

# INTERCOMPARAÇÃO DAS PARAMETRIZAÇÕES DE TURBULÊNCIA DO B-RAMS PARTE 2: SIMULAÇÃO NUMÉRICA PARA O SÍTIO DO REBIO JARÚ

Joice Parmezani Staben Barbosa<sup>1</sup>  
Haroldo Fraga de Campos Velho<sup>2</sup>  
Saulo Ribeiro de Freitas<sup>3</sup>

**RESUMO:** Usando a teoria estatística de turbulência de Taylor (1921) novas parametrizações de turbulências são implementadas no modelo B-RAMS, segundo Degrazia *et al.* (2000), onde toda as condições de estabilidade atmosférica são levadas em consideração. Os resultados são apresentados de forma comparativa, entre as simulações realizadas com as novas parametrizações com outras parametrizações: Smagorinsky (1963) e Mellor-Yamada (1982), junto com os dados observacionais obtidos durante o Projeto LBA para o sítio do Rebio Jarú.

**ABSTRACT:** New turbulence parameterizations based on Taylor's theory were implemented in BRAMS model. The new scheme is appropriate for the most important atmospheric stability regimes. In this paper we show and discuss model results and perform comparisons with another 2 standard parameterizations already included in BRAMS using observational data collected on LBA/REBIO JARÚ pasture site.

**Palavra-Chave:** Camada Limite Planetária, Micrometeorologia e Modelo B-RAMS.

## INTRODUÇÃO

A atmosfera é a massa gasosa estratificada ao redor do planeta Terra. A primeira camada na atmosfera é a Camada Limite Planetária (CLP): uma camada fina em contato direto com o solo e os oceanos, onde os efeitos da viscosidade e da turbulência não podem ser negligenciados. Deste modo, uma adequada representação da CLP é extremamente importante para a modelagem numérica da atmosfera, em particular para os modelos de mesoescala.

Nos últimos anos, inúmeros modelos têm sido desenvolvidos com o propósito de simular a CLP, variando de simples parametrizações a problemas sofisticados de fechamento das equações de segunda ordem ou maiores. Essas parametrizações são então implementadas em modelos numéricos de previsão de tempo. Entre as contribuições da comunidade científica brasileira para a representação da turbulência atmosférica, é o desenvolvimento de parametrizações baseadas na teoria estatística da turbulência de Taylor (1921). Neste trabalho foi realizado uma intercomparação das simulações numéricas obtidas de maneiras distintas com o comportamento da CLP através de dados observacionais coletados pelo experimento de Grande Escala da Biosfera-Atmosfera (*Large Scale Biosphere – LBA*) campanha realizada em 1999. Para tais simulações serão utilizadas três

---

<sup>1</sup> CAP/INPE [joice.parmezani@lac.inpe.br](mailto:joice.parmezani@lac.inpe.br)

<sup>2</sup> LAC/INPE [haroldo@lac.inpe.br](mailto:haroldo@lac.inpe.br)

Av dos Astronautas, 1.758 - Jd. Granja - CEP: 12227-010. São José dos Campos – SP – Brasil

<sup>3</sup> CPTEC/INPE [sfreitas@cptec.inpe.br](mailto:sfreitas@cptec.inpe.br)

Rodovia Presidente Dutra, Km 40 - SP-RJ 12630-000. Cachoeira Paulista – SP – Brasil

diferentes parametrizações de turbulência; Smagorinsky (1963), Mellor e Yamada (1982) e Degrazia *et al.* (2000). As duas primeiras parametrizações fazem parte da versão utilizada do modelo B-RAMS, enquanto que a terceira será considerada como uma nova parametrização de turbulência implementada no modelo.

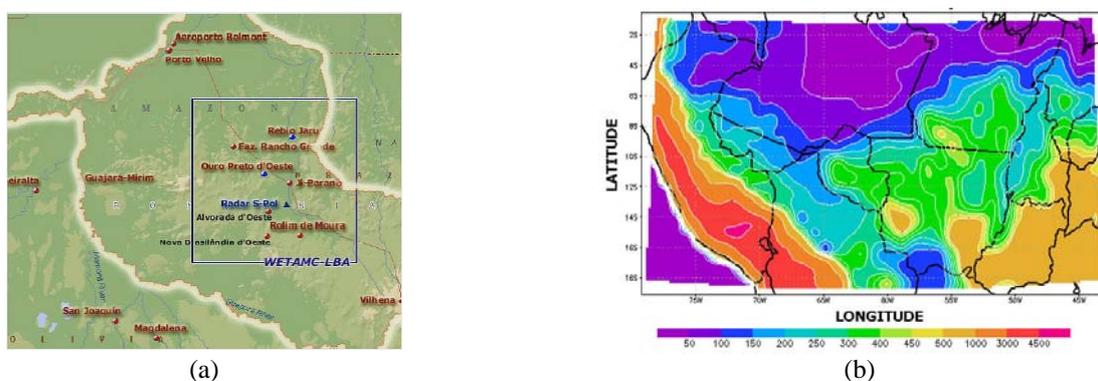
## MATERIAL E METODOLOGIA

Uma das maiores dificuldades no desenvolvimento de pesquisa e melhorias nas previsões é a ausência ou baixa qualidade nos dados observados disponíveis. Desta forma, para obtermos um prognóstico próximo da realidade atmosférica, foram combinados conjuntos distintos de dados para a análise entre as parametrizações de turbulência. Os dados utilizados foram; dados observacionais, do tipo radiossondagens e de análises globais.

Os dados das radiossondagens foram obtidos experimentalmente no Projeto LBA durante a primeira campanha do *Wet season Atmospheric Mesoscale Campaign - WETAMC*, realizado na estação úmida. O experimento ocorreu durante os meses de Janeiro a Fevereiro de 1999 no Estado de Rondônia, na região sudoeste da Amazônia (Figura 1 - a).

Como dados de condição inicial foram utilizados os dados observacionais juntamente com as análises globais fornecidas pelo modelo global do Centro Europeu ECMWF (*European Centre for Medium-Range Weather Forecasts*), enquanto que a própria física do modelo gerou os dados de condição de contorno. A Tabela 1 mostra a relação dos dados utilizados durante o desenvolvimento deste trabalho.

Como se pode observar na Figura 1a, a área onde ocorreu o experimento é composta predominantemente por regiões de pastagem e floresta. Para a realização deste trabalho, foram utilizados como dados de condição inicial os dados de radiossondagens de sítios distintos da Campanha WETAMC. Para a segunda parte deste trabalho (Parte 2) será analisado a região de floresta na Reserva Biológica do Jarú (Rebio Jarú:  $10^{\circ}05'S$   $61^{\circ}55'W$ ).



**Figura 1:** (a) Mapa experimental do Projeto WETAMC/LBA (Fonte: USP/LBA, 2005) e (b) Topografia da área da simulação numérica realizada durante o estudo de caso.

Os dados observados referentes aos sítios da Campanha WETAMC (Tabela 1) foram analisados sendo feito uma seleção dos mesmos, onde o critério de escolha adotado foi em função de uma boa evolução da CLP. Após a análise dos dados foi adotado um período de 48 horas como estudo de caso iniciando no dia 10/Fev/1999 às 00:00 UTC até o dia 12/Fev/1999 às 00:00 UTC. Dentro do período adotado o modelo realizou as assimilações dos dados considerando como 99% de verdade os dados das radiossondagens na localização de cada sítio.

**Tabela 1** - Dados de condição inicial e de contorno.

<b>Dados Observacionais (Radiossondagens – 3 em 3 horas)</b>	
<i>Variáveis</i>	<i>Unidade</i>
Temperatura	C
Umidade do Relativa do Ar	%
Velocidade do Vento	graus
Intensidade do Vento	m/s
Pressão Atmosférica	hPa
<b>Dados Gerados pelo B-RAMS</b>	
<i>Variáveis</i>	<i>Unidade</i>
Fluxo de Calor Sensível	W/m <sup>2</sup>
Fluxo de Calor Latente	W/m <sup>2</sup>

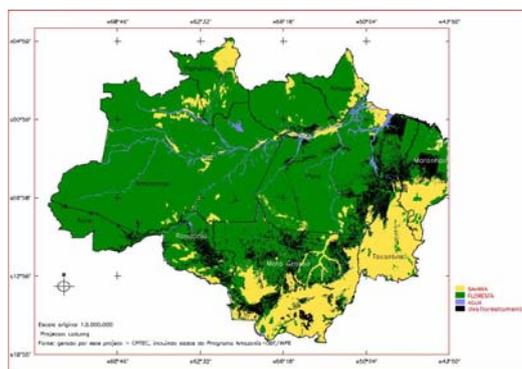
A Figura 1b representa a área adotada para a realização das simulações numéricas do modelo B-RAMS, onde cobre toda a área da primeira campanha do Projeto WETAMC/LBA (Figura 1 -a) abrangendo as coordenadas de *longitude*:  $-79.248W$   $-42.484W$  e *latitude*:  $-19.069S$   $-0.56999S$ . A Tabela 2 mostra a configuração espacial em cada simulações numéricas. O intervalo adotado para visualização das análises obtidas foi de 1 em 1 hora de simulação o qual abrange os horários das radiossondagens realizadas.

**Tabela 2** - Configuração espacial das simulações numéricas.

<b>Grade</b>	$\Delta x$	$\Delta y$	$\Delta z$	<b>Pontos X</b>	<b>Pontos Y</b>	<b>Pontos Z</b>
<b>Figura 1 (b)</b>	20km	20km	100m	203	105	40

Como cobertura vegetal da área adotada para simulação numérica (Figura 2), o modelo foi alimentado pelos dados gerados pelo ProVeg (2005), conforme mostrado na Figura 3. O ProVeg é uma iniciativa que visa melhorar a representação da variabilidade espacial da vegetação nos modelos de previsão de tempo e clima, a partir da adaptação de uma base de dados mais detalhada e com parâmetros que representem de forma mais acurada as propriedades físicas dos solos e os tipos de vegetação do território brasileiro (PROVEG, 2005).

Para validar a nova parametrização de turbulência implementada no modelo com as duas parametrizações previamente escolhidas foi adotado o critério de comparação entre as análises geradas com os dados observacionais, ou seja, as radiossondagens.

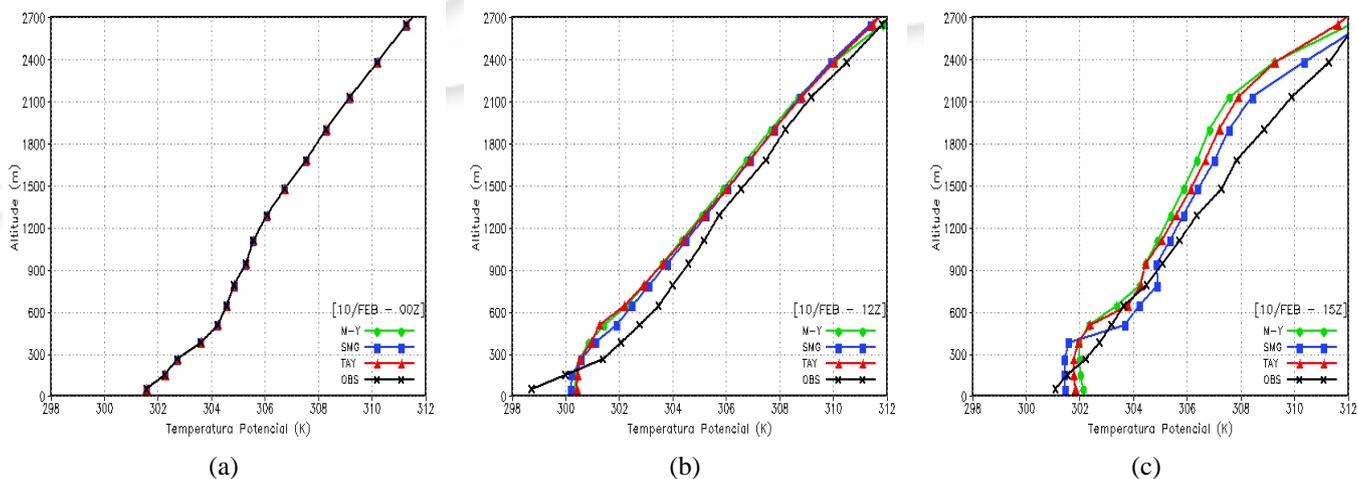


**Figura 3:** Mapa de vegetação que contém a área principal de estudo (Fonte: PROVEG, 2005).

## RESULTADOS

A critério de análise, os resultados preliminares dos perfis de temperatura potencial estão dispostos abaixo em um intervalo aleatório para o sítio do Rebio Jarú, de forma a representar melhor o desenvolvimento da CLP durante o período escolhido.

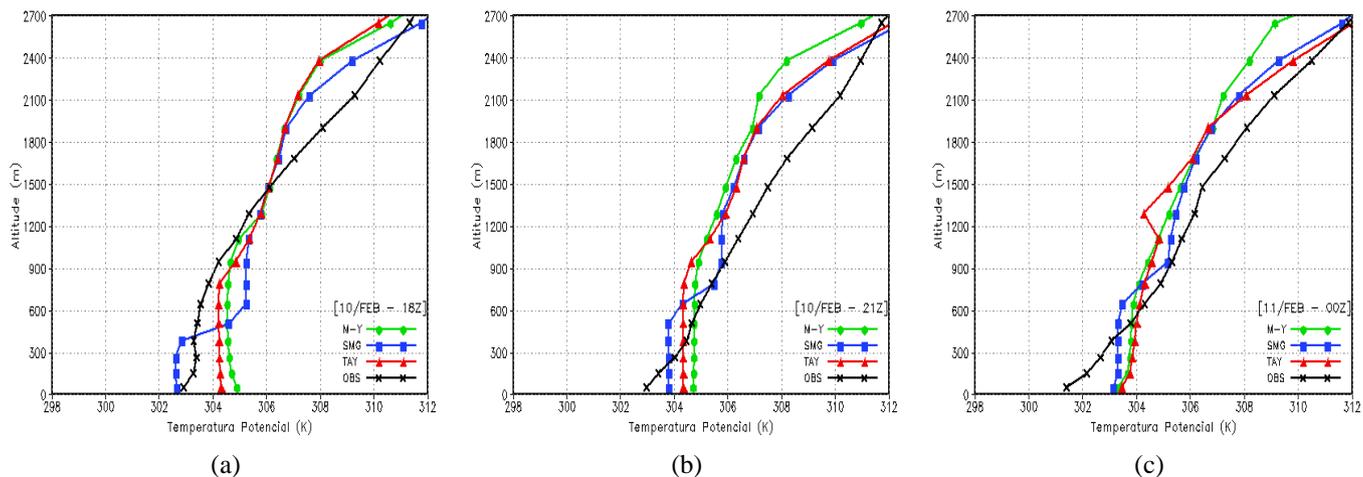
A partir da Figura 4a– 4b observamos que durante as primeiras 12h o comportamento das parametrizações são similares. No entanto, a partir das 15Z (Figura 4c), começa a iniciar um aquecimento na superfície formando a Camada Limite Convectiva (CLC), onde as parametrizações de Degrazia *et al.* (2000) e Mellor e Yamada (1982) apresentam um comportamento similar, enquanto que Smagorinsky (1963) apresenta um aquecimento mais lento.



**Figura 4:** Perfil vertical da temperatura potencial para o sítio do Rebio Jarú nos horários de (a) 00Z, (b) 12Z e (c) 15Z do dia 10 de fevereiro de 1999.

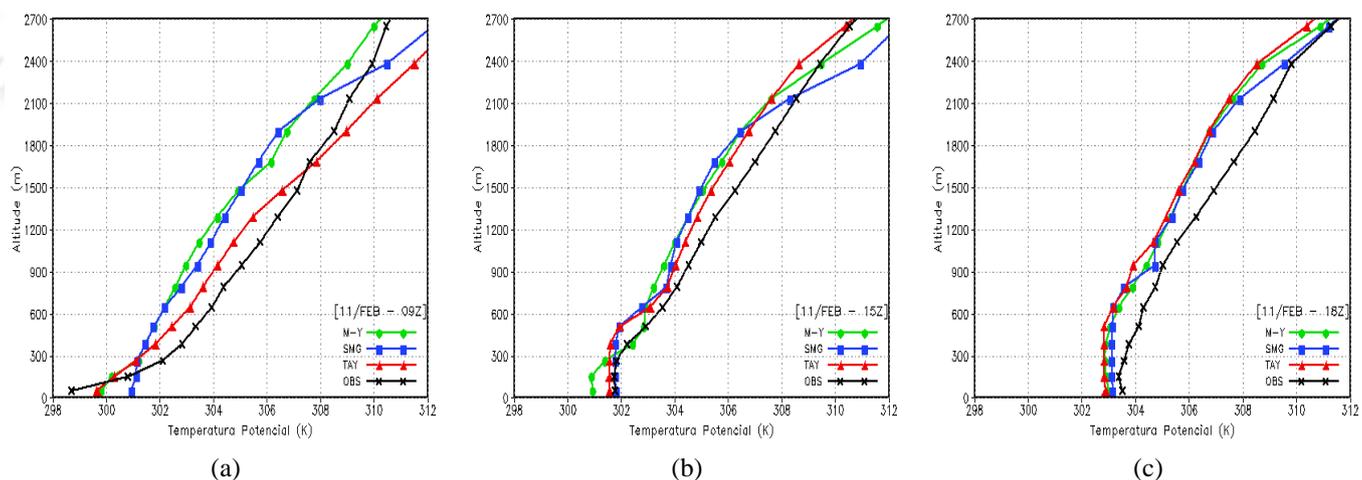
A Figura 5a mostra um desenvolvimento da CLC similar ao observado para as parametrizações de Degrazia *et al.* (2000) e Mellor e Yamada (1982), onde ambas possuem um valor de temperatura mais aquecido próximo à superfície, porém com significativa representação da altura da CLP. Esta estrutura é mantida até às 21Z (Figura 5b). No entanto, a parametrização de Smagorinsky (1963) somente apresenta uma camada de mistura melhor desenvolvida às 21Z

(Figura 5b). A partir deste horário, inicia-se um lento resfriamento da superfície onde as parametrizações acompanham de maneira similar (Figura 5c) esse resfriamento.



**Figura 5:** Perfil vertical da temperatura potencial para o sítio do Rebio Jarú nos horários de (a) 18Z e (b) 21Z do dia 10 de fevereiro de 1999 e (c) 00Z do dia 11 de fevereiro de 1999.

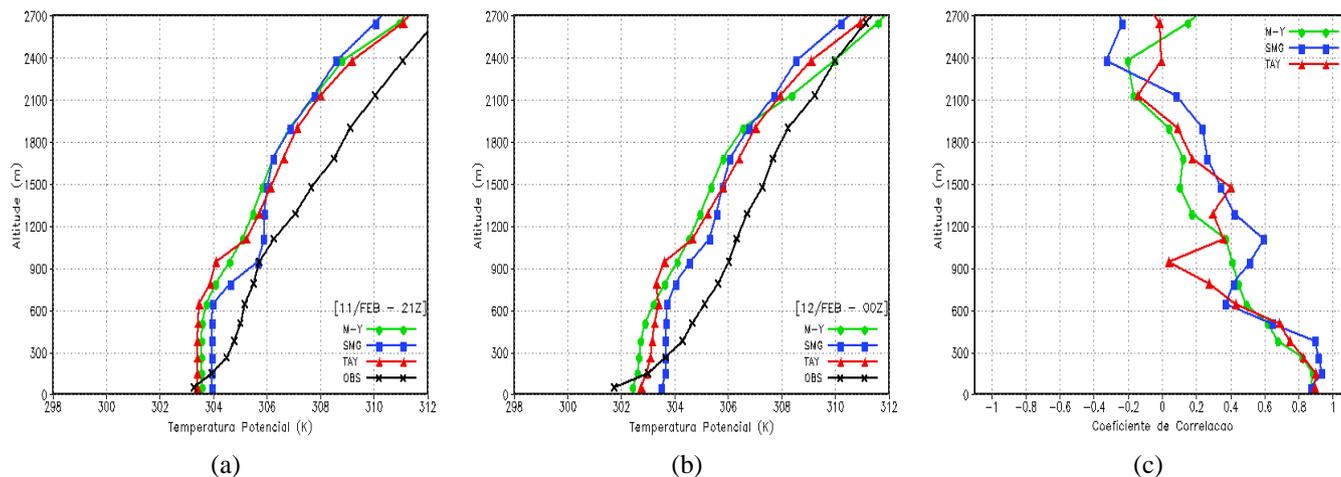
No entanto, a parametrização de Degrazia *et al.* (2000) apresenta um resfriamento mais significativo entre 00Z e 09Z do que as demais parametrizações (Figura 5c e Figura 6a), representando de maneira mais satisfatória o comportamento da CLP. A partir deste horário até às 15Z (Figura 6b), todas as parametrizações acompanham o início da formação da CLC, sendo que sua estrutura é mais bem representada por Degrazia *et al.* (2000), seguida de Smagorinsky (1963). Ambas as parametrizações às 18Z apresentam um comportamento similar (Figura 6c), acompanhando o aquecimento da CLP.



**Figura 6:** Perfil vertical da temperatura potencial para o sítio do Rebio Jarú nos horários de (a) 09Z, (b) 15Z e (c) 18Z do dia 10 de fevereiro de 1999.

A Figura 7a e 7b apresentam a evolução da CLP entre 21Z e 00Z do dia seguinte, onde é observado um resfriamento da superfície, através dos dados observados. Porém todas as parametrizações em análise acompanham lentamente esse resfriamento. A Figura 7c mostra que a nova parametrização implementada no modelo B-RAMS possui melhor correlação com os dados

observados próximo a superfície, entre 0 até 900m de altura, mantendo um comportamento similar as demais parametrizações acima de 900m.



**Figura 7:** Perfil vertical da temperatura potencial nos horários de (a) 21Z do dia 10 de fevereiro de 1999, (b) 00Z do dia seguinte e (c) perfil do coeficiente de correlação para o sítio do Rebio Jarú.

## CONCLUSÕES

Os resultados obtidos mostraram que de maneira global a nova parametrização de turbulência proposta por Degrazia *et al.* (2000) obtida a partir da teoria estatística de Taylor (1921), implementada no modelo BRAMS, teve um melhor desempenho durante o período adotado para as simulações numéricas. Em seguida tivemos a parametrização de Mellor e Yamada (1982) e por último a de Smagorinsky (1963).

## AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a Fundação de Amparo a Pesquisa no Estado de São Paulo (FAPESP), pelo auxílio financeiro recebido, ao CPTEC/INPE pelo apoio no desenvolvimento deste trabalho e ao LBA pelos dados meteorológicos utilizados.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- DEGRAZIA, G. A.; ANFISSI, D.; CARVALHO, J. C.; MANGIA, C.; TIRABASSI, T. Turbulence parameterization for PDL dispersion models in all stability conditions. **Atmospheric Environment**, v. 34, p. 3575–3583, 2000.
- MELLOR, G. L.; YAMADA, T. Development of a turbulence closure model for geophysical fluid problems. **Reviews of Geophysical Physics and Space Physics**, v. 20, p. 851–875, 1982.
- PROVEG. Atualização da Representação da vegetação nos Modelos Numéricos do CPTEC. [online]. 2005. <<http://www.cptec.inpe.br/proveg>>. Acesso em: 28 Junho 2005.
- SMAGORINSKY, J. General circulation experiments with the primitive equations: I. the basic experiment. **Mon. Weather Rev.**, v. 91, p. 99–164, 1963.
- TAYLOR, G. Diffusion by continuous movements. **Proc. Lond. Math. Soc.**, v. 2, n. 20, p. 196–212, 1921.
- USP/LBA. Large Scale Biosphere Atmosphere Experiment in Amazonia (LBA). [online]. 1999. <<http://www.lba.iag.usp.br/>>. Acesso em: 20 Maio 2005.