

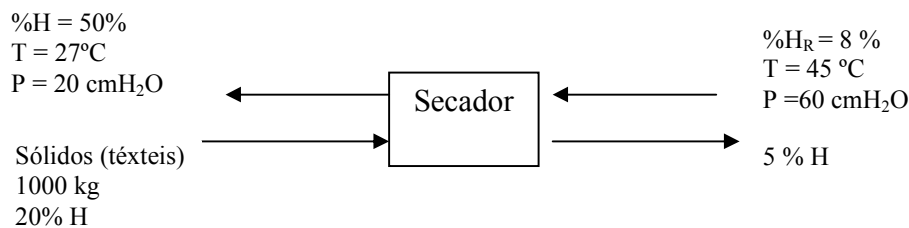
Caso 4.2

Num secador tratam-se, por hora, 1000 kg de têxteis com 20% de humidade. Este material é seco em contra-corrente com ar, a 45 °C e pressão de 60 cm de água, com 8% de humidade relativa, de forma a obter um produto final com uma humidade máxima de 5%. A pressão barométrica no local é de 740 mm Hg.

Sabendo que o ar descarregado do secador tem 50% de humidade e se encontra a 27 °C e à pressão de 20 cm de água, determinar:

- a) O caudal de ar a alimentar ao secador. (R: 20357 m³/h)
- b) A humidade molar, a humidade absoluta, a % de humidade e o ponto de orvalho do ar alimentado ao secador.

Este problema pode ser descrito pelo esquema abaixo:



Alínea a)

Qualquer problema de secagem começa-se **SEMPRE** com o balanço mássico ao sólido para cálculo da água evaporada.

kg/h	Entrada	Saída	Ág evaporada
Sólidos	800	800	
Água	200	42,1053	157,8947
Total	1000	842,1053	

Nota importante: não confundir %H para a corrente gasosa (% de humidade) com %H para a corrente sólida (%H = % mássica de água)

Este problema, como praticamente todos os problemas de secagem, resolve-se através da equação:

Água evaporada = caudal de ar seco × (humidade molar à saída – humidade molar à entrada)

Assim temos que calcular a humidade molar à entrada e à saída para resolvermos o problema.

Ar à entrada:

P ambiente ou barométrica (medida num barómetro) = 740 mmHg

$$\text{Prel} = 60 \text{ cmH}_2\text{O} \quad \rightarrow \quad \mathbf{P = 740 + \frac{600}{13,6} = 784,118 \text{ mmHg}}$$

Sendo $13,6 \text{ g/cm}^3$ a densidade do mercúrio

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

$$\%H_R = 0,08 = \frac{P_i}{P_v} = \frac{P_i}{71,88} \quad \rightarrow P_i = 5,7504 \text{ mmHg}$$

$$\mathbf{Hm} = \frac{P_i}{P - P_i} = \frac{5,7504}{784,118 - 5,7504} = 0,007388 \text{ mole água / mole ar seco}$$

Ar à saída

$$\text{Prel} = 20 \text{ cmH}_2\text{O} \quad \rightarrow \quad \mathbf{P = 740 + \frac{200}{13,6} = 754,706 \text{ mmHg}}$$

$$T = 27^\circ\text{C} \rightarrow P_v = 26,739 \text{ mmHg}$$

$$\mathbf{Hm_S} = \frac{P_v}{P - P_v} = \frac{26,739}{754,706 - 26,739} = 0,036731 \text{ mole água / mole ar seco}$$

$$\%H = 0,5 = \frac{Hm}{Hm_S} = \frac{Hm}{0,036731} \quad \rightarrow \quad Hm = 0,018365 \text{ mole água / mole ar seco}$$

Água evaporada = caudal de ar seco × (humidade molar à saída – humidade molar à entrada)

$$\frac{157,8947}{0,018} = Q_{as} \times (0,018365 - 0,007388)$$

Sendo 0,018 o PM da água em kg/mole, vem $Q_{as} = 799118,86$ mole/h

$$Q_{ar} = Q_{as} \times (1 + H_{mE}) = 799118,86 \times (1 + 0,007388) = 805022,75 \text{ mol/h}$$

Ou em alternativa:

ar -----	ar seco -----	água
$1+H_m$ -----	1 -----	H_m
1,007388 -----	1 -----	0,007388
805022,75 -----	799118,86 -----	5903,89

Mas para gases habitualmente o resultado apresenta-se em caudal volumétrico. Assim temos que recorrer à equação dos gases perfeitos:

$$P V = N R T$$

$$\frac{784,118}{760} \times Q_V = 805022,75 \times 0,082 \times (273,15 + 45)$$

$$\text{Vem } Q_V = 2,03557 \times 10^7 \text{ L/h} = 20355,7 \text{ m}^3/\text{h}$$

Alínea b)

Caracterização do ar à entrada do secador:

$$H_m = 0,007388 \text{ mole água/mole ar}$$

$$\text{Humidade absoluta} = H_a = H_m \times 0,62 = 0,007388 \times 0,62 = 0,004581 \text{ g água/g ar seco seco}$$

% de humidade na saturação, H_{mS} :

$$H_{mS} = \frac{P_v}{P - P_v} = \frac{71,88}{784,118 - 71,88} = 0,100921 \text{ mole água / mole ar seco}$$

$$\underline{\% \text{ de humidade}} \rightarrow \% \mathbf{H} = \frac{\mathbf{Hm}}{\mathbf{Hm}_S} = \frac{0,007388}{0,100921} = 7,321 \%$$

Ponto de orvalho = PO = T à qual Pv = Pi

Pv (mmHg)	ln Pv	T (°C)	1/T (K ⁻¹)	
5,765	1,7448	3,1	3,6199 × 10 ⁻³	
5,7504	1,7493		3,6191 × 10 ⁻³	→ T = PO = 3,16°C
5,7664	1,7520	3,2	3,6186 × 10 ⁻³	