

PERSPECTIVAS CLIMÁTICAS PARA OS PRÓXIMOS 20 ANOS

Luiz Carlos Baldicero Molion¹

RESUMO

Dados observados e de Reanálises (NCEP/NCAR) foram utilizados para estudar a variabilidade dos climas do Brasil no período 1948-2007, e antever sua evolução futura, associadas a uma oscilação interdecadal da temperatura superficial do Pacífico (ODP). Os resultados das análises indicaram que os totais pluviométricos de algumas partes do País, em particular no sudeste da Amazônia, Centro-Oeste e o Sul, apresentaram coeficientes de correlação variando de 0,5 a 0,8 com a ODP, a um nível de confiança maior que 99,5%, e que, na fase fria da ODP (1947-1976), esses totais foram entre 10% e 30% inferiores aos de sua fase quente recente (1977-1998). Foi verificado um incremento médio de cerca de 75% nas cotas do Rio Paraguai, em Ladário, da fase fria para a quente, em parte devido ao aumento de precipitação nessa última fase. Em adição, na fase fria, as médias das temperaturas mínimas foram até 1°C mais baixas no período de junho a agosto, e até 2°C mais baixas nos meses de outubro e novembro, em seis localidades gaúchas. Observações recentes indicaram que a ODP já entrou em uma nova fase fria e é possível que o clima das próximas duas décadas venha a ser semelhante ao de sua fase fria anterior. Propôs-se que resultados de estudos diagnósticos regionais e cenários climáticos de sua fase fria, sejam utilizados como guias para prognósticos climáticos até o ano 2030, com o objetivo de dar suporte a um melhor planejamento das atividades humanas e contribuir para o bem-estar da Sociedade.

ABSTRACT

Observed and Reanalysis (NCAR/NCEP) data sets were used to analyze the Brazilian regional climates variability in the period 1948-2007 and to assess their future evolution, associated with a Pacific inter-decadal sea surface temperature oscillation (PDO). The results indicated that the rainfall totals of some parts of Brazil, particularly in southeastern Amazon, Middle-Western and Southern Brazil, were highly correlated with PDO, with correlation coefficient ranging from 0.5 to 0.8 at a confidence level higher than 99.5%. The rainfall totals of PDO cold phase (1947-1976) were, in general, 10% to 30% smaller than the ones observed during its warm phase (1977-1998). The Paraguay River mean level, at Ladario, increased about 75% in the warm phase as compared to the cold phase one, partially due to increased rainfall over its basin. The mean minimum temperatures, observed in six cities of Rio Grande do Sul State, were up to 1°C cooler during June-August period and up to 2°C cooler in October and

¹ Instituto de Ciências Atmosféricas, Universidade Federal de Alagoas, email: molion@radar.ufal.br

November during the cold phase. Pacific monitoring network indicated that PDO has entered a new cold phase already. Thus, it is possible that the climate of the next two decades be similar to the one of the previous cold phase. It was proposed that the results of regional climate diagnostic studies and climate scenarios of the cold phase serve as a guide for climate forecasting til year 2030, aiming at a better planning of human activities and the consequent Society's welfare.

INTRODUÇÃO

O planejamento das atividades humanas, particularmente agricultura e geração de energia elétrica, bem como a defesa civil, requerem de uma antevisão da tendência do clima com intervalos de tempo suficientemente amplos, de 10 a 20 anos de antecedência, para que seus resultados possam ser aproveitáveis.

Os métodos existentes que permitem essa antevisão são basicamente de duas classes. Os métodos estatísticos, alguns sofisticados, que identificam possíveis ciclos, ou periodicidades, nas séries temporais longas de dados observados, filtrados ou não, e os projetam para o futuro. Esses métodos são baseados na hipótese de estacionaridade das séries de dados e, portanto, sofrem de uma limitação severa que é o fato de não levarem em conta a variabilidade natural do clima, resultante de complexas interações entre os processos físicos diretos e de realimentação ("feedback") que o produzem. Um exemplo é o ajuste polinomial aos dados de totais pluviométricos de nove estações do Centro-Oeste da Argentina no período 1900-1998, descrito por Compagnucci et al (2002). O polinômio de 7 termos foi elaborado com dados até 1976, apresentando um ajuste excelente. Porém, quando testado com os dados mais recentes, entre 1977-1998, os prognósticos divergiram das observações. Outra classe é os modelos de simulação do clima global (MCG) que, embora baseados em equações da Dinâmica e da Termodinâmica dependentes da variável tempo, são limitados, pois ainda não representam os processos físicos diretos e de "feedback" adequadamente.

Dentre muitos dos problemas apresentados pelos MCGs está a representação dos processos físicos com escala espacial inferior a da grade tridimensional dos MCGs, como formação-desenvolvimento de nuvens e precipitação, transportes verticais turbulentos de calor e de umidade dentro e para fora da camada limite planetária, transporte de calor pelas correntes marinhas, que precisam ser parametrizados, ou seja, representados por algoritmos matemáticos empíricos que - assume-se - descrevem a Física dos processos satisfatoriamente. Tais algoritmos, entretanto, são baseados no atual conhecimento científico e devem ser considerados aproximações simples ou "as melhores estimativas possíveis" desses processos.

Os MCGs são usados atualmente para prognosticar o clima por 3 a 6 meses de antecedência. Uma das técnicas é utilizar um único modelo, com o qual se faz um conjunto de integrações no tempo, ou "previsões" (membros do modelo), com condições iniciais ligeiramente distintas e, posteriormente, submete-se o conjunto de previsões a um tratamento estatístico, gerando probabilidades de ocorrência de uma determinada situação climática. Outra técnica é utilizar modelos distintos para gerarem conjuntos de previsões,

submetidos a um tratamento estatístico posterior. Essa técnica é interessante, pois há modelos que “acertam” mais frequentemente as previsões em certas áreas do globo, porém erram em outras. Assim, a ponderação de suas previsões, levando em conta as áreas de maior acerto, pode melhorar a previsão climática para uma dada região. Mas, como foi dito, são limitados a uma ou duas estações do ano, suficientes para prognosticar por uma safra agrícola, e não permitem a antevisão exigida para o planejamento das atividades humanas e a defesa civil.

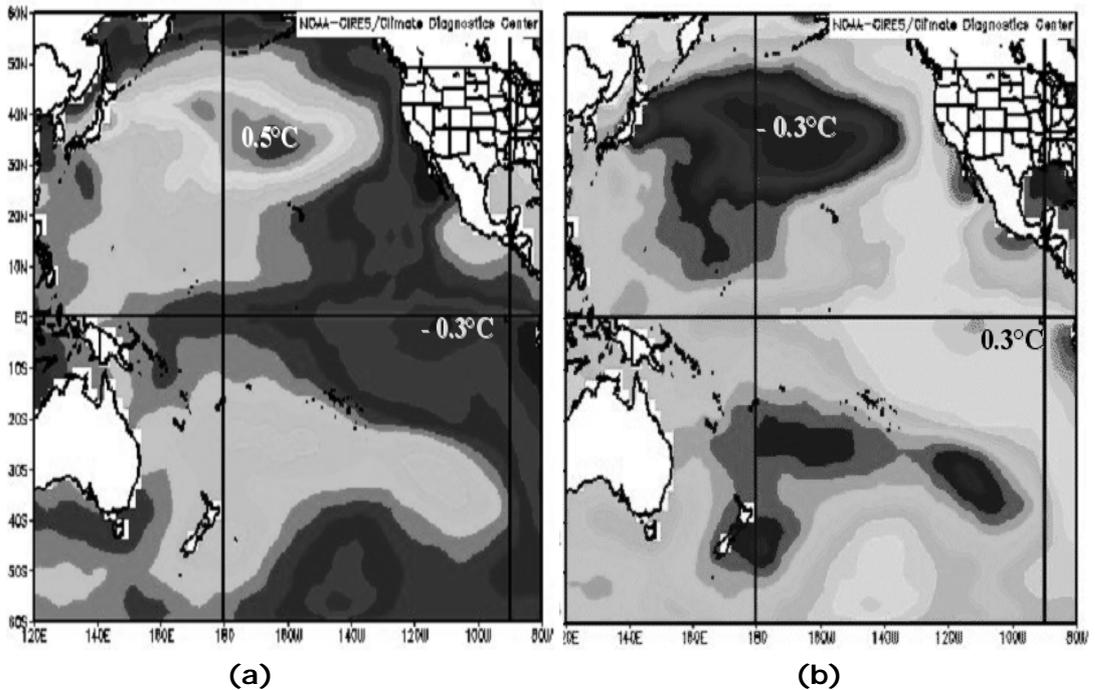


Figura 1- Oscilação Decadal do Pacífico (a) fase fria e (b) fase quente

A proposta que se faz aqui é a utilização de uma técnica combinada que consiste em utilizar o conhecimento existente da climatologia de fenômenos de baixa frequência que ocorrem no sistema climático, ou seja, de duração multidecadal, e associá-lo a análises regionais, elaboradas com métodos estatísticos ou MCGs, para se fazerem prognósticos climáticos. Esses prognósticos devem ser atualizados à medida que novos dados globais se tornem disponíveis. Um fenômeno que apresenta essas características é a Oscilação Decadal do Pacífico (ODP), descrita por Mantua et al. (1997) como sendo um evento El Niño-Oscilação Sul (ENOS) – sendo o El Niño a fase quente do ENOS e La Niña sua fase fria - de grande duração. Enquanto as fases do ENOS têm uma duração média de 6 a 18 meses por fase, totalizando cerca de 3 a 4 anos por ciclo completo, a ODP apresenta um ciclo de 50 a 60 anos, com duração de 25 a 30 anos por cada fase. A fase fria da ODP é caracterizada por uma configuração de temperaturas da superfície (TSM) com anomalias negativas (águas mais frias) no Pacífico Tropical e ao longo da costa das Américas e anomalias positivas nos extratropicais, enquanto sua fase quente apresenta configuração oposta (Figura 1).

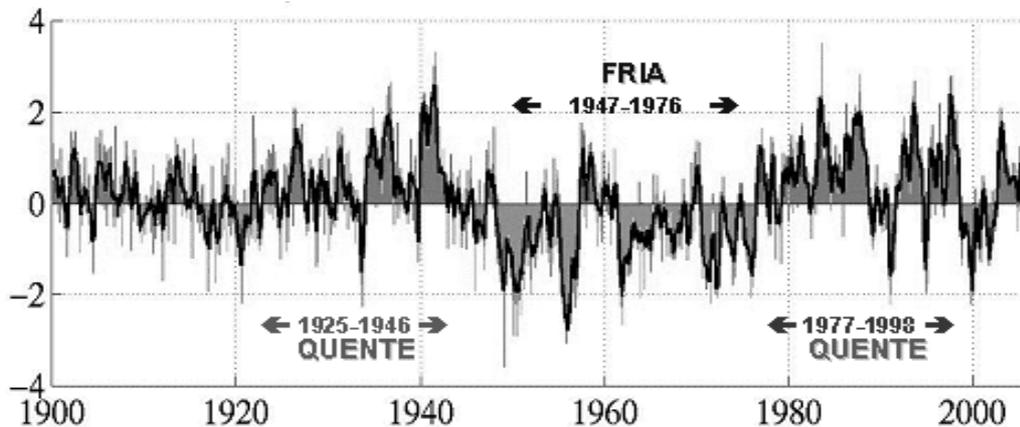


Figura 2 - Série temporal do Índice de ODP (adaptada de Mantua et al, 1997)

A reconstrução dos dados de TSM do Pacífico no Século XX (Figura 2) mostrou que a ODP apresentou pelo menos duas fases quentes distintas, uma entre aproximadamente 1925-1946 e outra entre 1977 e 1998, e uma fase fria entre 1947 e 1976. Considerando que a atmosfera é aquecida por debaixo, ou seja, pela superfície terrestre, que o Pacífico ocupa 35% da superfície, e, ainda, o longo tempo de duração de cada fase da ODP, essas oscilações devem impor um sinal no clima global que seja detectável nas análises. A hipótese utilizada é que o Pacífico, e sua ODP, sejam um dos principais controladores climáticos internos do sistema climático na escala inter-decadal e que essa oscilação explique parte significativa da variabilidade climática observada nos últimos 100 anos.

Neste trabalho, elaboraram-se análises dos climas brasileiros para se estabelecer sua possível ligação com a ODP. Considerando a situação climática global dos últimos 9 anos (1999-2007), sugeriu-se que seus resultados sejam utilizados para se ter a visão futura do clima, requerida para o planejamento de longo prazo das atividades humanas.

DADOS E METODOLOGIA

Uma grande dificuldade para se realizarem estudos climáticos de prazo longo, é a existência de séries temporais longas de variáveis meteorológicas e hidrológicas observadas, não disponíveis ou inacessíveis em muitas partes do Planeta. Assim, o conjunto de dados de Reanálises do NCEP/NCAR (Kalnay et al, 1996), no período 1948 a 2007, embora apresente limitações, torna-se uma fonte atraente para análises de variabilidade temporal e espacial do clima. Esses dados, em pontos de grade espaçados de 2,5° de latitude por 2,5° de longitude, foram utilizados para análises preliminares que tiveram o objetivo de identificar regiões brasileiras em que a variabilidade climática interdecadal tivesse sido mais expressiva ou aparente, e incluíram variáveis, como precipitação, componentes zonal e meridional do vento e TSM, existentes no saite do Earth System Research Laboratory, Physical Science Division, National Oceanic and Atmospheric Administration (ESRL/PSD/NOAA). Em particular, os conjuntos de dados de temperatura e de precipitação, elaborados pela Universidade de

Delaware (UDEL), são dados observados no período 1950-1999 e que foram dispostos em pontos de grade espaçados de $0,5^\circ \times 0,5^\circ$. Dados adicionais de precipitação e de vazão, ou de nível de rio, foram extraídos do saite da Hidroweb, Agencia Nacional de Águas (ANA/BRASIL).

As estações selecionadas cobrem um período mínimo de 50 anos. Os dados de temperatura do ar observados para 6 localidades do Estado do Rio Grande do Sul (Bagé, Passo Fundo, Pelotas, Santa Maria, São Borja e São Luis Gonzaga), cobrindo o período 1913-1998, foram cedidos gentilmente pela Fundação Estadual de Pesquisas Agropecuárias (FEPAGRO/RS).

Quanto aos índices climáticos existentes no saite do ESRL, optou-se por utilizar apenas o IOS e ODP, descritos a seguir. A Oscilação Sul é um fenômeno atmosférico caracterizado pela alternância da pressão atmosférica entre a região do Pacífico Tropical Oriental, próximo à costa da América do Sul, e a do Pacífico Tropical Ocidental, uma região conhecida com a "piscina de água quente", próxima à Indonésia e Norte da Austrália. É um dos principais exemplos de interação oceano-atmosfera, pois, de maneira geral, quando as anomalias de TSM do Pacífico Oriental estão positivas (El Niño), nota-se um abaixamento da pressão atmosférica local e seu concomitante aumento no Pacífico Ocidental, e vice-versa. As variações do campo de pressão, por sua vez, condicionam os ventos e o transporte de umidade.

O sinal da Oscilação Sul é identificado por um índice (IOS) que, por definição e em geral, é negativo durante os eventos El Niño e positivo durante os eventos La Niña. Seu valor numérico aumenta, em módulo, com a intensidade dos eventos. Existem pelo menos três maneiras de se calcular esse índice, e o que consta no saite do ESRL é baseado no método descrito por Ropelewski e Jones em 1987. Já, os índices de ODP, também obtidos no mesmo saite (Figura 2), são a primeira componente da análise de componentes principais das anomalias de TSM do Oceano Pacífico ao norte de 20°N , tomando o cuidado para remover os possíveis sinais de aquecimento global que, eventualmente, possam estar contaminando os dados.

Foram geradas séries de desvios padronizados das variáveis utilizadas com a finalidade de correlacioná-las com os índices climáticos. As correlações foram elaboradas com os aplicativos existentes no próprio saite.

RESULTADOS

Com relação ao clima global, observou-se a curiosa coincidência entre as fases da ODP (Figura 2) e as anomalias da temperatura média global dos últimos 150 anos (Figura 3), elaboradas por Jones et al. (1999). Nessa Figura, vê-se que os dois períodos de aquecimento global, 1925-1946 e 1977-1998, coincidem com as respectivas fases quentes da ODP, enquanto o resfriamento global no período 1947-1976, não explicado pelos defensores do aquecimento global antropogênico, correspondeu à sua fase fria.

Outra conclusão importante é que a frequência de eventos El Niño (La Niña) foi maior durante a fase quente (fria) da ODP (Molion, 2005). Esse aspecto, por si só, já caracterizaria uma mudança climática, pois é aceito, de maneira geral, que os eventos El Niño tendam a produzir excesso de chuvas e inundações nas regiões Sul e Sudeste e secas na Amazônia e Nordeste, enquanto ocorreria o contrário com os eventos La Niña. Entretanto, Siqueira et al (2006) mostraram que essa última afirmação é questionável, pois suas

análises indicaram que os eventos La Niña da fase fria da ODP produziram anos com precipitações abaixo da média de longo prazo para o País de maneira geral.

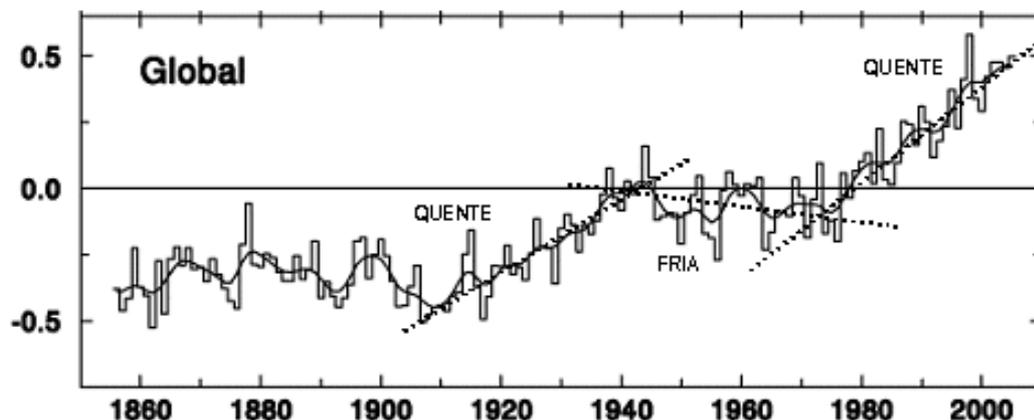


Figura 3 - Desvios anuais da temperatura do ar média global e as fases da ODP (adaptada de Jones et al, 1999)

A correlação espacial entre a precipitação UDEL e o IOS para o período outubro a março, 1950-1999, foi mostrada na Figura 4, onde estão representadas isolinhas de coeficientes de correlação. Na Figura 4a, a correlação entre o IOS e a precipitação foi simultânea. De maneira geral, observaram-se configurações opostas, com coeficientes de correlação positivos no Norte e Nordeste e negativos no Sul e Sudeste, excedendo 0,8 em módulo em algumas localidades, com nível de confiança superior a 99,5%.

Para IOS positivos - geralmente associados aos eventos La Niña - chove acima (abaixo) da média localmente se os coeficientes de correlação forem positivos (negativos). O inverso ocorre para os IOS negativos (El Niño). Na Figura 4b, apresentou-se a correlação entre precipitação observada e IOS adiantado de 6 meses, ou seja, IOS do período abril-setembro. Note-se que os coeficientes de correlação foram superiores a 0,7 em módulo para algumas localidades, com nível de confiança superior a 99,5%.

Isso sugere que o IOS possa ser usado como previsor da estação chuvosa para períodos de antecedência relativamente curtos, que englobe uma safra agrícola por exemplo. Porém, algumas localidades, particularmente partes do Nordeste e do Centro-Oeste (cor branco), apresentaram coeficientes de correlação baixos, sugerindo que a parcela da precipitação local, explicada pelo IOS, seja relativamente pequena, embora estatisticamente significativa.

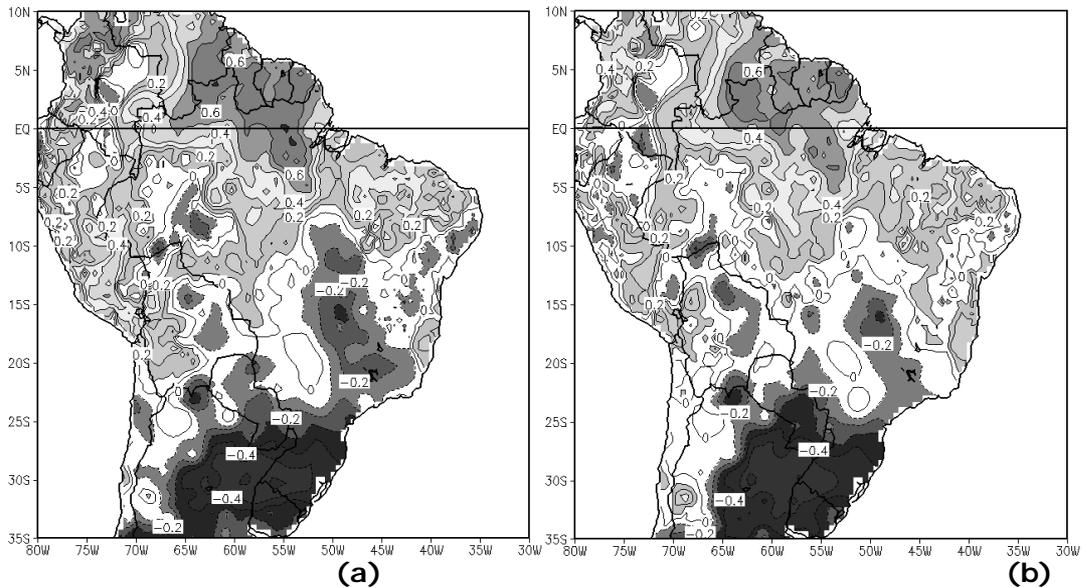


Figura 4. Isolinhas de coeficientes de correlação entre a média de precipitação observada (UDEL) para outubro-março e os índices de IOS (a) simultânea e (b) IOS adiantado de 6 meses, período 1950-1999 (Fonte dos dados: ESRL/PSD/NOAA)

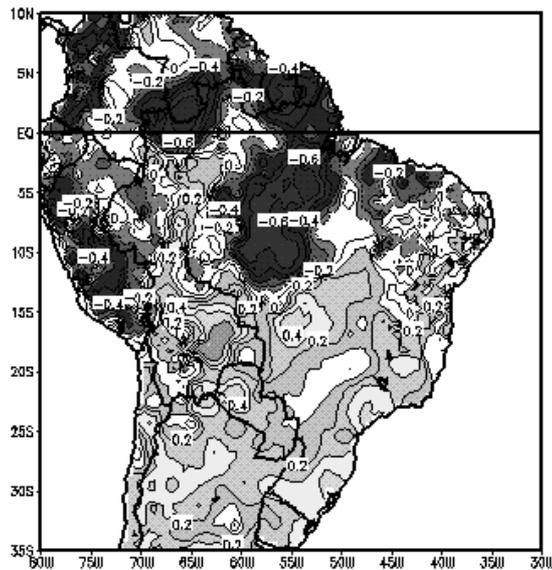


Figura 5 - Isolinhas de coeficientes de correlação entre a média anual da precipitação observada (UDEL) e os índices de ODP, para o período 1950-1999 (Fonte dos dados: ESRL/PSD/NOAA)

Para a visão de prazo mais longo, foi elaborada a correlação espacial entre a média anual da precipitação e os índices anuais de ODP para identificar quais regiões brasileiras responderiam a essa oscilação de baixa frequência. É muito provável que a resposta não seja direta e sim que a ODP altere remotamente (teleconexões), tanto em intensidade como em localização, as estruturas da circulação geral da atmosfera e seus respectivos campos de

pressão atmosférica, de vento e de convergência do fluxo de umidade, relacionados a fenômenos atmosféricos causadores de precipitação sobre o território nacional, como Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), Zona de Convergência da América do Sul (ZCAS) e Alta da Bolívia, por exemplo. Na Figura 5, observa-se que os coeficientes de correlação foram negativos, superiores a 0,8 em módulo, para áreas do noroeste e centro-leste da Amazônia Brasileira e foram positivos e superiores a 0,4 para partes do Sul e Sudeste (litoral) e Centro-Oeste.

Partes da Bolívia e Paraguai, correspondentes às cabeceiras da Bacia do Rio Paraguai, apresentaram coeficientes positivos e superiores a 0,7. Esses coeficientes são estatisticamente significativos a um nível superior a 99,5%. Se os coeficientes de correlação forem positivos significa que, na fase quente (fria), com os índices de ODP positivos (negativos), chove acima (abaixo) da média relativa ao período dos dados Exemplificando, a região aproximadamente entre os paralelos 55°W-60°W e ao norte de 12°S, que engloba a Bacia do Rio Xingú e parte do Tapajós, apresentaram diferenças superiores a 400 mm, acumulados no período outubro-março (Figura 6b), entre as duas fases.

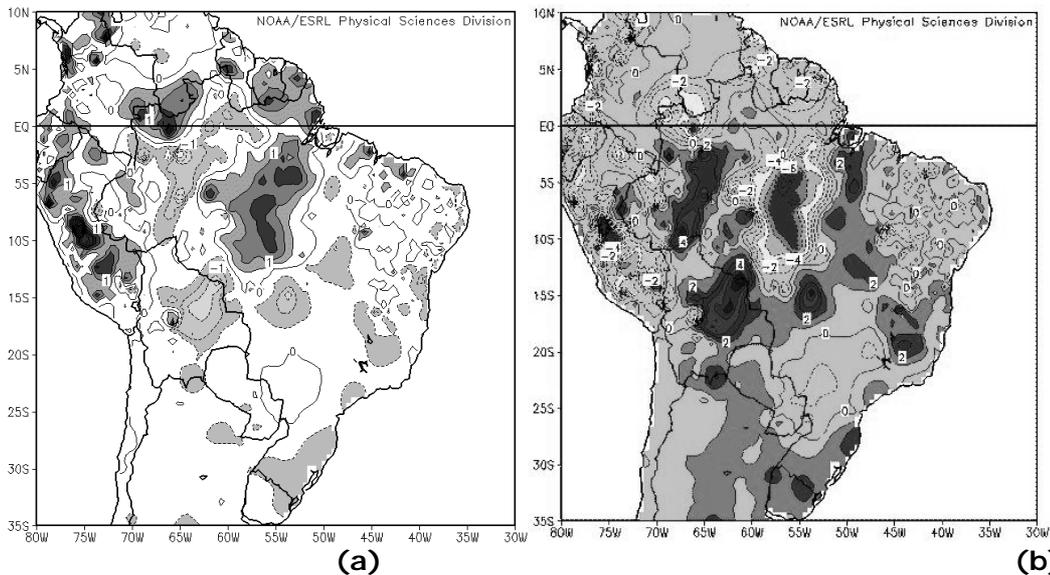
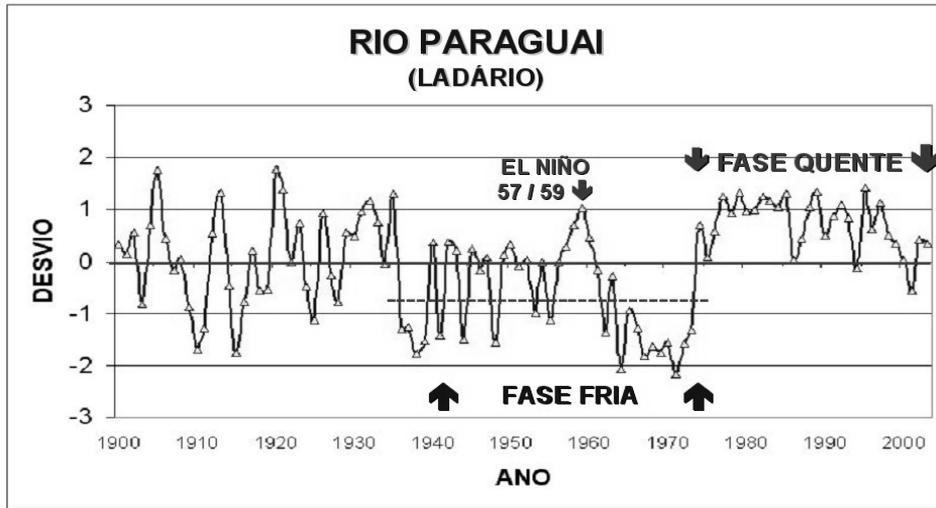


Figura 6 - Desvios de precipitação observada UDEL (cm/mês) para (a) fase fria (1950-1976) com relação à média do período (1950-1999) e (b) para fase quente menos fase fria da ODP para o período outubro-março. (Fonte dos dados: ESRL/PSD/NOAA)

Nas Figuras 6a e 6b foram retratados os desvios (cm/mês) de precipitação média da fase fria (1947-1976) com relação à média do período de observações (1950-1999) e a diferença dos totais pluviométricos médios de outubro a março entre a fase quente e a fase fria, respectivamente. Na Figura 6a, nota-se que os desvios positivos (cor azul) e negativos (cor amarelo) coincidem com áreas em que os coeficientes de correlação foram maiores em módulo (Figura 5). Algumas áreas (cor azul escuro na Figura 6b) da Bolívia e Paraguai, por exemplo, apresentaram diferenças entre 200mm e 400mm para o período outubro-março.

As flutuações do nível do Rio Paraguai (Figura 7) também mostraram sua relação com a ODP, com cotas baixas no período 1947-1976 (fase fria) e altas no período 1977-1998 (fase quente). Clarke et al (2003) analisaram os dados de vazão de 20 postos e de precipitação de 36 postos, localizados na bacia do Rio Paraguai, em território brasileiro, bem como uma série de 95 anos de dados de nível desse rio, em Ladário, e mostraram que a bacia apresentou um regime hidrológico distinto a partir de meados dos anos 1970, com aumento significativo das cotas. Segundo os autores, uma explicação para o incremento das cotas, observadas a partir de 1970, foi o aumento da precipitação, ocorrido na bacia.



FONTES DE DADOS: HIDROWEB / ANA

Figura 7 - Desvios padronizados do nível do Rio Paraguai, em Ladário.

A análise mais detalhada dos dados de precipitação diária de dois postos pluviométricos, com séries relativamente completas, revelou que, quando as cotas do rio estiveram baixas, no período anterior a 1970, as estiagens (dias consecutivos sem chuva) foram mais longas e que, nos dias de chuva, a precipitação média foi inferior ao período pós-1970.

Por sua vez, Tucci (2002) notou que as vazões do Rio Paranapanema, em Rosana, e as do Rio Paraná, em Corrientes, sofreram incrementos de 46,2% e 27,8%, respectivamente, após o início dos anos 1970. O autor atribuiu parte desses incrementos ao aumento de 15% a 17% nos totais pluviométricos sobre as bacias.

Berlato (2007) analisou os desvios dos totais pluviométricos das 6 localidades gaúchas mencionadas, com relação à média do período 1913- 2001, e concluiu que, em geral, foram positivos durante as fases quentes e negativos durante a fase fria. Na Argentina, Barros et al (1996) analisaram dados de 8 postos e mostraram que os totais pluviométricos médios anuais aumentaram de cerca de 850 mm/ano para 1150 mm/ano (aumento de 35%) a partir do início dos anos 1950. Esses autores atribuíram essa tendência positiva à redução do gradiente meridional de temperatura em cerca de 1,5°C. Mencionaram, também, que o centro da Alta Subtropical do Atlântico Sul se deslocou 5° de latitude para o sul de sua posição anterior a 1976.

Um fato digno de nota é que Nordemann (1998) aplicou análise espectral dinâmica à mesma série de níveis do Rio Paraguai, em Ladário, e mostrou que o regime de cotas desse rio apresentou um ciclo de $28,4 \pm 0,77$ anos, muito próximo ao dos períodos das fases fria e quente da ODP (25 a 30 anos). O autor aventou a possibilidade de uma nova mudança de regime em princípios do Século XXI.

Concluiu-se, portanto, a ODP parece ter uma relação sensível com os processos hidrológicos de algumas das bacias do Norte-Centro, do Sul e Sudeste, explicando sua variabilidade, pelo menos em parte. Ou seja, as precipitações e vazões aumentaram na fase quente ODP (1977-1998) e diminuíram em sua fase fria (1947-1976). Uma possível causa física para a redução de totais pluviométricos na fase fria é a redução da convergência do fluxo de umidade sobre essas regiões. A análise das componentes zonal e meridional do vento ao nível de 850 hPa sobre a região central da América do Sul, em torno de 15°S - 20°S e 50°W - 55°W , mostrou que ambas se enfraqueceram durante a fase fria. De outubro a maio, os ventos de leste sofreram uma redução de cerca de 1,5 m/s, enquanto os de norte de 0,5, m/s, em média. Em adição, as TSM do Atlântico Sul estiveram $0,5^{\circ}\text{C}$ mais baixas, em média, durante a fase fria relativas às da fase quente da ODP. Essas mudanças provocaram uma redução no transporte de umidade para a região central do continente e enfraquecimento da convergência do fluxo de umidade, com conseqüente redução de precipitação. A ZCAS também esteve posicionada mais ao norte de sua posição durante a fase quente.

Os invernos foram mais frios e ocorreram períodos frios relativamente mais longos durante a fase fria da ODP. As médias das temperaturas mínimas das 6 localidades gaúchas, para o período junho-agosto, apresentaram diferenças negativas inferiores a 1°C em módulo entre a fase fria e a quente. Em adição, os meses de outubro e novembro registraram diferenças de até 2°C nas médias das mínimas, indicando que esses meses foram mais frios durante a fase fria. Ou seja, as incursões de ar frio de origem polar foram mais freqüentes em outubro e novembro, prolongando o período de inverno na fase fria.

CONCLUSÃO

Na Figura 8, foram mostradas as anomalias de TSM do Pacífico para o período dos últimos 9 anos (1999-2007) com relação à fase quente da ODP. Observa-se que as configurações estão começando a se assemelhar às da última fase fria da ODP (comparar com a Figura 1a), indicando que o Pacífico já esteja em uma nova fase fria. Há, porém, um possível agravante! Contrariamente ao que ocorreu naquele período, o Sol estará entrando num período de baixa atividade, um novo mínimo do Ciclo de Gleissberg - ciclo solar cuja duração média é de 90 anos. Observações por satélites mostraram que os valores de radiação solar, no mínimo do último ciclo de 11 anos de manchas, em 2006 ($1365,3 \text{ Wm}^{-2}$), ficaram abaixo dos mínimos dos dois ciclos anteriores. A variação da atividade solar dos últimos 300 anos sugere que, nos próximos dois ciclos de manchas solares, ou seja, até cerca do ano 2030, a atividade solar seja comparável às primeiras duas décadas do Século XX. Portanto, com o Pacífico em uma nova fase fria e a atividade solar mais baixa, é muito provável que as condições climáticas globais entre 1947-1976 venham a se repetir qualitativamente, ou seja, um arrefecimento global nas próximas duas décadas, semelhante ao que

ocorreu na fase fria anterior (ver Figura 3). E, ainda, que freqüência de eventos La Niña venha a aumentar. Porém convém lembrar que os La Niña da fase fria anterior não produziram totais pluviométricos superiores à média de longo prazo na Amazônia e Nordeste, como os que ocorreram nos respectivos eventos da fase quente da ODP.

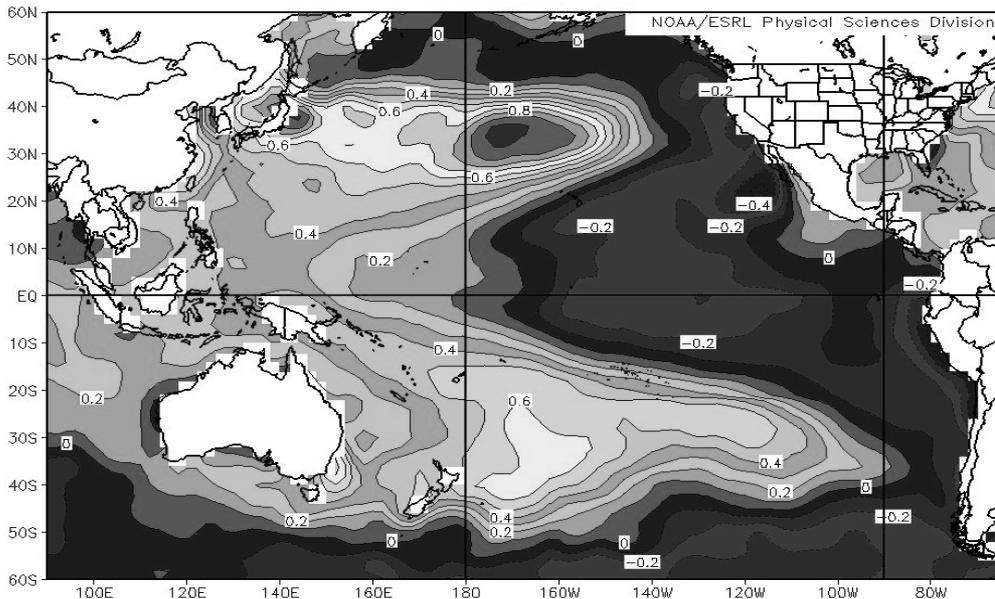


Figura 8 - Anomalias da temperatura da superfície do Pacífico no período 1999-2007 (em °C), com relação à média da fase quente da ODP (1977-1998). (Fonte dos dados: ESRL/PSD/NOAA)

As análises do período da fase fria da ODP mostraram que, de maneira geral, as condições climáticas não foram favoráveis para o Brasil. As chuvas e vazões se reduziram em cerca de 10% a 30% em todo o País, resultando em deficiência hídrica para abastecimento de populações e geração de energia elétrica, particularmente nas Regiões Sul e Sudeste. Entretanto, a área brasileira mais afetada parece estar compreendida por partes do sudeste do Pará, norte de Tocantins, sul do Maranhão e oeste do Piauí, a região sudeste da Amazônia, que é a fronteira agrícola ou de expansão da soja e, possivelmente, futura zona canvieira. Essa região apresentou uma redução média de até cerca de 500mm por ano (decréscimo de 25%) em seus totais pluviométricos. Em adição, o Sul e Sudeste sofreram um aumento na freqüência de massas de ar polar intensas (geadas fortes) nos invernos da fase fria, fato que contribuiu decisivamente para a erradicação do cultivo do café no Paraná, por exemplo. Sugere-se, portanto, que resultados de estudos diagnósticos, locais e regionais, e cenários climáticos globais obtidos da fase fria da ODP (1947-1976) sejam utilizados, ou diretamente ou como condições iniciais nos MCG, para se estimar a evolução do clima, seguramente mais confiável, nas próximas duas décadas. Por sua vez, a previsão mais confiável contribuirá para um melhor planejamento das atividades humanas, necessário para se atingir índices de desenvolvimento humano e econômico superiores aos atuais no futuro próximo.

BIBLIOGRAFIA

BARROS, V.R.; CASTAÑEDA M.; DOYLE, M. 1996. Recent precipitation trends in Southern South America to the east of the Andes: an indication of a mode of climate variability. In: **Greenhouse Gas Emission under Developing Countries Point of View**, L.P. Rosa and M.A. Santos (Eds) COPPE, UFRJ, Rio de Janeiro (RJ), Brazil, pp 41-67.

BERLATO, M.A., 2007. Comunicação pessoal

CLARKE, R.T.; TUCCI, C.E.M.; COLLISCHONN, W., 2003. Variabilidade temporal no regime hidrológico da Bacia do Rio Paraguai, Rev. Bras. Rec. Hidric., 8 (1).

COMPAGNUCCI, R.H.; AGOSTA, E.A.; VARGAS, W.M. , 2002. Climate change and quasi-oscillations in Central-West Argentina summer precipitation: main features and coherent behavior with Southern African region. *Climate Dynamics*, v. 18, p.421- 435.

ESRL/PSD/NOAA, 2008. Dados de Reanálises, Earth System Research Laboratory, Physical Sciences Division, NOAA, disponíveis em <http://www.cdc.noaa.gov>.

HIDROWEB, Sistema de Informações Hidrológicas, mantido pela Agência Nacional de Águas (ANA), Brasil. <http://hidroweb.ana.gov.br>

JONES, P.D.; NEW, M.; PARKER, D.E.; MARTIN S.; RIGOR, I. G., 1999. Surface air temperature and its changes over the past 150 years. *Rev. Geophys.* 37: 173-199.

KALNAY, E. AND CO-AUTHORS, 1996. The NCEP/NCAR Reanalysis 40-year Project. *Bull. Amer.Meteor. Soc.* 77:437-471.

MANTUA, N.J; HARE, S.R.; ZHANG, Y.; WALLACE, J.M.; FRANCIS, R.C., 1997. A Pacific interdecadal climate oscillation with impacts on salmon production. *Bull. Amer. Meteor. Soc.*, v. 78, p. 1069-1079.

MOLION, L.C.B., 2005. Aquecimento global, El Niños, manchas solares, vulcões e Oscilação Decadal do Pacífico. *Climanálise 8* (agosto), disponível em <http://www6.cptec.inpe.br/revclima/revista>

NORDEMANN, D.J.R.,1998. Periodicidades, tendências e previsão a partir da análise espectral dinâmica da série dos níveis do Rio Paraguai, em Ladário (1900/1995). *Pesq. Agropec. Bras.*, N° Especial, p.1787-1790, EMBRAPA, Brasil.

SIQUEIRA, A. H. B., et al., 2006. Impactos do ENOS no Norte e Nordeste Brasileiros e sua relação com a Oscilação Decadal do Pacífico, *Anais do XIV Congresso Brasileiro de Meteorologia, SBMET*, 26 novembro a 1 dezembro, Florianópolis (SC).

SIQUEIRA, A. H. B; SOUZA, L.O; BARRETO, N.J; MOLION, L.C.B., 2007. Impactos da variabilidade climática no cultivo de soja no leste da Amazônia. *Anais do XV Congresso Brasileiro de Agrometeorologia, SBA*, 02 a 05 de julho, Aracaju (SE).

TUCCI, C.E.M., 2002. Impactos da Variabilidade Climática e do Uso do Solo nos Recursos Hídricos, 150 p., Câmara Temática de Recursos Hídricos, Agência Nacional de Águas (ANA), Brasil