

# AVALIAÇÃO PROGNÓSTICA DAS CHUVAS NO NORDESTE DO BRASIL EM RELAÇÃO AS ANOMALIAS DE TSM DO ATLÂNTICO E PACÍFICO TROPICAIS

Ronaldo Haroldo N. de Menezes<sup>1</sup>  
Enilson Palmeira Cavalcanti<sup>2</sup>

## Abstract

In this study different statistical techniques were utilized to analyse the relations between the rainy season of the "Northeast Brazil" (NEB) and the "sea surface temperature" (SST) anomalies of the tropical Atlantic and Pacific oceans for the period 1970-1988.

The correlations of the SST anomaly series and the precipitation amount of each and every rainfall station delimited the areas of possible forecast, which comprises the whole North of NEB. The technique of principal component analysis applied to the series of the Atlantic and Pacific SST anomalies showed that the first and second components, which represent about 98% of the total variance can be substituted by SST anomalies with a lag of two months. The analysis of regression as a function of the SST anomaly series defined in the principal component analysis, showed that about 50% of the precipitation variability can be explained by this model. Within the limitations of the model, a prognostic tendency was worked out for the years of 1998 and 1999.

## Introdução

As razões físicas da variabilidade interanual das chuvas no "Nordeste do Brasil"-NEB são complexas e estão relacionadas com a circulação atmosférica global. As "Anomalias de Temperatura da Superfície do Mar"-ATSM sobre o Atlântico (dipólo) e Pacífico (El Niño e La Niña) estão entre os principais fatores de grande-escala que contribuem para as mudanças na circulação atmosférica responsáveis pela variabilidade interanual da precipitação sobre o NEB (MOURA e SHUKLA, 1981; KAYANO, 1988; ALVES e REPELLI, 1992; UVO et al, 1994; ARAGÃO et al., 1994).

Nos últimos anos alguns modelos estatísticos de previsão que utilizam os padrões de "Temperatura da Superfície do Mar"-TSM como conjunto de preditores vêm sendo utilizados (SANSIGOLO, 1990; HASTENRATH, 1990; WARD e FOLLAND, 1991; UVO et al., 1994), os quais, sugerem a importância da TSM do Atlântico e Pacífico na distribuição da

precipitação sobre o NEB. Neste trabalho avalia-se esta relação, utilizando-se técnicas estatísticas, no sentido de verificar a sua importância no estudo prognóstico da precipitação no NEB, durante os meses de março, abril e maio. Fez-se ainda uma avaliação prognóstica para os anos de 1998 e 1999.

## Materiais e Métodos

Foram utilizados totais mensais de precipitação no período de 1970-1988 de 113 postos pluviométricos assim distribuídos sobre o NEB: 21 no Ceará, 31 na Bahia, 15 em Pernambuco, 12 no Piauí, 10 no Rio Grande do Norte, 11 na Paraíba, 8 em Sergipe e 5 em Alagoas -Superintendência de Desenvolvimento do Nordeste (SUDENE).

Os dados de ATSM utilizados são uma combinação de dois períodos, sendo compilados, segundo ARAGÃO (1994), por REYNOLDS e GEMMIL (1984) para o período de 1970-1978 e pelo protocolo AMIP ("Atmospheric Model Intercomparison Project") para o período de 1979-1988 (GATES, 1992). Para a avaliação prognóstica dos anos de 1998 e 1999, utilizou-se dados de ATSM do Atlântico e Pacífico durante os meses de janeiro a março (NCEP).

A relação entre a precipitação nos meses do período chuvoso do NEB e as ATSM dos meses precedentes foi avaliada pela técnica de análise de correlação por "lag". Desta forma definiu-se as áreas de possíveis previsibilidade.

A técnica de "Análise em Componentes Principais"-ACP foi feita a partir da matriz de "factor loadings" a qual mostra a relação entre uma determinada componente e as variáveis originais (ATSM do Atlântico e Pacífico), sendo utilizado somente os "factor loadings" com valores altos, os quais sugerem uma alta correlação com a variável ou uma forte similaridade linear entre a componente e a variável. A fim de obter essa máxima representação das componentes principais, procedeu-se a uma transformação ortogonal dos "factor loadings" (método varimax de rotação ortogonal).

<sup>1</sup> Professor CCA/UEMA/NEMRH. São Luís/MA – [ronaldo@uema.br](mailto:ronaldo@uema.br)

<sup>2</sup> Professor DCA/CCT/UFPB. Campina Grande/PB

## Resultados

As variáveis foram distribuídas no interior de um círculo de raio unitário denominado "círculo de correlação". Este procedimento permitiu identificar quais as variáveis que estão ligadas entre si ou opostas, com a condição, entretanto, de que as coordenadas referentes as variáveis estejam próximas da circunferência. Na verdade, essa proximidade será verificada para as componentes que acumulam virtualmente a maior parte da variância dos dados originais,  $\underline{Y}_i$ .

Através dos "factor loadings rotacionados" foi possível identificar as variáveis (ATSM) que melhores representaram uma determinada componente, as quais, foram utilizadas como preditoras em um modelo de regressão linear múltipla, tendo a precipitação como preditando.

As correlações, com nível de significância de 95% e 99%, definiram áreas de possível previsibilidade que compreenderam o norte do NEB, com antecedência de três meses em relação a cada mês do período chuvoso (março-abril-maio), conforme figura 1. A área de previsibilidade para as chuvas de maio ficaram restritas ao extremo norte do NEB.

A técnica de ACP aplicada as ATSM, considerando os três meses que precedem as chuvas de março (dezembro-janeiro-fevereiro), mostrou que a primeira e a segunda componente explicaram respectivamente, 56% e 42.8% da variância total (Tabela 1), sendo correlacionadas, predominantemente, com o Pacífico e Atlântico, respectivamente, destacando o mês de janeiro, gráfico 1.

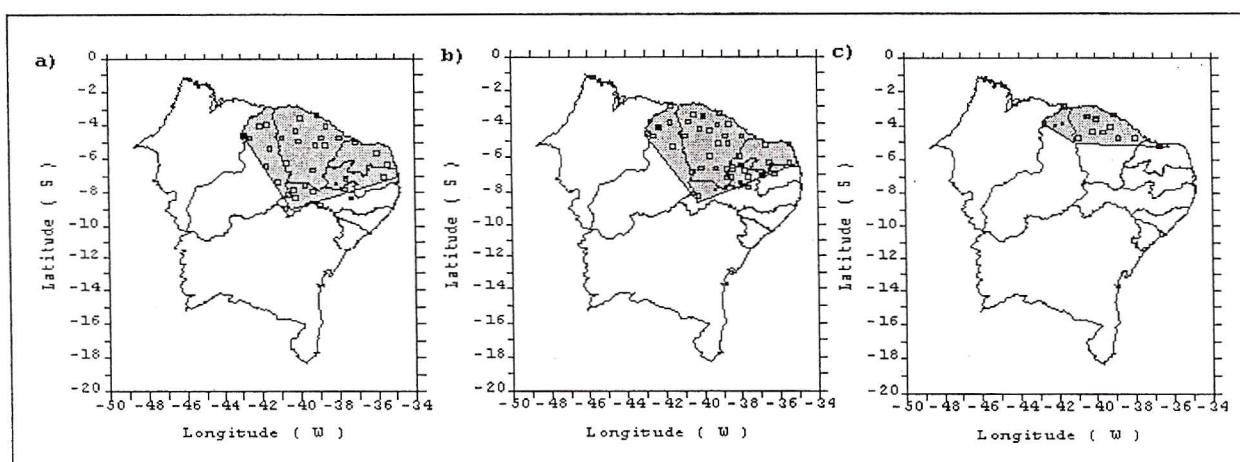


Figura 1: Regiões do NEB correlacionáveis com as ATSM do Atlântico e Pacífico: a) março, b) abril e c) maio

Tabela 1-Percentagem da variância associada às CPs do Atlântico e Pacífico de dezembro a fevereiro (1970-88)

Fator	Autovalor	Variância explicada	Variância Acumulada
1	3.3596	56.0	56.0
2	2.5654	42.8	98.7
3	0.0383	0.6	99.4
4	0.0363	0.6	100.0
5	0.0038	0.0	100.0
6	0.0006	0.0	100.0

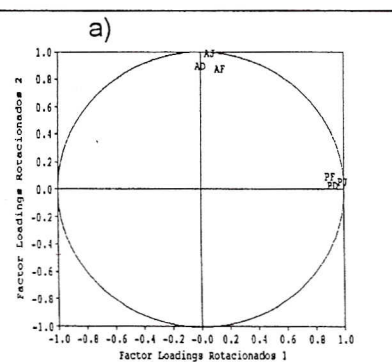


Gráfico 1: Diagramas de correlação: a) CP1 x CP2 (dezembro-janeiro-fevereiro)



Para os meses de janeiro a março, a variância explicada pela primeira e segunda componentes foi de 60,7% e 38%, respectivamente (Tabela 2). Novamente o Pacífico correlacionou-se, predominantemente, com a primeira componente e o Atlântico com a segunda, destacando o mês de fevereiro, conforme mostra o gráfico 2.

As duas primeiras componentes, considerando os meses de fevereiro a abril, explicaram respectivamente, 64,6% e 34,1%, da variância (Tabela 3). A primeira componente, que explicou praticamente o dobro da variância observada pela segunda componente, correlacionou-se predominantemente com o Pacífico, com a segunda componente associada ao Atlântico, sendo, em

ambos os casos, a melhor correlação foi verificada para o mês de março, gráfico 3.

O modelo de regressão proposto, que utiliza a ATSM de janeiro como preditor da precipitação de março, explicou cerca de 50% da variabilidade total da precipitação observada nesse mês, com desvio padrão residual de 0.54. As ATSM em fevereiro explicaram 52% da variabilidade da precipitação de abril, com desvio padrão residual de 0,7 e as ATSM de março explicaram 55% da variabilidade da precipitação de maio, com desvio padrão residual de 0.54 (Tabela 4).

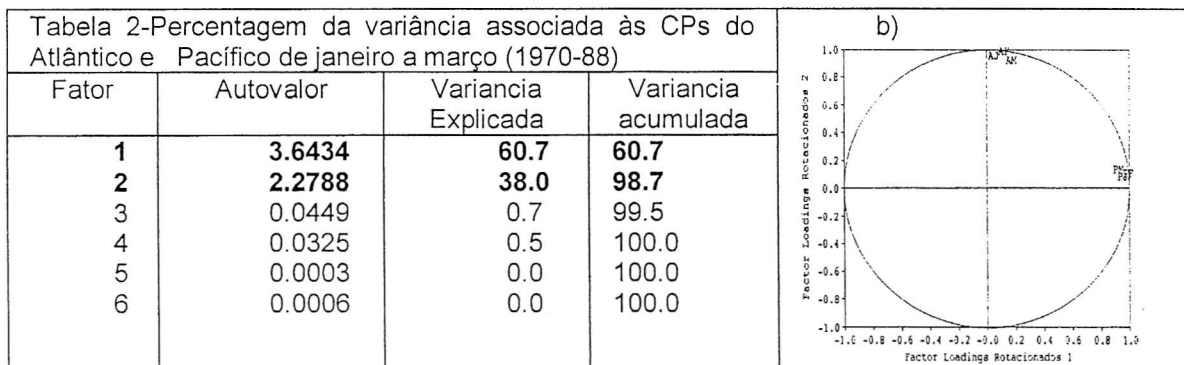


Gráfico 2: Diagramas de correlação: CP1 x CP2 (janeiro-fevereiro-março)

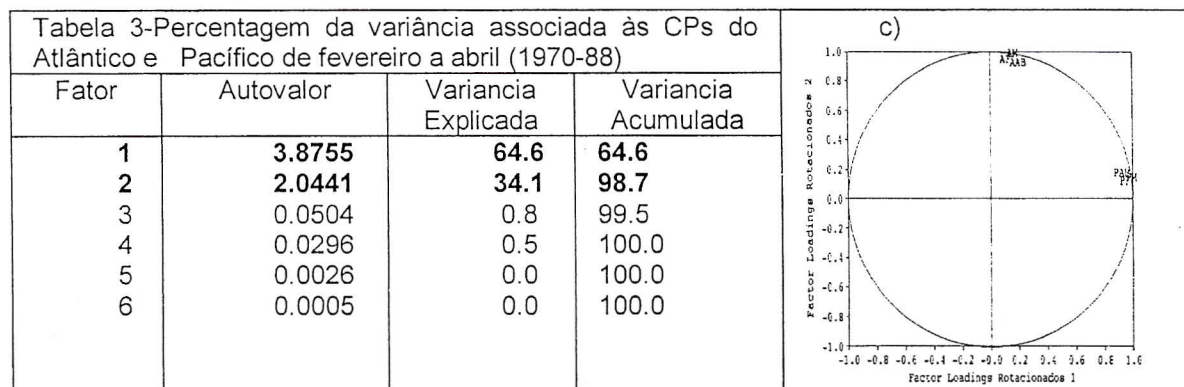


Gráfico 3: Diagramas de correlação: CP1 x CP2 (fevereiro-março-abril). Onde: AD, AJ, AF, AM e AA (PD, PJ, PF, PM e PA) o Atlântico (Pacífico) em dezembro, janeiro, fevereiro, março e abril.

Tabela 4-Resultados dos modelos de regressão

IP <sub>mês</sub>	Coeficientes			R	σ <sub>est</sub>
	β <sub>0</sub>	β <sub>1</sub>	β <sub>2</sub>		
MARÇO	0.181	-0.967	-0.267	0.70	0.54
ABRIL	0.215	-1.141	-0.530	0.72	0.70
MAIO	0.100	-0.752	-0.528	0.74	0.54

O índice de precipitação para cada mês pode ser obtido pela expressão ( 1 ).

$$IP_{m\acute{e}s} = \beta_0 + \beta_1 ATSM_{A(m-2)} + \beta_2 ATSM_{P(m-2)} \quad (1)$$

Sendo:  $ATSM_{A(m-2)}$  e  $ATSM_{P(m-2)}$  as anomalias de temperatura da superfície do mar do Atlântico e Pacífico, respectivamente.

A avaliação do modelo proposto, gráfico 4, mostrou a tendência de chuvas abaixo do normal durante os meses de março/98 a maio/98, respondendo às águas mais quentes que o normal sobre as regiões NINO12 e NINO3 no Pacífico (El Niño), e a um dipolo negativo (Atlântico sul mais quente que o Atlântico norte). Quanto ao período março/99 a maio/99 o modelo indicou em abril e maio, a tendência de chuvas acima do normal, associadas ao resfriamento das águas do Pacífico, nas regiões acima definidas e a um dipolo negativo sobre o Atlântico. Em março/99, a região do NINO12 apresentou a TSM mais quente que o normal, porém o Atlântico sul, mostrou-se cerca de 1.5°C mais quente que o Atlântico norte, predominando para a tendência de chuvas acima do normal durante o mês de maio/99. O mês de março/99, contrário a estes dois meses, apresentou tendência de chuvas ligeiramente abaixo do normal, devido ao predomínio

do Atlântico que mostrou-se mais quente no Atlântico norte em relação ao Atlântico sul.

### Conclusão

O Norte do NEB, apresentou melhores correlações com as ATSM verificadas nos Oceanos Atlântico e Pacífico (NINO 12 e NINO 3). As chuvas nos meses de março, abril e maio apresentaram satisfatória previsibilidade quando correlacionadas às ATSM de três meses antes.

A ACP mostrou que a primeira componente (representada pelo Pacífico) e a Segunda componente (representada pelo Atlântico) podem ser utilizadas como preditoras em um modelo de regressão linear múltipla, tendo as chuvas nos meses de março-abril-maio como preditandos.

O modelo de regressão da precipitação em função das ATSM definidas nas ACP, mostrou um ajuste relativamente satisfatório entre a faixa prevista e o valor observado, explicando cerca de 50% da variabilidade da precipitação no Norte do NEB.

O modelo de regressão proposto, aplicado aos anos de 1998 e 1999, mostrou-se sensível às variações das ATSM do Atlântico e Pacífico Tropicais.

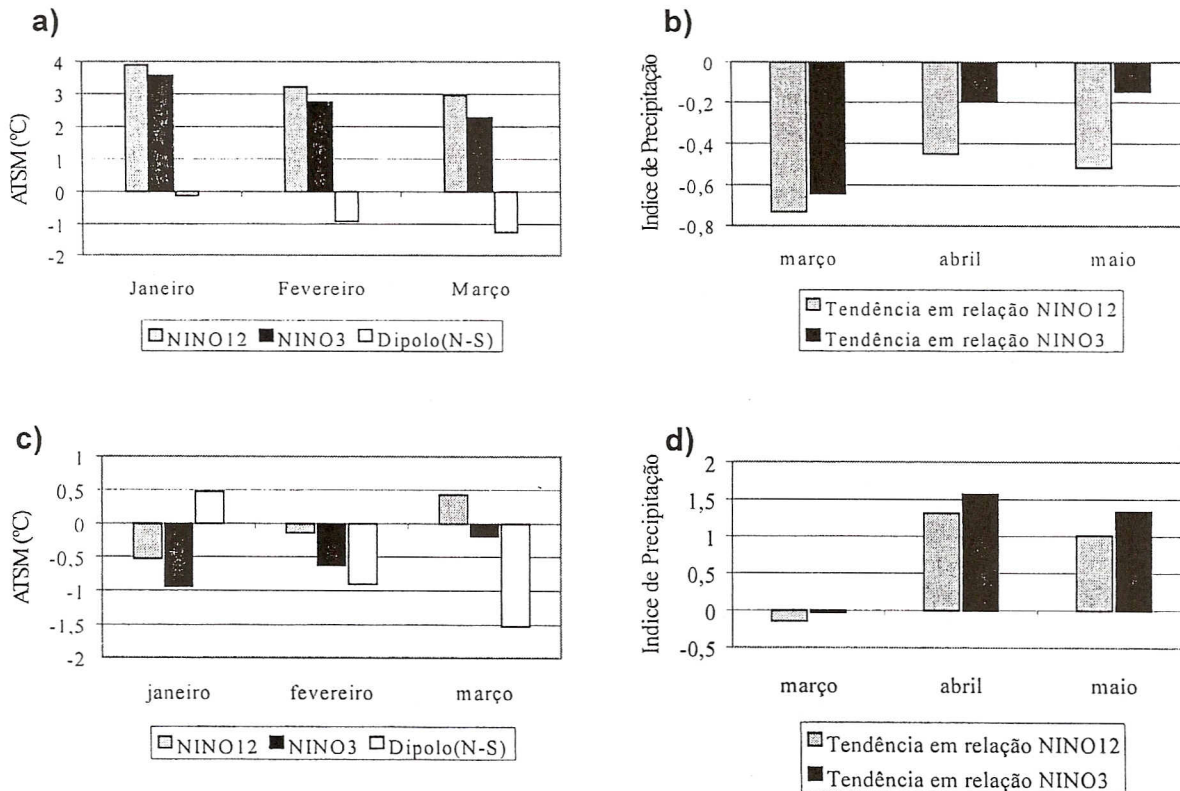


Gráfico 4: a) e c) ATSM (preditores), b) e d) tendência da precipitação (preditandos), nos anos de 1998 e 1999, respectivamente.

## Referências Bibliográficas

- ALVES, J.M.B. e REPELLI C. A. A variabilidade pluviométrica no setor norte do Nordeste e os eventos El Niño-Oscilação sul (ENOS), Revista Brasileira de Meteorologia, vol. 7 (2), 583-592, 1992.
- ARAGÃO, J.O.R., ROUCOU P. , HARZALLAH A. , FONTAINE B. , et JANICOT S. Variabilité atmosphérique sur le Nordeste Brésilien dans le modèle de circulation générale du LMD (1970-1988), Publications de l'Association Internationale de Climatologie, Vol. 7, 432-438, Toulouse-France, 1994.
- KAYANO. M. T. Circulações tropicais e as associadas anomalias de precipitação em dois anos de contraste. In: Anais do V congresso Brasileiro de Meteorologia, Rio de Janeiro-RJ, III.11-III.16, nov. 1988.
- MOURA, A.D. & SHUKLA J. On the dynamics of droughts in Northeast Brazil: Observations, theory and numerical experiments with a general circulation model. J. Atmosf. Sci., 38, 2653-2675, 1981.
- SANSIGOLO, C.A. Previsão das precipitações sazonais no Nordeste através das componentes principais das temperaturas da superfície do mar do Atlântico e Pacífico. In: Anais VI congresso Brasileiro de Meteorologia, vol. 1, 243-247, Salvador-BA, 1990.
- UVO, C.R.B., REPELLI C.A. , ZEBIAK S.E. & KUSHNIR Y. The influence of tropical Pacific and Atlantic SST on Northeast Brazil monthly precipitation, Submitted to Journal of Climatology, 1994.
- WARD, M. N. & FOLLAND C. K. Prediction of seasonal rainfall in the North Nordeste of Brazil using eigenvectors of sea-surface temperature. International Journal of Climatology, vol.11, 711-743, 1991.