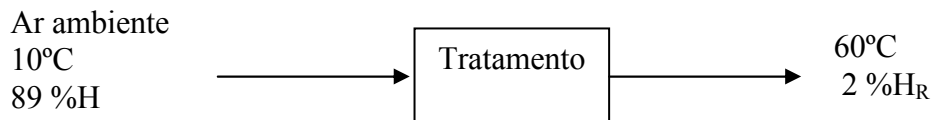


Caso 4.6

Na secagem de cerâmicas utiliza-se ar a 60 °C e pressão de - 20 mmHg, com 2% de humidade relativa, obtido por tratamento do ar ambiente que se encontra a 10 °C com 89 % de humidade. O tratamento do ar pode ser realizado por compressão ou arrefecimento. Considere como aproximação que a compressão não faz variar significativamente a temperatura da mistura gasosa.

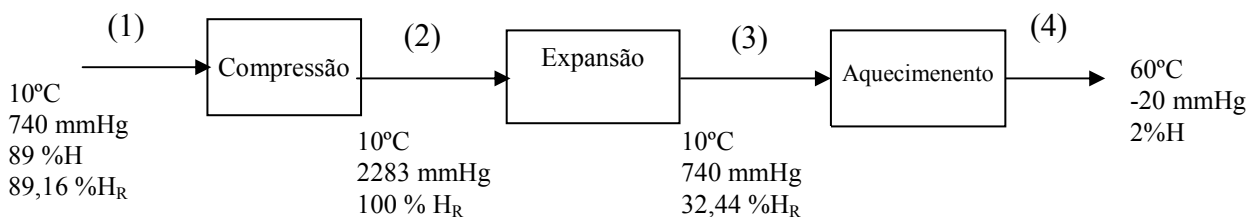
Determinar a pressão, temperatura e % humidade relativa das correntes nos dois processos alternativos de tratamento do ar.

Este problema pode ser descrito pelo esquema abaixo:



Para efectuar este tratamento existem três procedimentos possíveis, e embora no enunciado só fale em compressão e arrefecimento, vamos analisar as três hipóteses possíveis.

I – Compressão



Corrente 4

$$P = P_{rel} + 760 = -20 + 760 = 740 \text{ mmHg} = P_1 = P_3 = P_4$$

$$T = 60^\circ\text{C} \rightarrow P_v = 149,38 \text{ mmHg}$$

$$\%H_R = 0,02 = \frac{P_i}{P_v} = \frac{P_i}{149,38} \quad \rightarrow \quad P_i = 2,9876 \text{ mmHg}$$

$$H_m = \frac{P_i}{P - P_i} = \frac{2,9876}{740 - 2,9876} = 0,00405 \text{ mole agua / mole ar seco}$$

Corrente 2

Não é dito no enunciado mas é óbvio que há condensação entre (1) e (2), logo a corrente (2) está saturada. $\%H = \%H_R = 100\%$

$$Hm_2 = Hm_3 = Hm_4$$

Nota: na expansão e no aquecimento o número de moles não se altera, logo a Hm é contante. Nunca esquecer que $Hm = n_{\text{água}} / n_{\text{ar seco}}$.

$$T = 10 \text{ }^\circ\text{C} \rightarrow P_v = 9,209 \text{ mmHg}$$

$$Hm_2 = 0,00405 = \frac{P_i}{P - P} = \frac{9,209}{P - 9,209} \quad \rightarrow P = 2283 \text{ mmHg} \approx 3 \text{ atm}$$

Corrente 1

$$T = 10 \text{ }^\circ\text{C} \rightarrow P_v = 9,209 \text{ mmHg}$$

$$Hm_S = \frac{P_v}{P - P_v} = \frac{9,209}{740 - 9,209} = 0,0126 \text{ mole água / mole ar seco}$$

$$\%H = 0,89 = \frac{Hm}{Hm_S} = \frac{Hm}{0,0126} \quad \rightarrow Hm = 0,01122 \text{ mole água/mole ar seco}$$

$$Hm = 0,01122 = \frac{P_i}{740 - P_i} \quad \rightarrow P_i = 8,2107 \text{ mmHg}$$

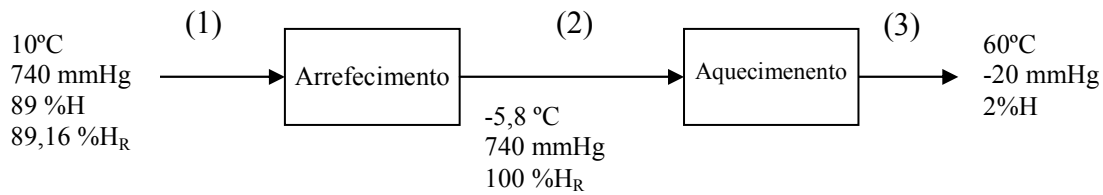
$$\%H_R = \frac{P_i}{P_v} = \frac{8,2107}{9,209} = 89,16 \%$$

Corrente 3

$$P_{i3} = P_{i4} = 2,9876 \text{ mmHg}$$

$$\%H_R = \frac{P_i}{P_v} = \frac{2,9876}{9,209} = 32,44\%$$

II – Arrefecimento



As correntes (1) e (3) correspondem às correntes (1) e (4) da hipótese da compressão. Para completarmos esta hipótese só é necessário calcular-se a temperatura em (2) a qual é igual ao ponto de orvalho em (2) que é igual ao de (3).

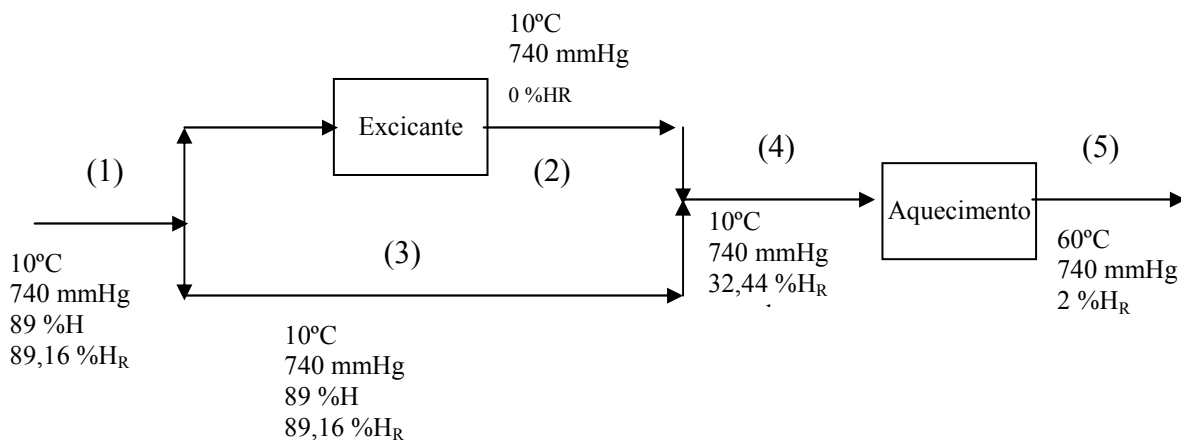
Em (3) a pressão de vapor da água continua a ser 2,9876 mmHg

$P_i = 2,9876 \text{ mmHg} \rightarrow$ Tabela da página I.1 $\rightarrow T = P_O = -5,8 \text{ °C}$

Esta situação é exactamente a situação do ar condicionado de Verão. No Caso 4.5 arrefece-se do ponto (1) até ao ponto (3) havendo condensação entre (2) e (3). Agora arrefece-se do ponto (1) ao ponto (2) e também ocorre condensação.

Regra Geral – para condicionar (remover água) por arrefecimento é sempre necessário arrefecer até ao ponto de orvalho da corrente final.

III – By pass + Excitante



Nesta alternativa de tratamento o ar que entra é dividido entre duas corrente:

- uma corrente que permanece inalterada e que se chama de by-pass
- uma corrente que vai atravessar um leito de um excicante sólido o qual remove **TODA** a água presente.

Por fim misturam-se as corrente para se ter a Hm pretendida e aquece-se até à temperatura final.

Neste momento já temos todos os dados para completar o flow-sheet: as correntes (1) e (5) correspondem às correntes (1) e (4) da compressão, e a corrente (4) corresponde (3) da compressão.

Este tipo de processo (by-pass + excicante) é normalmente definido pela razão “ Q_2 / Q_3 ”

Para obtermos esta fracção facilita o recurso a uma base de cálculo, por exemplo 100 moles de ar seco.

$$Hm_1 = 0,01122 \text{ mole água/mole ar seco}$$

$$Hm_5 = 0,00405 \text{ mole água/mole ar seco}$$

Balanço à água

$$100 \times 0,00405 = Q_{as(3)} \times 0,01122$$

$$Q_{as(2)} = 100 - Q_{as(3)}$$

$$\text{Vem } Q_{as(3)} = 36,096 \text{ mole} \quad Q_{as(2)} = 63,904 \text{ mole}$$

$$\text{Razão} = Q_{as(2)} / Q_{as(3)} = 1,77$$

Esta Razão está expressa em termos de moles de ar seco. Se considerássemos ar total viria:

$$\text{Razão} = \frac{Q_2}{Q_3} = \frac{63,904}{36,096 \times (1 + 0,01122)} = 1,75$$

Comentários:

Destes três métodos de “tratar o ar / remover a água” só a compressão e o arrefecimento é que são de uso corrente.

O uso do by-pass + excicante é muito dispendioso devido à necessidade de periodicamente interromper o processo, retirar e regenerar o excicante. Esta regeneração é dispendiosa.

No entanto este método tem a vantagem de permitir um controlo apertado das características do ar à saída e é usado em situações muito particulares.

Os métodos da compressão e do arrefecimento são muito mais económicos, principalmente a compressão.

É sempre mais barato comprimir do que arrefecer o ar.