{ mole} / \text{min}$$

Pela Carta Psicrométrica: temos T = 13 °C e 20 %H<sub>R</sub>



Obtem-se:  $H_{a1} = 0,0018 \text{ g H}_2\text{O/g ar seco}$  e  $h_1 = 18 \text{ J/g ar seco}$

$$H_{m1} = H_{a1} / 0,62 = 0,0018 / 0,62 = 0,0029 \text{ mole H}_2\text{O/mole ar seco}$$

Através da equação dos gases perfeitos calculámos o ar total à entrada do sistema mas precisamos conhecer o ar seco:

$$\text{ar seco} = \frac{\text{ar}}{1 + H_m} = \frac{1250}{1 + 0,0029} = 1246,385 \text{ mole/min}$$

Ou podíamos recorrer a uma regra de 3 simples:

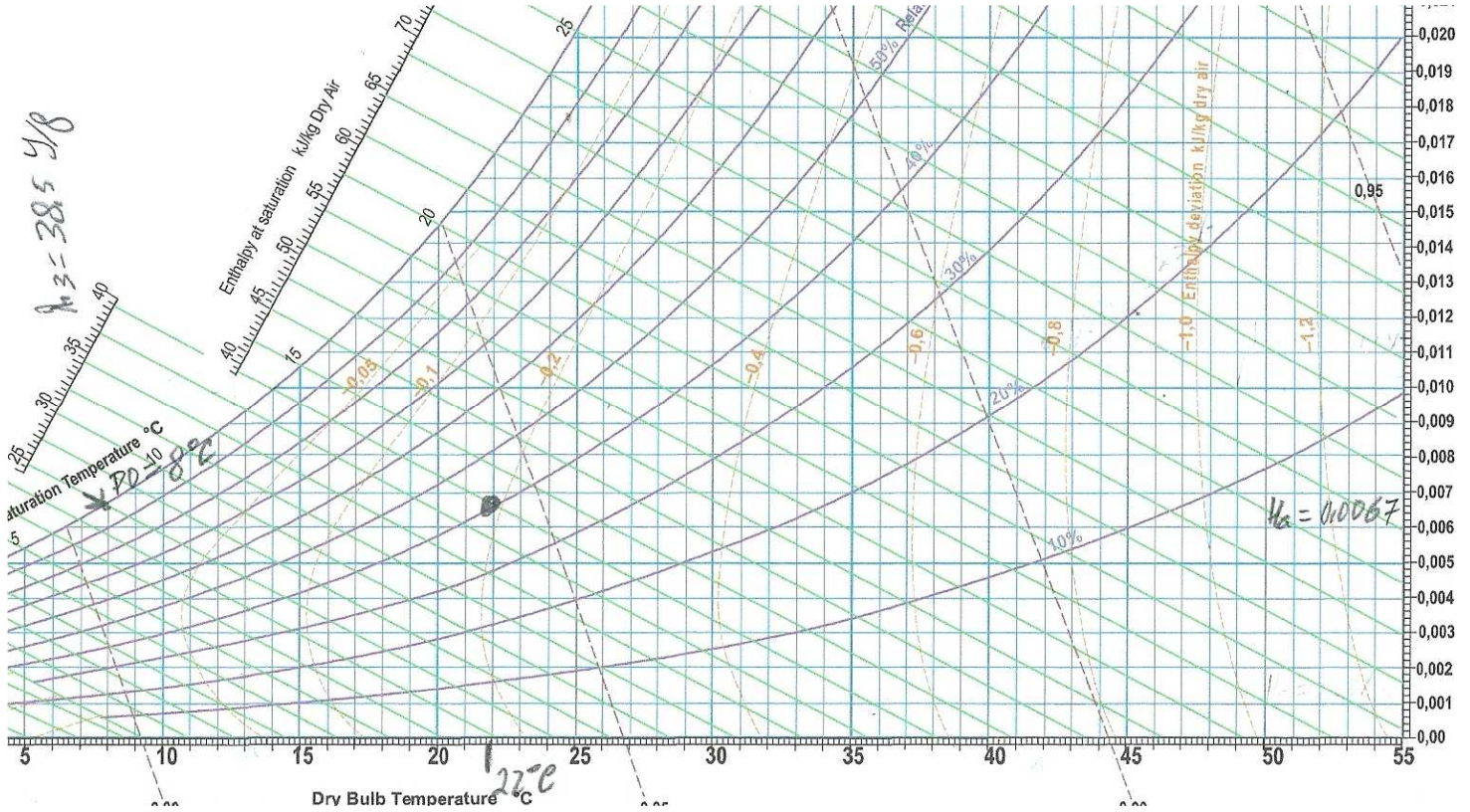
Ar total -----	ar seco -----	água -----
$1 + H_m$ -----	1 -----	$H_m$ -----
1,0029 -----	1 -----	0,0029 -----
1250 -----	1246,385 -----	3,615 -----

$$PM \text{ do ar} = 32 \times 0,21 + 28 \times 0,79 = 28,84 \text{ g/mole}$$

$$\Delta H_1 = h_1 \times Q_{\text{massico}} = h_1 \times P_{\text{Mar}} \times Q_{\text{molar}} = 18 \times 28,84 \times 1246,385 = 6,4702 \times 10^5 \text{ J/min}$$

Corrente 3)

Pela Carta Psicrométrica: temos  $T = 22\text{ }^{\circ}\text{C}$  e  $PO = 8\text{ }^{\circ}\text{C}$



Obtem-se:  $Ha_3 = 0,0067\text{ g H}_2\text{O/g ar seco}$  e  $h_3 = 38,5\text{ J/g ar seco}$

$$\Delta H_3 = h_3 \times Q_{\text{massico}} = h_3 \times P_{\text{Mar}} \times Q_{\text{molar}} = 38,5 \times 28,84 \times 1246,385 = 1,3839 \times 10^6\text{ J/min}$$

Substituindo:

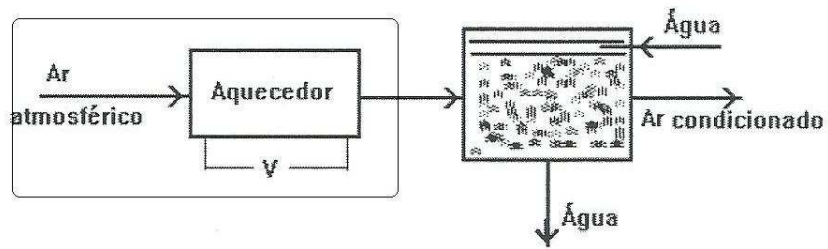
$$\Delta H_1 + V = \Delta H_3 + P$$

$$6,4702 \times 10^5 + V = 1,3839 \times 10^6 + 4,18 \times 10^5$$

$$\text{Vem } V = 1,1549 \times 10^6\text{ J/min} = \mathbf{19,15\text{ kW}}$$

Alínea b) T e %HR da corrente (2)

Agora, sabendo-se a potência fornecida ao aquecedor já podemos fazer um balanço entálpico ao aquecedor para se obter a entalpia em (2):



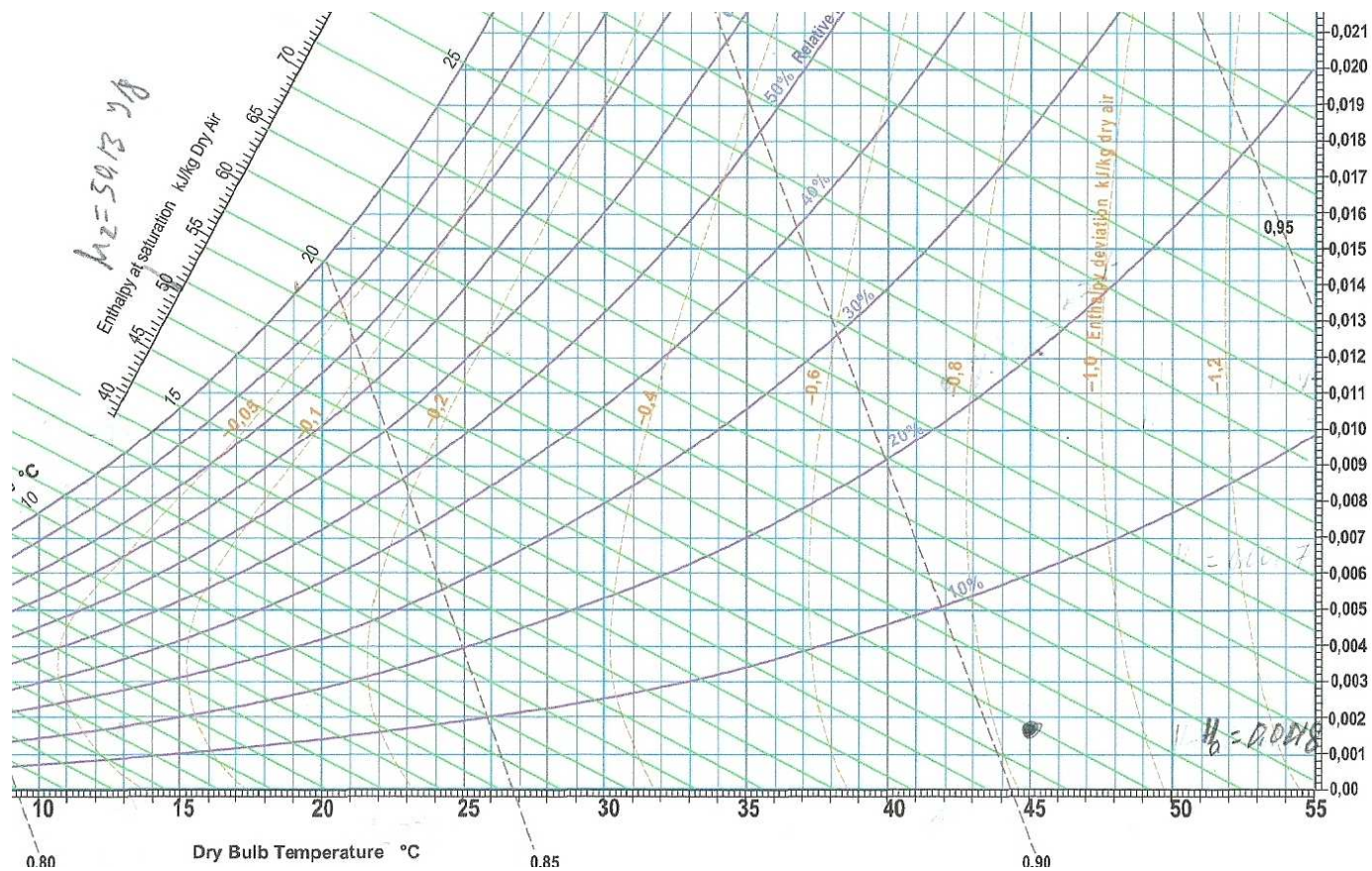
Vem:  $\Delta H_1 + V = \Delta H_2$

Substituindo-se:

$$6,4702 \times 10^5 + 1,1549 \times 10^6 = \Delta H_2 = 1,8019 \times 10^6 \text{ J/min}$$

$$h_2 = \frac{\Delta H_2}{Q_{\text{massico}}} = \frac{\Delta H_2}{PM \times Q_{\text{molar}}} = \frac{1,8019 \times 10^6}{28,84 \times 1246,385} = 50,13 \text{ J/g ar seco}$$

Pela Carta Psicrométrica: temos  $H_{a2} = H_{a1} = 0,0018 \text{ g H}_2\text{O/g ar seco}$  e  $h_2 = 50,13 \text{ J/g ar seco}$



Obtem-se:  $T = 45\text{ }^{\circ}\text{C}$

No enunciado pede-se a  $\%H_R$  mas é difícil de se ler na Carta Psicrométrica. É necessário efectuar-se o cálculo analítico.

$$H_m = 0,0029 = \frac{P_i}{P - P_i} = \frac{P_i}{760 - P_i} \quad \rightarrow \text{vem } P_i = 2,198 \text{ mmHg}$$

$T = 45^{\circ}\text{C} \quad \rightarrow \quad \text{vem } P_v = 71,88 \text{ mmHg}$

$$\%H_R = \frac{P_i}{P_v} = \frac{2,198}{71,88} = 3,03 \%$$

**Nota:** Na alínea b) deste problema usou-se a entalpia específica como índice de saturação para se poder marcar o ponto na carta atmosférica. Esta situação em que, apesar da entalpia específica não ser um índice de saturação, se usa como índice de saturação é uma situação relativamente corrente