2ª Prova Meteorologia Dinâmica I – 15.06.2019

1. [3.5] Dada a equação do movimento:

$$\frac{\partial \vec{V}}{\partial t}+\left(\vec{V}\cdot\nabla\right)\vec{V}+2\vec{\Omega}\times\vec{V}=-\frac{1}{\rho}\vec{\nabla}p+\vec{g}+\frac{\mu}{\rho}\nabla^2\vec{V}$$

(a) Reescreva esta equação em componentes e em coordenadas tangenciais. Discuta as limitações/vantagens do sistema de coordenadas tangencias.

(b) Suponha que um corpo é atirado para leste em 45ºS e percorre 2000 km com velocidade de 1000 m/s. Considerando apenas a atuação da força de Coriolis calcule qual será o desvio de percurso deste corpo.

(c) Utilize a equação do movimento para obter a variação da energia cinética com o tempo.

(d) Discuta a origem do movimento na atmosfera.

2. [2,0] A equação da continuidade em coordenada vertical generalizada, q, é expressa como:

$$\frac{\partial}{\partial t}\left(\rho\frac{\partial z}{\partial q}\right)_q+\nabla_q\cdot\left(\rho\vec{V}_H\frac{\partial z}{\partial q}\right)+\frac{\partial}{\partial q}\left(\rho\dot{q}\frac{\partial z}{\partial q}\right)=0$$

onde $\dot{q}$ é a pseudo-velocidade vertical.

(a) Partindo desta equação obtenha a equação da continuidade em coordenada vertical de pressão considerando válida a aproximação hidrostática. Discuta a vantagem desta equação em relação àquela em coordenada vertical z.

(b) Encontre uma expressão para estimar a pseudo-velocidade vertical ômega a partir da equação obtida em (a).

3. [3,0] Considere a equação do movimento horizontal em coordenadas naturais:

$$\frac{DV}{Dt}\vec{t}+\frac{V^2}{R}\vec{n}=-\frac{1}{\rho}\left(\frac{\partial p}{\partial s}\vec{t}+\frac{\partial p}{\partial n}\vec{n}\right)-fV\vec{n}+\vec{f}_r$$

(a) Deixe claro quais são considerações físicas necessárias na equação fornecida para obter os balanços: gradiente, geostrófico e ciclostrófico. Qual o significado físico de cada um destes balanços?

(b) Calcule o número de Rossby para sistemas ciclônicos em latitudes médias considerando velocidades horizontal típicas de 10 m/s, 20 m/s e 100 m/s para raios de curvatura, respectivamente, de 1000, 100 e 1 km. Qual das aproximações do item (a) seria mais apropriada para cada caso.

4. [1.5] (a) Considere a equação da continuidade de massa em coordenada cartesiana (x,y,z):

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} + (\vec{V}.\vec{\nabla})\rho + \rho \vec{\nabla}.\vec{V} = 0$$

(a) Reescreva esta equação em coordenadas esféricas;

(b) Qual o objetivo de escrever o sistema de equações em coordenadas esféricas?

Formulário - utilize se necessário:

$$\vec{\Omega} = \Omega \cos\phi \, \vec{j} + \Omega \, sen\phi \, \vec{k}$$

$$\frac{1}{2}\frac{DV^2}{Dt} = \vec{V} \cdot \frac{D\vec{V}}{Dt}$$

Métricas em coordenadas esféricas: $h_1 = r \cos\varphi$, $h_2 = r$ e $h_3 = 1$

$$\nabla A = \vec{a_1}\frac{\partial A}{\partial s_1} + \vec{a_2}\frac{\partial A}{\partial s_2} + \vec{a_3}\frac{\partial A}{\partial s_3}$$

$$\nabla \cdot \vec{F} = \frac{1}{h_1 h_2 h_3}\left(\frac{\partial(h_2 h_3 F_1)}{\partial x_1} + \frac{\partial(h_1 h_3 F_2)}{\partial x_2} + \frac{\partial(h_1 h_2 F_3)}{\partial x_3}\right)$$

$$\frac{\partial A}{\partial z} = \frac{\partial A}{\partial q}\frac{\partial q}{\partial z}$$

$$\left(\frac{\partial A}{\partial s}\right)_q = \left(\frac{\partial A}{\partial s}\right)_z + \frac{\partial A}{\partial q}\frac{\partial q}{\partial z}\left(\frac{\partial z}{\partial s}\right)_q$$ onde s=x,y ou t

$$\vec{\nabla}_q A = \vec{\nabla}_z A + \frac{\partial A}{\partial q}\frac{\partial q}{\partial z}\vec{\nabla}_q z$$

$$R_o = \frac{V}{f R}$$