

CORRELAÇÃO ENTRE ANOMALIAS DE TSM E TEOR D'ÁGUA NA ATMOSFERA SOBRE A AMÉRICA DO SUL

Elder Almeida Beserra¹, Enilson Palmeira Cavalcanti²

¹Unid. Acad. de Ciências Atmosféricas da Univ. Fed. de C. Grande, Campina Grande - PB, Brasil eldermeteo@gmail.com. ²Prof. Dr. da Unid. Acad de Ciências Atmosféricas da Univ. Fed. de C. Grande, Campina Grande – PB, Brasil enilson@dca.ufcg.edu.br

RESUMO: Neste trabalho se verificou a correlação entre as anomalias de TSM nas áreas de ocorrência do Niño-3 e Niño-1+2 sobre o Pacífico Tropical; e o Gradiente Norte-Sul de TSM do Atlântico, com a Água Precipitável. Utilizou-se dados de Reanalysis do NCEP/NCAR. Eventos significativos de El Niño, La Niña e Gradiente foram selecionados segundo critérios de intensidade. Os resultados mostram áreas com alto índice de correlação, acima de $\pm 0,6$, sendo associados aos aspectos dinâmicos e termodinâmicos da atmosfera.

Palavras-Chave: TSM, Água Precipitável, Reanalysis.

ABSTRACT: In this work, it was verified the correlation between the anomalies of SST in Niño-3 and Niño 1+2 areas of occurrence in the Tropical Pacific; and North-South Atlantic SST gradient, with the Precipitable Water. It was used Reanalysis data from NCEP/NCAR. Major events of El Niño, La Niña and Gradient were selected according to intensity criteria. The results show high correlation index areas, greater than $\pm 0,6$, being associated to atmospheric dynamic and thermodynamic aspects.

Keywords: SST, Precipitable Water, Reanalysis.

1. INTRODUÇÃO

Diferentemente de outros componentes atmosféricos, a distribuição da água na atmosfera varia fortemente com o tempo, posição e altitude. A água também é única dentre as moléculas que compõem a atmosfera, devido sua capacidade de mudar de fase em temperaturas terrestres. Isto significa que a água pode transferir energia de sua forma congelada nos pólos, para sua fase líquida e vaporizada na atmosfera. Uma vez na atmosfera, a água é transportada pelos ventos e pode até mesmo se difundir na estratosfera, onde pode exercer certa influência na destruição da camada de ozônio (Maurellis *et al.*, 2003).

O vapor d'água é responsável por 70% da absorção conhecida de energia solar, particularmente na região infravermelha do espectro. A absorção também se faz presente em toda a região visível do espectro, muito embora esta seja menos intensa em comprimentos de onda curtos. O vapor d'água desempenha um papel relevante como um dos gases que causam o efeito estufa, capaz de absorver a radiação proveniente da superfície, provocando assim, um aquecimento da atmosfera.

Há décadas, vêm sendo estudados aspectos energéticos na circulação geral da atmosfera, com o intuito de se entenderem os processos dinâmicos causadores das secas e enchentes sobre as regiões Norte e Nordeste Brasileiro (NEB). Silva Marques *et al.* (1983) usando dados de ar superior sobre a área do NEB, encontraram importação no fluxo de vapor d'água no período chuvoso e exportação no período seco. E, durante o mês seco e normal, a atmosfera do NEB comporta-se como fonte de vapor d'água, e no mês chuvoso, como sumidouro (Cavalcanti, 1986; Cavalcanti, 2002).

A variabilidade das chuvas na região Nordeste na época chuvosa é diretamente influenciada pelas temperaturas das superfícies de ambos os oceanos tropicais, Atlântico e Pacífico, que modulam o posicionamento da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), que é o principal sistema causador de precipitação do Norte e Nordeste. Na Amazônia, a ZCIT e suas interações com outros sistemas contribuem com aproximadamente 70% da precipitação (Rocha, 2001).

Várias análises observacionais demonstraram que a posição latitudinal da ZCIT é diretamente dependente das características climáticas associadas ao gradiente de Temperatura da Superfície do Mar (TSM) apontando para o Atlântico equatorial norte/sul (Sousa, 2003), controlando hidrosticamente os padrões de pressão e vento sobre o Atlântico tropical.

Diversos pesquisadores discutem as condições de chuva abaixo do normal, diretamente relacionada ao efeito conjunto de El Niño no Pacífico que ocorre simultaneamente com um gradiente meridional apontando para o norte no Atlântico intertropical. Hastenrath e Heller (1977), Moura e Shukla (1981), Nobre e Shukla

(1996) e Uvo (1998), mostram resultados de que os Oceanos Pacífico e Atlântico têm influência no regime chuvoso do outono no Leste da Amazônia (LAM) e Nordeste Brasileiro (NEB).

Neste contexto, estudar as correlações entre as séries temporais de anomalia da Temperatura da Superfície do Mar – TSM (valores mensais), em áreas de El Niño e Gradiente de TSM do Atlântico, com as séries temporais de Água Precipitável, se mostra de grande valia e, que pode ajudar na compreensão dos mecanismos causadores de precipitação atuantes no leste da Amazônia e Nordeste do Brasil.

2. METODOLOGIA

Foram utilizados dados de *Reanalysis*, do *National Centers for Environment Prediction – NCEP* e o *National Center for Atmospheric Research – NCAR*, Kalnay, *et al.* (1996). Os dados utilizados referem-se as séries temporais das médias mensais de Água Precipitável, disponível na grade 2,5° por 2,5° de latitude e longitude desde Janeiro de 1948 até Dezembro de 2007 e, TSM com séries de 1854 até a presente data, na grade 2,0° por 2,0°. Posteriormente, converteu-se a série da TSM para a grade 2,5° por 2,5° desprezando-se o período anterior ao início da série de Água Precipitável. Desta forma, as duas séries correspondem ao período de Janeiro de 1948, até Dezembro de 2007.

O cômputo do total de Água Precipitável (W) em um ponto da superfície terrestre é dado por:

$$W = \frac{1}{g} \int_{P_{300}}^{P_0} q dp \quad (1)$$

Em que g é a aceleração da gravidade; P_0 e P_{300} são níveis de pressão referentes à superfície e 300 hPa respectivamente, ao passo que q é a umidade específica (aproximadamente igual a razão de mistura).

As anomalias de TSM e de Água Precipitável foram obtidas por

$$Anomalia = X_{i,j} - \bar{X}_i \quad (2)$$

em que $X_{i,j}$ é o valor da variável no mês $i=1,2,\dots,12$ e ano $j=1948,1949,\dots,2007$ e \bar{X}_i é a média aritmética de todos os anos da variável para o mês i .

Para visualização das figuras foi utilizado o domínio 60°S-30°N e 180°W-0°. Esta área compreende toda América do Sul e parte dos oceanos Pacífico e Atlântico Tropicais.

Foram obtidas séries específicas da média na área de El Niño correspondente a Niño 1+2 (10°S, 0°; 90°W, 80°W), Niño 3 (5°S, 5°N; 150°W, 90°W) e Gradiente do Atlântico, anomalia média na área norte (5°N, 20°N; 60°W, 30°W) menos a da área sul (20°S, 0°; 30°W, 0°).

Dadas características sazonais de variação da TSM, e dado o perfil interdecadal desta variação, realizou-se uma filtragem da série de anomalias em que foram escolhidos apenas meses que apresentaram fenômenos de El Niño/La Niña/Gradiente de intensidade relevante. Ou seja, meses cujo valor da intensidade da anomalia sejam $-1,5 \leq Anomalia \leq 1,5$ para as áreas de Niño 1+2 e Niño 3, assim como, $-0,9 \leq Anomalia \leq 0,9$ para o Gradiente do Atlântico. Valores positivos representam presença de El Niño e valores negativos, episódios de La Niña. Também, Gradiente positivo indica que o Atlântico Norte está mais aquecido do que o Atlântico Sul, e caso contrário para Gradiente negativo. Os meses selecionados com estes critérios são apresentados na Figura 1.

Os coeficientes de correlação foram obtidos para Lag 0 – correlação de $X_{i,j}$ com $Y_{i,j}$ e Lag 1 – correlação de $X_{i,j}$ com $Y_{i+1,j}$ em que i é o mês, j é o ano, X é a anomalia de TSM ou Gradiente e Y é a anomalia de água precipitável.

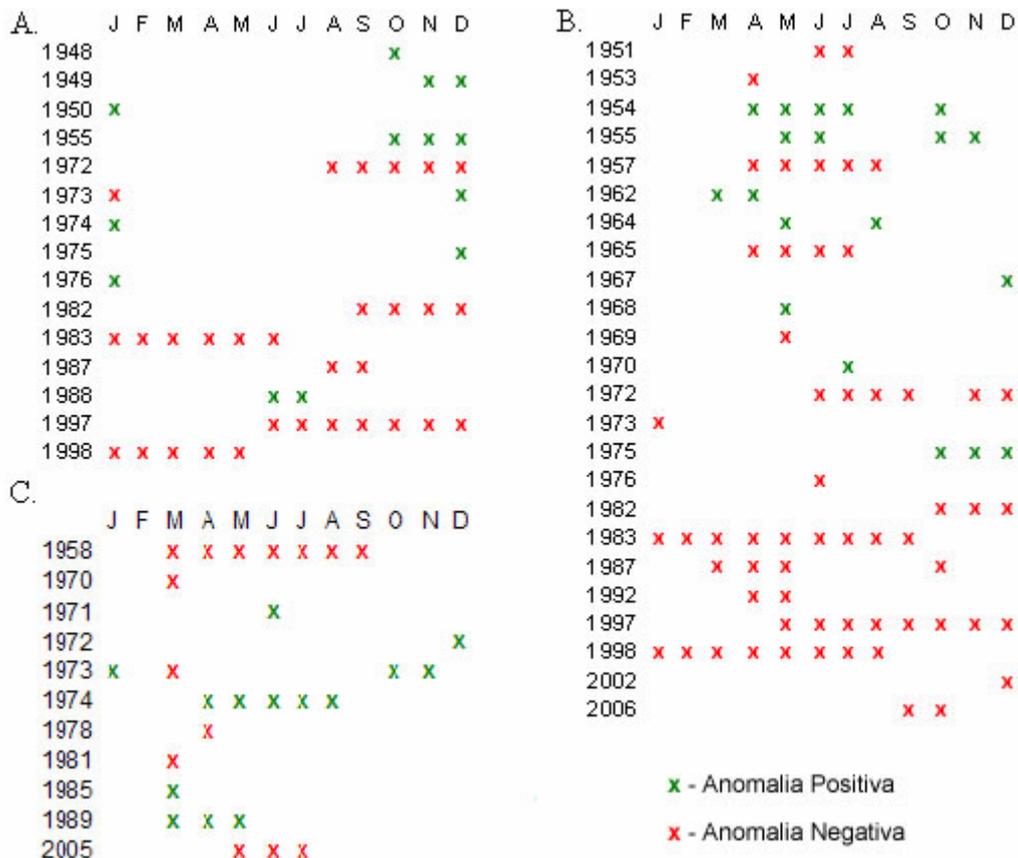


Figura 1: Esquemática da distribuição mensal das anomalias mais relevantes, em que: A) Niño 3; B) Niño 1+2; C) Gradiente do Atlântico.

3. RESULTADOS

Entre as distribuições de correlação entre as anomalias de TSM/Gradiente e Água Precipitável, ilustradas na Figura 2, é perceptível a pouca variabilidade que a distribuição apresenta em relação aos casos com lag 0 e lag 1. Dado que foram tomados eventos bastante intensos de anomalia, dificilmente o padrão de configuração se alteraria em um mês subsequente, uma vez que tais eventos costumam permanecer estabelecidos por muitos meses.

As áreas de correlação positiva, na Figura 2, indicam que em anos de El Niño ou Gradiente direcionado para norte, correspondem a regiões de Água Precipitável acima da normal climatológica, ou seja, com maior teor de vapor d'água na atmosfera. Em episódios de La Niña ou Gradiente direcionado para sul, tais áreas de correlação positiva apresentam um baixo teor de vapor d'água.

O inverso ocorre nas regiões de correlação negativa, em que o teor de vapor d'água na atmosfera é bastante reduzido em eventos de El Niño e Gradiente direcionado para norte. Estas regiões apresentam um elevado aumento no teor de vapor d'água em anos de La Niña e Gradiente direcionado ao sul, conforme ilustra o Quadro 1.

Quadro 1: Quadro-Resumo para análise das áreas positiva e negativa de correlação entre TSM/Gradiente e Água Precipitável.

Correlação	Anomalia TSM/Gradiente	Anomalia Água Precipitável	Representação
Positiva	Positiva (El Niño/para Norte)	Positiva (Maior teor)	
	Negativa (La Niña/para Sul)	Negativa (Menor teor)	
Negativa	Positiva (El Niño/para Norte)	Negativa (Menor teor)	
	Negativa (La Niña/para Sul)	Positiva (Maior teor)	

Nas Figuras 2.a, b, c e d, observa-se por sobre todo o litoral Nordestino e do Norte do Brasil, correlações negativas, apresentado um avanço para o continente quando sob efeito da área de influência do Niño-3 (Figura 2.c, d). Devido a essas características, quando em anos de La Niña, uma maior quantidade de

vapor d'água se faz presente nestas regiões, facilitando a ocorrência de precipitação, quando na presença de um mecanismo dinâmico favorável.

Percebe-se uma área de forte correlação negativa, a sul da região positiva na área de atuação do El Niño/La Niña, no Pacífico. Esse padrão é típico da atuação de intensos episódios de El Niño/La Niña. Entretanto, neste trabalho não verificou-se seus aspectos dinâmicos e termodinâmicos.

Com relação ao Gradiente (Figura 2.e, f), verifica-se áreas de correlação negativa abrangendo parte das regiões Norte, Nordeste e Sudeste do Brasil. Isto significa que em períodos de Gradiente para Norte, haverá uma presença diminuída de vapor d'água disponível na atmosfera, com o oposto ocorrendo em eventos de Gradiente para Sul, onde haverá uma quantidade de vapor d'água disponível acima da média para a região.

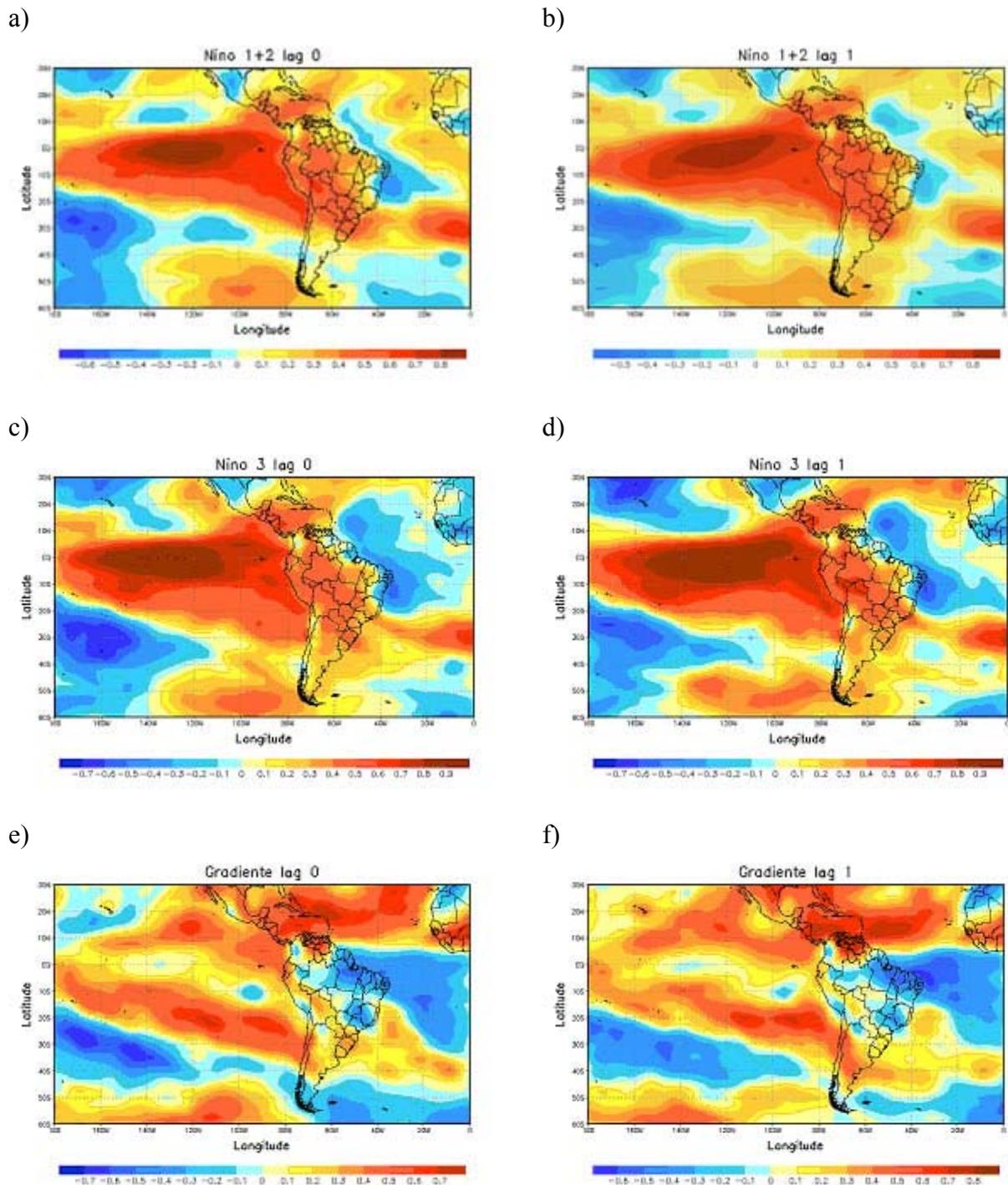


Figura 2: Correlações entre Anomalias de TSM: a) Niño 1+2 Lag 0, b) Niño 1+2 Lag 1, c) Niño 3 Lag 0, d) Niño 3 Lag 1, e) Gradiente Lag 0, f) Gradiente Lag 1; com a Água Precipitável.

4. CONCLUSÕES

As correlações entre anomalias de temperatura média da superfície do mar, em áreas de Niño-3, Niño 1+2 para eventos de El Niño/La Niña e do Gradiente de TSM do Atlântico, com a distribuição espacial de Água Precipitável apresentam valores considerados altos – maiores que 0,6.

Água Precipitável acima da normal climatológica (umedecimento) é conseqüência de uma convecção mais intensa. Logo, há uma predisposição a um período com fortes chuvas. Já, em casos de Água Precipitável abaixo da normal (secagem), verifica-se uma convecção menos intensa e, portanto, há uma tendência a um período seco, com estiagens.

Em anos de El Niño/Gradiente para Norte, regiões que apresentam correlação positiva representam áreas com atmosfera umedecida. Ao passo que, em anos com episódios de La Niña/Gradiente para Sul, a atmosfera nessas áreas de correlação positiva apresentam uma atmosfera seca, com Água Precipitável abaixo da normal. Regiões que apresentam correlação negativa indicam áreas de umedecimento da atmosfera para anos de La Niña/Gradiente para Sul e de secagem em anos de El Niño/Gradiente para Norte.

5. AGRADECIMENTOS

Nossos agradecimentos ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico –CNPq, pela oportunidade e apoio necessário ao desenvolvimento desta pesquisa. E, aos Professores e colegas da Unidade Acadêmica de Ciências Atmosféricas que contribuíram com sugestões e correções.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Cavalcanti, E.P. Aspectos Energéticos da Atmosfera sobre o Nordeste do Brasil. 1986. Dissertação (Mestrado em Meteorologia) - Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 1986.

Cavalcanti, E.P.; Gandu, A.W., Azevedo, P.V. Transporte e balanço de vapor d'água atmosférico sobre o Nordeste do Brasil. Revista Brasileira de Meteorologia, 17, 207-217, 2002.

Kalnay *et al.*, The NCEP/NCAR 40-year reanalysis project. Bull. Amer. Meteor. Soc., 77, 437-470, 1996.

Maurellis, A.; Tennyson, J. The climatic effects of water vapour. Physics World, 16, 29-33, 2003.

Moura, A.D.; Shukla, J. On the dynamics of the droughts in Northeast Brazil: Observations, theory and numerical experiments with a general circulations model. J. of the Atmospheric Science, 38, 2653-2673, 1981.

Nobre, P.; Shukla, J. Variations of sea surface temperature, wind stress, and rainfall over the tropical Atlantic and South America. J. of Climate, 9, 2464–2479, 1996.

Rocha, E.J.P.. Balanço de umidade e influência de condições de contorno superficiais sobre a precipitação da Amazônia. 2001. Tese (Doutorado em Meteorologia) – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE. São José dos Campos. 2001.

Silva Marques, V.; Rao, V.B. and Molion, L.C.B. Interrannual and seasonal variations in the structure and energetics of atmosphere over Northeast Brazil. Tellus, 35, 136-148, 1983.

Souza, E.B. Variabilidade Pluviométrica intra-sazonal sobre a Amazônia Oriental e Nordeste Brasileiro durante o outono austral: Mecanismos Atmosféricos de baixa e alta frequência. 2003. Tese (Doutorado em Meteorologia) - Universidade de São Paulo, Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas - Departamento de Ciências Atmosféricas, São Paulo, 2003.

Uvo, C. B.; Influence of Sea Surface Temperature on Rainfall and Runoff in Northeastern South America: Analysis and Modeling. 1998. Tese (Doutorado em Meteorologia) - Universidade Lund, Sweden, Departamento de Engenharia de Recursos de Água, 1998.