

AVALIAÇÃO DO MODELO REGIONAL ETA UTILIZANDO AS ANÁLISES DO CPTEC E NCEP

RILDO GONÇALVES DE MOURA, DIRCEU LUIS HERDIES, DAVID MENDES E MÔNICA CRISTINA DAMIÃO MENDES

Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos (CPTEC/INPE), Cachoeira Paulista, SP, Brasil

rildo.moura@cptec.inpe.br, dirceu.herdies@cptec.inpe.br, david.mendes@cptec.inpe.br,
monica.damiao@cptec.inpe.br

Recebido Outubro 2008 – Aceito Setembro 2009

RESUMO

Os modelos numéricos de tempo são ferramentas essenciais para a previsão de curto e longo prazo, permitindo realizar a previsão com vários dias de antecedência. O conhecimento do desempenho dos modelos e dos erros sistemáticos a eles associados, é de suma importância, pois permite avaliar a capacidade dos mesmos em captar os processos físicos da atmosfera. Com intuito de melhorar a qualidade da previsão de tempo na América do Sul, disponibilizada no *Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos (CPTEC)*, este trabalho avaliou as previsões de precipitação e pressão ao nível médio do mar para o prazo de até 120 horas, utilizando o erro médio (EM) e a raiz do erro médio quadrático (REMQ) no período de dezembro de 2007 a fevereiro de 2008. O modelo utilizado foi o ETA (40 km), com duas entradas distintas de dados, as análises do *Physical-space Statistical Analysis System (PSAS) (ETA-I)* e do *National Centers for Environmental Predictions (NCEP) (ETA-II)*. Os resultados mostraram, para ambas as análises, uma tendência de superestimativa (valores positivos do erro médio) da precipitação sobre a Região Norte do Brasil, principalmente para 24 horas de previsão. Em relação à pressão ao nível médio do mar (PNMM) foi possível verificar claramente que o ETA-I apresenta melhores resultados em comparação com o ETA-II, cujos valores de pressão se aproximaram bastante do observado, principalmente nas primeiras horas de integração.

Palavras-chave: modelos, precipitação, avaliações

ABSTRACT: EVALUATION OF THE ETA REGIONAL MODEL USING THE ANALYSIS OF CPTEC AND NCEP

The numerical weather models are essential tools for predicting short and long term, allowing the prediction of weather conditions several days in advance. The knowledge of models performance and the systematic errors associated with them is extremely important because it allows to evaluate the ability to capture the physical processes of the atmosphere. In order to improve the quality of weather forecast in South America, available at Center for Weather Forecast and Climate Studies (CPTEC), this study evaluated the forecasts of precipitation and mean sea level pressure for the period up to 120 hours, using the mean error (ME) and the root mean squared error (RMSE) from December 2007 to February 2008. The used model was the ETA (40 km), with two separate entries of data, the analysis of the Physical-Space Statistical Analysis System (PSAS) (ETA-I) and the National Centers for Environmental Predictions (NCEP) (ETA-II). The results showed, for both tests, a trend of overestimation (positive values of average error) of precipitation on the Northern Region of Brazil, mainly for the 24 hours forecast. Considering the mean sea level pressure (MSLP), it was clearly seen that the ETA-I, whose values of pressure are very close to observed, provides better results compared to the ETA-II, especially during the first hours of integration.

Keywords: models, precipitation, evaluations

1. INTRODUÇÃO

As previsões dos modelos numéricos de tempo apresentam erros sistemáticos decorrentes da representação dos processos físicos atuantes e das condições de fronteira e inicial utilizadas nos modelos, principalmente nos períodos de transição de uma estação do ano para outra. Observa-se ainda, que em certos eventos extremos, os modelos não são capazes de captar os sistemas intensos, apresentando baixa qualidade nas previsões, podendo subestimar ou superestimar a intensidade e o posicionamento destes sistemas meteorológicos em uma determinada região. Sendo assim, é necessário o acompanhamento do desempenho dos modelos, conhecendo os erros sistemáticos a eles associados, para que a previsão de curto e longo prazo se torne cada vez mais uma ferramenta confiável. Salienta-se que parte desta tarefa é desenvolvida pelo grupo METOP (Meteorologia Operacional) dentro do CPTEC, do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), que realiza avaliações diárias e mensais da precipitação dos modelos operacionais utilizados no Centro.

Porém, sabendo que o comportamento dos modelos varia dependendo da estação do ano, da região, do horário inicial de integração, da resolução, da quantidade e da qualidade das observações, diversos estudos são desenvolvidos no sentido de melhorar a qualidade das previsões de tempo e clima dos modelos de previsão numérica (e.g. Tarasova et al., 2006; Coelho et al., 2006; Ropelewski e Bell, 2008). A partir da versão operacional do PSAS desenvolvida no Data Assimilation Office (DAO) (atualmente GMAO – Global Modeling Assimilation Office), em sua versão global (Cohn et al., 1998), deu-se início no final de 1998, a primeira versão regional pré-operacional do PSAS, denominada RPSAS - Regional PSAS (Cintra e Aravéquia, 1998), seguido pela versão global (Global PSAS - GPSAS) em 2002 (Herdies et al., 2002). O PSAS é uma combinação de um sistema mais simples de assimilação de dados OI (Optimal Interpolation) e 3D-Var que é utilizado operacionalmente no NCEP, com a diferença que o PSAS trabalha no espaço da observação. Courtier (1997) mostra a equivalência entre o sistema de assimilação PSAS e o 3D-Var. O PSAS assimila observações convencionais (dados de estações de superfície e ar superior) e não convencionais (dados de satélite), sendo que em superfície assimila pressão ao nível médio do mar e em altitude os perfis de componentes do vento, umidade específica e altura geopotencial, considerando-se neste caso apenas os níveis isobáricos padrões.

A importância de conhecer a destreza dos modelos numéricos foi o que motivou a realização deste trabalho, o qual teve como objetivo avaliar o desempenho do modelo operacional Eta, com os benefícios adquiridos no procedimento de assimilação de dados PSAS, em reproduzir os campos de

precipitação e pressão ao nível médio do mar num prazo de até 120 horas.

2. DADOS E METODOLOGIA

2.1. Dados

Foram realizados dois experimentos distintos no período de dezembro de 2007 a fevereiro de 2008: o primeiro utilizando as análises do PSAS (denominado de ETA-I) e o segundo utilizando as análises do NCEP (denominado de ETA-II) como condições de entrada, ambos os experimentos utilizaram o horário das 1200 UTC, como inicialização. É importante ressaltar que estes dois modelos, ETA-I e ETA-II, rodam operacionalmente no CPTEC/INPE, para os horários das 0000 e 1200 UTC. Os campos de precipitação são gerados a partir da composição de dados do *Surface Synoptic Observations (SYNOP)* obtidos do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), Plataforma automática de Coleta de Dados (PCD) do Sistema Brasileiro de Coleta de Dados via Satélite do INPE, e de pluviômetros convencionais fornecidos pelo Programa de Monitoramento de Tempo Clima e Recursos Hídricos (PMTCRH) do Ministério da Ciência e Tecnologia (MCT), combinados com os dados de precipitação estimados por satélite do *Tropical Rainfall Measuring Mission (TRMM)*, esta nova técnica foi denominada de **MERGE** (Rozante et al., 2010). Já os campos de Pressão ao Nível Médio do Mar (PNMM) são gerados a partir de dados observados *SYNOP do INMET* (<http://avaliacaodemodelos.cptec.inpe.br/pdf/Metodologia.pdf>).

2.2. Modelo ETA

O modelo Eta é um modelo de mesoscala em ponto de grade, de equações primitivas. A versão do modelo Eta que roda operacionalmente no CPTEC/INPE é hidrostático com resolução horizontal de 40 km, além de outra de 20 km, ambas com 38 camadas na vertical, e cobrem praticamente toda a América do Sul. As previsões são fornecidas duas vezes ao dia, uma com condição inicial as 0000 UTC e outra às 1200 UTC. Ele foi inicialmente desenvolvido na Universidade de Belgrado, e utiliza uma grade E de Arakawa (Arakawa e Lamb, 1997) e coordenada vertical eta (η) (Mesinger, 1984). O esquema de convecção Betts-Miller foi desenvolvido por Betts (1986), Betts e Miller (1986) e modificado por Janjic (1994). Aqui se usa a nomenclatura ETA-I com análises geradas a partir do PSAS, desenvolvida pelo DAO. Para o ETA-II foram usadas as análises do NCEP como condição inicial, e as previsões do modelo global T126L28 do CPTEC como condições de contorno para ambos os sistemas ETA-I e ETA-II.

2.3. Metodologia

O desempenho de cada modelo, com relação à precipitação, foi avaliado utilizando-se as diferenças diárias entre os campos acumulados (a cada 24 horas) previstos pelo modelo e observado, para cada um dos cinco horários de integração (24, 48, 72, 96 e 120 horas). O cálculo do Erro Médio (EM) é definido como sendo a diferença entre a previsão e a observação, dividida pelo número de dias estudados (Equação 1) para cada célula de grade. Quando uma previsão for perfeita o EM será igual a zero. O cálculo da Raiz do Erro Médio Quadrático (REMQ) é dado pela Equação 2 (abaixo), e tem o objetivo de mostrar a dimensão do erro de uma determinada estimativa. A magnitude do erro das previsões foi obtida através do cálculo do EM e da REMQ, conforme apresentado abaixo. No cálculo da REMQ o limiar de precipitação adotado foi de 20 mm.

$$EM = \sum(P-O)/N \quad (1)$$

$$REMQ = \sqrt{(\sum(P-O)^2)/N} \quad (2)$$

Onde: P são as previsões, O as observações e $N = 91$ (número de dias estudados).

Em relação à PNMM, o desempenho de cada experimento foi avaliado utilizando-se as diferenças diárias entre a previsão e a observação (previsão - observação), segundo o critério de acerto, i. e., superestimativa ou subestimativa, definido a partir do uso de um desvio padrão (σ) calculado para cada um dos pontos de grade do modelo. A área de análise do desvio padrão cobre a região da América do Sul, compreendendo o período de 15 dias que antecede cada dia utilizado durante o experimento. Este procedimento é realizado com intuito de considerar a variabilidade espacial nos valores da PNMM, uma vez que, para as latitudes mais altas, onde atua a maioria dos sistemas transientes, a variação da PNMM é muito maior do que nas latitudes equatoriais. Sendo assim, são considerados como acerto os resultados em que a diferença entre o modelo e a observação (aproximadamente 312 dados diários), esteja compreendida entre 1 desvio padrão acima ($+\sigma$) e abaixo ($-\sigma$) dos valores observados. Portanto, um experimento é definido como sendo uma subestimativa, quando o mesmo for menor do que 1 ($-\sigma$), e superestimativa quando esse for maior do que 1 ($+\sigma$). Calculou-se também a REMQ da pressão ao nível médio do mar para a região estudada.

3. RESULTADOS

As Figuras 1 e 2 mostram, respectivamente, a precipitação trimestral acumulada, o EM e a REMQ das previsões de precipitação do ETA-I e ETA-II, para a América do Sul (AS).

Nota-se nas Figuras 1a e 2a, que durante o trimestre DJF, a precipitação acumulada observada variou entre 100 e 300 mm em grande parte do Brasil, apresentando áreas com valores de precipitação acumulada trimestral acima de 600 mm (Região Sudeste, norte da Região Nordeste e pontos isolados da Região Norte do Brasil). Sobre o extremo norte dos Estados do Maranhão e Piauí, parte central da Região Sudeste, mais precisamente na divisa entre os Estados de São Paulo, Minas Gerais e Goiás, a precipitação acumulada trimestral chegou a valores da ordem de 1000 mm, possivelmente, para os Estados da Região Sudeste, associada à convecção diurna e eventos de ZCAS.

Na Figura 1b, no primeiro prazo de integração, os valores do EM e da REMQ mostram que a precipitação sobre pontos isolados dos Estados do Pará e Amazonas, teve um acréscimo da ordem de 30 mm (valores de EM e REMQ > que 30 mm), enquanto que as demais áreas do país experimentaram um acréscimo de cerca de 7,5 mm/dia, ou seja, valores positivos de EM indicam superestimativa das chuvas. A partir das 48 horas (Figura 1c), essas áreas de superestimativa tendem a diminuir, ficando concentradas em áreas isoladas das Regiões Norte e Central do Brasil a partir das 96 horas (Figura 1e-f). Já na Figura 2b verifica-se para as primeiras 24 horas de integração, que a precipitação acumulada trimestral foi superestimada (valores de EM > 15 mm e REMQ > que 20 mm) sobre grande parte das Regiões Norte e Centro-Oeste do Brasil, atingindo valores acima de 30 mm sobre os Estados de Rondônia, Acre, noroeste do Mato Grosso, sul do Amazonas e do Pará. Nota-se ainda na Figura 2, que a partir das 72 horas (T+72), semelhante ao observado na Figura 1c-f, as previsões apresentaram um desempenho melhor que o anterior, onde é possível notar que as áreas de superestimativa da precipitação ficaram concentradas apenas no oeste da Região Norte e sobre a região Central do Brasil (Figura 2c-f). A análise das Figuras 1 e 2 mostra claramente, que os erros diminuem com o avanço das previsões (24h para 120 h), em ambos os casos (ETA-I e ETA-II), deixando claro, que os modelos apresentaram problemas na previsão de precipitação, principalmente na região tropical. Entretanto, quando a comparação é realizada com as estimativas de precipitação de satélite, ao invés de utilizar dados de estações de superfície e de estimativa, o erro não apresenta uma queda significativa com o tempo (figuras não apresentadas), mostrando que os modelos tiveram problemas na previsão quantitativa de precipitação, e que a maneira de avaliar apresenta problemas. As estimativas deveriam ser categóricas e médias em áreas maiores e no tempo.

As Figuras 3 e 4 mostram a evolução do EM (linhas) e o valor médio do EM, na área da AS, das previsões da precipitação para os cinco horários de integração, ao longo do período estudado, para os modelos ETA-I e ETA-II, respectivamente. Na Figura 3 é possível verificar que o ETA-I apresentou um valor

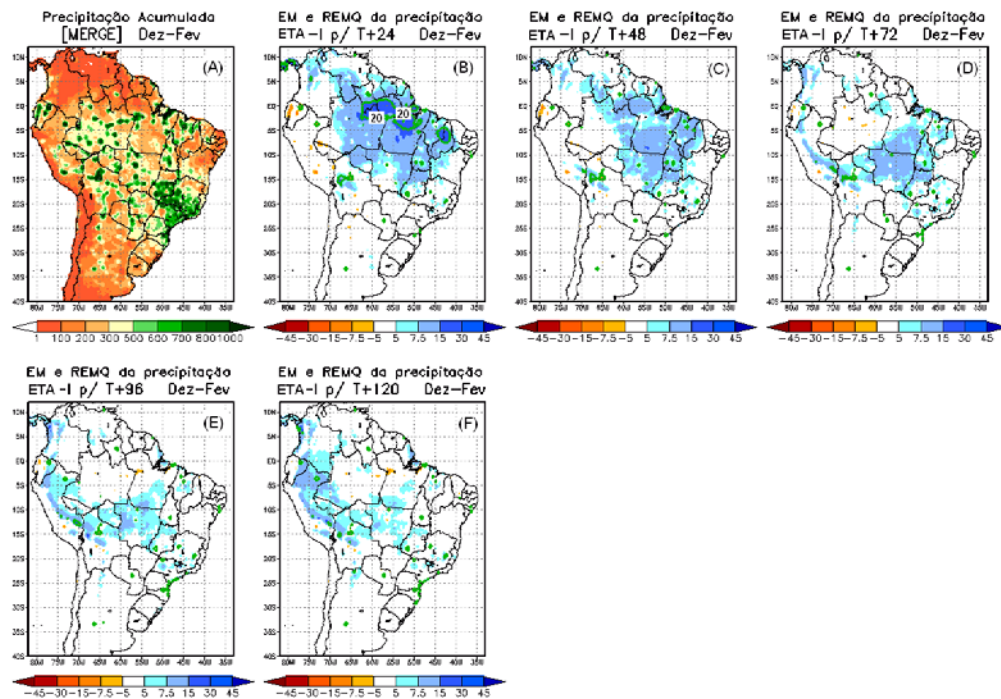


Figura 1 - Campos da precipitação acumulada trimestral (a), do EM (cores) e REMQ (linhas) do ETA-I para as previsões de: (b) 24 horas, (c) 48 horas, (d) 72 horas, (e) 96 horas e (f) 120 horas de integração, nos meses de dezembro, janeiro e fevereiro (DJF). Os campos apresentados nesta figuras estão em milímetros por dia (mm/dia), compreendendo a área de estudo da América do Sul.

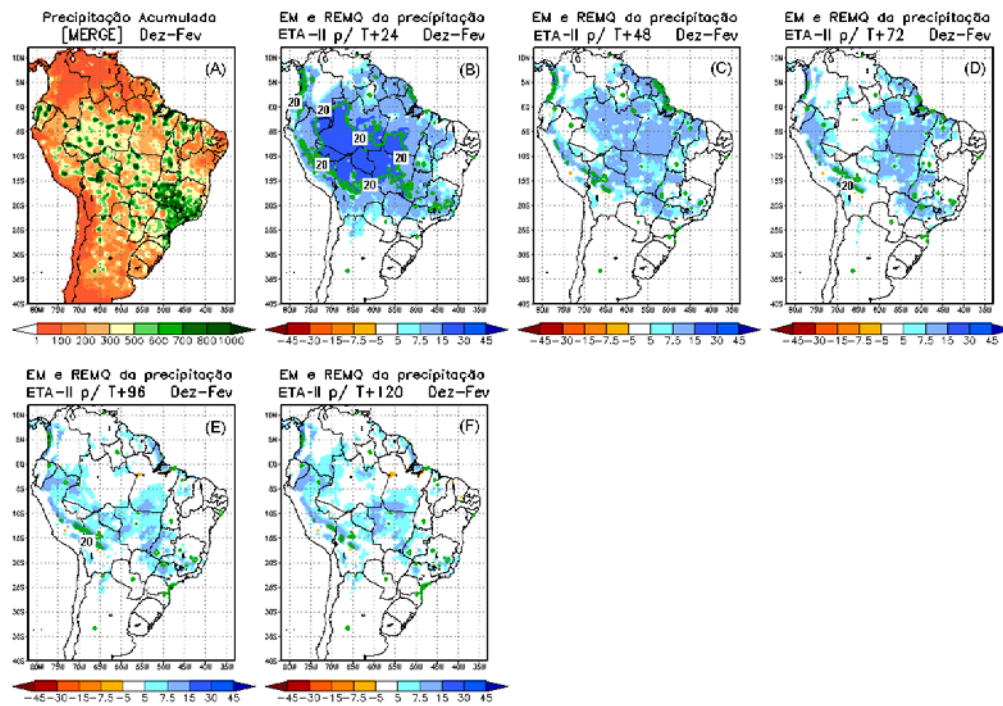


Figura 2 - Campos da precipitação acumulada trimestral (a), do EM (cores) e REMQ (linhas) do ETA-II para as previsões de: (b) 24 horas, (c) 48 horas, (d) 72 horas, (e) 96 horas e (f) 120 horas de integração, nos meses de dezembro, janeiro e fevereiro (DJF). Os campos apresentados nesta figuras estão em milímetros por dia (mm/dia), compreendendo a área de estudo da América do Sul.

médio na área da AS, ligeiramente positivo caracterizando uma superestimativa, ou seja, valores da ordem de 3,732 mm/dia para o primeiro horário de previsão. Para o restante dos horários o ETA-I (Figura 3) apresentou uma pequena superestimativa, variando de 2,204 a 2,794 mm/dia, comparáveis ao que ocorreu com os dois últimos horários de previsão do ETA-II (Figura 4). Na Figura 4 pode-se verificar que o EM apresentado pelo o ETA-II, no primeiro horário de previsão para a área da AS, superestimou mais que o dobro (7,862 mm/dia) o ETA-I.

Enquanto que para 48 e 72 horas de previsão (linhas verde e azul), o modelo apresentou uma sensível melhora, mesmo superestimando os valores de precipitação, sendo estes acrescidos na ordem de 4,171 e 3,393, respectivamente. Nota-se ainda na Figura 4, que com o avanço do prazo de integração, o modelo manteve a mesma tendência de superestimativa da ordem de 2,786 (96 horas) e 2,673 (120 horas).

A Figura 5 mostra a distribuição média espacial do desvio padrão dos dados observados de pressão ao nível médio

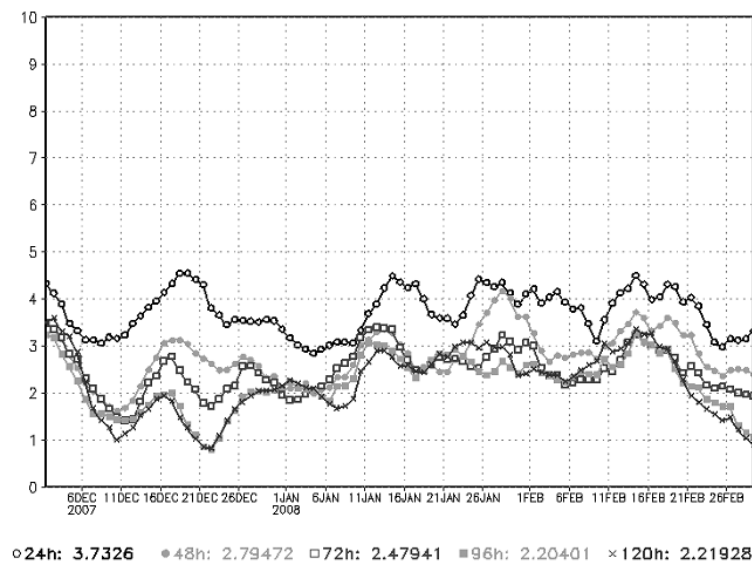


Figura 3 - Evolução do EM (linhas) e valor médio do EM, para a América do Sul ao longo do período (DJF), para os cinco horários de previsão de precipitação do modelo ETA-I, em mm/dia.

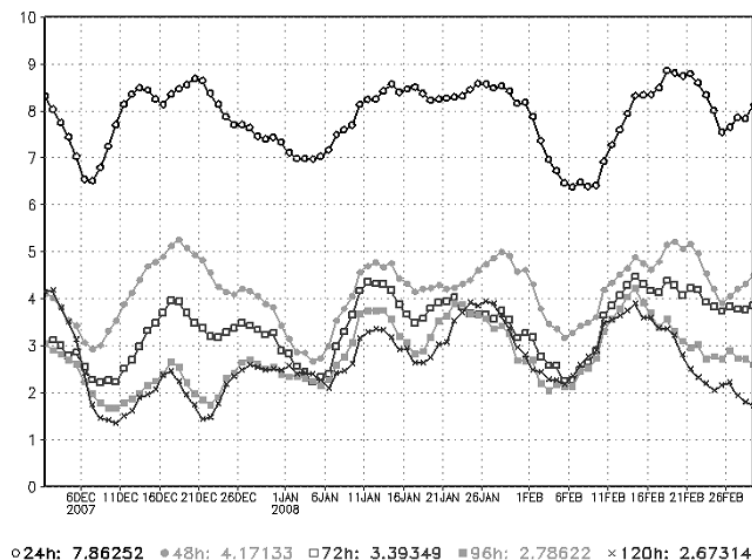


Figura 4 - Evolução do EM (linhas) e valor médio do EM, para a América do Sul ao longo do período (DJF), para os cinco horários de previsão de precipitação do modelo ETA-II, em mm/dia.

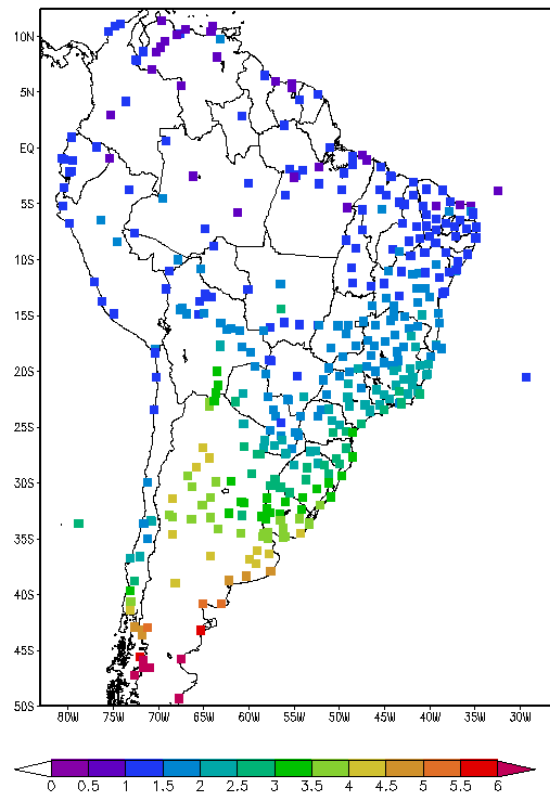


Figura 5 - Distribuição média espacial do desvio padrão dos dados observados, de pressão ao nível médio do mar, para a América do Sul.

do mar, onde se verifica claramente que a variabilidade espacial da PNMM para as latitudes acima de 20 graus, é muito maior quando comparada a região equatorial, atingindo valores médios superiores a 4,0 mb, enquanto que próximo ao equador esta variabilidade é mínima. Já a Figura 6 mostra os valores médios para DJF, sobre a AS, da evolução do acerto diário: percentual (*a*), da superestimativa (*b*), da subestimativa (*c*) da REMQ (*d*), para a pressão ao nível médio do mar, até 120 horas de previsão a cada 12 horas, tanto para o ETA-I como para o ETA-II. É possível notar na Figura 6a, que para ambas as análises, o modelo foi capaz de reproduzir os valores da PNMM com um acerto acima de 88,5%. Para os dois horários seguintes de previsão, 12 e 24 horas (Figura 6a), o desempenho no grau de acerto diminuiu tanto para o ETA-I com valores da ordem de 86,9% e 88,4%, quanto para o ETA-II, com valores da ordem de 81,9% e 82,9%, respectivamente. Esses resultados são semelhantes aos obtidos por Moura et al. (2008), que em experimento similar realizado para a estação da primavera (SON) de 2007, observou que para 12 horas de previsão, o percentual de acerto do ETA-I foi em torno de 89% e para 24 horas 89,8%, enquanto que para o ETA-II, os valores foram da ordem de 84,0% e 84,9%, respectivamente.

Por outro lado, ainda na Figura 6a, verifica-se que com o avanço do prazo de integração, o ETA-II apresentou um comportamento melhor e mais uniforme que o ETA-I, variando o seu grau de acerto de 87,8% (36 horas) e 83,0% (120 horas), atingindo um valor máximo de 88,5 em 48 horas de previsão. Já o ETA-I, a partir de 36 horas, apresentou oscilações ao longo das integrações, atingindo valores inferiores a 80% de acerto em 108 horas de previsão. Na Figura 6b nota-se que os dois conjuntos de dados de condição inicial e lateral (ETA-I e ETA-II) superestimaram a PNMM em praticamente todos os horários de integração, apresentando um acentuado pico em 36 horas (ETA-I) e os maiores valores em 108 e 120 horas, respectivamente, para o ETA-I e o ETA-II. Na Figura 6c, para ambas as configurações, os resultados mostram uma tendência de subestimar a pressão em todos os horários de previsão, porém neste caso, os horários onde as subestimativas estiveram maiores, foram as 12 e 24 horas para a configuração do ETA-II. Finalmente, na Figura 6d, é possível observar que as diferenças existentes entre as duas configurações são muito pequenas, e que essas diferenças seguem o mesmo padrão apresentado pela Figura 6a, ou seja, uma leve vantagem nas previsões de 12 e 24 horas do ETA-I em relação ao ETA-II.

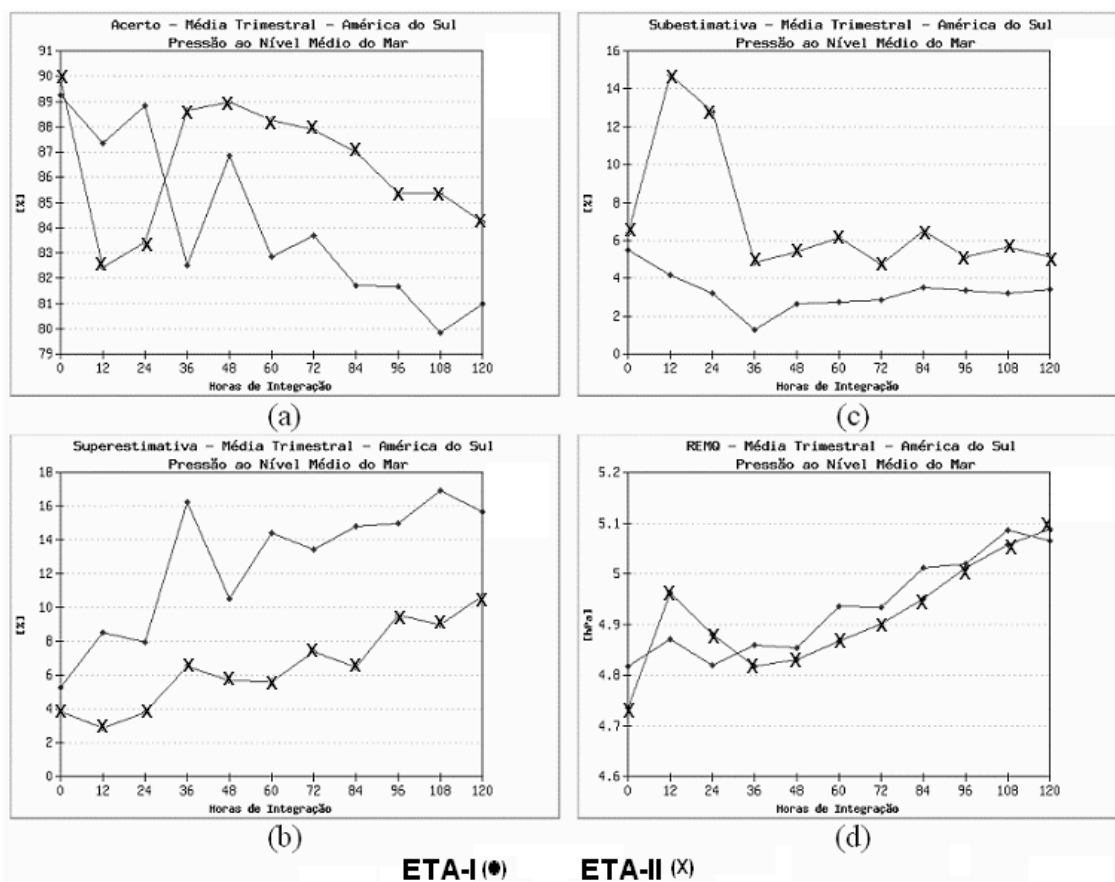


Figura 6 - Evolução dos valores médios da PNMM, para a América do Sul, em DJF do acerto percentual (a), da superestimativa (b), da subestimativa (c) e da REMQ (d), para cinco dias de previsão (a cada 12 horas) do ETA-I e ETA-II.

4. CONCLUSÕES

Os resultados mostraram, que para o trimestre estudado, o ETA-II superestimou fortemente as previsões de precipitação nas primeiras 24 horas de integração, principalmente na Região Norte do Brasil. Com o decorrer das integrações, ocorreu uma diminuição na tendência da superestimativa do ETA-II, ficando as áreas de superestimativas concentradas apenas no oeste da região Norte e na Região Central do Brasil. Em relação ao ETA-I, os resultados encontrados mostraram que o modelo tende a superestimar nas primeiras 24 horas de previsão, porém com um valor muito menor de intensidade e abrangendo uma área de menor tamanho em comparação com o ETA-II. Semelhante ao verificado para o ETA-II, o ETA-I também superestimou os quatro horários de previsão seguintes, porém com menor intensidade, para 48 e 72 horas. Assim sendo, pode-se concluir que para a precipitação a confiabilidade do ETA-I, para os primeiros horários de previsão é melhor do que a apresentada pelo ETA-II.

Já em relação à PNMM, o ETA-I apresentou um melhor desempenho no grau de acerto para 12 e 24 horas de previsão em comparação com o ETA-II. A partir das 48 horas de integração esse resultado se inverte tendo, portanto o ETA-II, uma acurácia maior do que o ETA-I.

Outro resultado importante para a precipitação e pressão, deve-se aos valores mais pronunciados de subestimativa, superestimativa e REMQ que foram verificados entre 12 e 36 horas de previsão. A análise dos resultados deixa claro, que o ETA-I apresenta os melhores resultados, principalmente até 24 horas de integração, sendo de grande utilidade para a previsão de curto e médio prazo, implicando que o uso racional deste modelo é uma ferramenta fundamental no conhecimento futuro das condições atmosféricas.

5. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao grupo de operações meteorológicas (METOP) do Centro de Previsão de Tempo e

Estudos Climáticos (CPTEC), pela ajuda na obtenção e pela concessão das informações (dados) utilizadas neste trabalho.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ARAKAWA, A.; LAMB, V. R. Computational design of the basic dynamical processes of the UCLA general circulation model. **Methods in Computational Physics**. 17.ed. Academic Press: 1977. p.173-265.
- BETTS, A. K. A New Convective Adjustment Scheme. Part I: Observational and Theoretical Basis. **Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society**, v.112, n.473, p.677-692, 1986.
- BETTS, A. K.; MILLER, M. J. A New Convective Adjustment Scheme. Part II; Single Column tests Using GATE wave, BOMEX, ATEX and Arctic Air-mass data sets. **Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society**, v.112, n.473, p.693-709, 1986.
- COELHO, C. A. S. et al. Toward an Integrated Seasonal Forecasting System for South America. **Journal of Climate**, v.19, n.12, p.3704-3721, 2006.
- COHN, S. E. et al. Assessing the Effects of Data Selection with the DAO Physical-Space Statistical Analysis System. **Monthly Weather Review**, v.126, n.11, p.2913-2926, 1998.
- COURTIER, P. Dual Formulation of four-dimensional Variational Assimilation. **Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society**, v.123 (B), n.544, p.2449-2461, 1997.
- CINTRA, R.; ARAVÉQUIA, J. A. Apresentação do Método de Geração de Dados para Assimilação do Modelo ETA/CPTEC, In: CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA, 10., 1998, Brasília. **Anais...**
- HERDIES, D. L. et al. O Sistema de Assimilação de Dados Atmosféricos Global do CPTEC/INPE, In: CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA, 12., 2002, Foz do Iguaçu, **Proceedings...** 2002. p. 4028-4034. CD-ROM, Papel. Br. Disponível em: <<http://urlib.net/cptec.inpe.br/walmeida/2003/06.10.15.59>>. Acesso em: 22 maio 2009.
- JANJIC, Z. I. The Step-Mountain Eta Coordinate Model: further Developments of the Convection, Viscous Sublayer, and Turbulence Closure Schemes. **Monthly Weather Review**, v.122, n.5, p.927-945, 1994.
- MESINGER F. A blocking for representation of mountains in atmospheric models. **Rivista di Meteorologia Aeronautica**, v.44, n.1-4, p.195-202, 1984
- MOURA, R. G.; HERDIES, D. L.; ROZANTE, J. R. Avaliação da Pressão ao Nível Médio do Mar no Modelo Eta utilizando as Análises do CPTEC e NCEP, In: CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA, 15., São Paulo. **Anais...** 2008. CD-ROM. (INPE-15598-PRE/10323). Disponível em: <<http://urlib.net/sid.inpe.br/mte-m18@80/2008/08.25.13.41>>. Acesso em: 22 maio 2009.
- ROZANTE, J. R.; MOREIRA, D. S.; GONÇALVES, L. G. G. (2010) Combining TRMM and Surface Observation Precipitation: Technique and Validation Over South America. **Weather and Forecasting**: In Press
- ROPLEWSKI, C. F. and BELL, M. A. Shifts in the Statistics of Daily Rainfall in South America Conditional on ENSO Phase. **Journal of Climate**, v.21, n.5, p.849-865, 2008.
- TARASOVA, T. A. et al. Impact of new Solar radiation parameterization in the Eta model on the simulation of summer climate over south America. **Journal of Applied Meteorology and Climatology**, v.45, n.2, p.318-333, 2006.