

## INFLUÊNCIA DAS CONDIÇÕES DE CONTORNO NO INTERIOR DO DOMÍNIO DE INTEGRAÇÃO

**José R. Rozante e S.C. Chou**  
**Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos (CPTEC/INPE)**  
**Cachoeira Paulista, SP, Brasil**  
e-mail:rozante@cptec.inpe.Br

The quality of the boundary conditions assimilated in regional models is of high importance to obtain forecasts with satisfactory results, mainly in small domains. In this work the performance of the Eta model of high horizontal resolution was evaluated, using as boundary conditions the analyses of NCEP, the forecast of the global model of CPTEC and the forecast of the operational Eta model. The objective of the work was to evaluate to influence of the boundary conditions inside the domain of integration. The results show that the versions that assimilated the forecasts in the boundary were strongly affected after 24 hours of integration.

### 1) INTRODUÇÃO

A qualidade das previsões numéricas dos modelos de área limitada é fortemente dependente das condições de contorno. Devido a este fato, alguns cuidados importantes devem ser tomados ao realizar o tratamento das condições de fronteira, visando com isso minimizar os erros, porém nunca eliminados totalmente. Os erros ocasionados nos contornos laterais podem propagar-se para o interior do domínio e com isso comprometer as previsões (Warner et al., 1997). Uma das maneiras de minimizar os erros ocasionados pelos contornos laterais seria, se possível, configurar o domínio de integração de tal forma que os contornos laterais ficassem afastados da região onde haja forçantes locais.

O objetivo principal deste trabalho foi avaliar a influência das condições de contorno na qualidade das previsões numéricas de tempo, e como as informações assimiladas nas bordas se propagam para o interior do domínio.

### 2) DESCRIÇÃO DO MODELO ETA

Utilizou-se para este estudo o modelo regional Eta (Mesinger et al., 1988; Black, 1994) desenvolvido na Universidade de Belgrado. Esse modelo usa a grade E de Arakawa (Arakawa e Lamb, 1977) e coordenada vertical  $\eta$  (Mesinger, 1984). A integração no tempo utiliza a técnica de 'split-explicit' (Gadd, 1978). Os processos turbulentos são tratados através do esquema de Mellor-Yamada (1974, 1982). O esquema de parametrização de radiação de ondas longas (Fels e Schwarzkopf, 1975) e curtas (Lacis e Hansen, 1974) foi desenvolvido pelo Geophysical Fluid Dynamics Laboratory. O modelo utiliza um esquema de Betts-Miller modificado para parametrizar a convecção (Janjic, 1994). O esquema de superfície é representado pelo esquema OSU (Chen et al., 1997).

### 3) METODOLOGIA

O modelo regional Eta foi configurado sobre um domínio reduzido (figura 1) com resolução de 20 km na horizontal e 38 níveis na vertical. Esta versão do modelo foi integrado utilizando como condições de contorno, análises do NCEP (T062L28) (Eta\_anl\_ncep), previsões do modelo global do CPTEC (T062L28) (Eta\_prev\_cptec) e previsões do modelo regional Eta (40 km /38 níveis) rodado operacionalmente (Eta\_prev\_eta), ou seja, uma versão aninhada do Eta. O caso estudado foi o primeiro episódio frio ocorrido na segunda quinzena de abril de 1999. Este caso foi de intensidade considerável, tendo em vista que a advecção de ar frio provocou uma queda acentuada de temperatura (cerca de 10 °C) que atingiu a região central do Brasil.

Para avaliar a performance no interior do domínio desta versão, calculou-se o RMS, BIAS e um índice de acerto (Rozante, 2001) em relação aos dados observados e análises do NCEP, para a variável de pressão ao nível médio do mar (PSLM), definidos por:

$$RMS = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (P - O_i)^2}$$

$$BIAS = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (P - O_i)$$

IC = (P - O), se  $-1.5 \text{ hPa} \leq (P - O) \leq 1.5 \text{ hPa}$ , onde;

P – previsões do modelo interpolados no ponto de observação,

O<sub>i</sub> – dados de observações,

IC – Índice de acerto.

Para avaliar as informações fornecidas como condições de contorno, médias foram calculadas ao longo dos contornos laterais e comparadas com as análises do NCEP. A evolução temporal ao longo da borda sul e ao longo de uma faixa longitudinal no interior do domínio, aproximadamente 200 km ao norte da borda sul também foram verificadas contra as análises do NCEP.

#### 4) RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nesta secção serão apresentados os resultados referentes às avaliações da PSLM. As previsões do modelo Eta integradas para diferentes condições de contornos foram avaliadas utilizando dados observados e as análises do NCEP.

A figura 2.a apresenta a evolução temporal da percentagem de acerto da PSLM (verificado contra as análises do NCEP) para as três diferentes condições de contorno. Podemos observar que durante todo o período de integração, exceto em 24 horas, as previsões referentes às integrações Eta\_anl\_ncep apresentaram as maiores percentagens de acertos. Os resultados utilizando as integrações Eta\_prev\_cpctec e Eta\_prev\_eta, apresentam performance razoável nas primeiras 24 horas, no entanto no restante da integração, os índices de acertos caem consideravelmente.

A figura 2.b apresenta a evolução temporal do bias para a PSLM (verificado contra análises do NCEP), nesta figura observamos que em todos os experimentos existe uma tendência em superestimar os valores de pressão, principalmente a partir de 24 horas. Nas primeiras 24 horas todos os experimentos apresentaram valores baixos de bias (torno de 0.5 hPa), sendo que no restante de integração, os resultados referentes ao experimento Eta\_prev\_eta indicaram uma forte superestimativa.

A figura 2.c indica a evolução temporal do RMS para a PSLM (verificado contra análises do NCEP), nota-se nesta figura que o RMS permanece quase estável (em torno de 1.0 hPa) nas primeiras 24 horas, no entanto, no restante da integração o experimento Eta\_prev\_eta apresenta altos valores de RMS (cerca de 4.0 hPa). Esse fato também é observado para Eta\_prev\_cpctec, porém com valores menores (cerca de 2.5 hPa).

A figura 2.d mostra a evolução temporal da percentagem de acerto para PSLM, verificado contra observações. Nota-se nesta figura um comportamento semelhante para os três experimentos nas primeiras 24 horas, no entanto, o restante da integração indica uma queda bastante acentuada na performance do experimento Eta\_prev\_eta. Já os experimentos Eta\_prev\_ncep e Eta\_prev\_cpctec indicam um ligeiro aumento na percentagem de acerto, principalmente na integração referente às condições de contornos fornecidas pelas análises do NCEP.

A figura 2.e mostra a evolução temporal do bias da PSLM (contra observações), nota-se também nesta figura a tendência em superestimar os valores de pressão, principalmente após 24 horas no experimento Eta\_prev\_eta. A figura 2.f referente ao RMS (contra observações) mostra um comportamento semelhante entre Eta\_prev\_cpctec e Eta\_anl\_ncep, e valores maiores de RMS foram observados no experimento referente a Eta\_prev\_eta.

A distribuição espacial dos índices de acertos, subestimativas e superestimativas, válidas para a previsão de 60 horas, são apresentados na figura 3. A versão Eta\_anl\_ncep conseguiu representar satisfatoriamente os valores de pressão em quase todo o domínio. A versão Eta\_prev\_cpctec indica resultados semelhantes a Eta\_anl\_ncep, exceto na porção nordeste do domínio, onde a subestimativa da pressão foi evidenciada. Já na versão Eta\_prev\_eta os resultados na região sul do Brasil foi totalmente comprometida devido à qualidade das previsões aos erros assimilados na fronteira.

A figura 4.a apresenta evolução temporal da PSLM de um grid-point (referente a Montevideu) próximo à borda sul do modelo para os três experimentos, juntamente com os dados observados desta estação e análises do NCEP. A figura mostra que, nas primeiras 36 horas, os valores de pressão referentes às análises do NCEP estão sendo superestimadas em relação aos dados observados, no restante do período as análises são semelhantes às observações. Nas primeiras 24 horas de integração todos os experimentos apresentam comportamentos semelhantes, ou seja, acompanham as análises do NCEP, no entanto no restante da integração as versões Eta\_prev\_cptec e Eta\_anl\_ncep acompanham as observações e as análises, mas Eta\_prev\_eta desvia totalmente do padrão observado.

A figura 4.b apresenta o comportamento da PSLM para um ponto próximo a borda norte (Goiânia) do modelo. Nota-se nesta figura que o padrão de amplitude e fase da onda foram bem representados em todos os experimentos, com a ressalva de que o experimento Eta\_prev\_eta apresenta uma tendência em superestimar os valores de pressão.

A média da PSLM ao longo da borda norte (figura 5.a) mostra que todas as versões apresentam o mesmo padrão durante a integração, sendo que Eta\_prev\_eta indica superestimativas em relação à análise em todos os horários. Como já era esperada, a versão que mais se aproxima das análises foi a Eta\_anl\_ncep. Na borda leste (figura 5.b), onde a borda está localizada na sua grande maioria sobre o Oceano Atlântico, o comportamento da PSLM durante a integração foi muito bem representada em todas as versões. Já a borda oeste (figura 5.c), observa-se que nas primeiras 12 horas de integração, as condições de contornos assimiladas apresentaram um comportamento muito semelhante às análises, no restante da integração as versões Eta\_prev\_cptec e Eta\_prev\_eta indicam tendências em superestimar os valores de pressão.

As condições de contornos referentes à borda sul são apresentadas na figura 5.d, podemos observar que nas primeiras 24 horas de integração, todas as versões testadas, conseguiram captar a queda da pressão seguido de um ligeiro aumento em 24 horas. No entanto no restante da integração os contornos laterais das versões Eta\_prev\_eta e Eta\_prev\_cptec passaram a serem alimentados com valores de pressão bastante distintos das análises. Esse resultado indica que os modelos que fornecem as condições de fronteira para essas versões estariam comprometendo a performance no interior do domínio.

A figura 6 mostra os diagramas de longitude por tempo da PSLM ao longo da borda sul e ao longo de uma faixa longitudinal no interior do domínio. Através desta figura podemos observar que as condições de contorno assimiladas em cada versão se propagaram rapidamente para o interior do domínio. As condições de contorno fornecidas pelas previsões do modelo global do CPTEC e Eta operacional, nos últimos horários de integração, apresentaram uma tendência em deslocar para leste e desintensificar o centro de baixa pressão que atuava na porção sudeste do domínio.

## 5) CONCLUSÕES

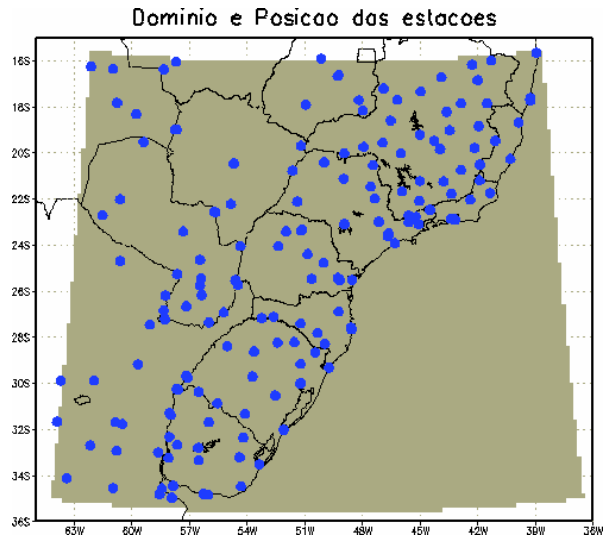
Os resultados mostram que nas primeiras 24 horas de integração as previsões referentes as três versões estudadas apresentaram índices de acertos semelhantes e satisfatórios, isso devido à qualidade das condições de contorno fornecidas, no entanto no restante da integração as versões integradas com previsões nos contornos indicaram uma queda considerável na performance, principalmente a versão Eta\_prev\_eta. Já a versão Eta\_anl\_ncep, por ser alimentada com análises do NCEP nos contornos laterais, forneceu previsões satisfatórias durante todo o período de integração.

As performances de todas as versões foram satisfatórias durante o período em que as informações assimiladas nos contornos eram de qualidade, no entanto, quando as previsões fornecidas pelos modelos do CPTEC e Eta operacional indicaram uma queda na performance, os resultados no interior do domínio das versões Eta\_prev\_cptec e Eta\_prev\_eta foram comprometidos.

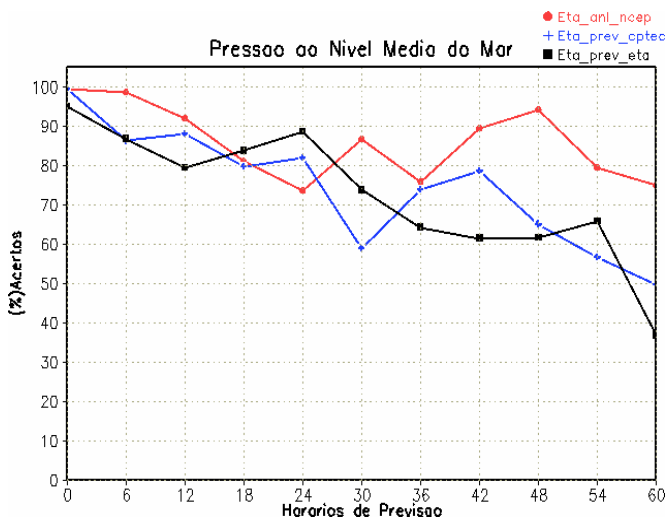
Notou-se também que os resultados referentes à versão Eta\_prev\_eta foram gravemente comprometidos pelas informações assimiladas na borda sul do domínio, ou seja, os erros ocasionados pelas previsões do Eta operacional foram amplificados quando as condições de contorno foram utilizadas no subdomínio. As condições de fronteiras provenientes das previsões do modelo global do CPTEC também apresentaram erros significativos, porém com magnitudes inferiores aos do Eta operacional, portanto a performance da versão Eta\_prev\_cptec, após 30 horas de integração, foi superior a versão Eta\_prev\_eta.

XII Congresso Brasileiro de Meteorologia, Foz de Iguaçu-PR, 2002

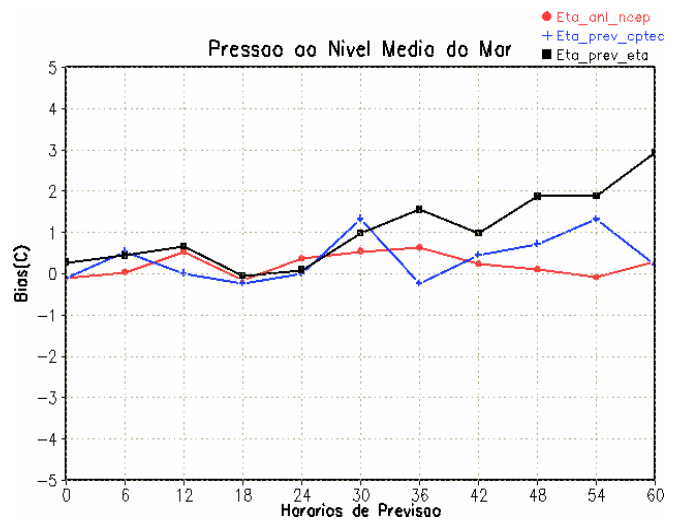
Conclui-se que a qualidade das condições de contorno é de suma importância para obter previsões satisfatórias utilizando modelos regionais, e informações de má qualidade assimiladas na borda afeta consideravelmente as previsões no interior do domínio, principalmente em modelos configurados em domínios reduzidos.



Figural: Domínio de integração (sombreado) e posição das estações meteorológicas (pontos em azul).



(a)



(b)

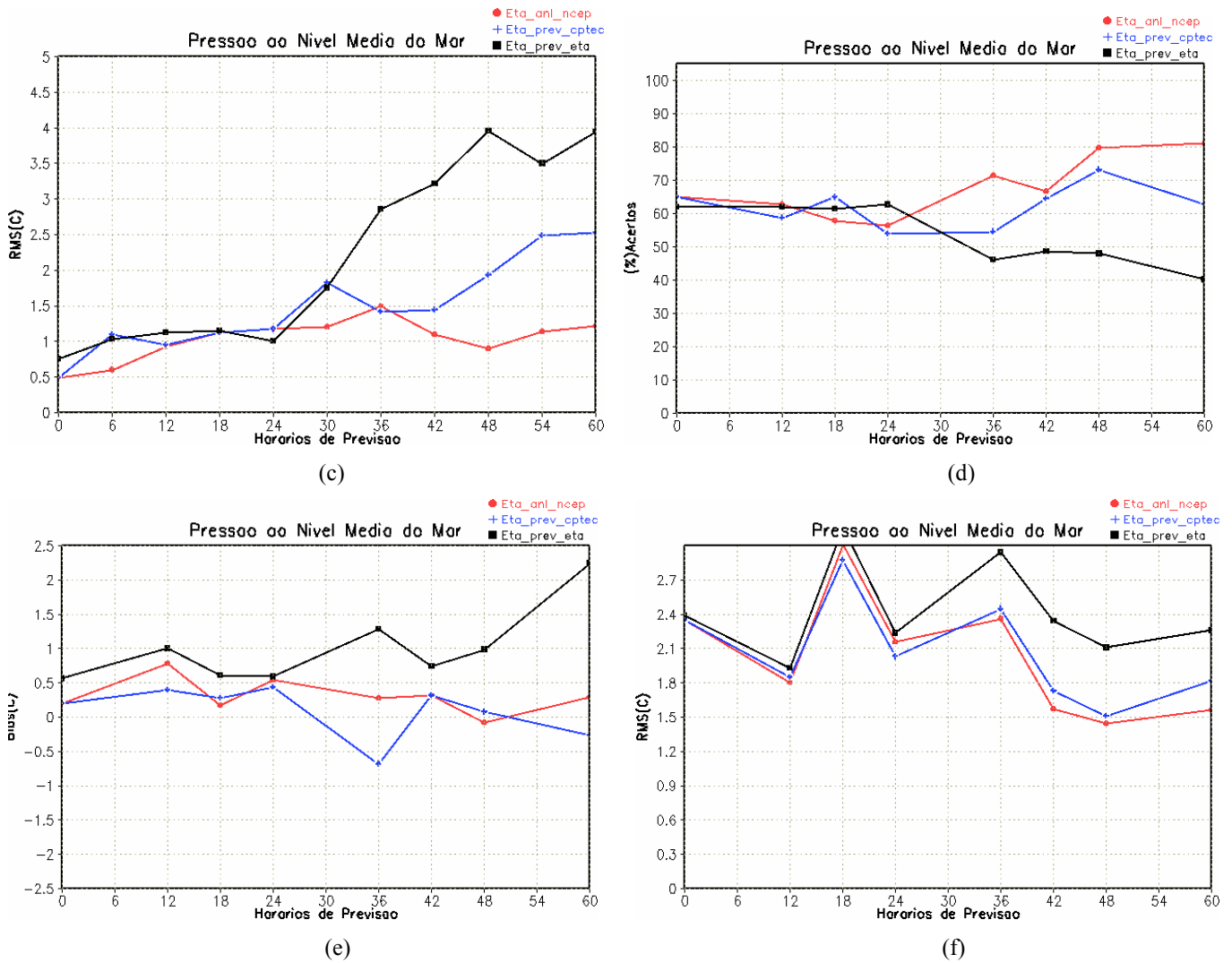


Figura 2: Evolução temporal do IC (a, d), BIAS (b, e) e RMS (c, f) da pressão ao nível médio do mar em relação às análises do NCEP e dados observados.

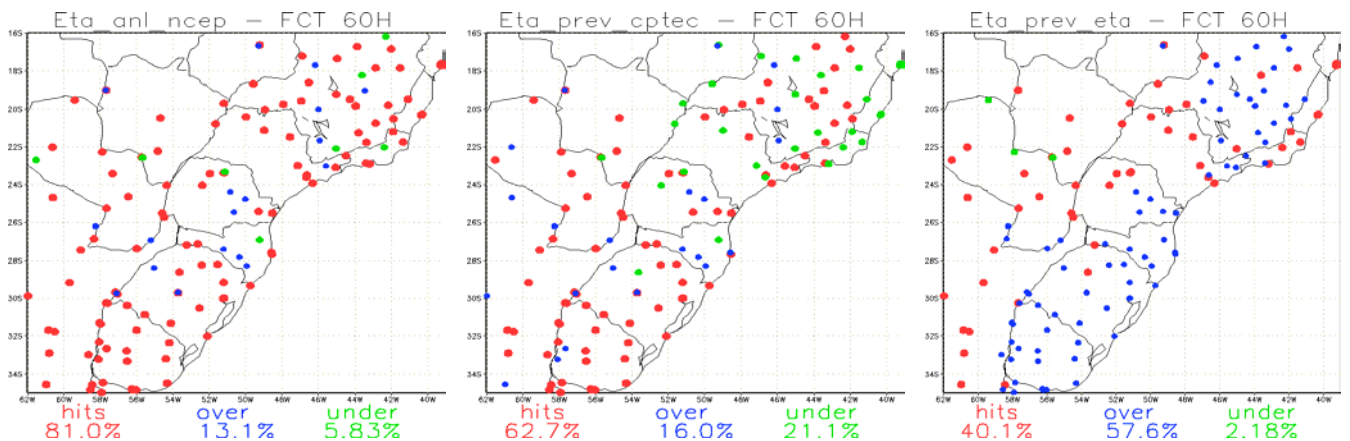


Figura 3: Distribuição espacial do IC (vermelho), superestimativas (azul) e subestimativas (verde) da PSLM, validos para 60 horas de integração.

XII Congresso Brasileiro de Meteorologia, Foz de Iguaçu-PR, 2002

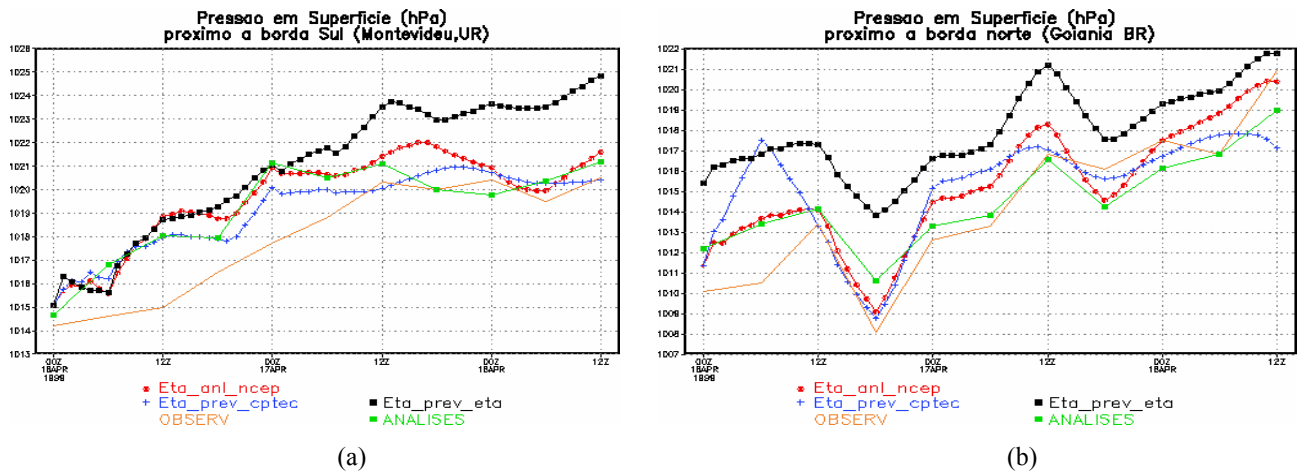


Figura 4: Evolução temporal da PSLM em pontos próximos a borda sul (a) e borda norte (b) para as versões, Eta\_anl\_ncep(vermelho), Eta\_prev\_cpctec(azul), Eta\_prev\_eta (preto), observações(laranja) e análises do NCEP (verde).

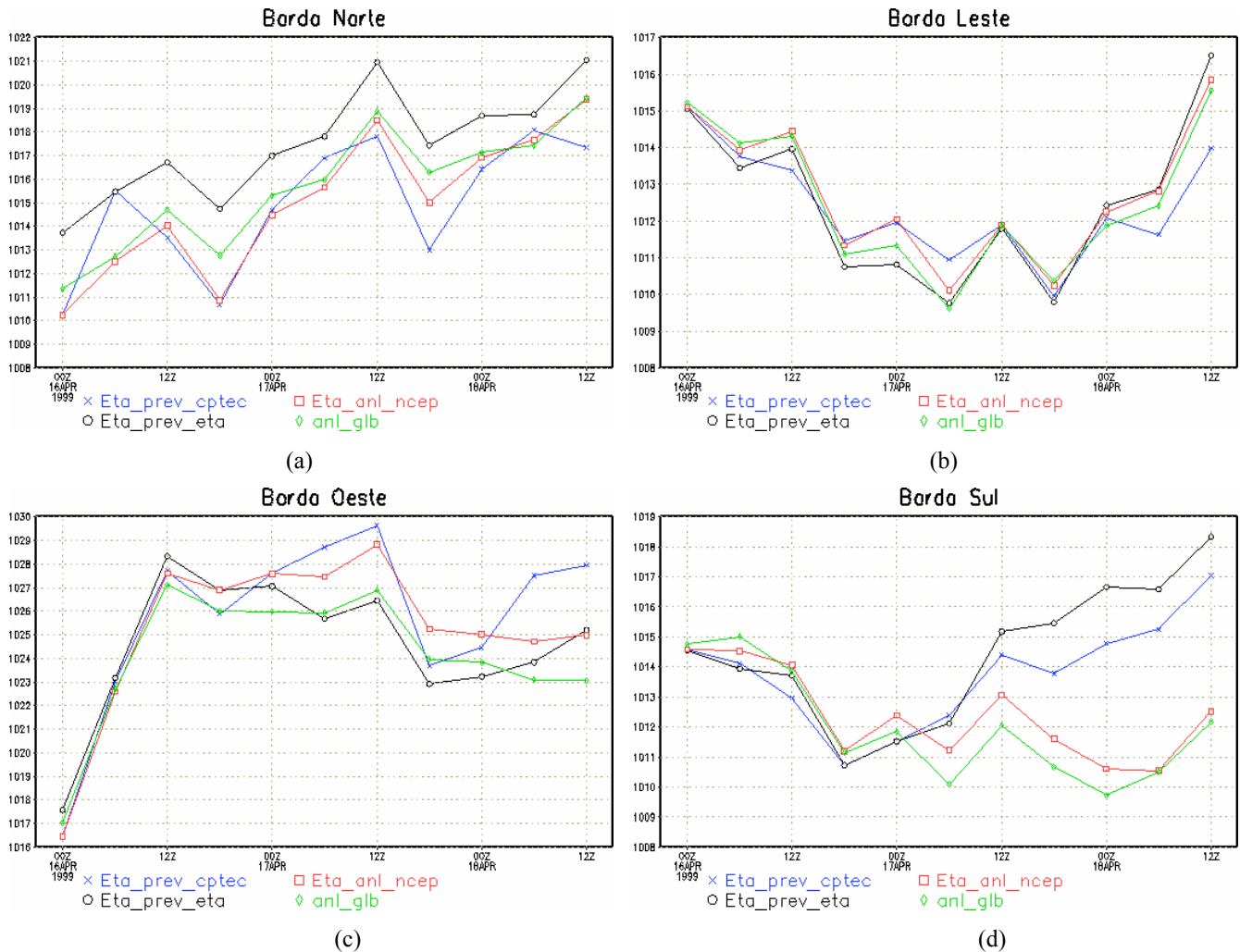


Figura 5: Evolução temporal da média da PSLM ao longo das bordas norte(a), leste(b), oeste(c) e sul(e) para as versões Eta\_anl\_ncep(vermelho), Eta\_prev\_cpctec(azul), Eta\_prev\_eta (preto) e análises do NCEP (verde).

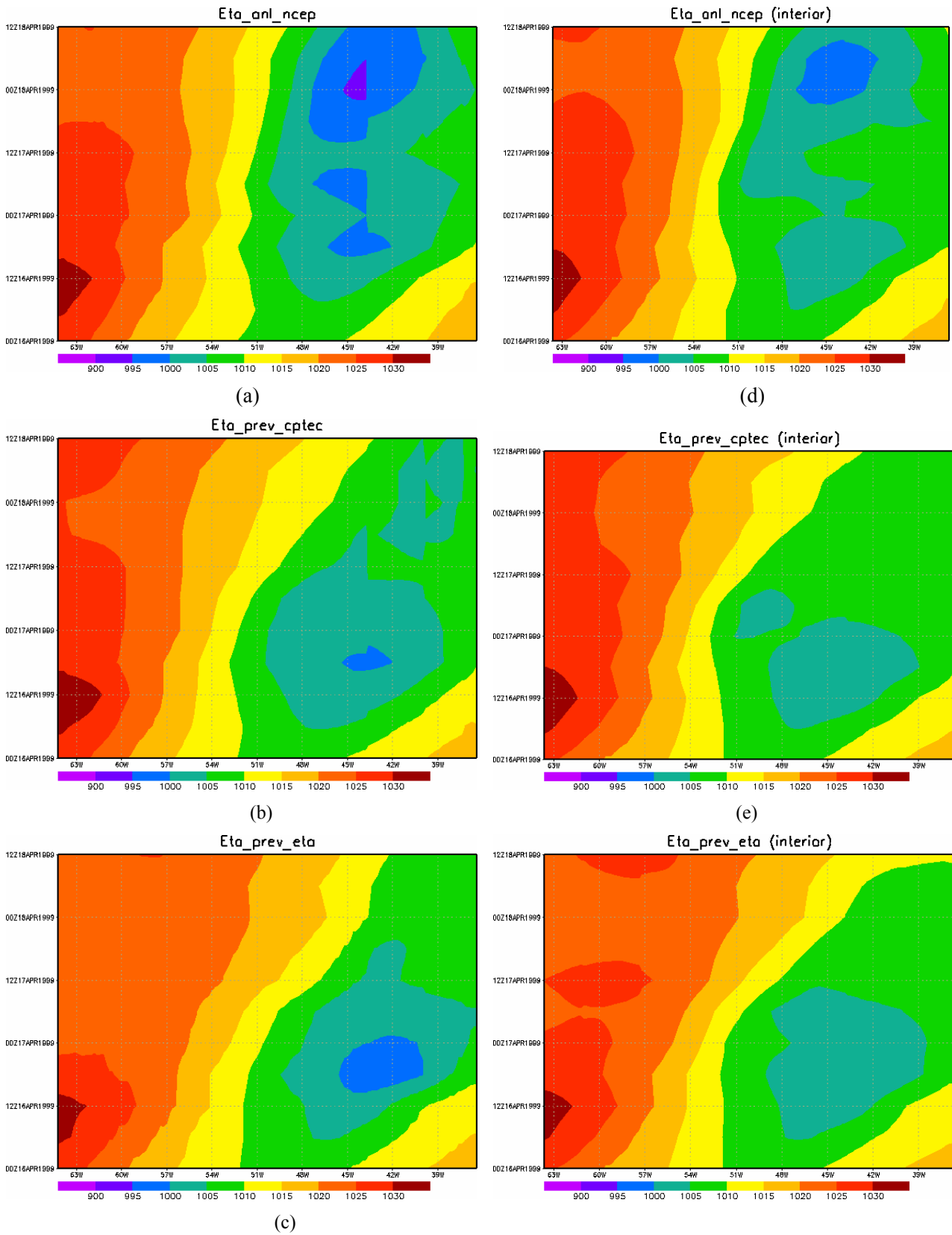


Figura 6: Diagrama longitude por tempo da PSLM ao longo da borda sul e ao longo de uma faixa longitudinal no interior do domínio(aproximadamente 200 km ao norte da borda sul).

## 6) REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Warner, T. T., and Peterson, R. A., and Treadon, R. E., 1997: A tutorial on lateral boundary conditions as a basic and potentially serious limitation to regional numerical weather prediction. **Bulletin of the American Meteorological Society**, 78, 2599-2617.

Mesinger F, Janjic, Z. L, and Nickovic, S., and Deaven, D. G., 1988: The step-mountain coordinate: Model description and performance for cases of Alpine lee cyclogenesis and for a case of Appalachian redevelopment. **Mon. Wea. Rev.**, 116, 1493-1518

Black, T. L.,; 1994: The new NMC mesoscale Eta model: Description and forecast examples. **Wea. Forecasting**, 9, 265-278.

Arakawa, A., and Lamb, V. R., 1977: Computational design of the basic dynamical processes of the UCLA general circulation model. **Methods Comput. Phys.**, 17, 173-265

Mesinger F., 1984: Ablocking for representation of mountains in atmospheric models. **Riv. Meteor. Aeronaut.**, 44, 195-202.

Gadd, A. J., 1978: A split explicit integration scheme for numerical weather prediction. **Quart. J. Roy. Meteor. Soc.**, 104, 569-582

Lacis, A. A., and Hansen, J. E., 1974: A parameterization of the absorption of solar radiation in earth's atmosphere **J. Atmos. Sci.**, 31, 118-133.

Mellor, G. L., and Yamada, T., 1974: A hierarchy of turbulence closure models for planetary boundary layers **J. Atmos. Sci.**, 31, 1791-1806.

Mellor, G. L., and Yamada, T., 1982: Development of a turbulence closure models for geophysical fluid problems. **Rev. Geophys. Space Phys.**, 20, 851-875.

Rozante, J., R., 2001: O impacto do aninhamento no modelo Eta nas previsões de tempo. (Dissertação de mestrado em meteorologia) – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, abril 2001.

Fels, S. B., and Schwarzkopf, M. D., 1975: The simplified exchange approximation. A new method for radiative transfer calculations. **J. Atmos. Sci.**, 32, 1475-1488

Janjic, Z. L; 1994: The step-mountain eta coordinate model: Further developments of the convection, viscous sublayer, and turbulence closure schemes. **Mon. Wea. Rev.**, 122, 927-945

## 7) AGRADECIMENTOS

Este trabalho é apoiado parcialmente pela FAPESP.