

Francisco Alberto Marcus

TPN - Engenharia Naval
Escola Politécnica – USP
22/09/2008

Modelo Geostrófico

Objetivos:

- . Estruturas coerentes:***

zonas de fluxo - barreira ao transporte de energia e massa

ilhas de convecção

- . Advecção e ondas de Rossby.***

Equação Geostrófica

$$\frac{Dq}{Dt} = 0, \quad q = \frac{\zeta + 2\Omega \sin \theta}{H_0 + \eta}$$

Fluído homogêneo e incompressível de profundidade média H_0 e superfície livre η em uma esfera rotacionando a uma velocidade angular Ω

Onde:

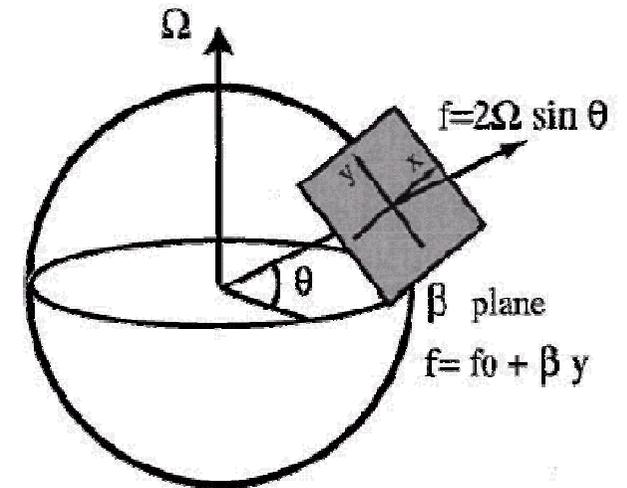
$$D/Dt = \partial_t + \vec{u} \cdot \vec{\nabla}$$

$$\zeta = \vec{e}_z \cdot (\vec{\nabla} \times \vec{u}) \longrightarrow \text{vorticidade}$$

$$f_0 = 2\Omega \sin \theta \longrightarrow \text{Parâmetro de Coriolis}$$

$$q \longrightarrow \text{potencial de vorticidade}$$

$$\theta \longrightarrow \text{latitude} \quad \vec{u} \longrightarrow \text{velocidade sobre o plano } \beta$$



Equação Geostrófica

Equação de Charney $[\partial_t + (\vec{e}_z \times \vec{\nabla} \psi) \cdot \vec{\nabla}]q = 0$

com

$q = \nabla^2 \psi - k_R^2 \psi + \beta y$ \longrightarrow *potencial de vorticidade*

$\psi = (g/f_0)\eta$ \longrightarrow *função de corrente*

$k_R^{-1} = \sqrt{gH_0}/f_0$ \longrightarrow *Raio de deformação de Rossby*

$\vec{u} = \vec{e}_z \times \vec{\nabla} \psi$ \longrightarrow *velocidade na superfície*

$\beta = (2\Omega/r) \cos \theta_0$ \longrightarrow *parâmetro do gradiente de Coriolis*

Equação Geostrófica

Equação de Charney

$$[\partial_t + (\vec{e}_z \times \vec{\nabla} \psi) \cdot \vec{\nabla}] q = 0 \quad q = \nabla^2 \psi - k_R^2 \psi + \beta y$$

Equações de Hamilton

$$\frac{dx}{dt} = -\frac{\partial}{\partial y} \psi(x, y) \quad \text{e} \quad \frac{dy}{dt} = \frac{\partial}{\partial x} \psi(x, y)$$

Hamiltoniana

$$\psi(x, y, t) = \psi_0(x) + \sum_{i=1}^N A_i \varphi_i(x) \cos(k_{y_i} y - \omega_i t)$$

Experiência SMS

Objetivos:

- Modelo Geostrófico – advecção e ondas de Rossby.

- Potencial de equilíbrio $\psi_0(x)$

- Zonas de fluxo – barreira ao transporte de energia e massa.

- Número de ondas necessárias para quebrar as barreiras.

Experiência SMS

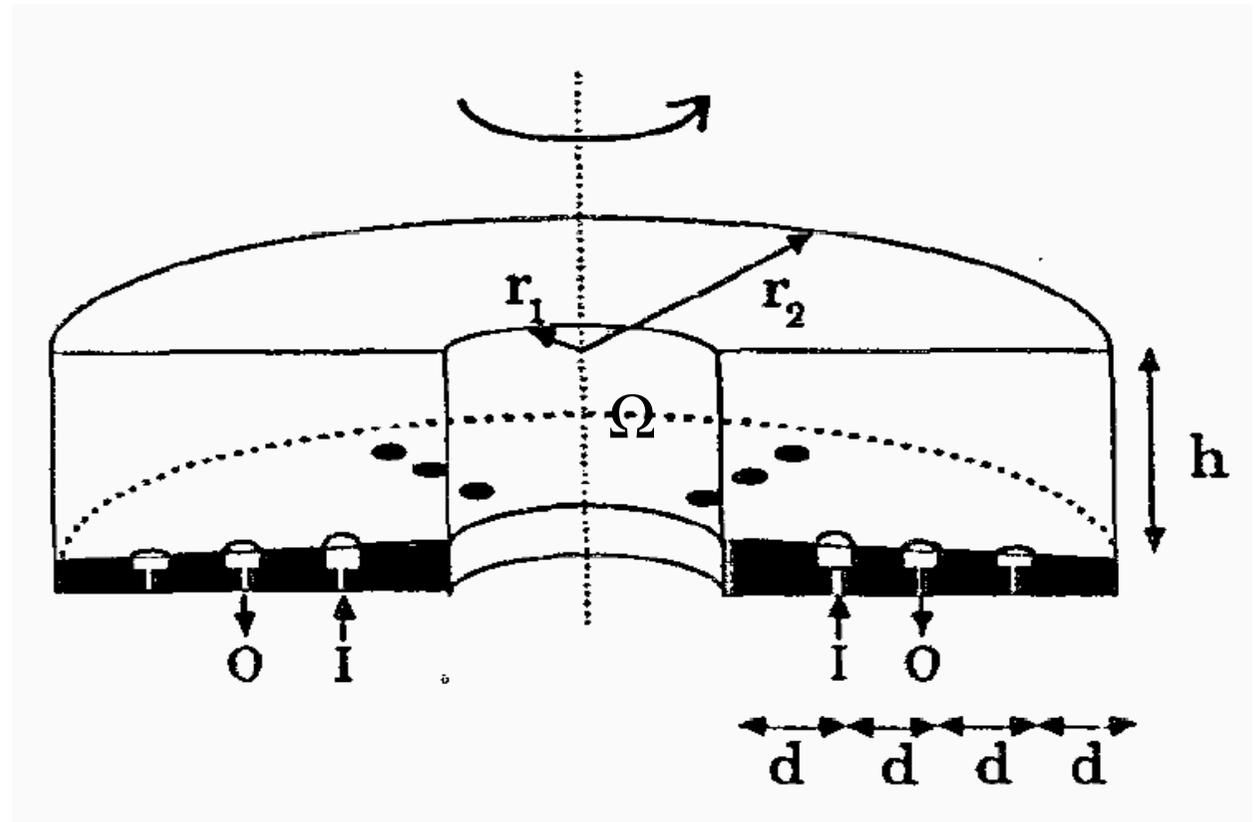
Aparato Experimental

$d = 8.1 \text{ cm}$

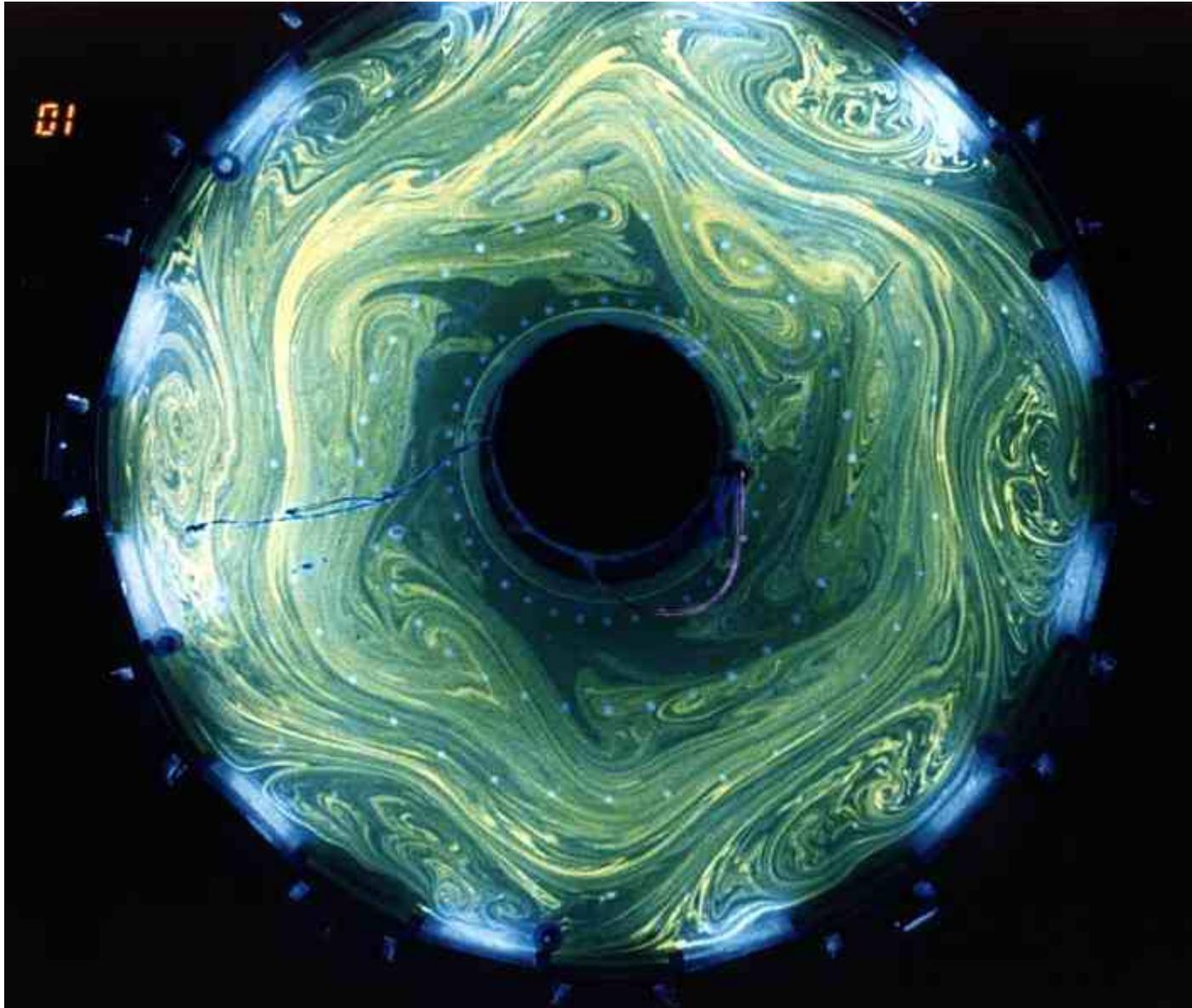
$r_1 = 10.8 \text{ cm}$

$r_2 = 43.2 \text{ cm}$

$h = 20.3 \text{ cm}$ at outside,
 17.1 cm on inside

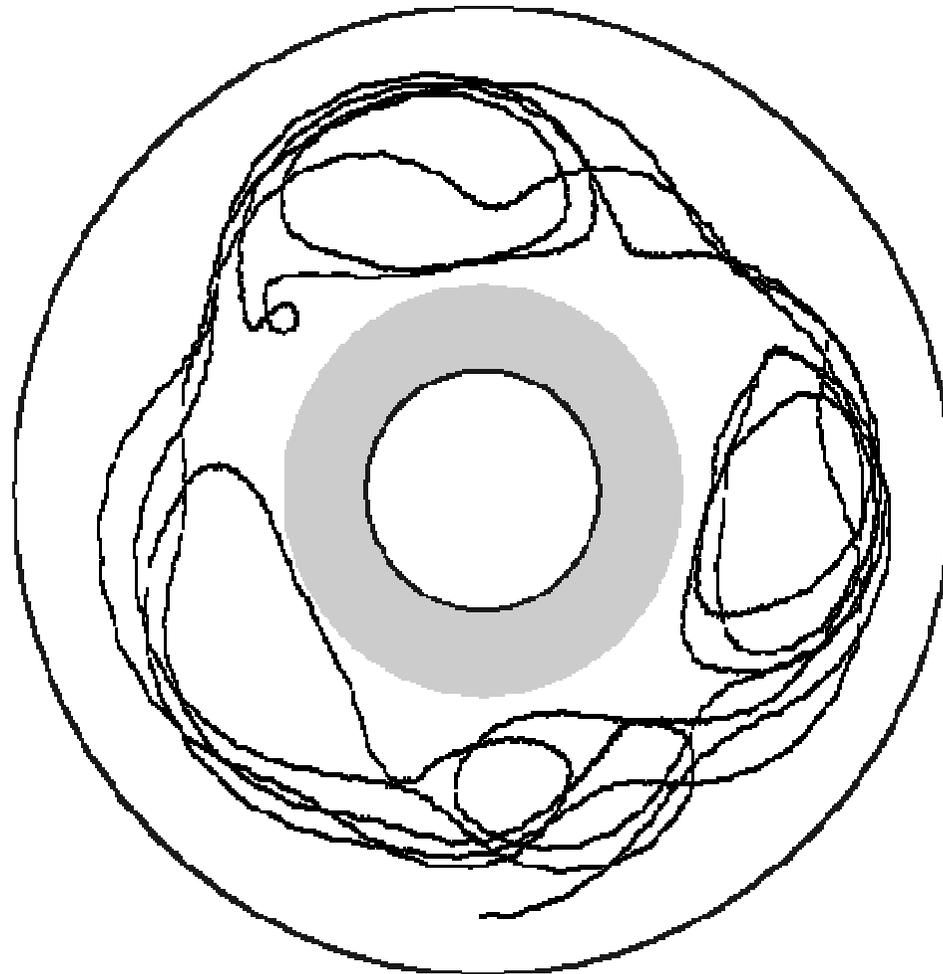


Experiência SMS



Experiência SMS

Trajectoria de uma partícula

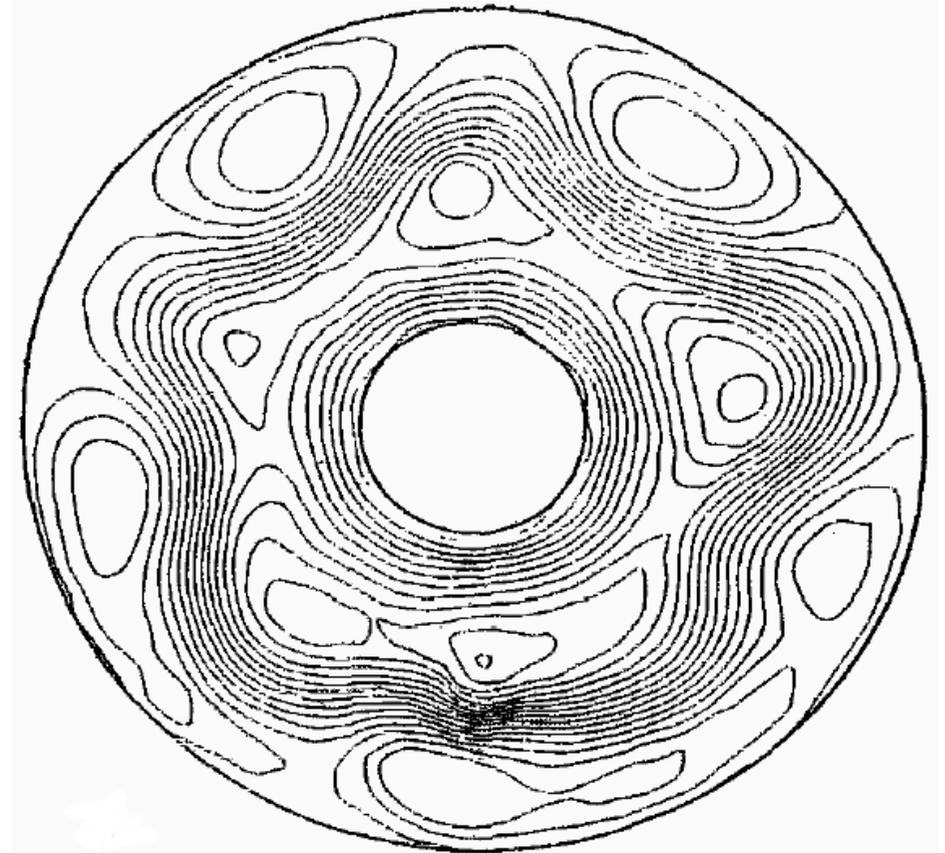


Modelo Hamiltoniano

$$\psi(x, y, t) = \psi_0(x) + \sum_{i=1}^N A_i \varphi_i(x) \cos(k_{y_i} y - \omega_i t)$$

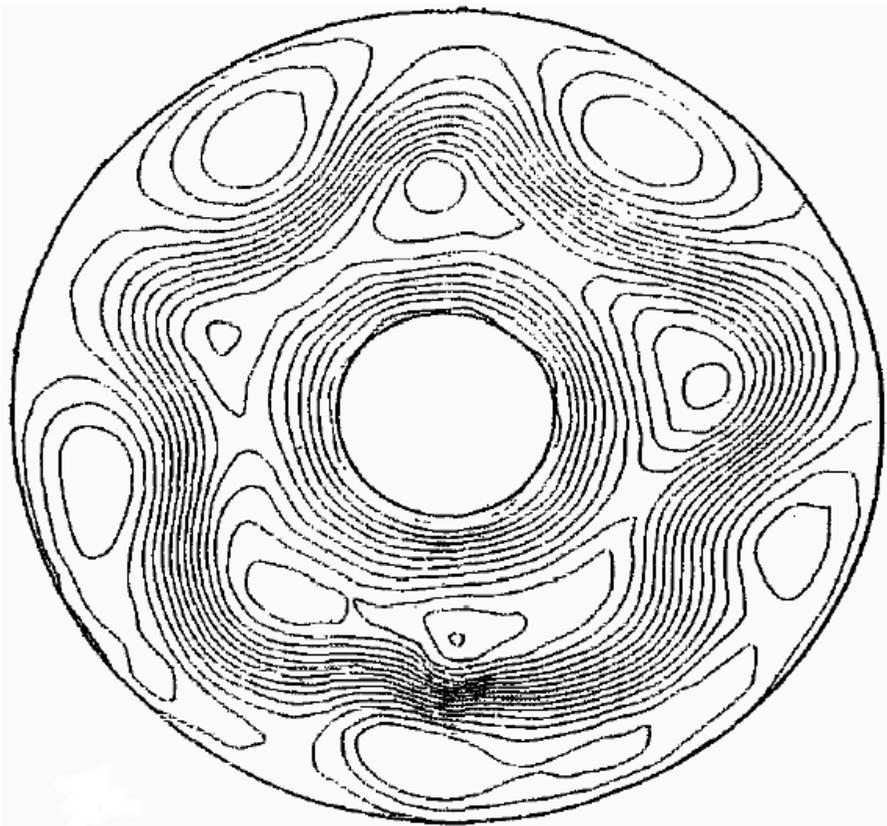
$$\psi_0(x) = \tanh(x/L)$$

$$\varphi_i(x) = \operatorname{sech}^2(x/L)$$

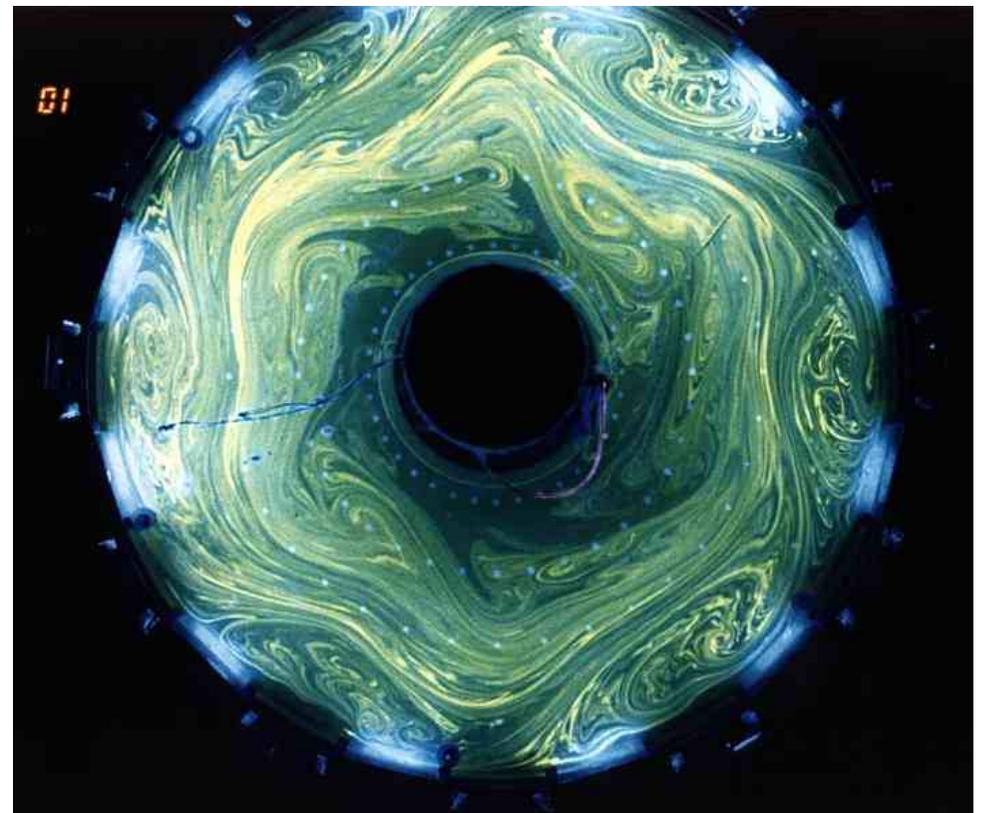


Comparação

Modelo Hamiltoniano



Experimento SMS



Referências

P. J. Morrison, *Hamiltonian description of the ideal fluid*, Reviews of Modern Physics, vol. 70, no. 2, p. 467, 1998.

J. Pedlosky, Geophysical Fluid Dynamics second ed. New York: Springer-Verlag, 1987.

D. del Castillo-Negrete, *Chaotic transport in zonal flows in analogous geophysical and plasma systems*, Physics of Plasmas, vol. 7, p. 1702, 2000.

R. P. Behringer, S. D. Meyers, and H. L. Swinney, *Chaos and mixing in a geostrophic flow*, Physics of Fluids A: Fluid Dynamics, vol. 3, no. 5, pp. 1243-1249, 1991.