

ESTUDO NUMÉRICO DA CAMADA LIMITE ATMOSFÉRICA NA REGIÃO DA CONFLUÊNCIA BRASIL-MALVINAS

Todesco, E.¹; Camargo, R.²; Pezzi L. P.³; Souza R. B.⁴

¹IAG-USP enzo@master.iag.usp.br,

²IAG-USP ricamarg@model.iag.usp.br,

³OBT-CPTEC-INPE luciano.pezzi@cptec.inpe.br

⁴CRS-INPE roonald@dsr.inpe.br

RESUMO

Este trabalho tem por objetivo descrever os processos de modulação da Camada Limite Atmosférica sobre o oceano na região da Confluência Brasil-Malvinas, usando técnicas de análise dos dados *in situ* e também modelagem numérica atmosférica de meso escala. Os dados coletados *in situ*, simultâneos, das propriedades físicas do oceano e da atmosfera na região da frente térmica oceânica foram obtidos no âmbito do Programa Antártico Brasileiro durante as derrotas do Navio de Apoio Oceanográfico Ary Rongel da Marinha do Brasil. Uma seqüência de experimentos numéricos utilizando o modelo atmosférico Brazilian Regional Atmospheric Modeling System - BRAMS foi realizada para avaliar seu desempenho em resolver a estrutura horizontal da atmosfera, assim como sua eficiência para descrever a estrutura vertical; adicionalmente, foram feitos testes de sensibilidade do modelo quanto à assimilação de cada um dos conjuntos de dados observados *in situ*. A validação das simulações foi feita através do uso dos campos de vento em superfície produzidos a partir de dados do escaterômetro SeaWinds a bordo do satélite QuikSCAT. Foram verificadas as hipóteses de modulação da camada limite devido (i) à diminuição da estabilidade estática e (ii) à variação da pressão ao nível do mar.

Palavras chave: Interação Oceano-Atmosfera, modelagem numérica, assimilação de dados

INTRODUÇÃO

Na região da Confluência Brasil-Malvinas (CBM) no Oceano Atlântico Sudoeste, a Corrente do Brasil (CB) encontra a Corrente das Malvinas (CM), gerando grandes contrastes térmicos que são altamente discerníveis tanto em caráter espacial quanto temporal (LENTINI et al., 2005).

A evolução dos transientes atmosféricos pode ser diretamente influenciada pela estrutura espacial das anomalias da Temperatura da Superfície do Mar (TSM) e, conseqüentemente, através dos fluxos de calor sensível e latente entre a atmosfera e o oceano. Segundo Gan e Rao (1991) o contraste de temperatura entre continente e oceano, juntamente com a gradiente de TSM da região da CBM, conduzem a situações favoráveis para a intensificação dos fluxos de calor sensível e latente, um dos mais importantes controles para o desenvolvimento de ciclones extratropicais.

Muitos estudos investigam os processos das interações Oceano-Atmosfera (OA), enfatizando a influência da TSM nos ventos de superfície sobre o Oceano Pacífico Equatorial leste. Lindzen e Nigam (1987) e Wallace et al. (1989) sugerem dois distintos mecanismos para tal interação. Na primeira hipótese atribui a modulação dos ventos de superfície à variação da pressão ao nível do mar associada com a TSM: baixas (altas) pressões são encontradas sobre águas mornas (frias). O vento se move para a baixa pressão ou para os maiores gradientes de TSM (LINDZEN; NIGAM, 1987).

Dados observacionais obtidos por sondagens atmosféricas e oceânicas simultâneas evidenciaram uma estrutura acoplada entre a atmosfera e o oceano na região da CBM, como visto em Pezzi et al. (2005, 2006). Esta região é ainda muito mal documentada, estudos anteriores como Pezzi et al. (2005) fazem apenas um estudo da modulação da camada limite atmosférica (CLA) em casos de ausência de sistemas de escala sinótica e de algum outro fator que interrompa este padrão de mesoescala.

Este trabalho através de modelagem numérica de meso escala, estuda os processos de modulação da CLA pela frente Oceânica. Os experimentos numéricos são caracterizados pela assimilação dos dados de radiosondagens, observações de superfície e TSM, na região da CBM. Os resultados esperados deverão contribuir para um melhor entendimento dos

processos físicos e dinâmicos de transferência de energia entre a região da confluência e a região sul-sudeste do Brasil, via atmosfera. O entendimento de todos estes processos poderá contribuir para melhoria da representação destes fenômenos pelos modelos numéricos atmosféricos, atualmente utilizados na previsão de tempo e clima.

MATERIAL E METODOLOGIA

DADOS *IN SITU*:

Para investigar os mecanismos de interação entre a CLA e a frente oceânica CM/CB, uma amostragem observacional da atmosfera feita através de radiossondagens foi empregada. A importância desse tipo de observação bem como uma descrição detalhada de vários experimentos realizados na CBM estão descritos em Pezzi et al. (2009). Este estudo também inclui a investigação dos processos de interação oceano-atmosfera na região da CBM. As radiossondas foram lançadas conjuntamente com XBTs enquanto o N.Ap.Oc. Ary Rongel estava em derrota cruzando a CBM, neste trabalho são utilizados os dados *in situ* para as operações Antárticas 23 (2004), 24 (2005), 25 (2006), 26 (2007) e 27 (2008). O período de estudo compreende os mesmos das Operações Antárticas descritas acima;

DADOS DE SATÉLITE:

Dados derivados do Advanced Microwave Scanning Radiometer a bordo do satélite Aqua (AMSR-E) foram usados para identificação do posicionamento da CBM e determinação dos campos de TSM utilizados nas simulações.

Em adição aos dados *in situ*, cartas de direção e intensidade dos ventos são produzidas a partir de dados do escaterômetro SeaWinds a bordo do satélite Quick Scatterometer (QuikSCAT). O SeaWinds a bordo do QuikSCAT é um sensor de microondas usado para medir a reflexão ou o espalhamento produzido pelo pulso de radar enquanto varre a superfície da Terra;

MODELO NUMÉRICO BRAMS:

Neste trabalho foi utilizado a versão 3.2 do BRAMS tendo como base a versão 5.04 do RAMS, somadas algumas melhorias como reprodutibilidade binária (mesmo resultado utilizando diferentes números de processadores), melhoria na portabilidade e qualidade do software, melhoria de desempenho em simulações seriais e paralelas, parametrização de cumulus rasos e nova parametrização de convecção profunda baseada em um esquema de fluxo de massa com diferentes fechamentos;

EQUAÇÃO DO MOVIMENTO:

O escoamento turbulento gera desvios isolados das parcelas de ar, que geram turbilhões e assim misturam propriedades, tais como momentum e temperatura potencial dentro da CLA. Esses processos alteram a quantidade de momentum do escoamento de grande escala na CLA de tal maneira que o balanço geostrófico não é maior que uma aproximação para o campo de vento de grande escala. Para determinar os processos de modulação da CLA é feito uso da equação do movimento, onde todos os termos são calculados inclusive os termos de flutuação turbulenta (equação 1.1 e 1.2).

$$\frac{\partial \bar{u}}{\partial t} + \left[\bar{u} \frac{\partial \bar{u}}{\partial x} + \bar{v} \frac{\partial \bar{u}}{\partial y} \right] + \bar{w} \frac{\partial \bar{u}}{\partial z} + \frac{1}{\rho_0} \frac{\partial \bar{p}}{\partial x} - f \bar{v} + \left[\frac{\partial (\overline{u'u'})}{\partial x} + \frac{\partial (\overline{u'v'})}{\partial y} + \frac{\partial (\overline{u'w'})}{\partial z} \right] - \bar{F}_{rx} = 0 \quad \text{eq. 1.1}$$

$$\frac{\partial \bar{v}}{\partial t} + \left[\bar{u} \frac{\partial \bar{v}}{\partial x} + \bar{v} \frac{\partial \bar{v}}{\partial y} \right] + \bar{w} \frac{\partial \bar{v}}{\partial z} + \frac{1}{\rho_0} \frac{\partial \bar{p}}{\partial y} + f \bar{u} + \left[\frac{\partial (\overline{v'u'})}{\partial x} + \frac{\partial (\overline{v'v'})}{\partial y} + \frac{\partial (\overline{v'w'})}{\partial z} \right] - \bar{F}_{ry} = 0 \quad \text{eq. 1.2}$$

RESULTADOS E CONCLUSÕES

A validação das simulações foi feita com os campos de vento em superfície produzidos a partir de dados do escaterômetro SeaWinds do satélite QuikSCAT. A análise dos testes de correlação e cálculo do erro quadrático médio mostrou um melhor desempenho do modelo em descrever a larga escala utilizando a TSM real ao invés da climatológica. A análise mostrou também uma melhora nos resultados do modelo ao refinar a resolução horizontal da grade de 40 km para 10 km. O esquema de assimilação de dados *Observational Data Assimilation* do modelo numérico mostrou ser um método eficiente para reproduzir as observações. A partir da

metodologia utilizada de reprodução e assimilação das radiossondagens nas simulações, a representação da estrutura vertical da CLA fornecida pelo modelo se aproximou do valor real da radiossondagem, sem instabilizar a simulação.

Através da análise dos dados *in situ* e das simulações numéricas, constatou-se que sobre a Corrente do Brasil (quente) a camada limite atmosférica é mais instável do que sobre a Corrente das Malvinas (fria), bem como foi observado o abaixamento da pressão em superfície sobre as águas quentes, concordando com alguns resultados mostrados em Pezzi et al (2009). Foram verificadas as hipóteses de modulação da camada limite devido (i) à diminuição da estabilidade estática e (ii) à variação da pressão ao nível do mar, ambas co-existindo e sendo igualmente importantes na modulação da camada limite na ausência de sistemas atmosféricos de grande escala. Na presença de sistemas sinóticos atuantes na região, a modulação da camada limite em função da estabilidade estática pôde ou não ser observada. Também foi observado que as componentes de advecção horizontal e vertical de momento representam um papel importante na modulação dos ventos em superfície na região da frente oceânica.

REFERÊNCIAS

- GAN, M. A.; RAO, V. B. Surface cyclogenesis over South America, *Mon. Weath. Rev.*, 119, 1293-1302, 1991.
- LENTINI, C. A. D.; GOÑI, G. J.; OLSON, D. B. Investigation of Brazil Current rings: 1993-1998. *Journal of Geophysical Research*, 2005.
- LINDZEN, R. S; NIGAM, S. On the role of Sea Surface Temperature gradients in forcing low-level winds and convergence in the tropics. *Journal of the Atmospheric Sciences*, 44(17), 2418–2436, 1987.
- PEZZI, L. P.; SOUZA, R. B.; DOURADO, M. S.; GARCIA, C. A. E.; MATA, M. M.; SILVA-DIAS, M. A. F. Ocean-Atmosphere in Situ Observations at the Brazil-Malvinas Confluence Region. *Geophysical Research Letters*, 32. doi: 10.1029/2005GL023866, L22603, 2005.
- PEZZI, L. P.; SOUZA, R. B.; ACEVEDO, O.; WAINER, I.E.K.; MATA, M.M.; GARCIA, C.A.E.; CAMARGO, R. Multi-year measurements of the Oceanic and Atmospheric Boundary Layers at the Brazil-Malvinas Confluence Region. *Journal of Geophysical Research*, doi:10.1029/2008JD011379, 2009
- WALLACE, J. M.; MITCHELL, T. P.; DESER, C. J. The Influence of Sea-Surface Temperature on Surface Wind in the Eastern Equatorial Pacific: Weekly to Monthly Variability. *Journal of Climate*, 2, 1492–1499, 1989.