

Justifique sempre as respostas e as aproximação utilizadas.

- Um sistema de climatização importa ar exterior à temperatura de 10°C e com 80% de humidade relativa, e insere esse ar numa sala à temperatura de 25°C e com 50% de humidade relativa. O processo ocorre à pressão de 1005 hPa. O sistema dispõe de um reservatório para água líquida.
 - Estime o estado inicial e final do ar transferido pelo sistema e marque esse estados no diagrama de fases (T,e).
 - Calcule a razão de mistura inicial e final do ar;
 - Calcule o consumo energético do sistema por kg de ar processado. Explique os vários termos do balanço de energia.
 - Calcule o balanço de água líquida (quanta água líquida é trocada com o reservatório).
 - Se o sistema transferir $1\text{m}^3/\text{min}$ qual será a potência?

- O estado de uma coluna da atmosfera é dado pela seguinte sondagem:

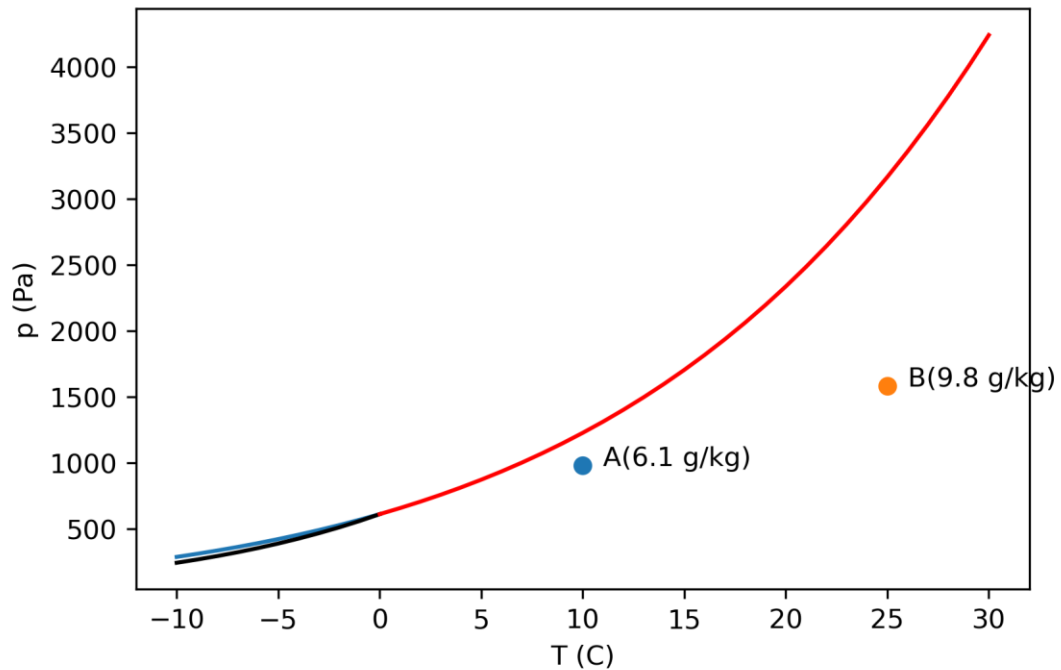
P (hPa)	1000	850	700	500	300
T ($^{\circ}\text{C}$)	20	10	-2	-25	-30
T _d ($^{\circ}\text{C}$)	14	8	-10	-35	-45

- Marque-a no tefigrama.
- Calcule: a humidade relativa, a razão de mistura e a tensão de vapor aos 1000 hPa;
- Calcule a frequência de Brunt-Vaisalla na camada 1000-850 e discuta a sua estabilidade estática.
- Considere uma ascensão a partir da superfície. Estime (tefigrama) o nível de condensação, de convecção livre e de flutuação nula;
- Calcule o valor da CAPE e CIN deste perfil.

Sugestões de resolução

1.

a) $e_A = 0.8 \times e^{sat}(10^\circ\text{C}) \approx 981\text{Pa}; e_B = 0.5 \times e^{sat}(25^\circ\text{C}) \approx 1583\text{Pa}$



b) $r_A = \frac{\epsilon e_A}{P} = 6.1 \times 10^{-3}; r_B \approx 9.8 \times 10^{-3}$

c) $Q = c_p(T_B - T_A) + l_v(r_B - r_A) + c_w(T_B - T_w)(r_B - r_A)$
(aquecimento do ar+calor latente+aquecimento da água líquida)

O último termo será nulo se a água líquida estiver à temperatura interior (25°C).

$$Q = 15075 + 9306 \text{ (J kg}^{-1}\text{)} \approx 24.4 \text{ kJ kg}^{-1}$$

Se a água for fornecida à temperatura exterior será

$$Q = 15075 + 9306 + 233 \text{ (J kg}^{-1}\text{)}$$

(o último termo é muito pequeno)

d) Consumo de água = $r_B - r_A \approx 3.7 \text{ g kg}^{-1}$

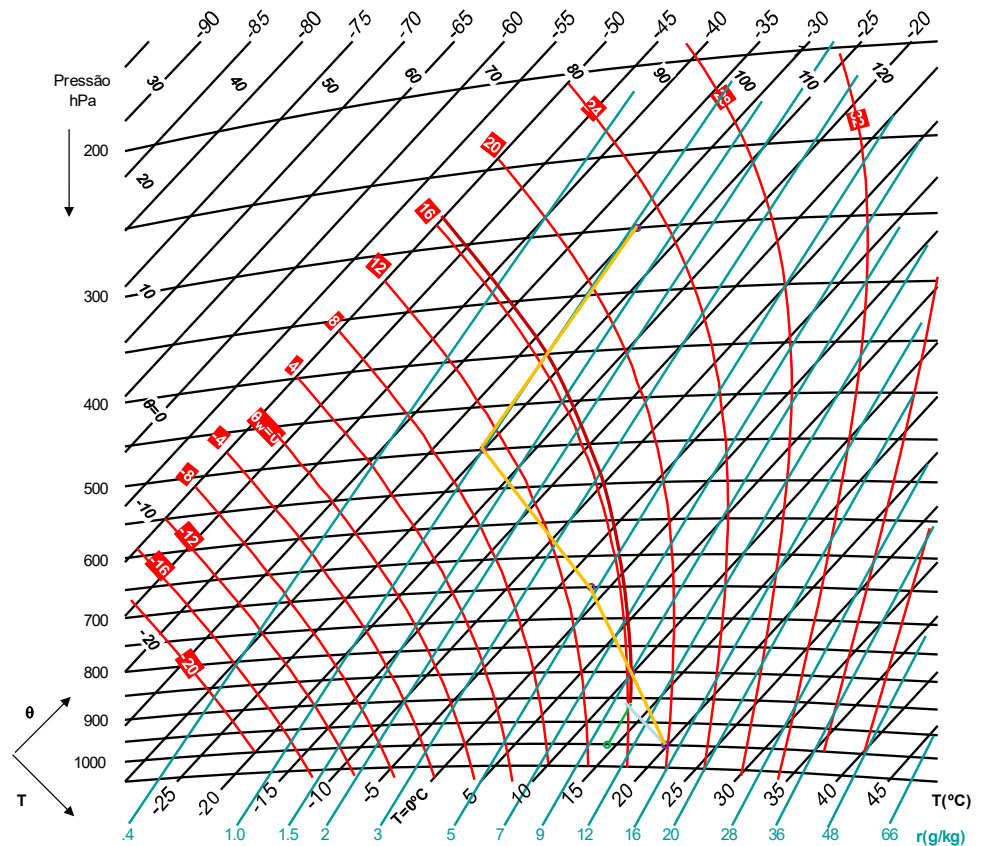
e) 1m^3 de ar a 25°C: $PV = mR_dT \Rightarrow m = 100500 \times \frac{1}{287 \cdot 298} \approx 1.17 \text{ kg}$

O fluxo de massa será $\dot{m} = 1.17 \text{ kg/min}$

A potência será $\dot{Q} = Q\dot{m} = \frac{24.4 \times 1.17}{60} \approx 477\text{W}$

2.

a)



$$b) RH_{1000} = \frac{e^{sat}(20^\circ\text{C})}{e^{sat}(14^\circ\text{C})} \approx 0.68 = 68\%; e_{1000} = RH_{1000} \times e^{sat}(20^\circ\text{C}) \approx 1597 \text{ Pa};$$

$$r_{1000} \approx 10 \frac{\text{g}}{\text{kg}}$$

$$c) N^2 = \frac{g}{\theta} \frac{\partial \theta}{\partial z}$$

$$\theta_{1000} = 20^\circ\text{C} = 293.15 \text{ K}; \theta_{850} = 283.15 \left(\frac{850}{1000} \right)^{-\kappa} \approx 296.6 \text{ K}$$

$$N^2 = \frac{g}{\theta} \frac{\Delta \theta}{\Delta z} \approx \frac{g}{294.875} \frac{3.45}{\Delta z} \approx 0.84 \times 10^{-4} \text{ s}^{-1} \Rightarrow N \approx 0.9 \times 10^{-2} \text{ s}^{-1}$$

$$\Delta z = \frac{R_d \bar{T}}{g} \ln \left(\frac{1000}{850} \right) \approx 1370 \text{ m}$$

A camada é estaticamente estável por $N^2 > 0$. Mas é condicionalmente instável pois o gradiente de temperatura é mais negativo que o do processo adiabático saturado.

d) condensação: 910 hPa; convecção livre: 850 hPa; flutuação nula: 400 hPa.

$$e) CAPE, CIN = \int \frac{g(T - T_{amb})}{T_{amb}} dz = \int \frac{g \Delta T}{P/(R_d \rho)} dz = - \int R_d \Delta T \frac{dP}{P}$$

$$CIN = -R_d \times 0.75 \ln\left(\frac{1000}{910}\right) - R_d \times 0.75 \left(\frac{910}{850}\right) \approx -35 J kg^{-1}$$

$$CAPE \approx R_d \times 2 \ln\left(\frac{850}{700}\right) + R_d \times 7 \ln\left(\frac{700}{500}\right) + R_d \times 5 \ln\left(\frac{500}{400}\right) \approx 1108 J kg^{-1}$$