

UTILIZAÇÃO DO ÍNDICE THREAT SCORE PARA COMPARAR A PREVISÃO DO CAMPO DE PRECIPITAÇÃO DE DUAS VERSÕES DO MODELO GLOBAL DO CPTEC

Antônio Marcos Mendonça (mendonca@cptec.inpe.br), José Paulo Bonatti (bonatti@cptec.inpe.br),
Julio Tóta (jtota@cptec.inpe.br)
Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos – INPE
Rodovia Presidente Dutra, Km 40
Cachoeira Paulista - SP

RESUMO

A previsão de precipitação do modelo global do CPTEC com convecção profunda do tipo Kuo é comparada a uma nova versão desse modelo com convecção profunda do tipo Arakawa-Schubert relaxada, usando o índice estatístico "Threat Score Statistical Index" (TS). O TS foi calculado para três casos de ZCAS que aconteceram em Jan/96, Fev/96 and Mar/97. Os resultados mostraram que a versão com o esquema Arakawa-Schubert relaxado apresentou melhor desempenho.

1. INTRODUÇÃO

A precipitação de um modelo está relacionada ao tipo de parametrização da convecção profunda utilizada. A versão do Modelo Global implementada pelo CPTEC e colocada em operação em 1994, utiliza o esquema de convecção profunda tipo Kuo (1965), com as modificações descritas por Sela (1980). A partir de 1998 o CPTEC passou a rodar experimentalmente uma versão do Modelo Global que possui como opção de parametrização da convecção profunda o esquema de Arakawa-Schubert Relaxada, descrito por Moorthi e Suarez (1992). O objetivo deste trabalho é utilizar o índice Threat Score para avaliar a performance destas duas versões do Modelo Global para a previsão do campo de precipitação sobre a Região da América do Sul.

2. METODOLOGIA

Três episódios de ZCAS foram selecionados a fim de avaliar o desempenho do Modelo Global, os casos selecionados ocorreram em janeiro de 1996 (16 a 21), fevereiro de 1996 (21 a 25) e março de 1997 (17 a 23).

Para a realização deste trabalho os modelos foram executados por um prazo de 8 dias, utilizando-se análises confeccionadas no National Centers for Environmental Prediction (NCEP), para o horário 12Z. Tomou-se os campos de precipitação acumulada em 24 horas previstas pelos modelos para o horário 12Z e os registros de precipitação acumulada em 24 horas (também para o horário 12Z) de synop para fins de comparação.

A parte estatística do trabalho consistiu em calcular o índice Threat Score (Anthes, 1993), que mede a habilidade do modelo em prever eventos classificados em categorias e pode ser escrito como:

$$TS = \frac{NC}{NP + NO - NC} \quad (1)$$

onde NP é o número de pontos previstos pelo modelo para receber uma quantidade de precipitação acima de um limiar especificado, NO é o número de pontos em que foi observado precipitação acima deste limiar e NC é o número de pontos previstos corretamente para receber a quantidade de precipitação acima do limiar estabelecido. Os limiares de precipitação a que correspondem estas categorias estão indicados na Tabela 1.

TABELA 1 - CLASSIFICAÇÃO DAS CHUVAS E LIMIARES

CLASSIFICAÇÃO DA INTENSIDADE DAS CHUVAS	LIMIARES DE PRECIPITAÇÃO (mm)
Chuva-não chuva	(1) = 0,3
Fraca	(2) = 2,5; (3) = 6,3
Moderada	(4) = 12,7; (5) = 19,0
Forte	(6) = 25,4; (7) = 38,1; (8) = 50,8

Fonte: Chou e Silva (draft-1999).

Para o *threat score*, quanto mais próximo TS estiver de 1,0 melhor terá sido a previsão de precipitação.

Os resultados das previsões do Modelo Global são disponibilizados em pontos de grade, sendo que cada ponto de grade representa uma área que corresponde a $1,875^\circ$ de latitude por $1,875^\circ$ de longitude. Portanto, a previsão de 5 mm de precipitação para um determinado ponto de grade, indica que na área correspondente a este ponto de grade deverá chover em média 5 mm.

Devido a grande variabilidade espacial da precipitação, os dados reportados das estações de superfície, representam uma área muito reduzida quando comparada a área do ponto de grade do modelo, desta forma, a interpolação da precipitação observada para uma grade correspondente a resolução do modelo poderia gerar informações duvidosas, ou até mesmo irreais.

A maneira encontrada para minimizar este efeito foi interpolar a precipitação prevista pelo modelo até o ponto de observação, e em seguida fazer a comparação entre o valor da precipitação observada e a prevista pelo modelo, interpolada até o ponto de observação.

O método de interpolação da precipitação prevista pelo modelo consistiu basicamente em:

- Identificar qual ponto de grade encontra-se mais próximo da observação;
- Tomar os quatro pontos de grade que envolvem a observação e interpolar linearmente os valores da precipitação destes pontos até o ponto da observação.

A Figura 1 ilustra quatro pontos de grade do modelo que envolvem uma observação. Neste caso, a posição da observação é dada pelas coordenadas (λ_o, φ_o) que correspondem respectivamente a longitude e latitude da estação; a precipitação prevista pelo modelo para este ponto é representada por $P_{(I_o, J_o)}$. A observação encontra-se na área representada pelo ponto de grade do modelo que corresponde a longitude e latitude (λ_I, φ_J) com precipitação $P_{(I, J)}$. Os demais pontos de grade que envolvem a observação são $(\lambda_{I+1}, \varphi_J)$, $(\lambda_I, \varphi_{J+1})$ e $(\lambda_{I+1}, \varphi_{J+1})$ com precipitações $P_{(I+1, J)}$, $P_{(I, J+1)}$ e $P_{(I+1, J+1)}$, respectivamente.

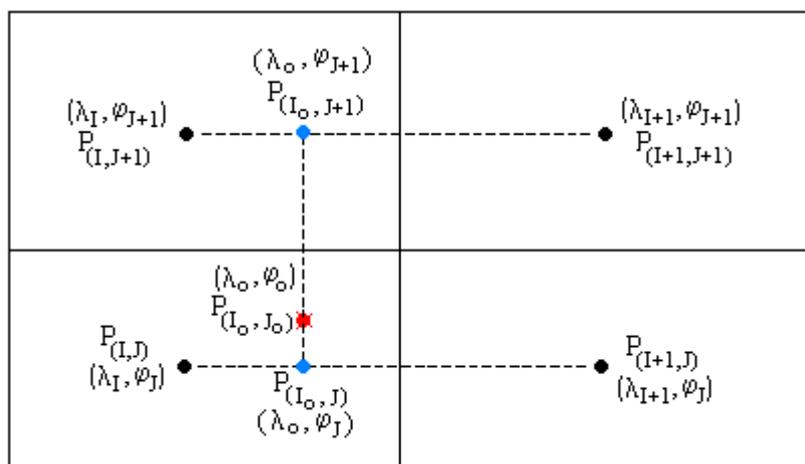


Figura 1 - Representação da observação e dos pontos de grade do modelo que a envolvem.

Tomando-se a menor distância entre os pontos de grade do modelo e o ponto de observação, obtêm-se o ponto (λ_I, φ_J) do modelo a que pertence a observação. A distância entre os pontos de grade do modelo e a observação são calculados pela equação:

$$d = \sqrt{(\lambda_o - \lambda_m)^2 + (\varphi_o - \varphi_m)^2} \quad (2)$$

onde, λ_m e φ_m são a latitude e a longitude dos pontos de grade do modelo.

A interpolação da precipitação dos quatro pontos de grade do modelo que envolvem a observação até o ponto da observação é obtida resolvendo-se o sistema de equações a seguir:

$$\frac{(P_{(I+1,J)} - P_{(I,J)})}{(\lambda_{I+1} - \lambda_o)} = \frac{(P_{(I+1,J)} - P_{(I,J)})}{(\lambda_{I+1} - \lambda_I)} \quad (3)$$

$$\frac{(P_{(I+1,J+1)} - P_{(I_o,J+1)})}{(\lambda_{I+1} - \lambda_o)} = \frac{(P_{(I+1,J+1)} - P_{(I,J+1)})}{(\lambda_{I+1} - \lambda_I)} \quad (4)$$

$$\frac{(P_{(I_o,J+1)} - P_{(I_o,J_o)})}{(\varphi_{J+1} - \varphi_o)} = \frac{(P_{(I_o,J+1)} - P_{(I_o,J)})}{(\varphi_{J+1} - \varphi_J)} \quad (5)$$

Das equações 2, 3 e 4 obtêm-se:

$$P_{(I_o,J)} = -\frac{(P_{(I+1,J)} - P_{(I,J)})}{(\lambda_{I+1} - \lambda_I)}(\lambda_{I+1} - \lambda_o) + P_{(I+1,J)} \quad (6)$$

$$P_{(I_o,J+1)} = -\frac{(P_{(I+1,J+1)} - P_{(I,J+1)})}{(\lambda_{I+1} - \lambda_I)}(\lambda_{I+1} - \lambda_o) + P_{(I+1,J+1)} \quad (7)$$

$$P_{(I_o,J_o)} = -\frac{(P_{(I_o,J+1)} - P_{(I_o,J)})}{(\varphi_{J+1} - \varphi_J)}(\varphi_{J+1} - \varphi_o) + P_{(I_o,J+1)} \quad (8)$$

onde $P_{(I_o,J_o)}$, é a precipitação prevista pelo modelo para o ponto (λ_o, φ_o) .

2.1 DESCRIÇÃO DOS ESQUEMAS DE CONVECÇÃO PROFUNDA

a) ESQUEMA KUO

O aquecimento e umedecimento devido a nuvens convectivas profundas são representados na versão operacional do Modelo Global do CPTEC usando o esquema de Kuo (1965), modificado por Anthes (1977). A convecção profunda no esquema Kuo atua na presença de uma coluna de ar condicionalmente instável e uma fonte de umidade positiva devido à soma da convergência de umidade e evaporação dentro da coluna. A soma da convergência de umidade e evaporação dentro da coluna é conhecida como "ascensão de umidade".

Nas colunas para a qual a convecção profunda é diagnosticada, a ascensão de umidade é particionada numa porção que produz calor (produzindo chuva) e uma porção úmida baseada na

umidade relativa integrada na coluna. A distribuição vertical de aquecimento e umedecimento do ambiente é baseada na distribuição vertical de diferenças de temperatura e umidade específica entre a nuvem e o ambiente.

A temperatura e a umidade específica da nuvem são determinadas pelo levantamento de uma parcela de ar da camada mais baixa do modelo, pela adiabática seca até o nível de condensação por levantamento (base da nuvem), e então subindo pela adiabática úmida até o nível onde a temperatura da nuvem é igual à temperatura do ambiente (topo da nuvem). Se o nível de condensação por levantamento para o ar próximo à superfície não está em torno de 0,65 vezes a pressão da superfície, então não é permitido ocorrer convecção profunda. A ascensão de umidade é determinada calculando-se a variação da umidade específica no passo de tempo *leapfrog* para todos os níveis. A presença da convecção profunda é restrita aos seguintes critérios:

- a convecção profunda ocorre apenas para colunas na qual a espessura da nuvem é superior a 30 por cento da pressão à superfície. Para uma pressão à superfície de 1000 hPa, estas convecções profundas estariam restritas àquelas colunas que tem nuvens convectivas de no mínimo 300 hPa de espessura;
- a ascensão de umidade nas camadas abaixo de $\sigma = 0,46$ deve exceder 2 mm dia^{-1} em algum passo de tempo particular para que a convecção profunda ocorra.

b) ESQUEMA ARAKAWA-SCHUBERT RELAXADO (RAS)

O esquema de convecção *relaxed Arakawa-Schubert* (RAS) foi descrito por Moorthi e Suarez (1992). Este esquema difere da implementação comum de Arakawa-Schubert em dois aspectos. Primeiro, o fluxo de massa normalizado que é uma função exponencial da altura na formulação original é substituída por uma função linear da altura. Segundo, a parametrização "relaxa" a atmosfera de grande escala em direção ao quase-equilíbrio, ao invés de exigir o quase-equilíbrio cada vez que a subrotina da convecção cumulus é chamada. O quase-equilíbrio assume que o conjunto de nuvens cumulus responde suficientemente rápido aos efeitos desestabilizantes do escoamento de grande escala, mantendo o equilíbrio.

A implementação do RAS na versão de pesquisa do Modelo Global do CPTEC assume que a camada sub-nuvem é composta pela média ponderada da massa dos dois níveis mais baixos do modelo. Cada vez que a convecção cumulus é chamada, todos os níveis acima da camada sub-nuvem são checados para obter a possibilidade de convecção. Nuvens com a mesma base, mas diferentes níveis de detranhamento (topo das nuvens), são classificadas como diferentes tipos de nuvens. No esquema RAS, a convecção cumulus ocorre para aqueles tipos de nuvens para os quais a função trabalho da nuvem excede um valor crítico, determinado empiricamente. A função trabalho da nuvem é uma medida integrada da diferença entre a energia estática úmida na nuvem e aquela do ambiente. Para aqueles tipos de nuvem em que a função trabalho da nuvem excede a função trabalho crítica, é determinado o fluxo na base da nuvem necessário para restaurar a função trabalho da nuvem para seu valor crítico. Este fluxo de massa é usado para resolver as equações em escala de grade, incluindo os efeitos da convecção na temperatura e na umidade específica. Na implementação do RAS nesta versão de pesquisa do modelo, a precipitação convectiva torna a reevaporar dentro do ambiente, segundo uma versão modificada de Sud e Molod (1988).

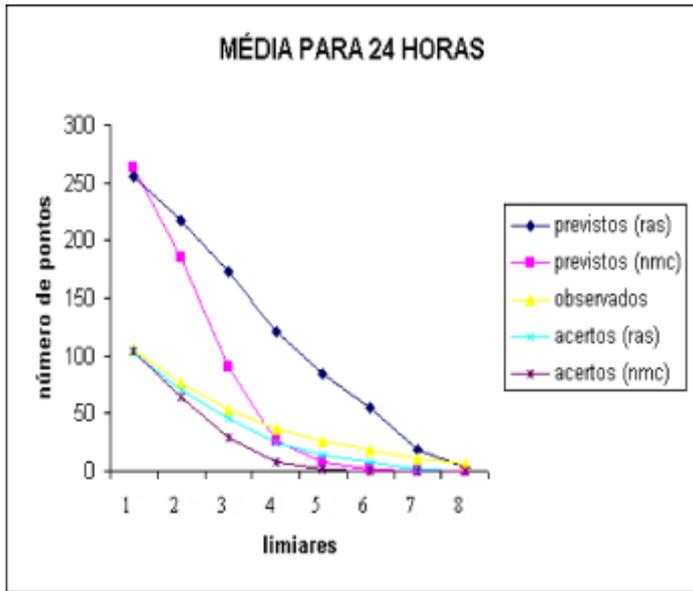
3. RESULTADOS

Para fins de comparação das duas versões do Modelo Global, chamaremos a versão com parametrização tipo Kuo de modelo NMC e a versão com Arakawa-Schubert Relaxada de modelo RAS.

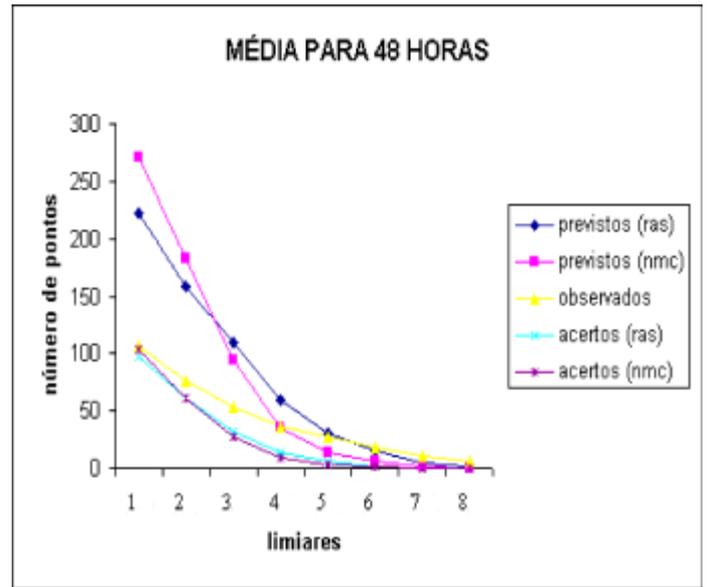
Os gráficos da figura 2 indicam a média do número de pontos previstos pelos modelos NMC e RAS, o número de pontos observados e o número de pontos previstos corretamente para cada limiar. Uma característica importante que pode ser observada é a de que ambos os modelos tendem a superestimar o número de pontos observados para os limiares 1, 2, 3, 4 e 5, que indicam chuvas fracas e moderadas. A partir do limiar 6 os modelos tendem a subestimar a quantidade de pontos com chuva acima destes limiares.

Para a previsão de 24 horas o modelo RAS superestimou a quantidade de pontos observados para todos os limiares, o que indica que este modelo apresenta uma instabilidade associada a nova parametrização da convecção, que faz com que o modelo produza muita precipitação nas primeiras 24 horas de integração. A partir de 48 horas, verifica-se que o modelo RAS tende a superestimar menos o número de pontos para os primeiros intervalos do que o modelo NMC.

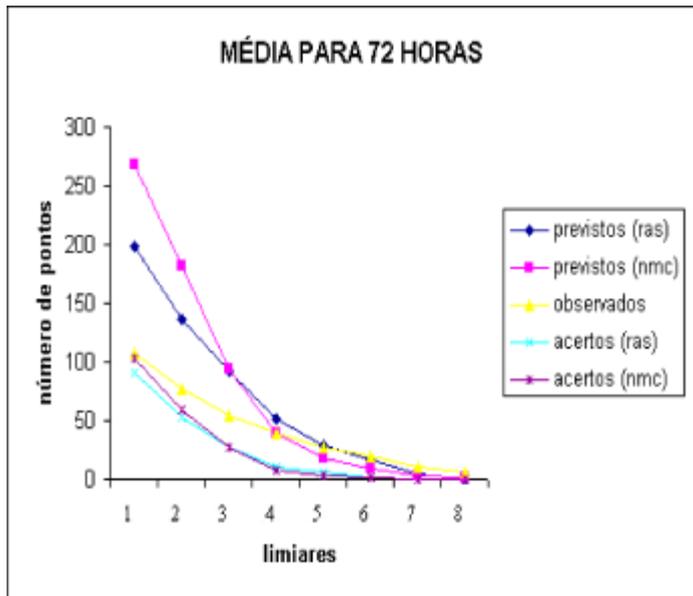
A figura 3 apresenta os valores médios do Threat Score para os três casos analisados, para os modelos NMC e RAS. A análise destes gráficos indica que em 24 horas, o modelo RAS tende a prever melhor precipitações acima do limiar 4. Para 48 e 72 horas, o modelo RAS apresenta índices maiores para todos os limiares. Para as previsões de 96, 120 e 144 horas, ambos os modelos apresentaram desempenho semelhante. Em 168 e 192 horas, o modelo RAS apresentou pequena melhora a partir do limiar 4.



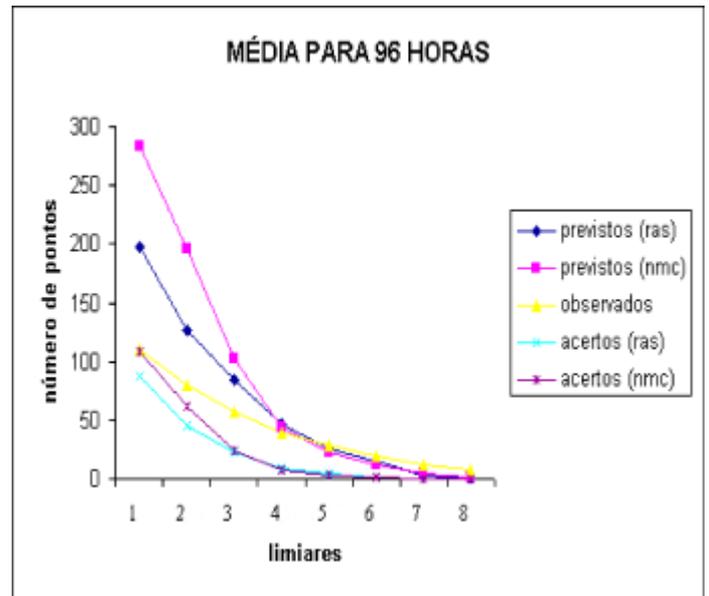
(a)



(b)

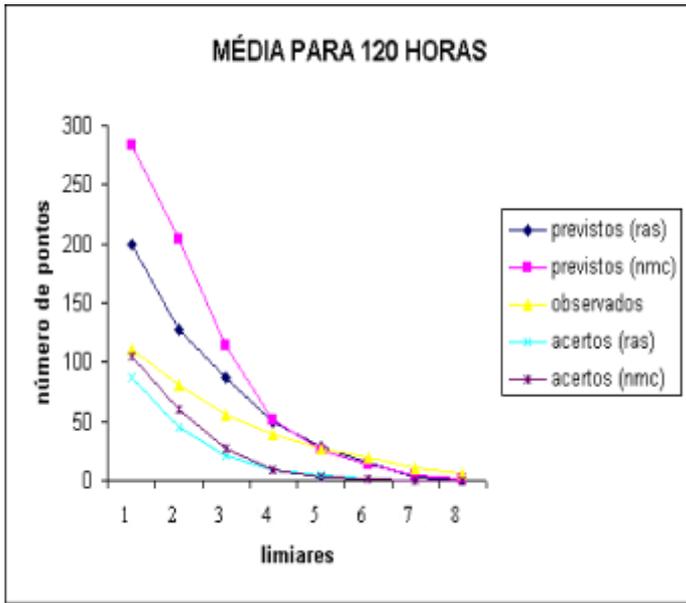


(c)

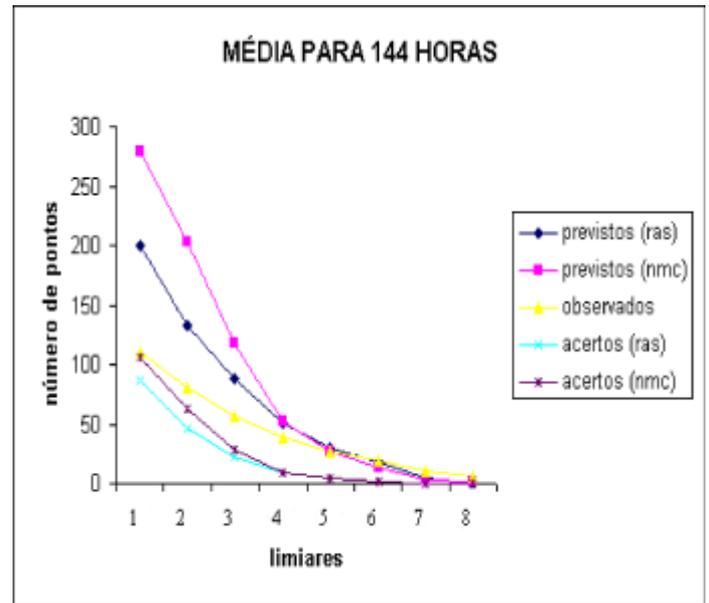


(d)

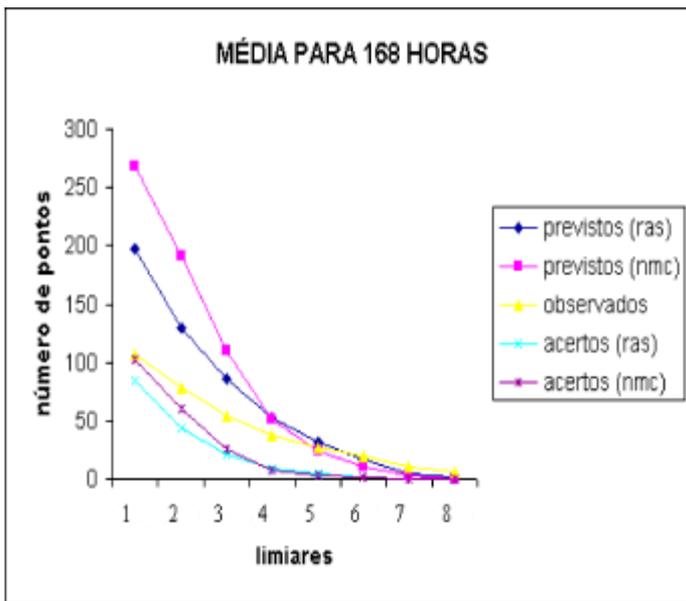
Figura 2 - Média do número de pontos observados (NO), previstos (NP) e previstos corretamente (acertos-NC) pelos modelos NMC e RAS, para os três casos analisados.



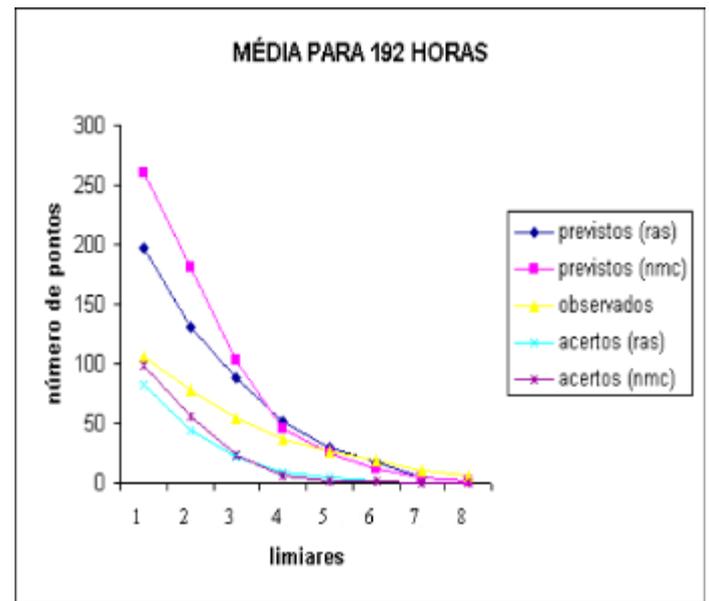
(e)



(f)

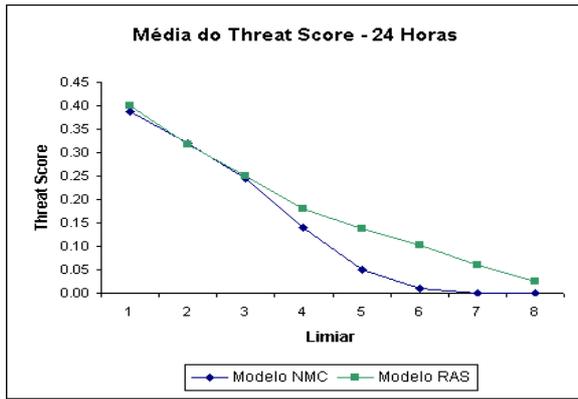


(g)

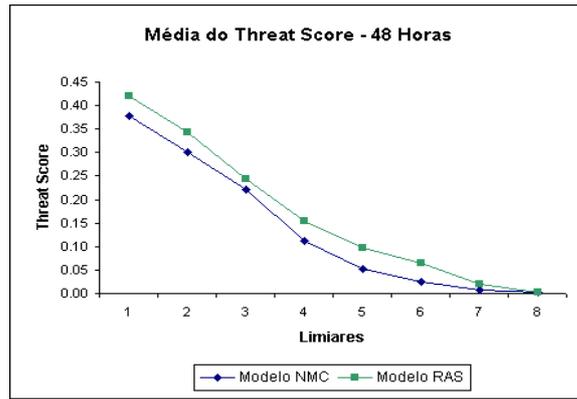


(h)

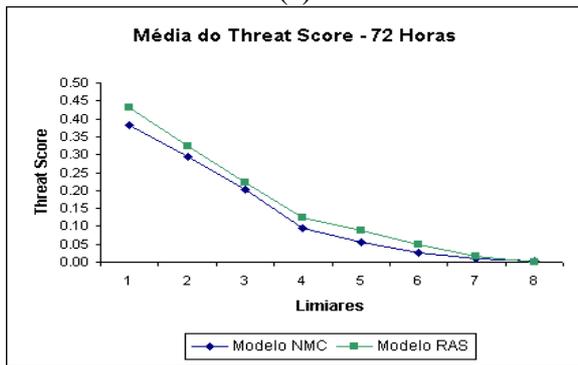
Figura 2 - Continuação



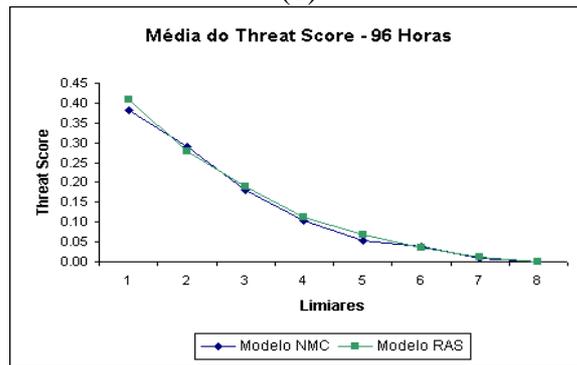
(a)



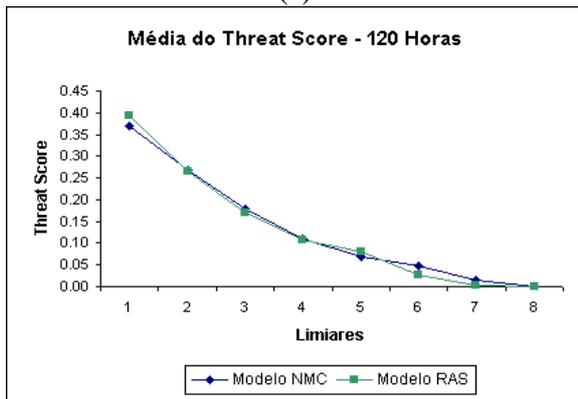
(b)



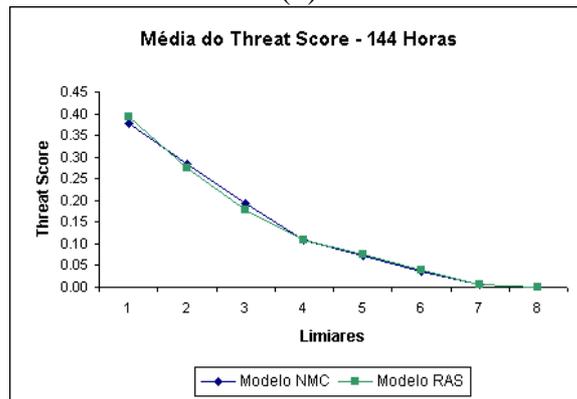
(c)



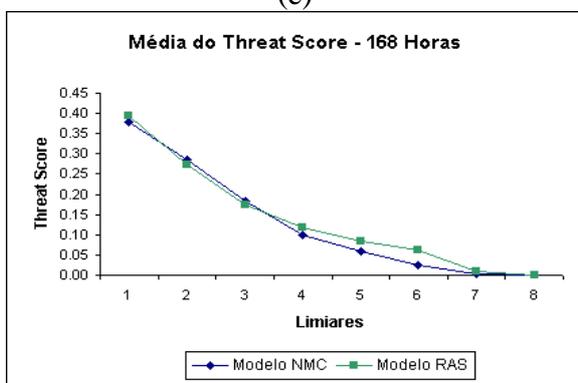
(d)



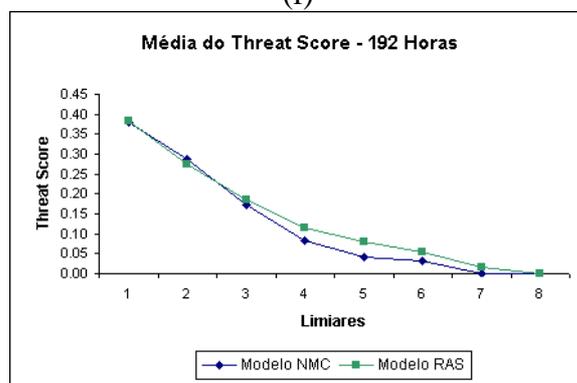
(e)



(f)



(g)



(h)

Figura 3 - Média do Threat Score para os três casos de ZCAS analisados.

4. CONCLUSÕES

A avaliação da previsão de precipitação para os modelos RAS e NMC, mostrou que os índices são melhores para o limiar (1), que indica chuva-não chuva, e gradativa diminuição do TS para os demais limiares. Observa-se que o modelo tende a superestimar o número de pontos observados para os limiares correspondentes a chuva-não chuva, chuvas fracas e moderadas, e subestimar para os limiares referentes à chuvas fortes. Isto mostra que os modelos tendem a espalhar as chuvas, indicando a ocorrência de precipitação, entretanto não posicionam corretamente os núcleos de máxima precipitação, o que é verificado pelos baixos valores de TS para os limiares (5), (6) e (7). Para o limiar (8), o número de pontos previstos em média é nulo, indicando a deficiência dos modelos em prever chuvas acima deste limiar.

Os modelos apresentaram comportamentos diferentes com relação ao número de pontos previstos. Em 24 horas, observou-se que o modelo RAS prevê mais pontos para os limiares entre (2) e (7), o que reflete a característica deste modelo em prever muita chuva nas primeiras 24 horas. Nas demais previsões o modelo RAS prevê menos pontos do que o modelo NMC para os limiares (1), (2) e (3), para os outros limiares, o número de pontos previstos pelos dois modelos se aproximam.

Para as previsões de 24, 48 e 72 horas, o modelo RAS apresentou maior TS para todos os limiares; para 96, 120 e 144 horas, os modelos apresentaram desempenho semelhante, em 168 e 192 horas o modelo RAS foi melhor para os limiares de chuva moderadas e fortes.

Estes resultados indicam que a previsão de precipitação do modelo global com o esquema de convecção profunda tipo Arakawa-Schubert apresenta sensível melhora com relação a versão do modelo com o esquema de Kuo, em particular para os limiares de chuva mais intensa.

5. REFERÊNCIAS

- Kuo, H.L. On the Formation and Intensification of Tropical Cyclones Through Latent Heat Release by Cumulus Convection. *Journal Atmospheric Science*, v.22, n.1, p.40-63, 1965.
- Sela, J.G. Spectral Modeling at the National Meteorological Center. *Monthly Weather Review*, v.108, p.1279-1292, 1980.
- Moorthi, S. ; Suarez, M.J. Relaxed Arakawa-Schubert: A Parameterization of Moist Convection for General Circulation Models. *Monthly Weather Review*, v.120, p.978-1002, 1992.
- Anthes, R.A. Regional Models of the Atmosphere in Middle Latitudes. *Monthly Weather Review*, v.111, n.6, p.1306-1335, 1983.
- Chou, S.C. ; Silva, M.G.A. *Objective Evaluation of ETA Model Precipitation Forecasts over South America*: Draft. 1999.
- Anthes, R.A. A Cumulus Parameterization Scheme Utilizing a One-Dimensional Cloud Model. *Monthly Weather Review*, v.105, p.270-286, 1977.
- Sud, Y. ; Molod, A. The Roles of Dry Convection, Cloud Radiation Feedback Processes, and the Influence of Recent Improvements in the Parameterization of Convection in the GLA GCM. *Monthly Weather Review*, v.116, p.2366-2387, 1988.