

Caso 4.8

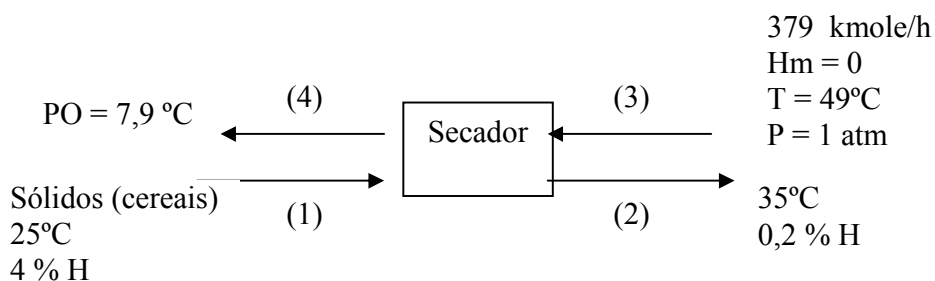
Na ensilagem de cereais por transporte pneumático, devem remover-se os vestígios de humidade do produto, de forma a evitar a sua posterior deterioração. Assim, os cereais, a 25 °C e com um teor médio de humidade de 4%, são previamente submetidos a uma secagem, num secador adiabático utilizando 379 kmol/h de ar isento de humidade, à temperatura de 49 °C e 101,325 kPa (abs). À saída, o ar tem um ponto de orvalho de 7,9 °C. O cereal descarregado do secador encontra-se à temperatura de 35 °C, com um teor de humidade que não deve exceder 0,2%.

Determinar:

- a) O caudal de cereal que é possível fornecer ao secador? (R: 1,9 ton/h)
- b) A temperatura do ar à saída do secador. (R: \cong 28,4 °C)

Dados: Capacidade calorífica média do cereal = 0,65 cal/g, °C

Este problema pode ser descrito pelo esquema abaixo:



Alínea a)

A maneira mais simples de se resolver este problema passa pelo uso de duas bases de cálculo, por balanços de massa independentes ao sólido e ao ar, pelo cálculo de duas águas evaporadas e por fim por uma regra de três simples para relacionar as duas águas evaporadas.

Balanço ao sólido: Base de cálculo 1 kg

g	1	2	Ág evaporada
Cereal	960	960	
Água	40	1,924	38,076
Total	1000	961,924	38,076

Vem: água evaporada = 38,076 g = 2,11533 mole

Balanço ao ar: Base de cálculo 379 kmole/h (Base de cálculo do enunciado)

$$ag\ ev = Q_{as} (H_{m4} - H_{m3})$$

$$P_O = 7,9^\circ C \rightarrow P_v = 7,990\ mmHg$$

$$P = 101,325\ kPa = 1\ atm = 760\ mmHg$$

$$H_m = \frac{P_i}{P - P_i} = \frac{7,990}{760 - 7,990} = 0,010625\ mole\ agua/mole\ ar\ seco$$

$$ag\ ev = 379 \times 10^3 \times (0,010625 - 0) = 4026,875\ mole/h$$

Agora relacionam-se os dois balanços de massa (ao sólido e ao ar) através de uma regra de três simples

$$\begin{array}{l} 2,11533 \text{ ----- } 1\ kg \\ 4026,875 \text{ ----- } X \rightarrow 1903,663\ kg/h = 1,9\ ton/h \end{array}$$

Alínea b)

Como se alterou a temperatura do sólido durante a secagem não podemos considerar esta secagem como sendo adiabática e não podemos resolver este problema através da carta psicrométrica. Temos que o resolver recorrendo a um balanço entálpico.

No entanto, como estamos à pressão atmosférica, não podemos fazer o seguimento sobre a carta psicrométrica mas podemos usar a carta psicrométrica para tirarmos valores isolados.

Atenção que estamos na situação de termos um secador adiabático (sem trocas de calor com o exterior) e de uma secagem não adiabática (durante a secagem varia a entalpia do sólido e consequentemente do ar).

Balanço entálpico

Estado de referência: 0°C, H₂O (l), ar (g), cereal (sólido), Pt

$$\bar{C}_P^{0,49^\circ C}{}_{ar} = 6,942\ cal/mole\ ^\circ C \qquad C_p\ cereal = 0,65\ cal/g\ ^\circ C\ (enunciado)$$

$$\Delta H_1 + \Delta H_3 = \Delta H_2 + \Delta H_4$$

$$\Delta H_1 = M_{cereal} \times (X_{cereal} \times C_{p,cereal} + X_{H_2O} \times C_{p,H_2O}) \times (T - T_{ref})$$

$$\Delta H_1 = 1903,663 \times 10^3 \times (0,96 \times 0,65 + 0,4 \times 1) \times (25 - 0) = 3,1601 \times 10^7 \text{ cal/h}$$

$$\Delta H_2 = 1903,663 \times 10^3 \times \frac{961,924}{1000} \times (0,998 \times 0,65 + 0,002 \times 1) \times (35 - 0) = 4,1704 \times 10^7 \text{ cal/h}$$

$$\Delta H_3 = 379 \times 10^3 \times 6,942 \times (49 - 0) = 1,2892 \times 10^8 \text{ cal/h}$$

Substituindo-se:

$$3,1601 \times 10^7 + 1,2892 \times 10^8 = 4,1704 \times 10^7 + \Delta H_4$$

$$\text{Vem: } \Delta H_4 = 1,1882 \times 10^8 \text{ cal/h}$$

Entalpia específica em (4) \rightarrow

$$\rightarrow h_4 = \frac{\Delta H_4}{\text{Caudal de ar seco}} = \frac{1,1882 \times 10^8}{379 \times 10^3} = 313,51 \text{ cal/mole de ar seco}$$

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

$$1 \text{ cal} = 4,18 \text{ J}$$

$$\text{Vem assim } h_4 = \frac{313,51 \times 4,18}{28,84} = 45,44 \text{ J/g de ar seco}$$

Pela carta psicrométrica

$$H_{a4} = H_{m4} \times 0,62 = 0,010625 \times 0,62 = 0,0066 \text{ g/g ar seco}$$

Com o conhecimento de H_{a4} (0,0066 g/g ar seco) e de h_4 (45,44 J/g de ar seco) marca-se o ponto (4) na Carta Psicrométrica e lê-se a temperatura.

$$\text{Vem } T_4 = 29^\circ\text{C}$$