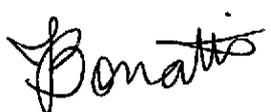


1. Publicação nº <i>INPE-3493-PRE/730</i>	2. Versão	3. Data <i>Abril, 1985</i>	5. Distribuição <input type="checkbox"/> Interna <input checked="" type="checkbox"/> Externa <input type="checkbox"/> Restrita
4. Origem <i>DME/DPM</i>	Programa <i>TECLIM</i>		
6. Palavras chaves - selecionadas pelo(s) autor(es) <i>SECAS NO NORDESTE INTERAÇÃO ATMOSFERA-OCEANO</i> <i>ANOMALIAS DE TSM TELECONEXÕES ATMOSFÉRICAS</i>			
7. C.D.U.: <i>551.513.1:551.577.38(812/814)</i>			
8. Título <i>ANOMALIAS DE TEMPERATURA DA SUPERFÍCIE DO MAR E A CIRCULAÇÃO ATMOSFÉRICA DE LARGA ESCALA</i>		10. Páginas: <i>11</i>	
		11. Última página: <i>10</i>	
9. Autoria <i>Paulo Nobre</i>		12. Revisada por  <i>José Paulo Bonatti</i>	
Assinatura responsável 		13. Autorizada por  <i>Marco Antônio Raupp</i> Diretor Geral	
14. Resumo/Notas <i>É feita uma análise do campo do desvio mensal da vorticidade relativa e do vento em escala global e do desvio mensal da Temperatura da Superfície do Mar (TSM) no Atlântico Tropical em anos de seca e em anos muito chuvosos no Nordeste brasileiro no período de 1963 a 1980. Foram observados padrões de onda de escala planetária no campo da vorticidade e do vento, similares aos mencionados em recentes trabalhos teóricos e observacionais. Entre os aspectos de maior interesse estão a coerência de fase do padrão de onda das anomalias de circulação sobre o Hemisfério Norte durante o inverno (principalmente durante dezembro-janeiro) e o regime de precipitação sobre o Nordeste do Brasil, isto é, a fase do padrão de teleconexão reverte de um ano muito seco para um ano muito chuvoso. Sabe-se que as anomalias de TSM no Atlântico Tropical (com águas mais quentes ao norte e águas mais frias ao sul do equador para anos de seca, e o inverso para anos muito chuvosos) são mais reconhecíveis em fevereiro-março, enquanto os padrões de teleconexões são mais visíveis em dezembro-janeiro. Tal diferença de fase sugere que as anomalias de TSM poderiam ser uma resposta oceânica a anomalias no campo do vento.</i>			
15. Observações <i>Trabalho apresentado no Iº Seminário de Modelagem Numérica do Mar, São José dos Campos, INPE, 12-14 de dezembro de 1984.</i>			

AGRADECIMENTOS

O autor agradece aos Drs. A.D. Moura, C.A. Nobre, V.E. Kousky e V.B. Rao as valiosas sugestões e críticas durante a elaboração deste trabalho.

RESUMO

É feita uma análise do campo do desvio mensal da vorticidade relativa e do vento em escala global e do desvio mensal da Temperatura da Superfície do Mar (TSM) no Atlântico Tropical em anos de seca e em anos muito chuvosos no Nordeste brasileiro no período de 1963 a 1980. Foram observados padrões de onda de escala planetária no campo da vorticidade e do vento, similares aos mencionados em recentes trabalhos teóricos e observacionais. Entre os aspectos de maior interesse estão a coerência de fase do padrão de onda das anomalias de circulação sobre o Hemisfério Norte durante o inverno (principalmente durante dezembro-janeiro) e o regime de precipitação sobre o Nordeste do Brasil, isto é, a fase do padrão de teleconexão reverte de um ano muito seco para um ano muito chuvoso. Sabe-se que as anomalias do TSM no Atlântico Tropical (com águas mais quentes ao norte e águas mais frias ao sul do equador para os anos de seca, e o inverso para os anos muito chuvosos) são mais reconhecíveis em fevereiro-março, enquanto os padrões de teleconexões são mais visíveis em dezembro-janeiro. Tal diferença de fase sugere que as anomalias de TSM poderiam ser uma resposta oceânica a anomalias no campo do vento.

ABSTRACT

An analysis of the monthly departure of the relative vorticity field and wind over the globe and monthly departures of the Sea Surface Temperature (SST) in the Tropical Atlantic is performed for drought years and very wet years in Northeast Brazil, in the period from 1963 to 1980. Planetary-scale teleconnection patterns were observed in the vorticity and wind deviation fields, similar to those found in previous theoretical and observational studies. Of major interest is the phase coherence of the wavelike (teleconnection) patterns of circulation anomalies over the Northern Hemisphere in winter (mainly in December-January) and the precipitation regime over Northeast Brazil, that is, the phase of the teleconnection pattern reverses from a very dry to a very wet year. It is known that SST anomalies in the Tropical Atlantic (with warmer waters in the north and colder in the south of the equator for drought years, and the reverse for very wet years) are mostly discernible in February-March, whereas the teleconnections patterns are more clearly visible in December-January. Such phase lag suggests that SST anomalies might be an oceanic response to anomalous winds.

1. INTRODUÇÃO

O entendimento das inter-relações entre o oceano e a atmosfera representa atualmente uma das mais desafiadoras questões impostas à comunidade meteorológica e oceanográfica mundial. Sabe-se hoje da importância deste conhecimento para o entendimento de fenômenos físicos ainda não totalmente explificados, como por exemplo a variabilidade interanual da precipitação nos trópicos ou o aquecimento superficial anômalo do Pacífico Leste Central em certos anos, conhecido como El Niño/Oscilação Sul.

Markhan e McLain (1977), Hastenrath e Heller (1977), Moura e Shukla (1981) apontaram evidências das inter-relações entre anomalias de Temperatura e Superfície do Mar (TSM) no Atlântico Tropical e o regime de precipitação sobre o Nordeste do Brasil (Nordeste). O padrão da TSM durante uma estação deficiente de chuva no Nordeste é caracterizada por desvios positivos numa larga banda ao longo do Atlântico Norte e por águas anormalmente frias na maior parte do Atlântico Sul e Equatorial. Durante estações com precipitação abundante no Nordeste, os padrões de desvios aproximadamente se invertem em relação àqueles de anos de seca. (Hastenrath and Heller, 1977; Moura and Shukla, 1981). Wallace e Gutzler (1981) mostraram a existência de um padrão de onda de escala planetária no campo de anomalias de geopotencial em 500 mb entre o Pacífico Central e a costa leste da América do Norte (PNA), em anos de ocorrência de El Niño.

No presente estudo, que focaliza o problema da seca no Nordeste e suas possíveis causas, depara-se novamente com a notória ligação entre sistemas oceânicos e atmosféricos.

Objetivos:

- a) analisar padrões anômalos de escoamento global no campo de desvios do vento e vorticidade relativa (ζ') para anos de seca ou alta pluviosidade no Nordeste;
- b) analisar configurações de anomalias de TSM para o Atlântico Tropical, com o intuito de estabelecer possíveis relações entre o campo do vento e desvios de TSM à luz da teoria existente;

- c) estabelecer possíveis conexões entre padrões anômalos característicos no escoamento global, anomalias de TSM no Atlântico Tropical e variabilidade interanual da precipitação sobre o Nordeste.

2. DADOS E METODOLOGIA

Os dados utilizados foram:

- a) as componentes zonal e meridional do vento (média mensal) em pontos de grade provenientes do National Meteorological Center (NMC), EUA, em projeções estereográfica polar para o Hemisfério Norte e Mercator para os Trópicos no período de 1964 a 1980;
- b) os desvios de TSM (dados convencionais) no Atlântico Tropical para os períodos de dezembro de 1963 a dezembro de 1972 (Bunker, 1976) e de janeiro de 1964 a dezembro de 1979 (Servain et alii, 1984);
- c) os diagramas de precipitação anual sobre o Nordeste que tiveram como fonte Brito (1984) e Hastenrath et alii (1984).

Foram feitas análises globais dos campos de desvio da vorticidade relativa e do vento e análises dos campos de anomalias de TSM no Atlântico Tropical para médias mensais. Os meses analisados foram outubro a maio dos anos de fortes anomalias pluviométricas no Nordeste (anos de seca: 1969/70, 1971/72, 1975/76 e 1979/80; anos de alta pluviosidade: 1963/64, 1972/73 e 1973/74 Hastenrath et alii, 1984).

3. RESULTADOS

Das análises dos campos do desvio do vento e da vorticidade relativa observa-se a existência de dois padrões de onda de escala planetária: um corresponde ao padrão PNA (Pacific - North América) do trabalho de Wallece e Gutzler (1981) (não ilustrado). Este padrão apresenta pouca coerência temporal de sua face com a precipitação sobre o Nordeste. O outro localiza-se entre o Atlântico Norte e leste da Ásia (North Atlantic-Eastern Asia: padrão NAEA) (Figura 1 e 2).

O padrão de referência NAEA(0) é obtido da média dos desvios do vento para anos de seca sobre o Nordeste, como indicado na Figura 1. Esta

figura mostra a média dos desvios do vento para os meses de dezembro de 1969, novembro de 1971, dezembro de 1975 e dezembro de 1979, precedentes à ocorrência de seca no Nordeste. A Figura 2 mostra o padrão NAEA (π) médio precedente à ocorrência de precipitação intensa no Nordeste. Os meses que compõem a Figura 2 são dezembro de 1963, dezembro de 1972 e janeiro de 1974.

A Figura 3 mostra o desvio da precipitação anual no período de 1963 a 1978 (Hastenrath et alii, 1984) e o de março, abril e maio no período de 1979 a 1981 (Brito, 1984). Os símbolos 0 e π indicam a presença dos padrões NAEA(0) (como na Figura 1) ou NAEA (π) (como na Figura 2), respectivamente.

Em anos de seca observa-se a ocorrência de anomalias de TSM do tipo dipolo no Atlântico Tropical, com águas mais quentes ao norte e mais frias ao sul do equador (Figura 4). Em anos chuvosos o padrão de anomalias de TSM praticamente se inverte em relação aos anos de seca (Figura 5). Trabalhos anteriores mostraram que a correlação entre tais tipos de configurações de anomalias de TSM e os desvios de precipitação no Nordeste é máxima em março (Moura and Shukla, 1981). Os estudos preliminares desenvolvidos no presente trabalho, contudo, mostram a defasagem de um a três meses entre o estabelecimento do padrão de onda NAEA e o estabelecimento da configuração de dipolo das anomalias de TSM no Atlântico Tropical (Tabela 1). É importante ressaltar que nos casos analisados a anomalia positiva de TSM já estava presente em dezembro, enquanto a anomalia negativa de TSM estabelece-se mês a mês entre janeiro e março (Figuras 4 e 5).

4. CONCLUSÕES

A variabilidade interanual da precipitação no Nordeste parece ser uma manifestação regional de fenômenos de escala planetária. A coerência de fase entre o padrão de onda encontrado no campo dos desvios do vento e as anomalias de TSM no Atlântico Tropical, em períodos de seca e alta pluviosidade sobre o Nordeste, dão indicações de que estes fenômenos interagem positivamente entre si. Além disso, o estabelecimento do padrão de onda NAEA com antecedência média de um a três meses em relação ao esta

belecimento da configuração de dipolo no Atlântico Tropical pode ser um indicador de que as anomalias térmicas superficiais no Atlântico Tropical estejam sendo, de alguma forma, forçadas a partir de anomalias no campo do vento.

Os resultados ora apresentados quanto à interação oceano-atmosfera não são conclusivos. São necessários estudos mais detalhados das interações ar-mar na região tropical, para que se possa entender a origem das anomalias de TSM, bem como dos padrões de onda mencionadas neste trabalho.



Fig. 1 - Configuração média dos desvios do vento em 200 mb para os meses de dezembro de 1969, novembro de 1971, dezembro de 1975 e dezembro de 1979, precedentes à ocorrência de seca no Nordeste.

O padrão NAEA(0) grifado nesta figura é tomado como referência. Os círculos pretos indicam a posição do centro de vorticidade máxima e mínima.



Fig. 2 - Configuração média dos desvios do vento em 200 mb para os meses de dezembro de 1963, dezembro de 1972 e janeiro de 1974, precedentes à ocorrência de precipitação intensa no Nordeste.

O padrão (π) está grifado nesta figura. Os círculos pretos indicam a posição do centro de vorticidade máxima e mínima.

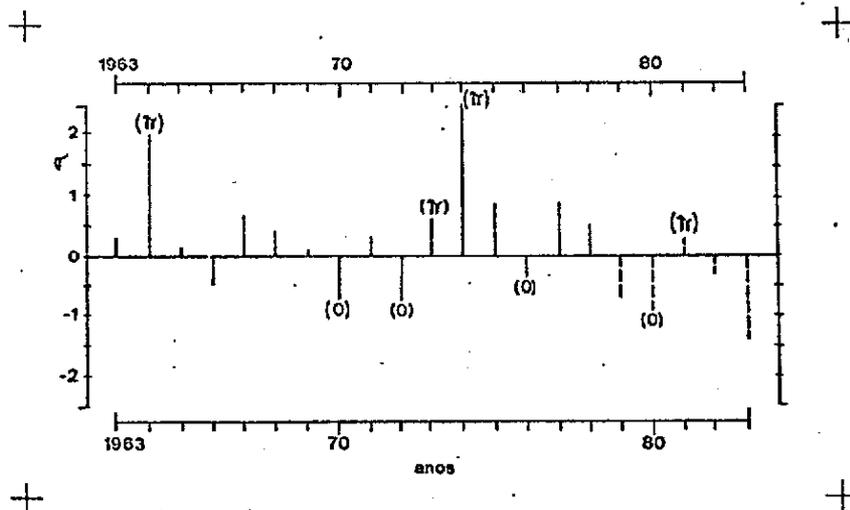


Fig. 3 - Desvios normalizados da precipitação anual no Nordeste (linhas contínuas; Hastenrath et alii, 1984) e da precipitação de março, abril e maio (linhas tracejadas; Brito, 1984) (0) e (π) indicam a fase do padrão NAEA.

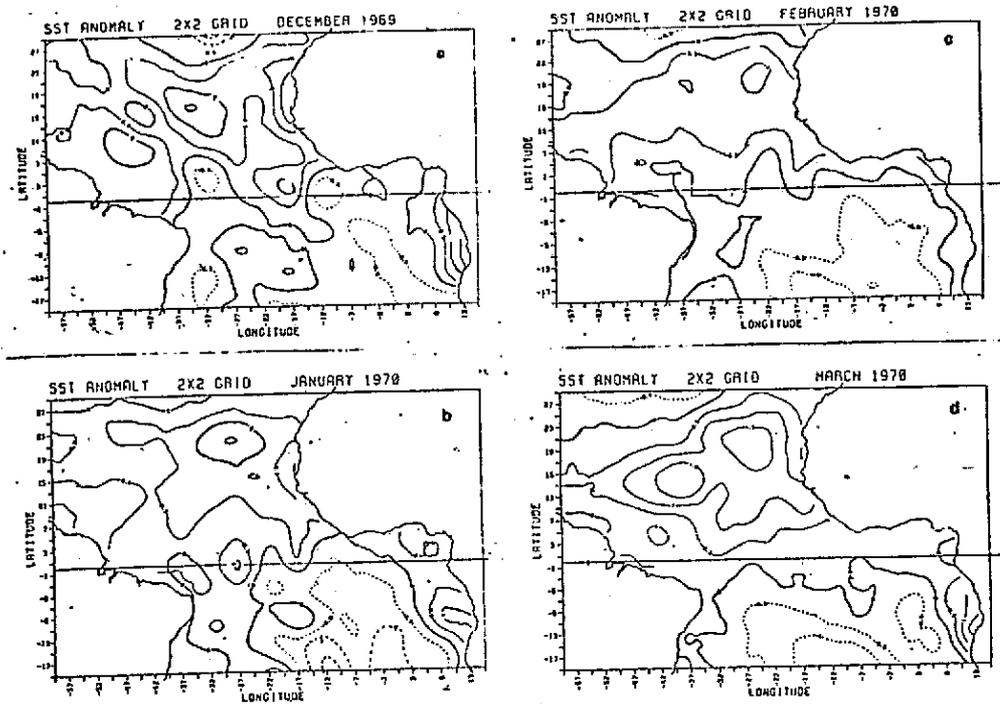


Fig. 4 - Anomalias de temperatura da superfície do mar no Atlântico Tropical em (a) dezembro de 1969, (b) janeiro de 1970, (c) fevereiro de 1970 e (d) março de 1970.

O espaçamento entre as isotermas é de $0,5^{\circ}\text{C}$. Linhas tracejadas in dicam valores negativos.

FONTE: Servain et alii (1984).

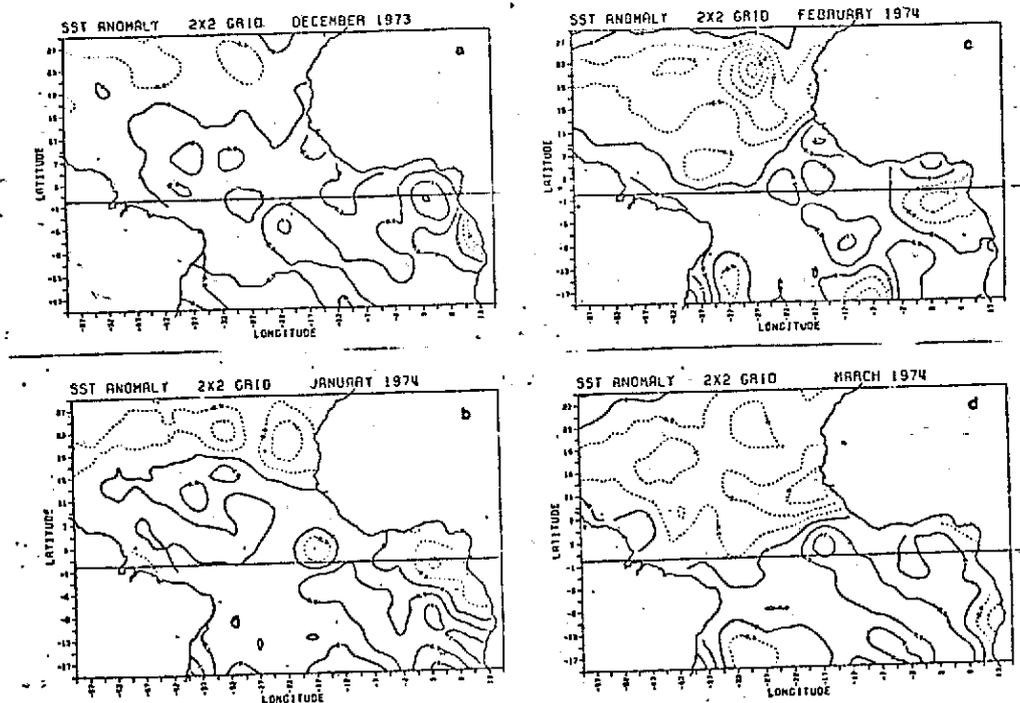


Fig. 5 - Anomalias de temperatura da superfície do mar no Atlântico Tropical em (a) dezembro de 1973, (b) janeiro de 1974, (c) fevereiro de 1974 e (d) março de 1974.

O espaçamento entre as isotermas é de $0,5^{\circ}\text{C}$ e as linhas tracejadas indicam valores negativos.

FONTE: Servain et alii (1984).

TABELA 1

RELAÇÃO ENTRE O PADRÃO DE ONDA NAEA NO CAMPO DO DESVIO DO VENTO SOBRE O HEMISFÉRIO NORTE, ANOMALIAS DE TSM NO ATLÂNTICO TROPICAL E ANOMALIAS DE PRECIPITAÇÃO SOBRE O NORDESTE

Fase do padrão NAEA (dezembro/janeiro)	Anomalias de TSM no Atlântico Tropical (janeiro/março)	Desvio de precipitação sobre o Nordeste (março/abril)
O	quente ao norte ----- frio ao sul	negativo
II	frio ao norte ----- quente ao sul	positivo

Obs.: Os meses entre parênteses indicam a época de máxima frequência dos eventos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BRITO, J.I.B. *Variações interanuais da circulação geral de inverno no Hemisfério Norte e de Oscilação Sul e suas possíveis conexões com o clima do Nordeste brasileiro*. Dissertação de Mestrado em Meteorologia. São José dos Campos, INPE, 1984. INPE-3333-TDL/182.
- BUNKER, A. Computations of surface energy flux and annual air-sea interaction cycles of the North Atlantic Ocean. *Monthly Weather Review*, 104(9):1122-1140, Sept. 1976.
- HASTENRATH, S.; HELLER, L. Dynamics of climatic hazards in north-east Brasil. *Quarterly Journal of Royal Meteorological Society*, 103(435):77-92, Jan. 1977.
- HASTENRATH, S.; WU, M.C; CHU, P.-S. Towards the monitoring and prediction of North-east Brasil droughts. *Quarterly Journal of Royal Meteorological Society*, 110(464):411-425, Apr. 1984.
- MARKHAN, C.G.; McLAIN, D.R. Sea surface temperature related to rain in Ceará, north-east Brazil. *Nature*, 265(5592):320-323, Jan. 1977.
- MOURA, A.D.; SHUKLA, J. On the dynamics of droughts in northeast Brazil: observations, theory and numerical experiments with a general circulation model. *Journal of Atmospheric Sciences*, 38(12):2653-2675, Dec. 1981.
- SERVAIN, J.; PICAUT, J.; MERLE, J. Compilação de dados de temperatura da superfície do mar para o Atlântico Tropical. Brest, França. Laboratoire d'Océanographie Physique, 1984. não publicado.
- WALLACE, J.M.; GUTZLER, D.S. Teleconnections in the geopotential height field during the northern hemisphere winter. *Monthly Weather Review*, 109(4):784-812, Apr. 1981.