

Meteorologia

Exame 2

2de Fevereiro de 2018

PARTE 1

1. Duas massas de ar, com temperaturas de 5°C e 20°C , respectivamente, ambas saturadas mas sem água líquida e à pressão de 1005 hPa, misturam-se adiabaticamente em partes iguais.
 - a. Utilizando o diagrama de fases, represente o processo de mistura das duas massas.
 - b. Caracterize o estado final: temperatura, razão de mistura de vapor, razão de mistura de água líquida.
 - c. Identifique 3 variáveis termodinâmicas conservadas no processo.

2. Considere a seguinte sondagem

P (hPa)	1000	800	600	400	300
T ($^{\circ}\text{C}$)	20	8	-10	-30	-30
Td ($^{\circ}\text{C}$)	17	0	-15	-45	-65

- a. Marque-a no tefigrama.
 - b. Mostre que existe instabilidade latente e localize o nível de convecção livre.
 - c. Admita que uma partícula de ar atinge o nível de convecção livre com uma velocidade ascendente de 1ms^{-1} . Estime a velocidade máxima que ela poderá atingir e a que nível de pressão.
3. Na sondagem representada na pergunta anterior:
 - a. Estime a razão de mistura e a temperatura virtual aos 1000 e aos 800 hPa
 - b. Estime o desnível em metros, entre esses níveis de pressão.
 - c. Calcule a frequência de Brunt-Vaisalla dessa camada.

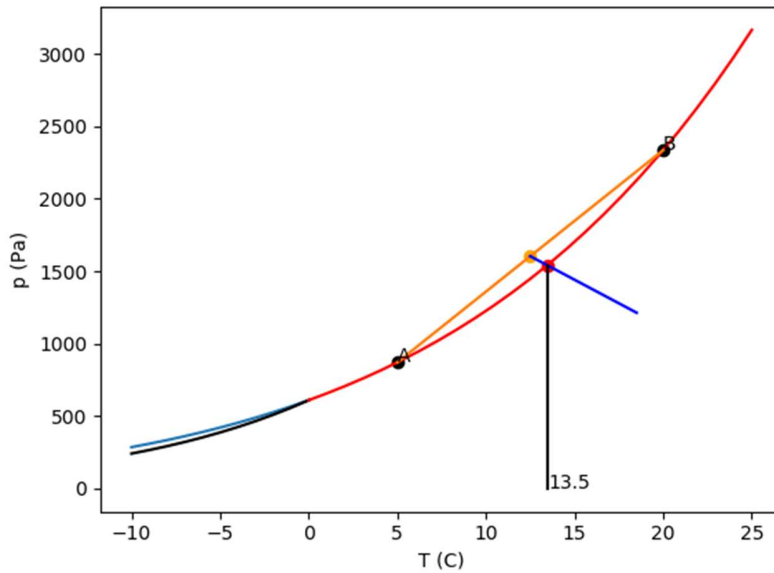
PARTE 2

4. A 500 km do centro de uma depressão circular aos 30N, observa-se um gradiente de pressão de 2hPa/100km e o vento faz um ângulo de 20° com as isóbaras. Nessa zona a pressão vale 1000 hPa e a temperatura vale 5°C . Admitindo que se trata de um sistema estacionário, e que os dados são válidos nos primeiros 1000 m, calcule:
 - a. O vento.
 - b. Esquematize o equilíbrio de forças correspondente.
 - c. A divergência do escoamento horizontal.
 - d. O movimento vertical médio aos 1000 m.
5. Numa região aos 38N observa-se um vento de 10m/s de NW aos 1000 hPa, e um gradiente de temperatura horizontal de $1^{\circ}\text{C}/100\text{km}$ com a temperatura a crescer de N para S. O gradiente vertical de temperatura vale $-6^{\circ}\text{C}/\text{km}$.
 - a. Calcule a tendência da temperatura num escoamento horizontal e adiabático.
 - b. Calcule a tendência da temperatura num escoamento adiabático em que existe subsidência de 3cms^{-1} .
 - c. Estime o vento aos 700 hPa, admitindo que as condições descritas (gradiente de temperatura) são válidas na camada 1000-700. Explique as aproximações utilizadas.
6. Na passagem de uma frente quente, alinhada na direção NS aos 40N, observa-se uma subida da temperatura média do ar de 10K (de 5 para 12°C) e mudança de vento de 10 m/s de WSW para 13 m/s de WNW.
 - a. Esquematize a observação descrita nos planos horizontal e vertical.

b. Calcule o declive da frente.

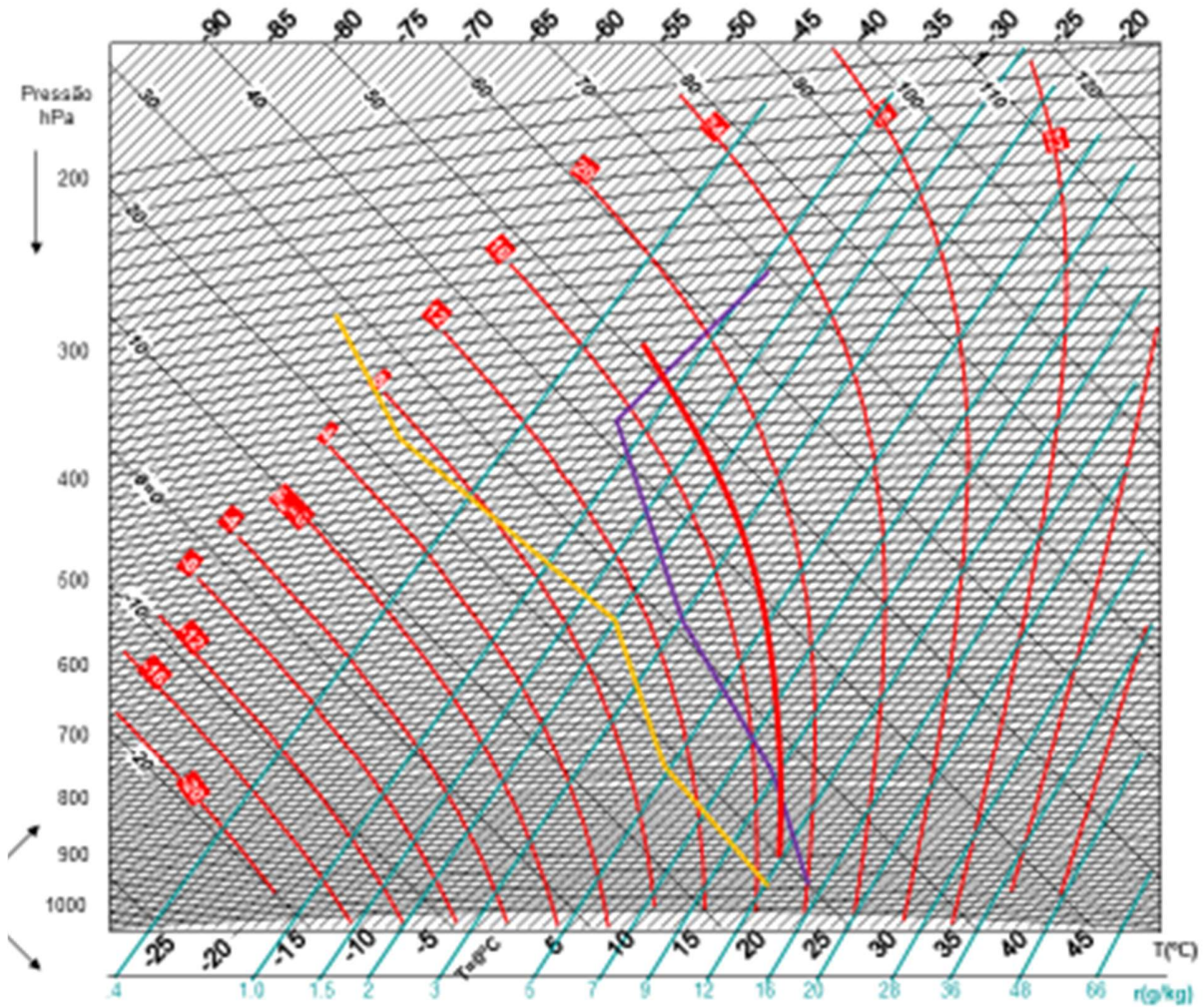
Resolução (simplificada)

1. Diagrama de fases



- a) Estado inicial (A,B), Mistura monofásica círculo laranja, estado final círculo vermelho. A linha azul representa o processo isentálpico (fórmula psicrométrica)
- b) $T_{final} \approx 13.5^\circ\text{C}$, $r \approx 9.5 \times 10^{-3}$, $r_{liq} = \bar{r} - r_{final} \approx (9.9 - 9.5) \times 10^{-3} \approx 0.4 \times 10^{-3}$
- c) Conservam-se: pressão, massa de água, entropia.

2. Tefigrama



- Linha roxa (P,T), linha laranja (P,Td).
- Existe instabilidade latente porque existe CAPE, $CAPE \gg |CIN|$. O nível de convecção livre encontra-se perto dos 850 hPa.
- Por conservação de energia (mecânica):

$$\frac{w_{NFN}^2}{2} - \frac{w_{NFL}^2}{2} = CAPE$$

Onde $NFL \equiv 850hPa$, $NFN \equiv 370hPa$.

$$CAPE = \int_{NFL}^{NFN} \frac{g(T_{part} - T)}{T} dz = \int_{P_{NFL}}^{P_{NFN}} \frac{g\Delta T}{T} \left(-\frac{dP}{\rho g}\right) = \int_{P_{NFN}}^{P_{NFL}} R_d \Delta T \frac{dP}{P}$$

Usou-se a equação de estado $P = R_d \rho T$ e a equação de Pascal $dP = -\rho g dz$.

Na forma discreta

$$CAPE = \sum_{camada} R_d \Delta T \ln \left(\frac{P_{base}}{P_{topo}} \right)$$

$$\approx R_d \left[0.5 \ln \left(\frac{850}{800} \right) + 3.5 \ln \left(\frac{800}{600} \right) + 3.75 \ln \left(\frac{600}{400} \right) + 0.75 \ln \left(\frac{400}{370} \right) \right] \approx 750 J kg^{-1}$$

Logo

$$w_{NFN} \approx 38 ms^{-1},$$

aos 370 hPa (Nível de flutuação nula).

3. Análise da camada 1000-800

a) $r_{1000} \approx 12 g/kg, r_{800} \approx 5 g/kg$

$$T_{v_{1000}} \approx 22.15^\circ C, T_{v_{800}} \approx 8.86^\circ C$$

b) $\Delta z = \frac{R_d \bar{T}_v}{g} \ln \left(\frac{1000}{800} \right) \approx 1885 m$

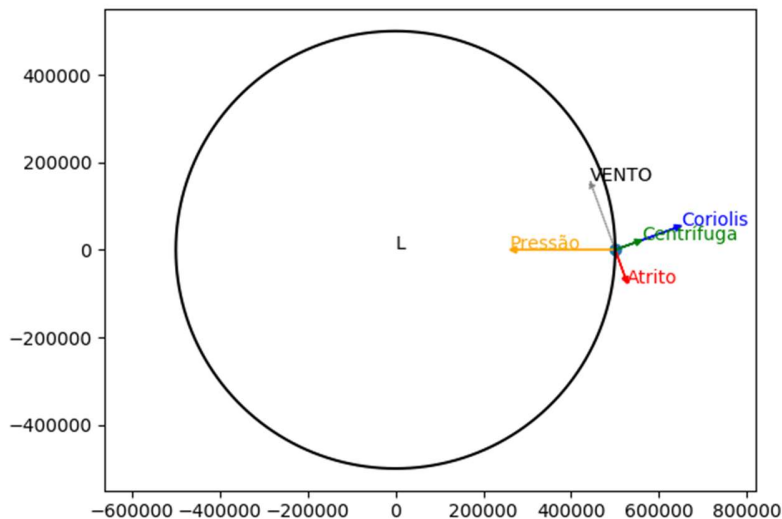
c) $N = \sqrt{\frac{g}{\theta} \frac{\partial \theta}{\partial z}} \approx \frac{g}{\theta} \frac{\theta_{800} - \theta_{1000}}{\Delta z} \approx \frac{g}{296.4} \frac{299.65 - 299.15}{1885} \approx 0.0107 s^{-1}$

4. Vento numa depressão

a) Vento

$$v = -\frac{fR}{2} + \frac{R}{2} \sqrt{\left(f^2 + \frac{4}{\rho R} |\nabla P| \cos \alpha \right)} \approx 14.67 ms^{-1}$$

b) Esquema



c) Divergência

$$\delta = -2v \frac{\sin \alpha}{R} \approx -2 \times 10^{-5} s^{-1}$$

d) $w \approx \frac{2h}{R} v \sin \alpha \approx 2 cm s^{-1}$

5. Advecção e vento térmico

a) $\left(\frac{\partial T}{\partial t}\right)_{1000} = -u_{1000} \frac{\partial T}{\partial x} - v_{1000} \frac{\partial T}{\partial y} \approx -7.05 \times 10^{-5} K s^{-1} \approx -0.25 K h^{-1}$

b) Neste caso vamos considerar a equação para θ , para incluir o efeito da compressão:

$$\left(\frac{\partial \theta}{\partial t}\right)_{1000} = -u_{1000} \frac{\partial \theta}{\partial x} - v_{1000} \frac{\partial \theta}{\partial y} - w \frac{\partial \theta}{\partial z} \approx 4.2 \times 10^{-5} K s^{-1} \approx +0.15 K h^{-1}$$

Em que aos 1000 hPa $\theta = T$, e se tem:

$$\frac{\partial \theta}{\partial z} = \frac{\partial T}{\partial z} + \frac{g}{c_p} \approx -6 \times 10^{-3} + 10 \times 10^{-3} \approx +4 \times 10^{-3} K m^{-1}$$

c) $\vec{v}_{700} = \vec{v}_{1000} + \vec{v}_T \approx (18.5, -7.07) m s^{-1}$

$$\vec{v}_T = \frac{R_d}{f} \ln\left(\frac{1000}{700}\right) \left(-\frac{\partial T}{\partial y}, \frac{\partial T}{\partial x}\right) = (11.4, 0) m s^{-1}$$

6. Declive da frente

a) Esquema

b) Fórmula de Margules

$$\tan(\alpha) = \frac{f}{g} \frac{v_1 T_2 - v_2 T_1}{T_2 - T_1} \approx 3.4 \times 10^{-3}$$