

# AQUECIMENTO GLOBAL, EL NIÑOS, MANCHAS SOLARES, VULCÕES E OSCILAÇÃO DECADAL DO PACÍFICO

Luiz Carlos Baldicero Molion

Departamento de Meteorologia, UFAL - AL  
molion@radar.ufal.br

## ABSTRACT

*Conjectures were made concerning short and long-term climate variability due to physical agents, internal and external, to the global climate system. The conclusion is that the global mean temperature variability may be linked to the Pacific Decadal Oscillation (PDO). Since PDO apparently is going into a new cold phase, one cannot overrule the hypothesis of a global cooling of about 0.15°C in the next 20 to 25 years, as it occurred in the last PDO cold phase (1947-1976).*

As temperaturas da superfície do Oceano Pacífico (TSM) apresentam uma configuração com variações de prazo mais longo, semelhante ao El Niño, denominada Oscilação Decadal do Pacífico (ODP) e descrita por Mantua et al. (1997). Os eventos ODP persistem por 20 a 30 anos, enquanto os El Niños por 6 a 18 meses. Da mesma forma que o El Niño, a ODP apresenta duas fases. A fase fria é caracterizada por anomalias negativas de TSM no Pacífico Tropical e, simultaneamente, anomalias de TSM positivas no Pacífico Extratropical em ambos hemisférios. A última fase fria ocorreu no período 1947-1976. Já a fase quente apresenta configuração contrária, com anomalias de TSM positivas no Pacífico Tropical e negativas no Pacífico Extratropical. A fase quente se estendeu de 1977 a 1998 (Figura 1). Não se sabe ainda qual é a causa da ODP, tampouco seus impactos sobre o clima. Porém, considerando que a atmosfera terrestre é aquecida por debaixo, os oceanos são a condição de contorno inferior mais importante para o clima e, certamente, o Pacífico, por ocupar um terço da superfície terrestre, deve ter um papel preponderante na variabilidade climática interdecadal. Esta nota tem o objetivo de estimular a discussão sobre esse assunto, apresentando algumas “coincidências climáticas” observadas.

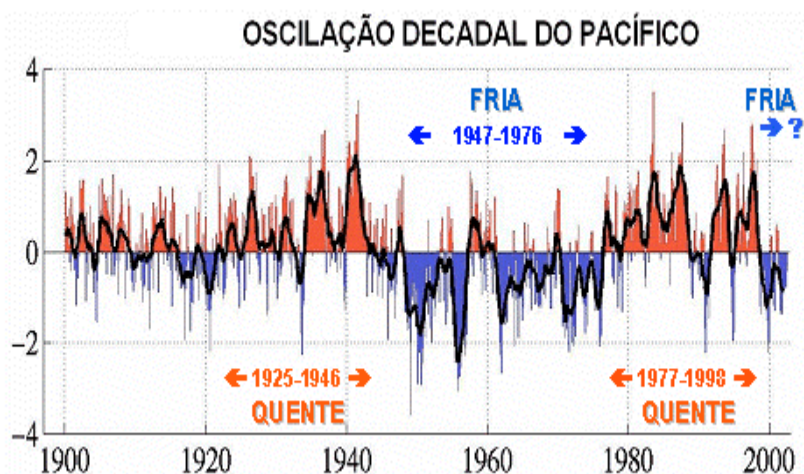


Figura 1. Série temporal do Índice da Oscilação Decadal do Pacífico (Mantua et al, 1997). <http://tao.atmos.washington.edu/pdo/>

A Figura 2 reproduz a variação do Índice Multivariado de ENOS (IME) com o tempo, de 1950 até o presente, descrito e elaborado por Wolter e Timlin (1998). Os números positivos (negativos),

mostram as intensidades dos El Niños (La Niñas). Observa-se a predominância de eventos La Niña no período 1950 a 1976, em contraste com a alta frequência de eventos severos de El Niño entre 1977 e 1998.

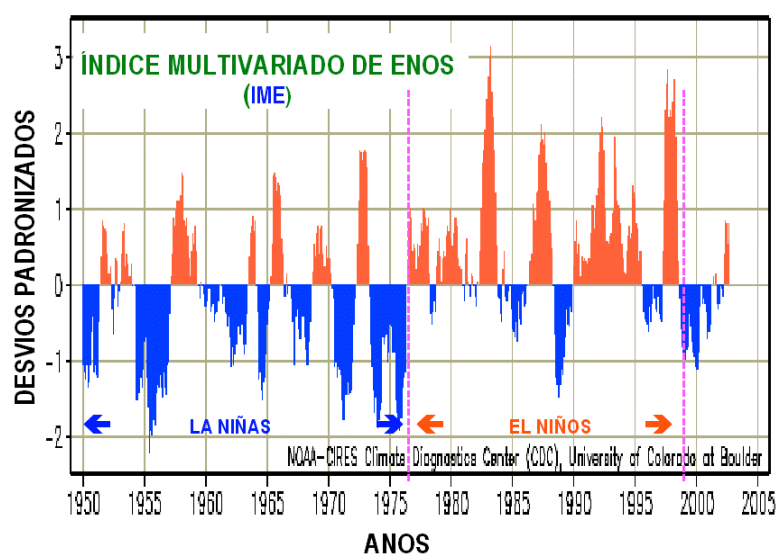


Figura 2. Serie temporal do Índice Multivariado de El Niño-Oscilação Sul (adaptada de Wolter e Timlin, 1998). <http://www.cdc.noaa.gov/people/klaus.wolter/MEI/mei.html>

Segundo Christy e Spencer (2004), as temperaturas médias globais, obtidas por meio de Microwave Sounding Units (MSU) a bordo de satélites desde 1979, aumentaram quando da ocorrência de eventos El Niño e diminuíram quando da ocorrência dos La Niñas (Figura 3). Por exemplo, no auge do último evento El Niño forte de 1997/98, a temperatura média global chegou a apresentar uma anomalia positiva de aproximadamente  $0,75^{\circ}\text{C}$  em abril de 1998 enquanto, no La Niña de 1984/85, as anomalias de setembro de 1984 chegaram a  $-0,50^{\circ}\text{C}$  com relação à média do período. Nos El Niños de 1982/83 e 1992/93, as anomalias positivas não foram evidentes devido à presença dos aerossóis das erupções dos vulcões El Chichón (México, abril de 1982) e Monte Pinatubo (Filipinas, junho de 1991) que resfriaram o Planeta por 2 a 3 anos. A tendência da temperatura média global da troposfera nos últimos 25 anos foi de apenas  $+0,08^{\circ}\text{C}$  de acordo com os dados de MSU. Já a tendência estimada das estações de superfície foi significativamente maior, igual a  $0,32^{\circ}\text{C}$  (Figura 5). Uma possível causa para o aquecimento (resfriamento) durante um El Niño (La Niña) pode ser a alteração do balanço radiativo da Terra. Durante o evento El Niño de 1997/98, notou-se que, em geral, as médias mensais de anomalias de radiação de onda longa emitida para o espaço exterior (ROLE) foram negativas sobre uma grande extensão do Pacífico Equatorial, indicando que a Terra perdeu menos ROLE no período. Por exemplo, as anomalias de ROLE chegaram a exceder  $-40\text{ W m}^{-2}$  em janeiro de 1998. Em contraste, durante o evento La Niña, em janeiro de 2000, a mesma região apresentou anomalias positivas, indicando uma perda de ROLE superior à média. Na Figura 4 (Molion e Bernardo, 2002), foram apresentadas as diferenças das anomalias de ROLE entre janeiro de 1998 (El Niño) e janeiro de 2000 (La Niña). Nota-se que existem diferenças superiores a  $120\text{ W m}^{-2}$  e, em uma grande extensão do Pacífico, as diferenças foram superiores a  $40\text{ W m}^{-2}$ . As anomalias negativas (menor perda) ocorrem devido à intensificação do efeito-estufa sobre o Pacífico durante os El Niños, em função da maior concentração de vapor d'água (umidade), o principal gás de efeito-estufa, nos níveis inferiores da troposfera (camada limite) e uma maior cobertura de nuvens sobre a região de águas anormalmente quentes. Durante os La Niñas, ocorre o contrário, e o efeito-estufa se enfraquece, fazendo com que a região de águas frias perca mais ROLE. Ou seja, o sistema Terra-atmosfera pode sofrer, naturalmente, uma variação de temperatura de cerca de  $1,5^{\circ}\text{C}$  entre fases fria e quente do ENOS.

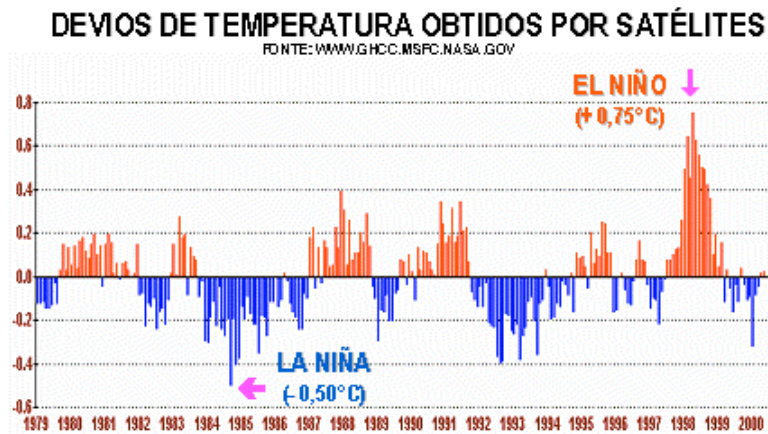


Figura 3. Desvios de temperatura média global da troposfera, obtidos por MSU a bordo de satélites (Christy e Spencer, 2004). <http://www.ghcc.msfc.nasa.gov/MSU/msusci.html>

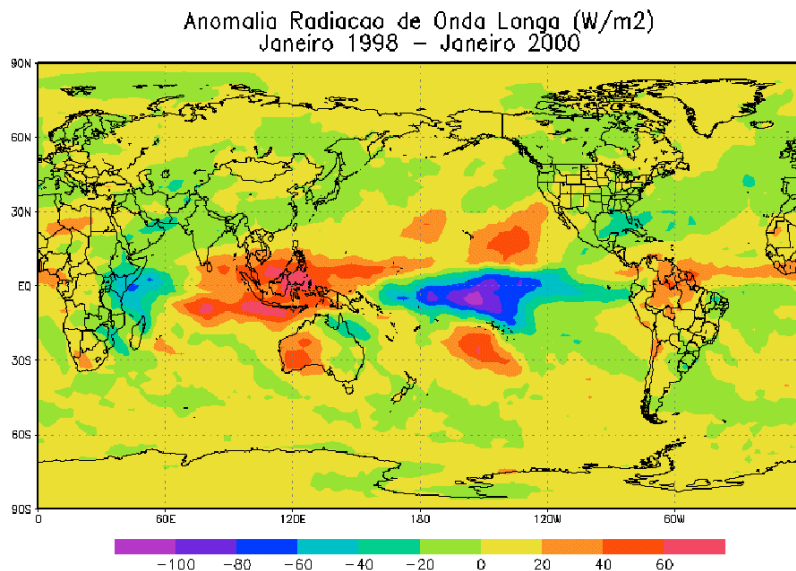


Figura 4. Diferença entre os fluxos de radiação de onda longa emitida para o espaço exterior (ROLE) entre um janeiro de El Niño (1998) e um de La Niña (2000). Valores negativos (positivos) representam menor (maior) perda de ROLE (Molion e Bernardo, 2002).

A Figura 5, modificada de Jones et al (1999), mostra as anomalias da temperatura média global em função do tempo. Observa-se que as anomalias apresentaram uma tendência positiva, de cerca de  $+0,37^{\circ}\text{C}$ , durante o período da fase quente da ODP (1925-46). Uma análise dos ciclos de 11 anos de manchas solares revelou que, simultaneamente, o número máximo de manchas aumentou entre 1920 e 1957, indicando uma maior produção de energia solar durante esse período. No período subsequente (1947-76), que coincidiu com a fase fria da ODP e maior frequência de eventos La Niña (Figura 3), as anomalias da temperatura média global apresentaram uma tendência negativa, com um decréscimo aproximado de  $-0,14^{\circ}\text{C}$ . A partir de 1977, as anomalias voltaram a apresentar tendência positiva, com um aumento de  $+0,32^{\circ}\text{C}$ , atribuído à intensificação do efeito-estufa pelas atividades humanas. Coincidentemente, esse aumento da temperatura média global aconteceu quando a ODP estava em sua fase quente e a frequência de eventos El Niño (quentes) fortes foi grande (Figura 2). Um outro aspecto digno de nota é que os oceanos deixam de absorver cerca de 30 ppmv de dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) para cada grau centígrado que a temperatura de sua camada de mistura aumente. Isto é, a solubilidade do  $\text{CO}_2$  nos oceanos varia

inversamente a sua temperatura. Portanto, durante a fase quente da ODP, em que o Pacífico Tropical está mais quente e predominam os El Niños, espera-se que mais  $\text{CO}_2$  fique armazenado na atmosfera, conforme observado, quando comparado com sua fase fria.

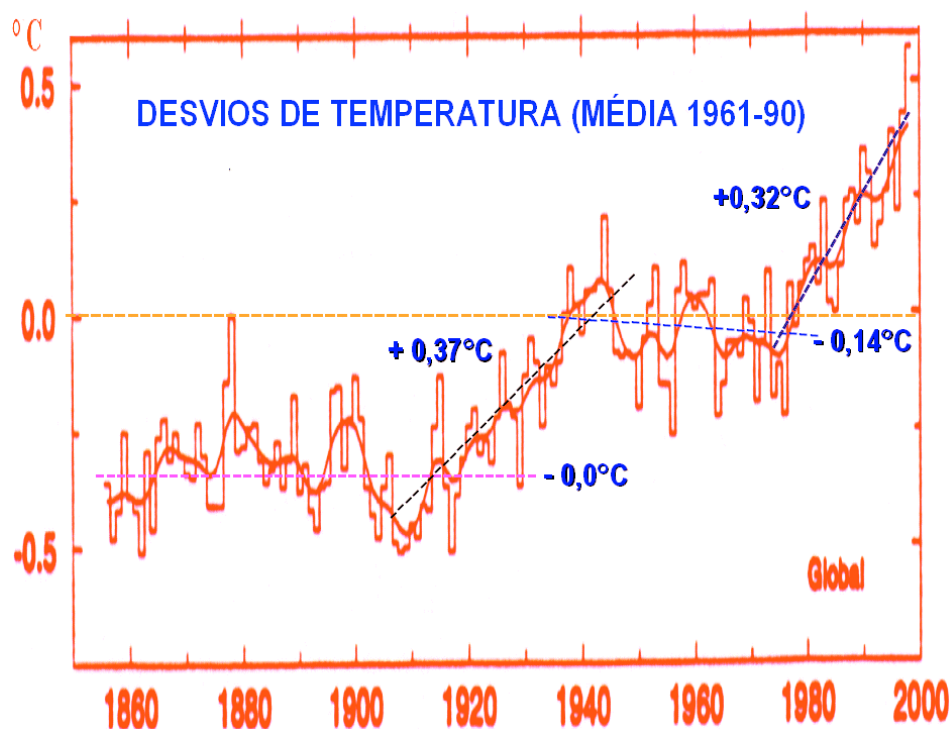


Figura 5. Desvios da temperatura média global, com relação à média do período 1961-90, obtidos em estações meteorológicas de superfície. Observem a tendência negativa da temperatura durante a fase fria da ODP (1947-76) (adaptada de Jones et al., 1999).

A ODP parece ter entrado novamente em sua fase negativa a partir de 1999 (Figura 1), na qual deve permanecer até cerca de 2025 possivelmente, ou seja, pelos próximos 25 anos, com um conseqüente aumento (redução) da frequência de eventos La Niña (El Niño). Portanto, se o sistema Terra-oceanos-atmosfera se comportar como na fase fria anterior da ODP (1947-76), a temperatura média global deverá diminuir, pelo menos, de cerca de  $0,15^{\circ}\text{C}$ , paulatinamente até 2025. Foi dito “pelo menos” porque existe um agravante, quando se compara à fase fria anterior. Desta vez, os próximos dois máximos de manchas solares, previstos para 2011 e 2022, poderão apresentar número máximo de manchas inferior aos anteriores (mínimo do Ciclo de Gleissberg) se o Sol mantiver o mesmo comportamento dos últimos 300 anos. Ou seja, nos próximos 25 anos, a produção de energia solar poderá ser reduzida. Mesmo com emissões crescentes, a taxa anual de crescimento da concentração  $\text{CO}_2$  na atmosfera poderá ser inferior às observadas anteriormente, uma vez que sua absorção, pelo Oceano Pacífico Tropical mais frio, poderá aumentar.

Aceitando a hipótese que o Pacífico e sua Oscilação Decadal sejam um controlador importante do clima global, pode se arriscar a fazer os prognósticos qualitativos que se seguem. O clima global poderá experimentar um resfriamento paulatino nos próximos 25 anos se a ODP comprovadamente permanecer em sua nova fase fria. O Brasil também poderá sofrer mudanças climáticas. Oliveira et al (2005) analisaram dados diários de precipitação e temperatura de 8 estações do Estado de São Paulo entre 1947-1998 aproximadamente. Concluíram que, em média, a amplitude térmica diária aumentou no período 1947-1976, durante a última fase fria da ODP, com temperaturas máximas diárias maiores e mínimas diárias menores, em face do enfraquecimento do efeito-estufa pela redução da concentração de vapor d’água na atmosfera global. Resultados indicaram que os invernos foram mais intensos, com aumento da

freqüência de geadas, fato também comprovado por Pezza e Ambrizzi (2005). Em adição, os totais pluviométricos poderão se reduzir globalmente e no País como um todo, pois uma troposfera, mais fria e mais seca, é mais estável e produz menos chuva. Para o Nordeste e a Amazônia Oriental, Oliveira et al (2005) mostraram que, durante a última fase fria da ODP, embora reduzidos de cerca de 15% em média, os totais pluviométricos foram mais bem distribuídos ao longo do ciclo anual e a freqüência de anos de secas severas menor que no período 1977 a 1998. É possível, portanto, que isso venha a se repetir devido à possível predominância de eventos La Niña até cerca de 2025. Finalmente, sugere-se aos estudiosos do Clima que, para pesquisa, não usem os períodos adotados pela Organização Meteorológica Mundial (1931-60 e 1961-90) para cálculo das normais climáticas, pois esse procedimento pode mascarar as mudanças ou variabilidades climáticas naturais de prazo longo. Por exemplo, no período 1961-90, normais climáticas recentes, 16 anos estiveram dentro da fase fria da ODP enquanto os 14 restantes dentro de sua fase quente, ou seja, praticamente meio-a-meio. Se os efeitos das duas fases sobre o clima forem contrários uns aos outros, então ter-se-ia uma média “perfeita” no período, em que a variabilidade climática do estado do clima da primeira metade do período cancelaria a da segunda metade perdendo-se, portanto, informações sobre a variabilidade e as tendências de longo prazo do clima. Já as próximas normais, 1991-2020, somente os 8 primeiros anos estarão dentro da fase quente, enquanto os 22 restantes, dentro da fase fria.

#### **AGRADECIMENTOS**

O autor agradece ao Dr. Orivaldo Brunini por ter , gentilmente, cedido dados diários de 8 estações agroclimáticas que estão sob a responsabilidade do Instituto Agrônomo de Campinas (SP)

#### **REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

- CHRISTY, J. and R. SPENCER, 2004. MSU Globally Averaged Atmospheric Temperature, Global Warming Debate continues..., em <http://www.ghcc.msfc.nasa.gov/MSU/msusci.html>
- JONES, P.D., M. NEW, D.E.PARKER, S.MARTIN and I.G.RIGOR., 1999. Surface air temperature and its changes over the past 150 years. *Rev. Geophys.* **37**, 173-199.
- MANTUA, N.J., S.R. HARE, Y. ZHANG, J.M. WALLACE, and R.C. FRANCIS, 1997. A Pacific interdecadal climate oscillation with impacts on salmon production. *Bulletin of the American Meteorological Society*, **78**, pp. 1069-1079.
- MOLION, L.C.B. e S.O. BERNARDO, 2002. Comparação de perdas de radiação de onda longa entre eventos El Niño e La Niña (não publicado)
- OLIVEIRA, C. P., S.O.BERNARDO e L.C.B. MOLION., 2005. Possível relação entre a Oscilação Decadal do Pacífico e a variabilidade climática no Brasil. Departamento de Meteorologia , UFAL (em fase de conclusão).
- PEZZA, A. B. and T. AMBRIZZI, 2005. Cold waves in South America and freezing temperatures in São Paulo: Historical background (1888-2003) and case studies of cyclones and anticyclones tracks, *Rev. Bras. Meteor* **20**(1), 141-158, SBMET, Rio de Janeiro, Brazil.
- WOLTER, K and M.S. TIMLIN, 1998. Measuring the strength of ENSO - how does 1997/98 rank? *Weather*, **53**, 315-324, <http://www.cdc.noaa.gov/people/klaus.wolter/MEI/mei.html>.