

UM ESTUDO OBSERVACIONAL DA RELAÇÃO DA TEMPERATURA COM O VENTO JUNTO A SUPERFÍCIE NA BACIA DO OCEANO ATLÂNTICO TROPICAL

José M. Brabo Alves, Everaldo B. de Souza, Rubenaldo A. da Silva e Carlos A. Repelli
Departamento de Meteorologia - Divisão de Tempo e Clima - FUNCEME
e-mail: brabo@zeus.funceme.br

ABSTRACT: This study intent to investigate the relation cause and effect of the wind near the sea surface and the Sea Surface Temperature (SST) in the Atlantic Tropical Ocean Basin. The results showed that there is a relation in the characteristics of sea surface wind anomalies observed in a preceding month, and the SST anomalies in Atlantic Tropical Ocean observed in a next month. That is it, when the winds had less (strong) weak than the climatology, the anomalies of TSM had positives (negatives). This characteristics was more evident on the configuration in the North Atlantic Tropical Ocean Basin in the years with occurrence of El Niño and the El Niño associated with the occurrences of Dipole of TSM on the Tropical Ocean. For the years of La Niña this configuration was more evidence from the observed data in January.

RESUMO: Este artigo mostra uma análise observacional da relação causa-efeito do vento junto a superfície do Oceano e a Temperatura da Superfície do Mar (TSM) na Bacia do Oceano Atlântico Tropical. Os resultados mostraram que há uma relação nas características da configuração de anomalias do vento junto a superfície do mar, observada em um mês anterior, e das anomalias de TSM na Bacia do Oceano Atlântico Tropical observadas no mês subsequente. Isto é, quando os ventos estiveram mais fracos (fortes) que a climatologia as anomalias de TSM estiveram positivas (negativas). Esta característica foi mais evidente a nível de configuração na Bacia do Oceano Atlântico Tropical Norte nos anos de ocorrência de El Niño e de El Niño associado a ocorrência do Dipolo de TSM no Atlântico Tropical, para os anos de La Niña esta evidência foi mais aparente a partir dos dados observados em janeiro.

1 - INTRODUÇÃO

O avanço tecnológico tem contribuído de forma significativa na concepção de equipamentos sofisticados, capazes de registrarem medidas precisas de variáveis oceânicas e atmosféricas no/sobre os oceanos tropicais, principalmente após os primeiros anos da década de 1980, quando descobriu-se o importante papel físico dos oceanos tropicais sobre a atmosfera terrestre.

Sabe-se, hoje, que a Temperatura da Superfície do Mar (TSM) é a principal variável oceânica capaz de afetar as condições atmosféricas em várias áreas do globo. Segundo MURTUGUDDE ET AL. (1996), a previsão da variabilidade acoplada oceano-atmosfera deverá sempre ser limitada pela habilidade de se prever a TSM. Apesar de toda a dedicação dos oceanógrafos, meteorologistas e outros cientistas que abordam esta complexa interação oceano-atmosfera, ainda existe muitas incertezas de como ocorre o início desse acoplamento. Na bacia do Oceano Pacífico, em geral relacionado ao fenômeno El Niño, inúmeros estudos com objetivos de entender esta inter-relação oceano-atmosfera têm sido executados (CANE ET AL.; 1986; CHEN ET AL., 1995 e outros).

Uma das principais dificuldades no entendimento deste acoplamento está nos diferentes processos físicos que controlam a variabilidade térmica dos oceanos em diferentes regiões. Por exemplo, no Pacífico Tropical Leste, o fluxo de calor latente à superfície, a ressurgência e a advecção vertical de mistura estão fortemente envolvidas na determinação da TSM (MURTUGUDDE ET AL. 1996). Na bacia do Oceano Atlântico, alguns estudos podem ser citados. BLUMENTHAL (1990), introduziu um modelo aplicado junto a costa oeste da África, tendo como base a advecção horizontal e vertical do ar, apresentando como resultado um resfriamento da TSM no setor nordeste do Atlântico Subtropical.

Vários estudos observacionais parecem ter fornecido mais evidências, sugerindo que a atmosfera dirige o oceano, que então passa a forçar a atmosfera (RATCLIFFE & MURRAY, 1970; DAVIS, 1976, 1978; NAMIAS, 1976; PALMER & SUN, 1985; WALLACE & JIANG, 1987 e DESER & BLACKMON, 1993). Porém, muitas indagações ainda existem, por exemplo: quem aparece primeiro, anomalias térmicas nos oceanos, que passam a forçar as anomalias na atmosfera, ou o processo ocorre de maneira inversa? Este aparecimento de anomalias atmosféricas e oceânicas (por exemplo TSM e ventos), são padrões canônicos para os anos de ocorrência de El Niño, La Niña, El Niño associado a ocorrência do Dipolo Positivo de TSM no Atlântico Tropical?

Por estas razões, este estudo teve como objetivo fazer uma análise observacional da relação temporal (período de dezembro-maio), nas anomalias de TSM e vento junto a superfície do mar na bacia do Oceano Atlântico Tropical. Esta análise foi executada para uma composição de anos classificados como de El Niño (QUINN & NEALL, 1994), La Niña (ALVES ET AL., 1997), e El Niño associado a ocorrência do Dipolo Positivo de TSM no Atlântico Tropical. Os anos de ocorrência de Dipolo Positivo de TSM foram definidos em SOUZA, 1997. Dipolo Positivo de TSM, caracteriza-se pela ocorrência de anomalias positivas (negativas) de TSM nos setores norte (sul) do Oceano Atlântico Tropical. Geralmente a ocorrência de Dipolo Positivo (negativo) de TSM no Atlântico Tropical estão associados a ocorrência de episódios de El Niño (La Niña) no Pacífico Tropical.

2 - DADOS E METODOLOGIA

Os dados utilizados foram séries de Temperatura da Superfície do Mar (TSM), vento junto a superfície, em pontos de grade de $1,0^\circ \times 1,0^\circ$ de latitude e longitude da nova versão do Comprehensive Ocean-Atmospheric Data Set (COADS), período compreendido entre 1945-1993. Maiores detalhes sobre a obtenção deste arquivo de dados, cálculos dos parâmetros derivados, pode ser obtido em DA SILVA ET AL., 1994. Estes dados foram selecionados para uma área entre 20°N e 20°S sobre a bacia do Oceano Atlântico Tropical.

Os anos de El Niño e La Niña utilizados como anos de base para os referidos cálculos da composição de anos, foram classificados segundo QUINN & NEAL (1992) e ALVES ET AL., 1997, respectivamente (Tabela 1). O El Niño de 1982/83 (RASMUSSEN & CARPENTER, 1982, 1983) não foi incluído nas análises, pois, este EN foi o episódio mais forte do século, o que poderia influenciar diretamente nos resultados. Os episódios de LN foram definidos somente a partir de 1950 devido a limitações nos período de dados de TSM utilizados na classificação de (ALVES ET AL., 1997). Foram calculadas anomalias mensais de TSM (novembro a maio), para a composição de anos mostrados na Tabela 1, e o vento junto a superfície em cada ponto de grade, tendo como base a sua respectiva média climatológica do período 1945-1993. Para se investigar a relação física de causa-efeito, entre a TSM e o vento junto a superfície, foram analisadas as suas configurações mensais de anomalias de TSM na bacia do Oceano Atlântico Tropical entre os meses de novembro a maio de cada composição de ano mostrado na Tabela 1.

As análises executadas partiram da hipótese de que o vento junto a superfície é um fator que tende a forçar a configuração térmica sobre o Oceano Atlântico Tropical. Isto é, pressupõe-se que quando o mesmo enfraquece (intensifica) a TSM (aumenta) (diminui) em magnitude, característica que pode ser mensurada pelas anomalias de TSM. A mesma suposição é atribuída a configuração de calor latente. Fisicamente a liberação de calor latente junto a superfície do oceano tem importância fundamental nas características térmicas dos Oceanos. No Atlântico Tropical, WAGNER (1993) mostrou que quando a liberação de calor latente é mais (menos) intensa, a mesma esta associada à área de anomalias (positivas) negativas de TSM.

Tabela 1 - Anos de ocorrência do El Niño e de La Niña na Bacia do Pacífico Equatorial, exceto 1987, classificados segundo QUINN & NEAL (1992) (ALVES ET AL., 1997).

Anos de El Niño 1951*, 1953*, 1956*, 1958*, 1966*, 1969, 1972, 1977, 1987, 1970*, 1980* e 1981*

Anos de La Niñas 1950, 1954, 1955, 1960, 1962, 1963, 1964, 1967, 1968, 1971, 1974, 1975, 1976, 1978, 1984, 1985, 1986 e 1989

* Anos de El Niño e Dipolo Positivo no Atlântico Tropical, SOUZA (1997). Os anos sem asterisco, foram considerados de El Niño sem Dipolo Positivo de TSM no Atlântico Tropical.

Estas análises foram feitas com um mês de defasagem. Por exemplo para mostrar uma possível relação da tendência da anomalia de TSM entre os meses de novembro e dezembro foi plotado o campo de anomalia de TSM em dezembro, junto com o campo de vento observado em novembro (defasagem 1). Este procedimento foi executado também para os meses subsequentes de estudo.

3 - RESULTADOS E DISCUSSÕES

As figuras 1a-1f apresentam as características das configurações das anomalias de TSM e ventos junto a superfície do Oceano Atlântico Tropical entre os meses de dezembro a maio para a composição de anos de El Niño. As figuras mostram que as anomalias de TSM fisicamente são concordantes com a configuração de anomalias de vento, em particular para o setor norte da Bacia do Oceano Atlântico Tropical. Nota-se que nas áreas em que no mês os ventos estiveram mais fracos (em torno da média a ligeiramente mais fortes) as anomalias de TSM persistiram com anomalias positivas (negativas). Esta característica foi mais marcante principalmente a partir de janeiro, quando as anomalias de vento, em particular no Atlântico Norte, definem-se com maior intensidade.

Outra característica interessante, é que em alguns meses, as anomalias de TSM aumentam em magnitude, quando as anomalias de ventos estiveram mais fracas que média, e intensificaram em módulo em relação aos dois meses anteriores (comparar a configuração de anomalia de TSM em janeiro e de vento em dezembro com a configuração de anomalia de TSM em fevereiro e anomalia de vento em janeiro - Figuras 1b e 1c). Ressalta-se que esta evidência de aumento em magnitude da TSM não é aparente nos meses subsequentes, porque a definição da TSM nos oceanos tropicais não depende apenas da configuração do vento, outros fatores como advecção de mistura junto a superfície e camadas superiores do Oceano, além da liberação de calor sensível e latente, não incluídas neste estudo, também são fatores físicos importantes (MURTUGUDDE, 1996).

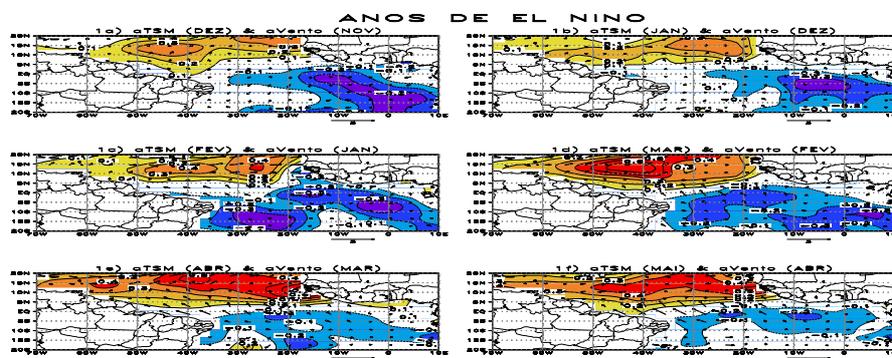


Figura 1 - Configurações de anomalias de TSM e vento junto a superfície para a composição de anos de El Niño na Bacia do Oceano Pacífico Tropical (Tabela 1). 1a) anomalias de TSM (DEZ) e anomalias de vento junto superfície (NOV); 1b) anomalias de TSM (JAN) e anomalias de vento junto superfície (DEZ); 1c) anomalias de TSM (FEV) e anomalias de vento junto superfície (JAN); 1d) anomalias de TSM (MAR) e anomalias de vento junto superfície (FEV); 1e) anomalias de TSM (ABR) e anomalias de vento junto superfície (MAR) e 1f) anomalias de TSM (MAI) e anomalias de vento junto superfície (ABR). A seta no canto inferior esquerdo de cada figura representa a magnitude do vento em m/s.

Para os anos de El Niño com Dipolo Positivo de TSM no Atlântico Tropical as características observadas entre as anomalias de vento junto a superfície e a TSM são similares as observadas em anos de ocorrência de El Niño (Figuras 2a-2f). As evidências do acoplamento defasado (ventos mais fracos (fortes), que a média, no mês que a média no mês anterior e TSM com anomalias positivas (negativas) no mês posterior), foram também mais claras na bacia do Oceano Atlântico Norte, apesar de os ventos na Bacia do Oceano Atlântico Tropical Sul apresentarem uma configuração de ventos mais fracos que a média, em particular a partir das anomalias observadas de janeiro em diante.

Nos anos de ocorrência de La Niña (Figuras 3a-3f), esta relação de causa-efeito entre a configuração de vento junto a superfície e a TSM não é tão evidente como para os anos de El Niño e de El Niño associado a ocorrência de Dipolo Positivo de TSM. Uma relação mais clara foi observada apenas entre as anomalias de vento em fevereiro, março e abril e as anomalias de TSM em março, abril e maio, tendo uma padrão mais configurado na Bacia do Oceano Atlântico Tropical Norte (Figuras 3d, 3e e 3f).

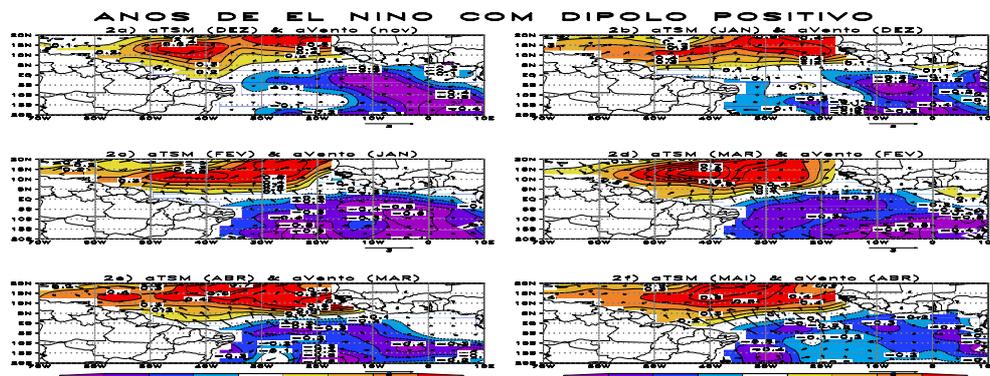


Figura 2 - Idem da Figura 1, porém para a composição anos de El Niño associado a ocorrência de Dipolo Positivo de TSM na Bacia do Oceano Atlântico Tropical (Tabela 1).

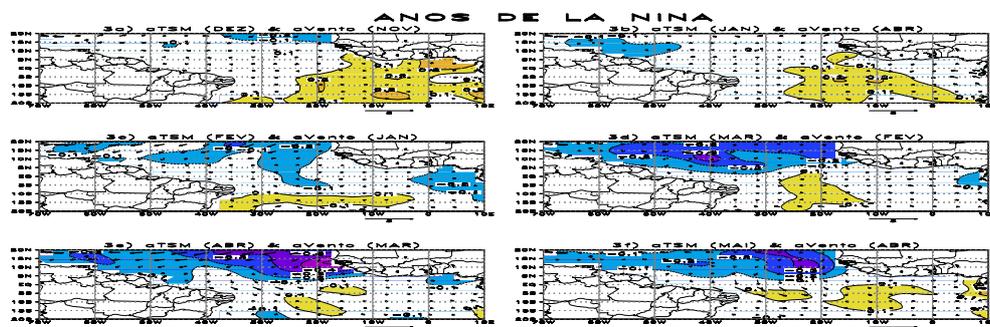


Figura 3 - Idem da Figura 1, porém para composição de anos de La Niña no Oceano Pacífico Tropical.

4 - CONSIDERAÇÕES FINAIS

As análises mostraram que, do ponto de vista observacional, há uma relação de causa-efeito das características da configuração de anomalias do vento junto a superfície do mar, observada em um mês anterior, e das anomalias de TSM na Bacia do Oceano Atlântico Tropical observada no mês subsequente para as composições de anos de ocorrência de El Niño. Isto é, quando os ventos estiveram mais fracos (fortes) que a climatologia as anomalias de TSM estiveram positivas (negativas). Esta característica foi mais evidente a nível de configuração na Bacia do Oceano Atlântico Tropical Norte nos anos de ocorrência de El Niño e de El Niño associado a ocorrência do Dipolo de TSM no Atlântico Tropical, para os anos de La Niña esta evidência foi mais aparente a partir dos dados observados em janeiro.

Menciona-se que em magnitude, nem sempre quando as anomalias de vento no mês anterior estiveram bem mais fracas (fortes) que a climatologia, as anomalias positivas de TSM intensificaram

(diminuíram) em magnitude no mês subsequente. Este padrão reflete, que as características térmicas na Bacia do Oceano Atlântico Tropical, são determinadas não somente pelo vento, mas por outras variáveis como por exemplo a liberação de calor latente e a advecção de mistura junto a superfície que afetam o balanço energia na superfície do oceano, conseqüentemente afetando as características térmicas do mesmo.

5 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALVES, J.M.B.; REPELLI, C.A: Variabilidade pluviométrica no setor norte do Nordeste e os eventos El-Niño Oscilação Sul. Revista Brasileira de Meteorologia, Vol. 7(2), 583-592. 1992.
- BLUMENTHAL, M. Effects of west African air humidity on Atlantic sea surface temperature. Greenhouse Effect, Sea Level, and Drought, P. Paepe, R. Fairbridge, and S. Jergersma, Eds., Kluwer, 21- 40. 1990.
- CANE, M.; DOLAN, S.; and ZEBIAK, S. Experimental forecasts of the 1982/83 El Niño. *Nature*, 321, 827-832. 1996.
- CHANG, P. A study of the seasonal cycle of sea surface temperature in the tropical Pacific Ocean using reduced gravity models. *J. Geophys. Res.*, 99, 7725-7741.
- DAVIS, R. E. Predictability of sea surface temperature and sea level pressure anomalies over the North Pacific Ocean. *J. Phys. Oceanogr.*, 6, 249-266. 1976.
- DA SILVA, A.M.; YOUNG, C.C.; LEVITUS, S. Atlas of surface marine data 1994. Vol.1: Algorithms and procedures. NOAA ATLAS NESDIS 6, Washington, 83 pp. 1994.
- DESER, C.; and BLACKMON, M. L. Surface climate variations over the North Atlantic Ocean during winter: 1900:1989. *J. Climate*, 6, 1743-1753. 1993.
- MURTUGUDDE, R.; SEAGER, R.; and BUSALACHI, A . Simulation of the Tropical Oceans with an ocean GCM coupled to an atmospheric mixed-layer model. *J. Climate*, vol. 9 (8), 1795-1815.
- NAMIAS, J. Negative ocean-air feedback systems over the North Pacific in the transition from warm to cold seasons. *Mon. Wea. Rev.*, 104, 1107-1121. 1976.
- PALMER, T. N. and SUN, Z. A modelling and observational study of the relationship between sea surface temperature in the north-west Atlantic and general circulation. *Quart. J. Roy. Meteor. Soc.*, 111, 947-975. 1995.
- QUINN and Neal, V. T. The Historical record of El Niño events. *Climate Since A. D. 1500*, Bradley, R. S. and Jones, P. D. Eds., Routledge, 623-648. 1992.
- RATCLIFFE, R. A. S. and MURRAY, R. New lag association between North Atlantic sea temperature and European pressure applied to long-range weather forecasting. *Quart. J. Roy. Meteor. Soc.*, 96, 226-246. 1970.
- SOUZA, E.B. Um estudo observacional sobre o Padrão de Dipolo de anomalias de TSM no Oceano Atlântico Tropical. Dissertação de Mestrado em Meteorologia. INPE, São José dos Campos -SP, 1997. INPE-TDL.
- WALLACE, J. M. and JIANG, Q. On the observed structure of the interannual variability of the the atmosphere/ocean climate system. *Atmospheric and Ocean Viability*, H. Cattle, Ed., Royal Meteorological Society, 17-43. 1987.