

- 1) Partindo da equação do movimento em coordenada esférica:

$$\frac{D\vec{V}}{Dt} = -\frac{1}{\rho}\vec{\nabla}p + 2\Omega[-(w \cos \phi - v \sin \phi)\vec{i} - u \sin \phi\vec{j} + u \cos \phi\vec{k}] - \frac{u}{a}(w - v \tan \phi)\vec{i} - \frac{1}{a}(u^2 \tan \phi + vw)\vec{j} + \frac{1}{a}(u^2 + v^2)\vec{k} - g\vec{k}$$

E usando os seguintes valores de escala:

Escala de tempo (s)	Velocidade horizontal (m/s)	Velocidade vertical (m/s)	$(\Delta P)_H$ (N/m <sup>2</sup> )	$(\Delta P)_V$ (N/m <sup>2</sup> )	Escala horizontal de comprimento (m)	Escala vertical de comprimento (m)	Gravidade (m/s <sup>2</sup> )
$2 \times 10^5$	10	$10^{-2}$	$25 \times 10^2$	$10^5$	$2 \times 10^6$	$10^4$	10

- Faça a análise de escala e obtenha a aproximação geostrófica. O que quer dizer esta aproximação? Onde pode ser aplicada e por quê?
  - Obtenha a aproximação hidrostática. Qual é o significado físico desta aproximação?
  - Do ponto de vista do sistema de previsão fornecido pelas equações do movimento quais são as implicações ao se adotar as aproximações (a) e (b)?
- 2) A partir da análise de escala na equação do movimento horizontal obtém-se a aproximação geostrófica, que em coordenada vertical z, é dada por:

$$\vec{V}_g = \frac{1}{\rho f} \vec{k} \times \vec{\nabla}_H p$$

Quais são as características do vento geostrófico?

- Calcule os gradientes de pressão necessários para manter um vento geostrófico de 25 m/s em 20°, 30°, 45° e 60° de latitude.
- Para o movimento em torno de um centro de pressão de 1000 km em 30° de latitude, calcule a velocidade do vento para o qual o termo de Coriolis seria igual ao termo de advecção na equação do movimento.
- Mostre que a aproximação geostrófica pode ser escrita como:
  - $\vec{V}_g = \frac{1}{f} \vec{k} \times \vec{\nabla}_p \Phi$  em coordenadas isobáricas.
  - $\vec{V}_g = \frac{1}{f} \vec{k} \times \vec{\nabla}_\theta \Psi$  em coordenadas isentrópicas.
  - $\vec{V}_g = \frac{1}{f} \vec{k} \times \vec{\nabla} T (RT \ln p + \Phi)$  em coordenada isotérmica.
- Calcule a divergência do vento geostrófico escrito em coordenada vertical de pressão para as seguintes situações:
  - Parâmetro de Coriolis constante.
  - A dependência do parâmetro de Coriolis com a latitude e mostre que:  $\vec{\nabla} \cdot \vec{V}_g = -\frac{v_g \cos \phi}{a \sin \phi}$ .

- c) Utilize o resultado de (b) para calcular a divergência do vento geostrófico em  $30^\circ$  N com  $v_g=10$  m/s.
- 7) Partindo das aproximações geostrófica e hidrostática em coordenada vertical  $p$ ,
- Mostre que o cisalhamento vertical do vento geostrófico é  $\frac{\partial \vec{V}_g}{\partial p} = -\frac{R}{f p} \vec{k} \times \vec{\nabla}_p T$ .
  - Interprete fisicamente a expressão anterior.
  - Discuta quais as implicações de (a) em uma atmosfera barotrópica e baroclínica.