

Núcleo Dinâmico de Modelos Balanceados da interação entre Oceano e Atmosfera

Enver Ramírez Gutiérrez¹

¹Depto de Ciências Atmosféricas, IAG, USP
05508-090, São Paulo, SP
E-mail: enver.ramirez@gmail.com

Pedro Leite da Silva Dias^{1,2}

²Laboratorio Nacional de Computacao Cientifica, LNCC
25651-075, Petrópolis, RJ
E-mail: pldsdias@lncc.br

RESUMO

O núcleo dinâmico do modelo acoplado oceano-atmosfera na região tropical de tal forma que possa existir interação entre escalas pode ser descrito mediante as equações acopladas da água rasa não lineares no plano beta equatorial (equações 1a-1d). Neste sistema os sub-índices “a” e “o” denotam atmosfera e oceano respectivamente, as equações definem a conservação de momento e de massa. Embora, o sistema consista de dois modelos de água rasa, no oceano utiliza-se um modelo de gravidade reduzida, desta forma os efeitos da flutuabilidade são incluídos junto com os efeitos da gravidade:

$$\frac{\partial \mathbf{v}_a}{\partial t} + \mathbf{v}_a \cdot \nabla \mathbf{v}_a + \beta y \mathbf{k} \times \mathbf{v}_a + g \nabla H_a = F_{v_a} \quad (1a)$$

$$\frac{\partial H_a}{\partial t} + \mathbf{v}_a \cdot \nabla H_a + H_a \nabla \cdot \mathbf{v}_a = F_{H_a} \quad (1b)$$

$$\frac{\partial \mathbf{v}_o}{\partial t} + \mathbf{v}_o \cdot \nabla \mathbf{v}_o + \beta y \mathbf{k} \times \mathbf{v}_o + g' \nabla H_o = F_{v_o} \quad (1c)$$

$$\frac{\partial H_o}{\partial t} + \mathbf{v}_o \cdot \nabla H_o + H_o \nabla \cdot \mathbf{v}_o = F_{H_o} \quad (1d)$$

Os termos (F_{v_a} , F_{H_a} , F_{v_o} , F_{H_o}) representam fontes e sumidouros. O acoplamento simples entre o oceano e a atmosfera, para este sistema é através de troca de calor e momento, isto é obtido ao se escolher F_{v_o} como função do estresse do vento e F_{H_a} como função da altura dinâmica. Os termos forçantes remanescentes são identicamente nulos. Regimes balanceados multiescala da dinâmica acoplada entre o oceano e atmosfera são obtidos usando a teoria da perturbação. Para isto, escalas temporais convenientes em conjunção com escalonamentos espaciais anisotrópicos são utilizados. Existe uma complicação devido ao fato que a atmosfera é zonalmente ilimitada, o que não ocorre nos oceanos. Porém, a atmosfera pode ser dividida na direção zonal em duas regiões (interna e externa), na medida em que os termos forçantes forem considerados como confinados dentro da região compreendida sobre o oceano Pacífico em uma aproximação similar a utilizada em (Gill e Philips, 1986). Vários regimes podem ser obtidos ao utilizar velocidades típicas das perturbações no oceano e na atmosfera ($C=50$ m/s, $U=3.95$ m/s, $\epsilon U = 0.395$ m/s e $\epsilon = 0.1$). Estes regimes correspondem as três das principais escalas da variabilidade natural que influenciam os fenômenos climáticos (Multidecadal (acima de 10 anos), El Niño (entre 1.5 e 7 anos) e Intrasazonal (15-180 dias)). Um destes regimes pode ser obtido ao se selecionar l_s (escala de comprimento zonal do Pacífico) como escala espacial e $TEN = l_s/U \sim 41.9$ como escala temporal. Uma vez que dez unidades de TEN correspondem a 420 dias, este regime seria apropriado para modelar o

desenvolvimento do El Niño (ou a interação entre variabilidade intra-sazonal e o El Niño) obtido via um tratamento sistemático das equações governantes (Pedlosky,1987; Biello e Majda, 2005; Majda, 2002). Esta mesma sistemática pode ser aplicada para a obtenção dos outros regimes balanceados, por exemplo, selecionando l_s e $TIs = l_s/C \sim 3.3$ dias. Esta escolha corresponde ao regime III, toda vez que dez unidades de TIs equivalem a 33 dias, este regime é apropriado para a descrição da variabilidade intra-sazonal. Finalmente o Regime I é obtido escolhendo l_s e $TD = l_s/v_o = l_s/\epsilon U \sim 419$ dias, dez unidades de TD são aproximadamente 11.4 anos, logo este regime permitirá a obtenção de um regime que é apropriado para a descrição da variabilidade decadal. A seguir, aplicando sistematicamente os escalonamentos escolhidos para as equações da água rasa acopladas vamos mostrar as equações obtidas para estes regimes. Este tipo de estudo pode contribuir ao entendimento do papel da interação multiescala dentro do sistema acoplado oceano-atmosfera na geração de variabilidade climática assim como da interação entre as principais escalas de variabilidade natural.

Os modelos balanceados aqui obtidos tem uma expansão assintótica uniformemente válida no intervalo temporal $I : 0 < t \leq T(\square) = O(1/\square)$. Vamos começar com a componente oceânica do Regime II o seguinte Ansatz para a solução é:

$$v_o(t, \tau, \mathbf{x}) = v_{o0}(t, \tau, \mathbf{x}) + \epsilon v_{o1}(t, \tau, \mathbf{x}) \quad (2 a)$$

$$h_o(t, \tau, \mathbf{x}) = h_{o0}(t, \tau, \mathbf{x}) + \epsilon h_{o1}(t, \tau, \mathbf{x}) \quad (2 b)$$

onde $\tau = \epsilon t$ é uma escala de tempo lenta e \mathbf{x} são as coordenadas horizontais bidimensionais, com isto, o operador da derivada local, pela regra da cadeia, é $\partial_t = \partial_t + \epsilon \partial_\tau$, é necessário impor crescimento sublinear para os termos de ordem $O(\square)$ no Ansatz. Caso contrário se invalida esta aproximação. Com esta metodologia são obtidas as equações equatoriais com rotação com a aproximação de onda longa assim como as condições de crescimento sublinear das perturbações e daqui podem ser obtidas as regras para a evolução da energia na escala lenta.

Palavras-chave: Interação oceano-atmosfera multiescala, El Niño, Variabilidade Intrasazonal e Multidecadal.

Referências

- [1] J. A. Biello e A. J. Majda, A New Multiscale Model for the Madden-Julian Oscillation, *Journal of the Atmospheric Science*, 62 , 1694{1721, 2005.
- [2] A. Gill e P. Phlips, Nonlinear eects on heat-induced circulation of the tropical atmosphere, *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*, pp. 69-91, 1986.
- [3] A. Majda, Introduction to PDE's and Waves for the Atmosphere and Ocean, Courant Lectures Note, 2002 , American Mathematical Society and Courant Institute of Mathematical Sciences, 2002.
- [4] J. Pedlosky, *Geophysical Fluid Dynamics*, Springer-Verlag, New York, 1987.