

Thus, part of the role of ENSO might be indirect, through the ENSO impact on the SPCZ and SACZ, which influences the snow cover over Eurasia. As the model is very simple, a definitive confirmation of these connections needs further experimentation with more complete models (preferably an AGCM) and more observational studies.

6. References

- Blackmon, M. L., Y.-H Lee, and J. M. Wallace, 1984: Horizontal structure of 500 mb height fluctuations with long, intermediate and short time scales. *J. Atmos. Sci.*, 41, 961-979.
- Branstator, G., 1985a: Analysis of general circulation model sea-surface temperature anomaly simulations using a linear model. Part I: forced solutions. *J. Atmos. Sci.*, 42, 2225-2241.
- Casarin, D.P. and Kousky, V.E., 1986: Precipitation anomalies in the southern part of Brazil and variations of the atmospheric circulation. *Revista Brasileira de Meteorologia*, 1, 83-90.
- Grimm, A.M., and Silva Dias, P.L., 1994: Analysis of tropical-extratropical interactions with influence functions of a barotropic model. Submitted to *J. Atmos. Sci.*
- Jones, C. and Horel, J.D., 1990: An investigation on the low-frequency variability of the large-scale circulation over South America. Proceedings of the 6th Brazilian Meteorological Congress, Salvador BA, Brazil, Volume 2, 539-543.
- Lau, N. and P. H. Chan, 1983: Short-term climate variability and atmospheric teleconnections from satellite observed outgoing longwave radiation. Part I: simultaneous relationship. *J. Atmos. Sci.*, 40, 2735-2750.
- Morinaga, Y., and T. Yasunari, 1987: Interactions between the snow cover and the atmospheric circulations in the Northern Hemisphere. *International Association of Hydrological Sciences*, 116, 73-78.
- Vernekar, A.D.; Zhou, J. and Shukla, J., 1993: The effect of Eurasian spring snow cover on Indian summer monsoon. Simulation and prediction of monsoons - recent results (TOGA/WGNE Monsoon Numerical Experimentation Group, New Delhi, India, 12-14 January 1993). WMO/TD-No. 546, pp. 69-73.
- Yasunari, T., 1991: Monsoon and ENSO: a coupled ocean/land/atmosphere system. *TOGA Notes*, Jan. 1991, 9-13.

Estudo das variações inter-anual e interdecadal do nível médio do mar

*Margarete O. Domingues, Marcio L. Vianna
CNPq-RHAE/INPE, INPE*

Abstract

In this work we studied the possibility of the mean sea level be a "new" climatological variable in interannual and interdecadal time studies. We used 22 ports of the Extra-Tropical North Atlantic Ocean. We calculated the EOF and its respective time series. In these we made spectral analyses. We also used 2 ports with more available data to calculate an index, it allowed us to be sure about the estimated spectral peaks. We obtained periods that other authors had found in other variables, such as 57, 28, 19-18, 5.7, 3-4 years and 14-13 months. We also filtered the index series and we found that the maximum and minimum peaks were in time coincidence with other important indice like the "Great Salinity Anomaly" index, the "Greenland Above/Below" index and the "North Atlantic Oscillation" index.

1. Introdução

Um dos grandes problemas da análise de variabilidades climáticas nas escalas inter-anual e, principalmente, interdecadal são as variações encontradas nas medições para os poucos dados disponíveis. Nesse contexto, algumas variáveis de fácil obtenção, como o nível médio do mar (NMM), poderiam ser mais aproveitadas. Em geral, utiliza-se o nível médio do mar com ênfase nas estimativas da tendência climática em escalas superiores à interdecadal. Pode-se indagar: O NMM poderia ser um bom estimador de estados climáticos nas escalas inter-anual e interdecadal? Possui o NMM um espectro de variabilidade similar aos outros parâmetros climáticos? Assim, este trabalho busca possíveis soluções para essas perguntas.

Estudou-se o NMM mensal de 22 portos nas costas leste e oeste do Atlântico Norte Extra-Tropical (ANET). Essa região tem sido estudada como uma região de grande importância para a variabilidade climática. Por exemplo, a dinâmica e os processos de interação oceano-atmosfera do Atlântico sub-Ártico são os indutores da variabilidade climática do Atlântico, como discutido primeiramente por Bjerknes (1964). A partir desse trabalho, vários outros foram estabelecidos, relacionando essa região com a oscilação do Atlântico Norte (Kushnir, 1974) e também com a convecção termo-halina (Broecker et al., 1985).

2. Análise dos dados

Nos dados de NMM, retiraram-se os efeitos de longo termo e o ciclo anual, filtrando-os também com uma média móvel de 6 meses. Fez-se dois tipos de estudos diferentes: (a) com ênfase na variabilidade espacial, utilizando 22 portos, de 1957 a 1986, e (b) com ênfase na variabilidade temporal, utilizando 2 portos de lados opostos do Atlântico, de 1903 a 1988.

(a) Realizou-se uma análise empregando Funções Empíricas Ortogonais (EOF) utilizando a matriz de correlação, pois alguns dos dados não possuíam "datums" e, dessa forma, as variâncias entre as suas amplitudes poderiam afetar os resultados. Para a escolha dos principais modos de oscilação, utilizou-se a regra N, discutida por Preisendorfer (1988). Calculou-se a seguir as séries temporais referentes a esses modos. A partir dessas séries, fez-se uma análise espectral utilizando dois métodos de análises: a Transformada Rápida de Fourier (FFT) com janelamento de Tukey e o método de máxima entropia. Apesar de clássica, a análise espectral apresenta grandes variações nas localizações e nas amplitudes dos picos de máxima energia ao se alterar o tamanho das séries. Essa foi a razão da utilização desses dois métodos, onde o primeiro possui maior confiabilidade na amplitude e o segundo, melhor localização.

(b) Utilizaram-se 2 portos (Nova Iorque-EUA e Delfzijl-Holanda) como índices do primeiro modo, EOF1, do método acima. A partir dessas 2 séries temporais, calculou-se a EOF e obteve-se 2 séries referentes a esta EOF (CP1 e CP2). Determinou-se então a análise espectral e fez-se também uma filtragem da CP1 e da CP2 com uma média móvel de 48 pontos, para comparação com outros índices de variabilidade climática.

3. Resultados

Na análise de EOFs e na análise das CPs do ANET e das estações representativas (Nyk e Del), alguns períodos de oscilações se destacaram: 57, 28, 19-17, 14, 13, 6-5, 3 anos, 27 e 14-13 meses (como exemplo, os valores da Figura 1). Esses períodos também aparecem na análise de séries temporais de outras variáveis em diversos trabalhos:

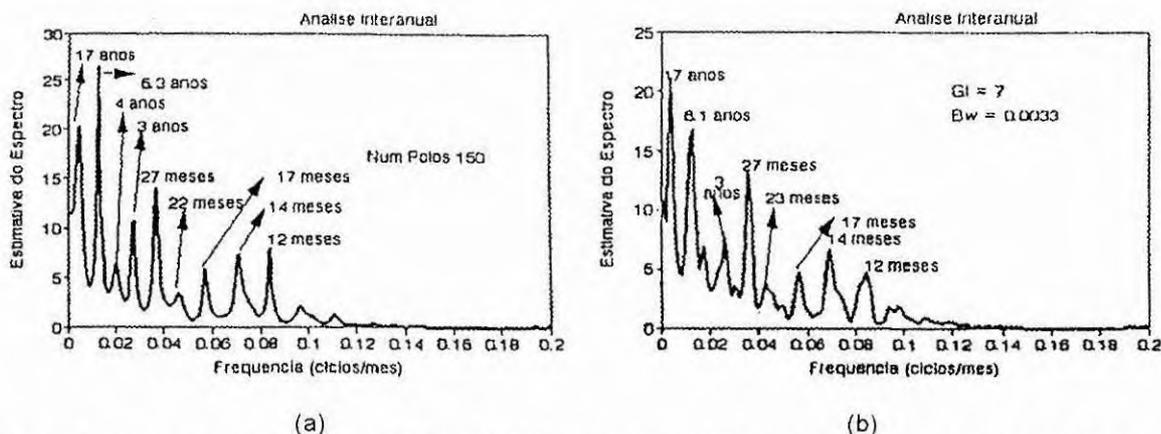


Fig. 1 - Espectro de potência para a EOF1 NYK-DEL de 1903 a 1988, onde: (a) Método de Máxima Entropia e (b) FFT-Janela de Tukey.

- O período de 50-60 anos é muito conhecido nas oscilações climáticas (ACCP, 1989).
- A oscilação de 28 anos aparece nos dados de temperatura média global do ar, como calculado por Kane e Teixeira (1990).
- O período 19-17 anos pode estar relacionado ao período lunar nodal (18,5 anos). Esse período lunar também foi encontrado em análises de precipitação na China, com 500 anos de dados; na descarga do Rio Nilo, tanto no verão quanto no inverno; de secas na costa oeste da América do norte, no último milênio; na pressão ao nível médio do mar no Japão; em níveis de água dos lagos da Finlândia; e na convecção tropical do norte da Índia associada às monções. Esses resultados foram compilados por Fairbridge (1984).
- A oscilação de 6-5 anos (5,7 anos) é encontrada nas periodicidades da temperatura média global do ar (ver a referência acima) e faz parte das variabilidades do El Niño (Barnett, 1991).
- As oscilações de 3-2 anos foram encontradas nas temperaturas médias do ar no inverno na Groelândia e Noruega, associadas aos fenômenos "Greenland above"-"Greenland below" (Van Loon e Rogers, 1978).
- As oscilações 14-13 meses podem ser geradas por forçamentos internos do oceano, como encontradas pelo modelo oceânico de Cox (1987), ou pelo "Chandler Wobble" do eixo de rotação da Terra (conhecida por maré polar - "pole tide"), como documentado por Pugh (1987).

Da comparação das séries filtradas das CPs (Nyk e Del, Figura 2) com as séries temporais filtradas de pressão a nível médio do mar, de temperatura média do ar no inverno e de salinidade (vide figuras em Domingues, 1993), observou-se que:

- O modo anti-simétrico (EOF1) possui características de evolução temporal semelhantes às da evolução temporal da temperatura média do ar no inverno e à da pressão ao nível médio do mar na Groelândia; evolução distinta da

evolução temporal da temperatura média do ar no inverno na Noruega e evolução oposta à da pressão ao nível médio do mar em Açores.

•O modo simétrico (EOF2) da CP possui série temporal parecida com as séries temporais de salinidade do Ártico e do Atlântico, mostradas por Dickson et al. (1988) em seus estudos da "Great Salinity Anomaly".

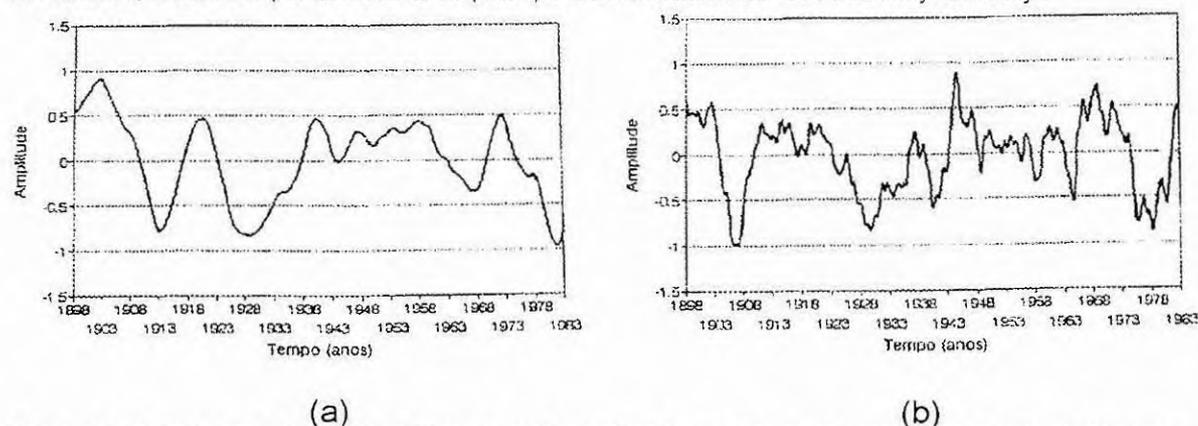


Fig. 2 - Séries temporais referentes a EOF de NMM de NYK-DEL, suavizada com média móvel de 48 pontos, onde (a) é a CP1 e (b) é a CP2.

4. Conclusões

Com este trabalho, ao se analisar as séries temporais filtradas de NMM, verificou-se a importância dessa variável nas escalas de tempo interdecadal e interanual. Constatou-se que o NMM é, também, mais uma das variáveis que merecem a atenção da comunidade científica para estudos sobre os processos geradores de clima.

Torna-se interessante analisar mais cuidadosamente a relação entre essas variáveis e aprimorar os métodos de análises espectrais para melhor estimativa das frequências interdecadais.

Bibliografia

- ACCP: Atlantic Climate Change program Science Plan. s.l., October 23, 1989.
- Barnett, T.P. The Interaction of Multiple Time scales in Tropical Climate System. *Journal of Climate*, **4**:269-285, 1991.
- Bjerknes, J. Atlantic air-sea interaction. *Advances in Geophysics*, **10**. Academic Press, 1-82, 1964.
- Broecker, W.S., Peteet, D., Rind, D. Does the ocean-atmosphere have more than one stable mode of operation? *Nature*, **315**:21-25, 1985.
- Cox, M.D. An Eddy-Resolving Numerical Model of the Ventilated Thermocline: Time Dependence. *Journal of Physical Oceanography*, **17**:1044-1056, 1987.
- Dickson, R.R.; Meincke, J.; Malberg, S.; Lee, A.J. The Great Salinity Anomaly in the Northern North Atlantic 1968-1982. *Progress Oceanography*, **20**:103-151, 1988.
- Domingues, M.O. Métodos de análise de séries temporais geofísicas: aplicações no estudo de variações interanual e interdecadal do nível do mar no Atlântico Norte Extra-Tropical. (Dissertação de Mestrado) - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, SP, set. 1993.
- Fairbridge, R. W. The Nile floods as a Global Climat/Solar PROXY. *Climatic Changes on Yearly to Millennial Basis - Geological, Historical and Instrumental Records*. Boston, Reidel Publishing, 1984. p. 81-190
- Fedorov, E. P.; Smith, M. L.; Bender, P. L. ed. *Nutation And The Earth's Rotation*. Holland, D. Reidel, 1980, p.266. (Symposium - International Astronomical Union: n.78)
- Kane, R. P.; Teixeira, N. R. Power Spectrum Analysis of the Time-Series of Annual Mean Surface Air Temperatures. *Climatic Change*, **17**:121-130, 1990.
- Kushnir, Y. Interdecadal Variations in North Atlantic sea surface temperature and associated atmospheric conditions. *Journal of Climate*, **7**:141-157, 1994.
- Preisendorfer, R. W. *Principal component analysis in Meteorology and Oceanography*. Developments in Atmospheric Science, **17**. Elsevier, Amsterdam, 1988. p. 425
- Pugh, D. T. *Tides, Surges e Mean Sea Level*. John Willy & Sons, 1987. 472 p.
- Van Loon, H.; Rogers, J. C. The Seesaw in winter temperatures between Greenland and Northern Europe. Part I: general Description. *Monthly Weather Review*, **106**(3):296-310, March 1978

Agradecimentos

A Sra. E. Spencer, do PSMSL, pelos dados utilizados neste trabalho, ao Dr. Odim Mendes Jr. pela colaboração em sua revisão e a Dra. Iara Pinto, em nome da PG-DGE, que proporcionou os meios para editoração deste artigo. Este trabalho foi parcialmente financiado pelo programa CNPq-RHAE / Oceanografia.