

# VERIFICAÇÃO DAS PREVISÕES DE PRECIPITAÇÃO PLUVIOMÉTRICA DO MODELO ETA OPERACIONAL NHMET/IEPA PARA A CIDADE DE MACAPÁ EM 2007

*Jonathan Castro Amanajás<sup>1</sup>, Alan Cavalcanti da Cunha<sup>2</sup> e George Arnoud Tork Façanha<sup>3</sup>*

<sup>1,2,3</sup> Núcleo de Hidrometeorologia e Energias Renováveis – NHMET/IEPA, Rod. JK, km 2, CIE, Bloco II, Sala E, Macapá – AP. [jonathan.amanajas@iepa.ap.gov.br](mailto:jonathan.amanajas@iepa.ap.gov.br); [alan.cunha@iepa.ap.gov.br](mailto:alan.cunha@iepa.ap.gov.br); [george.tork@iepa.ap.gov.br](mailto:george.tork@iepa.ap.gov.br)

**RESUMO:** Neste estudo objetivou-se avaliar a qualidade das previsões de chuva do Modelo ETA operacional no NHMET/IEPA na elaboração da previsão de tempo do Estado do Amapá. Empregou-se o MAC para verificar as previsões do Modelo ETA a partir de análises comparativas entre as observações de chuva diária e as saídas gráficas do modelo. O MAC quantificou a correspondência entre valores observados e previstos a partir de uma matriz de dupla entrada (duas categorias de eventos: sim e não). Os resultados foram obtidos a partir dos seguintes indicadores numéricos propostos pelo MAC: Proporção de Acertos (PA); Índice Crítico de Sucesso (ICS); Relação de Alarme Falso (RAF) e o BIAS. Verificou-se que os melhores indicadores da precisão de previsão de chuva do modelo foram a PA (77% e 73%, respectivamente, período chuvoso e menos chuvoso) e o RAF (1% e 6%, respectivamente, período chuvoso e menos chuvoso). Foi observado, ainda, a partir da análise do BIAS, que o modelo tendeu a subestimar as ocorrências de chuva em 2007, quando comparadas às observações de superfície.

**ABSTRACT:** The objective of this study was to evaluate the quality of the forecasts of rain of the ETA Model operational in NHMET/IEPA in the elaboration of the forecast of time of the State of Amapá. The CAM purpose was used to compare the operational forecasts and observed data, starting from comparative analyses between the occurrences of daily rain and the accumulated precipitation graphic outputs of the ETA Model. CAM quantified the correspondence between observed and forecast values, starting from a table binary entrance (only two modalities of events: yes and no). The principal results show some numeric indicators of quality, which were proposed: Successes Proportion (SP); Critical Index of Success (CIS); False Alarm Relationship (FAR) e o BIAS. The conclusion indicated that the best indicators were the SP (77% and 73%, respectively, rainy period and less rainy) and FAR (1% and 6%, respectively, rainy period and less rainy). It was observed, starting from the analysis of BIAS, that the model tended to underestimate the rain occurrences in 2007, when compared to the surface observations.

**PALAVRAS-CHAVE:** Verificação de Previsão; Modelo ETA; Método de Análise de Contingência (MAC); Precipitação Pluviométrica; Macapá.

## 1. INTRODUÇÃO

No Estado do Amapá o serviço de previsão numérica de tempo tem se tornado instrumento importante e estratégico para o planejamento de ações e atividades econômicas e sociais locais. Desde maio de 2006, quando foram divulgados os primeiros boletins de previsão do tempo para todo o Estado, a partir do Modelo Atmosférico Operacional ETA, houve um progresso significativo em termos de geração de informação e conhecimento técnico-científico nesta área. Entretanto, nunca houve um análise da eficiência da previsão deste modelo, principalmente quanto a variável precipitação pluviométrico, considerada uma das mais importantes para a região (AMANAJÁS; ARAÚJO, 2008).

Neste aspecto, o presente trabalho apresenta caráter inédito e relevante para o setor da meteorologia e recursos hídricos do Estado do Amapá. Trata-se de uma primeira análise efetiva da medida de eficácia da previsão de precipitação pluviométrica executada pelo Modelo Atmosférico ETA operacional do NHMET/IEPA, cuja avaliação se concentrou apenas na capital Macapá. Portanto, o presente estudo teve como objetivo gerar informações específicas sobre a eficácia de previsibilidade do Modelo ETA para o ano de 2007, período em que a série histórica da precipitação e o funcionamento do modelo já eram dominados pelo grupo de pesquisa do NHMET/IEPA.

A importância do tema é a sua utilidade na geração de informação **confiável** aos usuários sobre as condições do tempo, bem como os alertas sobre eventos extremos ao poder público, especialmente quanto às medidas de prevenção da Defesa Civil, infra-estrutura urbana, construção civil, transporte e saúde.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

A região de estudo compreendeu a zona urbana do município de Macapá, localizada entre as latitudes de 0°06'04.14"N a 0°03'18.08"S e as longitudes de 51°02'21.40"W a 51°07'56.17"W. Para a realização deste estudo foram selecionadas as séries de dados obtidas junto ao banco de dados do NHMET/IEPA, provenientes de observações feitas pelas estações: PCD Agrometeorológica (CPTEC), situada no 34° Batalhão de Infantaria e Selva, de coordenada geográfica 0°02'10.28"N e 51°05'20.07"W; Estação Pluviométrica (ANA), situada às margens do Rio Amazonas, de coordenada geográfica 0°01'20.27"N e 51°03'07.81"W; Estação Meteorológica (INFRAERO), localizada no Aeroporto Internacional de Macapá, de coordenadas geográficas 0°02'54.53"N e 51°04'15.63"W; e a Estação Convencional de superfície (INMET), localizada no Distrito de Fazendinha, de coordenadas geográficas 0°02'42.36"S e 51°06'35.64"W, de 01 de janeiro a 31 de dezembro de 2007.

A escolha dessas estações foi em função da representatividade da distribuição espacial das chuvas na área de estudo, o que levaria a erros sistemáticos nas comparações das saídas gráficas do modelo com as observações de superfície, se fosse utilizada apenas uma estação de controle. Portanto, foi utilizada uma média de quatro estações representativas para avaliar os níveis de acerto da previsão prevista pelo modelo.

Para este estudo foram utilizadas somente as saídas gráficas de 0000 UTC, de precipitação pluviométrica acumulada a cada 3 horas, com resolução horizontal de 15km x 15km, e vertical em 38 camadas. Na presente metodologia, utilizou-se apenas o intervalo de integração entre 24 h e 48 h. Tal situação é recomendável porque melhora significativamente a eficiência operacional do modelo e o nível de acerto. Isto é, eliminam-se as perturbações iniciais do processo de integração, induzidas pelas condições iniciais e de contorno, as quais tendem a causar inconsistências nos resultados. O Domínio computacional do modelo cobre explicitamente a região compreendida entre as longitudes de 57.5°W a 45.6°W e as latitudes de 6°N a 3°S.

Utilizou-se o Método de Análise de Contingência (MAC) como ferramenta matemática de comparação entre os dados observados e as saídas gráficas de previsão do modelo. Em resumo, a avaliação da precipitação foi analisada por categorias. Isto é, o critério de erro ou acerto da previsão baseando-se na ocorrência **sim** ou **não** do evento de chuva. Foram definidas as seguintes categorias para todos os meses dos períodos chuvosos e menos chuvoso de 2007, segundo os dados de entrada da Tabela 1 (WILKS, 2006):

- O modelo previu chuva e esta ocorreu na área de verificação (a);
- O modelo previu chuva na área e esta não ocorreu (b);
- O modelo não previu chuva na área e esta ocorreu (c);
- O modelo não previu chuva na área e esta não ocorreu (d).

Tabela 1: Tabela de Contingência para verificação da qualidade de previsões.

		Observado		
		Sim	Não	
Previsto	Sim	a	b	a + b
	Não	c	d	c + d
		a + c	b + d	a + b + c + d

Para a avaliação das ocorrências, (Sim) ou não (Não) dos eventos de chuva, foram utilizadas cartas de precipitação pluviométrica do Modelo ETA e dados observados de precipitação pluviométrica. As ocorrências e não-ocorrências, previstas pelo modelo, foram verificadas sobre o domínio e identificadas de acordo com a **escala de cores da saída gráfica** (Figura 1).

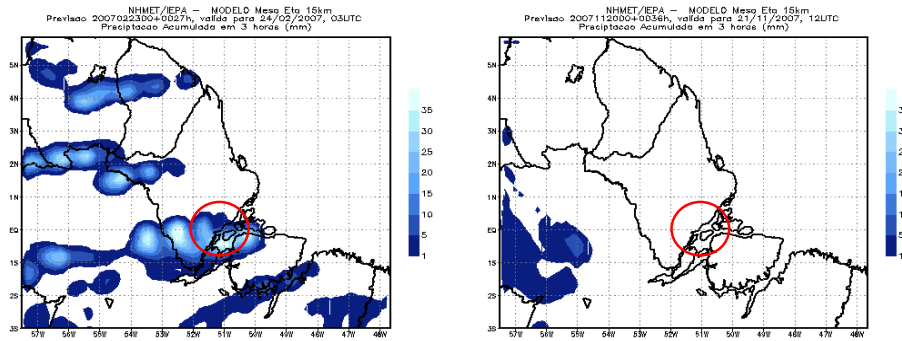


Figura 1: Saída gráfica com previsão de chuva (a) e sem previsão de chuva (b) sobre Macapá válida para as 00 horas do dia 24/02/07 e as 09 horas do dia 21/11/07, respectivamente. Fonte: NHMET/IEPA

O passo seguinte foi lançar os somatórios dos pares de combinações de previsão/observação nas tabelas de contingência, de acordo com as categorias (a), (b), (c) e (d), como mostra a Tabela 1. As avaliações objetivas de previsão do modelo referente aos meses dos períodos chuvoso e menos chuvoso foram realizadas utilizando a Proporção de Acertos (PA), o Índice Crítico de Sucesso (ICS), a Relação de Alarme Falso (RAF) e o Bias, definidos abaixo:

**Proporção de Acertos (PA):** a medida mais direta e intuitiva das precisões de previsão para eventos discretos, proposta por Finley (1884 *apud* WILKS, 2006). Esta é a fração das  $n$  previsões ocorridas para as quais a probabilidade prevê corretamente, se antecipando ao evento subsequente ou nenhum evento (previsão de chuva e ocorrência da mesma ou previsão sem chuva em que ela não ocorreu). A proporção de acertos pior possível é zero (0%) e a melhor é um (100%). Em termos de cálculos a Equação 1 mostra a proporção de acertos do seguinte modo:

$$PA = \frac{(a + d)}{n} \quad (1)$$

**Índice Crítico de Sucesso (ICS):** o índice crítico de sucesso é o número de previsões corretas  $a$  divididas pelo número total de ocasiões na qual aquele evento foi previsto e/ou observado. Pode ser visto como uma proporção de acerto para a quantidade prevista, depois de remover acertos não previstos considerados, dado por:

$$ICS = \frac{a}{(a + b + c)} \quad (2)$$

O pior índice crítico de sucesso é zero (0%). E o melhor índice crítico de sucesso é um (100%). Cada uma das categorias na tabela de contingência  $2 \times 2$  pertence a uma ocasião prevista diferente. Assim,  $a$  representa a interseção das áreas sobre as quais o evento era previsto e conseqüentemente aconteceu;  $b$  representa a área em cima da qual o evento era previsto, mas não aconteceu; e  $c$  é a área sobre a qual o evento aconteceu, mas não foi previsto.

**Relação de Alarme Falso (RAF):** o RAF nada mais é do que a proporção de previsões de ocorrência de chuva que na verdade não se materializaram. Por esta razão utiliza-se o termo “alarme falso”. O RAF tem uma orientação negativa, de forma que valores menores de RAF serão preferidos. O melhor possível RAF é zero (100% de correlação com o observado), e o pior possível RAF é um (0% de correlação com o observado).

$$RAF = \frac{b}{a + b} \quad (3)$$

**Bias (B):** o Bias, ou comparação da média prevista com a média observada (viés), normalmente é representado como uma relação para verificação de tabelas de contingência. Em termos de tabela  $2 \times 2$  a relação do Bias é:

$$B = \frac{a + b}{a + c} \quad (4)$$

O BIAS (B) simplesmente é a relação do número de sim previstos com o número de sim observados. Exibe previsões imparciais  $B = 1$  indicando que o número de eventos previstos e observados foram os mesmos. BIAS maiores que 1 indicam que o evento previsto ocorreu mais que o observado (superestimado). Reciprocamente, BIAS menores que 1 indicam que o evento previsto ocorreu menos que o observado (subestimado).

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foi analisado individualmente cada índice de acordo com suas respostas à capacidade de previsão do modelo ETA, destacando os meses cujo modelo apresentou melhor e pior desempenho, com o objetivo de avaliar a qualidade das previsões do modelo ETA, para Macapá em 2007.

**Proporção de Acertos (PA):** a Proporção de Acertos (PA) foi o melhor representante da precisão das previsões do modelo, observando-se que fevereiro e novembro foram os meses cujo modelo ETA melhor detectou as ocorrências e não-ocorrências de chuva na região. As ocorrências *sim* e *não* foram corretamente creditadas para previsões iguais com nível de acertos de 93% para ambos os meses (Gráfico 1a). Maio, julho e agosto foram os meses que apresentaram os menores índices de acerto, 65%, 61% e 55%, respectivamente, de acordo com a metodologia aplicada. Os demais meses tiveram índices de acerto consideravelmente acima do ótimo estabelecido para uma previsão útil (60%).

**Índice Crítico de Sucesso (ICS):** o Índice Crítico de Sucesso (ICS), por ter relação direta com a ocorrência da chuva, apresentou resultado satisfatório nos meses chuvosos. Os meses de fevereiro, março e abril foram os que o modelo detectou com melhor perfeição as ocorrências de chuva, com índices de acerto de 92%, 79% e 81%, respectivamente (Gráfico 1b). Para os meses do período menos chuvoso (junho, julho, agosto, setembro, outubro e novembro), em que os totais pluviométricos acumulados diários são em média inferiores a 5mm, os quais o modelo tende a subestimar, os resultados não foram satisfatórios. O trimestre agosto, setembro e outubro, considerado o mais seco, com precipitação acumulada diária inferior a 2mm, apresentou resultados da ordem de 22%, 14% e 0%, respectivamente.

**Relação de Alarme Falso (RAF):** a Relação de Alarmes Falsos mostrou índices de acertos satisfatórios em quase todos os meses do ano. O maior desvio na previsão ocorreu em julho, com 22% de erro, quando se observou sete acertos de chuva em nove ocorrências. Nos demais meses do ano os resultados se mostraram satisfatórios, com acertos de 95 a 100%. Para o mês de outubro os totais pluviométricos foram subestimados em 100% pelo modelo, sem resultados para este índice segundo a metodologia adotada (Gráfico 1c).

**BIAS (B):** de maneira geral observou-se que, tanto no período chuvoso como no menos chuvoso, o BIAS, mostrou tendência em subestimar as ocorrências de chuva em todos os meses do ano de análise (Gráfico 1d). Os meses de fevereiro, março, abril, junho e dezembro, apresentaram as melhores correlações quanto ao número de ocorrências de chuva e suas respectivas previsões, com índice de correlação de 92%, 83%, 85%, 78% e 68%, respectivamente. Notou-se que o modelo não representou bem as ocorrências de chuva para os meses de janeiro, maio, julho, agosto, setembro, outubro e novembro. Para os meses de janeiro, agosto e setembro, este subestimou em mais de 50% e em outubro 100% as frequências de chuva observadas como mostra o Gráfico 1d.

Comparando com os estudos realizados por Chou *et al.* (2004) e Alves *et al.* (2004) para o ano de 2003, em que foi avaliado o desempenho do modelo regional ETA climático operacional do CPTEC, sobre a América do Sul e Brasil, respectivamente, os resultados deste estudo está dentro do esperado para a região. Os três estudos foram realizados em anos de El Niño (2002/2003 e 2006/2007, respectivamente, moderado e fraco) e demonstram que o modelo tendeu a subestimar as ocorrências de chuva mostrando-se sensível aos fenômenos de grande escala.

### 4. CONCLUSÃO

Neste estudo observou-se que em média o modelo ETA operacional NHMET/IEPA apresentou desempenho satisfatório quanto a seus acertos nas ocorrências e não-ocorrências de chuva para o ano de 2007. Notou-se, através da análise do BIAS, tendência do modelo em subestimar as ocorrências de chuva para o ano de análise, devido ao *déficit* no regime de chuvas sobre a região, ocasionado pelo fenômeno de

grande escala El Niño e pelo deslocamento mais ao norte da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), principal sistema gerador de chuvas sobre a região.

Os índices que demonstraram maior eficácia do modelo, quanto às suas respostas de previsão em relação aos dados observados para o ano de 2007, foram a Proporção de Acertos (77% e 73%, de acerto, respectivamente, para os períodos chuvoso e menos chuvoso) e a Relação de Alarmes Falsos (99% e 94% de acerto, respectivamente, para os períodos chuvoso e menos chuvoso).

Sugere-se, em estudos futuros, a utilização do modelo ETA operacional NHMET/IEPA, para comparar os resultados numéricos das previsões e dados observados, considerando-se a sensibilidade do modelo para diferentes domínios e resoluções horizontais, incluindo-se outros parâmetros relevantes do tempo.

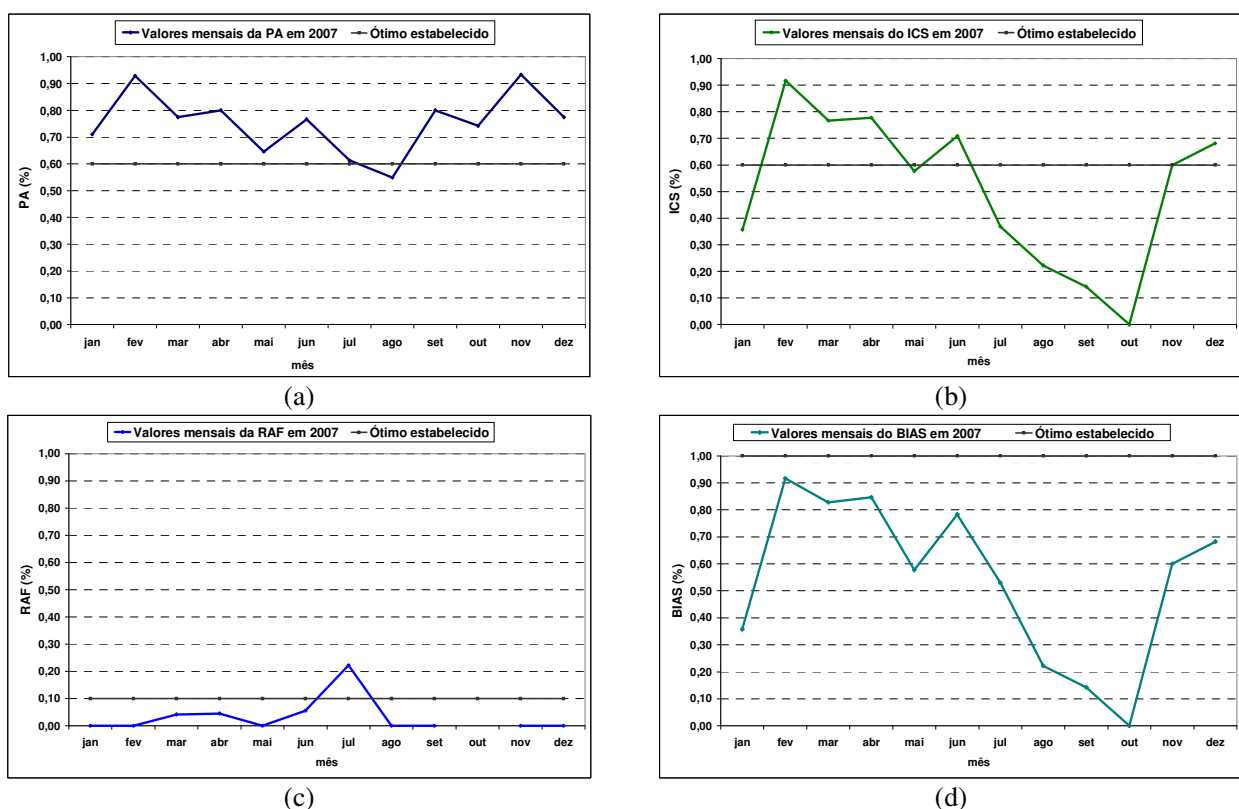


Gráfico 1: Análise das previsões de chuva do Modelo ETA operacional NHMET/IEPA para Macapá em 2007.

**Agradecimentos:** Os autores agradecem aos projetos REMETAP (Modernização da Rede Estadual de Meteorologia para previsão de Tempo, Clima e Recursos Hídricos) e REMAM (Rede de Monitoramento e Pesquisa de Fenômenos Meteorológicos Extremos na Amazônia) e aos pesquisadores do Núcleo de Hidrometeorologia e Energias Renováveis (NHMET/IEPA) pelo apoio a pesquisa.

## 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVES, L. M.; CHOU, S. C.; MARENGO, J. A. **Avaliação das previsões de chuvas sazonais do modelo ETA climático sobre o Brasil.** In: Congresso Brasileiro de Meteorologia, XII, 2004, Fortaleza-CE. CD de Anais, Fortaleza-CE, 2004.

AMANAJÁS, J. C. ARAÚJO, R. C. M. **Uso do Método de Contingência para Análise da Eficácia de Previsão da Precipitação Pluviométrica do Modelo ETA para o Município de Macapá-AP em 2007.** Macapá: Universidade Federal do Amapá, 2008. Monografia de Graduação.

CHOU, S. C.; BUSTAMANTE, J. F.; GOMES, J. L. **Previsões sazonais utilizando o modelo ETA sobre a América do Sul.** In: Congresso Brasileiro de Meteorologia, XII, 2004, Fortaleza-CE. CD de Anais, Fortaleza-CE, 2004.

WILKS, D. S. **Statistical Methods in the Atmospheric Sciences.** 2ª Edition. California: Elsevier Science & Technology Books. Academic Press, 2006.