

ESTUDOS DE TELECONEXÕES ATMOSFÉRICAS E POSSIBILIDADES DE AVANÇOS NA CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA: CONCEITOS, FONTES DE DADOS E TÉCNICAS.¹

LIMBERGER, Leila – leilalim@yahoo.com.br
Doutora – Professora Adjunta da Universidade Estadual do Oeste do Paraná

RESUMO: A utilização do conceito de teleconexões atmosféricas pela Climatologia Geográfica permite análise do globo como um todo complexo. Isso porque com o conceito de teleconexões compreende-se que alterações na interação oceano-atmosfera podem se deslocar por meio de ondas planetárias e atingir outros locais do globo (por exemplo, o fenômeno El Niño - Oscilação Sul). Para estudos utilizando-se do conceito de teleconexões atmosféricas são necessários dados globais de componentes atmosféricas, que podem ser obtidos a partir de download de conjuntos de dados disponibilizados por centros de pesquisas meteorológicas. Esses dados são interpolados em grades regulares, resultados de reanálises e/ou de modelos numéricos. Há também a disponibilização de softwares gratuitos adequados para o tratamento dos dados, com a possibilidade de utilização de pacotes estatísticos específicos. Dentre as principais vantagens da utilização de dados globais interpolados em grade espacialmente regular estão a possibilidade de espacialização dos dados em escala global, análise de padrões espaciais característicos, a longevidade e ausência de falhas nas séries temporais, o grande número de variáveis atmosféricas disponíveis (no caso dos conjuntos de reanálise) e a consistência temporal e espacial dos dados.

PALAVRAS-CHAVE: tele conexões atmosféricas; dados interpolados espaçados regularmente; dados meteorológicos globais.

ATMOSPHERIC TELECONNECTIONS RESEARCH AND POSSIBILITIES OF ADVANCES IN WEATHER CONDITIONS GEOGRAPHIC: CONCEPTS, SOURCES AND TECHNIQUES

ABSTRACT: Atmospheric teleconnections concept used by Geographic Climatology allows global analysis as a "complex whole". That is possible as teleconnection concept understand that changes in ocean-atmosphere interaction may move through planetary waves and reach other places in globe (for example, the El Niño – Southern Oscillation phenomenon). In studies using atmospheric teleconnections concept are necessary global dataset of atmospheric components, obtainable from meteorological research centers. This data are regular gridded interpolated as a result of reanalysis and/or numeric modeling. They are also available free software that allow the appropriate data treatment, with the possibility of using specific statistical packages. The main advantages of using interpolated gridded dataset are the data spatialization in a global scale, analysis of characteristic spatial patterns, longevity and absence of failures in time series, the number of atmospheric variables available (in case of reanalysis dataset) and the temporal and spatial consistency of the data.

KEY-WORDS: atmospheric teleconnections; regularly spaced interpolated dataset; global meteorological dataset.

1 INTRODUÇÃO

Na atual fase de desenvolvimento da Climatologia Geográfica a possibilidade de se entender a atmosfera como um todo complexo torna-se possível devido ao aprimoramento dos meios de obtenção e distribuição de imagens de satélites, softwares livres e computadores com adequada capacidade de processamento. É

¹ Esta comunicação tem como base a tese da autora, intitulada "Variabilidade da vazão de regiões homogêneas da bacia hidrográfica amazônica brasileira: teleconexões com a temperatura da superfície do mar (TSM) de 1976-2010".

possível desenvolver, nesta linha teórica, pesquisas que visam entender o Sistema Superfície-Atmosfera tanto em seus aspectos médios quanto em sua variabilidade. Assim, é possível melhorar a compreensão do nível escalar macroclimático a partir dessas fontes de dados e técnicas.

O uso de dados globais e dados de sensoriamento remoto em estudos meteorológicos data da década de 1960, tendo sido de grande valia para estudos do clima tropical e de latitudes médias. Foi possível identificar padrões de circulação, bem como algumas oscilações (MADDEN e JULIAN, 2012). O acesso aos dados globais, imagens de satélite, no entanto, era bastante limitado devido a questões próprias do desenvolvimento da tecnologia.

Atualmente, com a internet, a popularização dos computadores pessoais e, também, devido a políticas de órgãos governamentais em disponibilizar dados ambientais para os mais diversos usos, o acesso ao resultado do avanço científico tornou-se mais simplificado.

Identifica-se, porém, que não somente avanços da coleta e distribuição de dados globais, na capacidade de processamento dos computadores e nas técnicas a serem empregadas são necessários para o avanço da Climatologia Geográfica, mas sim avanços teóricos. Segundo Monteiro (1991, p. 56) há de se considerar, que é importante não somente um "aprofundamento e multiplicação das análises, mas, sobretudo, uma reformulação teórica condizente com o novo espírito científico". Assim, apresenta-se o conceito de teleconexões atmosféricas, utilizado na Meteorologia desde a década de 1930, porém mais amplamente a partir da década de 1980 (BRIDGMAN e OLIVER, 2006). Acredita-se que a partir da incorporação do conceito de teleconexões pela Geografia é possível um aprofundamento teórico quanto aos estudos climáticos em nível escalar macroclimático. O conceito de teleconexões e algumas possibilidades de estudo serão discutidas no item 2 deste artigo.

A proposição de incorporação de conceitos de outras ciências se fundamenta pela compreensão de que novos conceitos científicos surgem no atual estágio de desenvolvimento da sociedade, dentre os quais a complexidade e a transdisciplinaridade e "nenhuma postura investigadora parece ser mais acertada do que a busca de uma nova razão para um novo conhecimento" (SANT'ANNA NETO, 2001, p. 54). Portanto, uma aproximação da Geografia com a Meteorologia, a Física, a Biologia, dentre outras ciências, para tentar aprofundar os conhecimentos sobre os padrões climáticos, suas anomalias e a eles dar sentido, é de grande valia nesse momento de rediscussão da Climatologia Geográfica.

Porém, Sant'Anna Neto (2001, p. 55) chama a atenção para as dificuldades encontradas pelos geógrafos em se apropriar das novas tecnologias do mundo moderno, em especial as utilizadas pelos meteorologistas, apesar da necessidade de tentativas de tal incorporação devido à necessidade de se obter "novas respostas para as novas questões colocadas neste início de um novo século".

Para Cunha e Vecchia (2010, p. 7) o grande desafio da Climatologia Geográfica atualmente é "incorporar o raciocínio integrado, conjunto e total do espaço à climatologia dinâmica para que, obviamente a partir de uma base de dados confiável e abrangente, sejam possíveis análises climáticas coerentes e que representem avanços significativos nos estudos climatológicos".

Desta forma, o presente artigo busca apresentar fontes de dados e técnicas que possibilitem uma análise geográfica do clima onde seja possível a compreensão do sistema Superfície-Atmosfera, por meio do conceito de teleconexões. Denota-se uma abordagem macroescalar, mesmo que estes conjuntos de dados e técnicas

possam ser utilizados em outros níveis escalares. Busca-se, também, uma aproximação com os avanços da Meteorologia, numa tentativa de incorporá-los à uma discussão geográfica.

2 TELECONEXÕES OCEANO-ATMOSFERA: UMA APROXIMAÇÃO TEÓRICA PARA OS ESTUDOS DE VARIABILIDADE CLIMÁTICA

Teleconexão refere-se a um "recorrente e persistente padrão de anomalia de pressão e circulação de grande escala que cobre vastas áreas geográficas. Padrões de teleconexão são também conhecidos como modos preferenciais de variabilidade de baixa frequência" (AMBRIZZI, 2003, p. 1), ou seja, que não ocorrem frequentemente. Bridgman e Oliver (2006) conceituam teleconexão como um termo que descreve a propensão de padrões de circulação atmosférica serem correlatos, direta ou indiretamente, sobre áreas amplas e não contíguas espacialmente.

Os padrões de teleconexão são, normalmente, de escalas planetárias, envolvendo oceanos e continentes, cobrindo distâncias da ordem de 10^3 km e apresentam estruturas de padrões de onda geograficamente dependentes (GRIMM e AMBRIZZI, 2009).

O Sistema Superfície-Atmosfera (ou sistema climático) é composto por cinco elementos básicos, sendo: a atmosfera, o oceano, a criosfera, os continentes com sua hidrologia e biosfera, todos interagindo em processos de retroalimentação positiva ou negativa (KAGAN, 1995). Dentre esses elementos, os oceanos se destacam por cobrirem a maior parte da superfície terrestre e participarem de forma significativa no armazenamento e trocas energéticas com a atmosfera, especialmente. "Todas as escalas de movimentação atmosférica são envolvidas pela transferência de energia entre oceano e atmosfera, e por isso muitos fenômenos atmosféricos são respondidos, direta ou indiretamente, pela temperatura da superfície do mar" (WELLS, 1998, p. 320).

Portanto, compreender anomalias de Temperatura da Superfície do Mar (TSM) torna-se chave para compreender fenômenos atmosféricos, já que o oceano é o grande responsável pela variabilidade climática da circulação atmosférica, seja nos trópicos ou nas altas latitudes. As alterações de TSM e seus reflexos na atmosfera podem se constituir tanto de interações ar-mar anômalas ou mudanças sazonais da quantidade de energia, "todavia, uma vez que um evento de interação ar-mar é desenvolvido, o oceano tenderá a manter o padrão por um período de um a alguns meses. Assim, a atmosfera inicia a anomalia, enquanto que o oceano tende a fazê-la persistente" (WELLS, 1998, p. 326).

Alterações na TSM podem influenciar anomalias dos elementos atmosféricos em locais bastante distantes da anomalia oceânica original, ou podem ainda ter efeitos globais. Mas os padrões de variabilidade de TSM nas escalas interanuais ou maiores é resultado de uma combinação de processos atmosféricos e oceânicos (DESSER et al., 2010).

Analisando-se a questão atmosférica deve-se considerar a velocidade do vento, nebulosidade e umidade como reguladores da troca de energia com a superfície do mar. Já quando se analisa o oceano, o transporte de calor pelas correntes marítimas, a mistura vertical e profundidade da camada limite afetam a TSM (DESSER et al., 2010).

Os estudos de teleconexão têm evoluído combinados com a evolução da termodinâmica, da computação, da coleta e armazenamento de dados meteorológicos e, especialmente, com a maior compreensão sobre a propagação de ondas planetárias.

Os principais padrões de variabilidade de baixa frequência conhecidos são o El Niño/Oscilação Sul (ENOS), Oscilação Decenal do Pacífico (ODP), Gradiente Meridional do Atlântico Tropical, Oscilação do Atlântico Norte (OAN), Modo Anular do Sul (SAM), dentre outros (AMBRIZZI, 2003).

Os padrões de teleconexões atuam, portanto, alterando os componentes característicos dos climas globais e, para a Geografia, estudos de variabilidade são essenciais, já que, normalmente, são os desvios em relação à média que atingem negativamente a sociedade. Tavares (2001) afirma que a variabilidade é inerente ao clima. Já Ribeiro (1996, p. 72) argumenta que

A variabilidade é uma característica inerente aos fenômenos meteorológicos. Nenhum deles existe e atua isoladamente. Eles resultam de múltiplas interações entre si e de interações com o meio geográfico. Qualquer modificação inicial em um deles desencadeia modificações nos demais, que acabam por repercutir no meio físico e biológico.

Monteiro (1991, p. 53-56), quando discute os trabalhos de Nobre e Moura e Kousky, ambos nos Anais do Congresso da Organização Meteorológica Mundial (OMM) de 1984 enfatiza a importância do estudo da variabilidade climática. Os autores apresentados por Monteiro afirmam que o El Niño, um dos principais causadores de variabilidade climática no globo, nunca poderá ser entendido somente como causalidade, pois "se expressa num quadro conjuntivo ou sincrônico à escala planetária, num raciocínio ao qual ainda não estamos acostumados" (MONTEIRO, 1991, p. 56). Mesmo essa frase de Monteiro tendo sido dita em 1991 acredita-se que ainda seja verdadeira para o atual estágio da ciência geográfica brasileira, sendo necessários esforços para passarmos a entender fenômenos atmosféricos como componentes de um complexo sistema global.

Entre possibilidades de estudos sobre teleconexões pela Geografia destaca-se a compreensão de como os padrões de variabilidade de baixa frequência atingem diferentes regiões no globo. Há uma série de estudos neste sentido, porém persistem lacunas sobre como os padrões de teleconexões atuam sobre diferentes locais ou regiões, já que os estudos existentes até então versam sobre os padrões regionais de impactos das anomalias, especialmente considerando o ENOS. O que verifica-se, no entanto, é que não somente o ENOS interfere na variabilidade climática de um determinado espaço geográfico, mas também outros padrões de anomalias. Por isso, estudos mais pormenorizados podem identificar quais e como diferentes padrões de teleconexões atuam sobre diferentes localidades, oferecendo subsídios para previsão de tempo e clima que podem ser empregados para o planejamento de atividades agrícolas e urbanas.

3 PRINCIPAIS FONTES DE DADOS METEOROLÓGICOS GLOBAIS

A aquisição de dados meteorológicos interpolados para grades regulares, por meio de processos simples de *download* a partir de centros de pesquisa mundiais, pode contribuir para avanços nas pesquisas em Climatologia (DEE et al., 2016), especialmente no Hemisfério Sul, onde as séries de dados observados são, em sua maioria, curtas, com muitas falhas e pouco densas espacialmente. Além disso, há relatos de problemas com estações meteorológicas, tais como equipamentos instalados em locais inadequados, problemas de manutenção e calibragem de equipamentos, etc. (LEIVAS et al, 2011; VAREJÃO-SILVA, 2006). Outro aspecto positivo do uso de dados padronizados é a possibilidade de caracterização climática espacialmente regular, já que problemas de falhas e/ou densidade espacial irregular são resolvidos com procedimentos estatísticos adequados aplicados aos dados.

Os dados interpolados para grades regulares podem se referir a conjuntos de reanálise, obtidos por sensoriamento remoto ou dados de previsão de tempo ou climática obtidos de modelagem numérica (FASULLO, 2012).

Reanálises são tentativas de se produzir conjuntos de dados para estudos climáticos e de tempo. São produzidos por grandes centros de pesquisa meteorológica, como os americanos NOAA (*National Oceanic and Atmospheric Administration*) e NASA (*National Aeronautics and Space Administration*), o europeu ECMWF (*European Centre for Medium-Range Weather Forecast*) e o japonês JMA (*Japan Meteorological Agency*) (FASULLO, 2012).

Conjuntos de reanálises são constituídos por dados provenientes de modelagem numérica. Estes conjuntos constituem matrizes de dados do tempo inicial utilizadas em cada uma das previsões numéricas de tempo elaboradas, o que é feito através de integrações matemáticas no tempo. Antes de ser informado ao modelo numérico, o conjunto de dados observados em superfície e altitude (obtidos através de estações meteorológicas convencionais, automáticas, sondagem vertical, boias em oceanos, sensoriamento remoto, etc.) são consistidos com a aplicação de técnicas estatísticas e, interpolados para a grade do modelo usado. Após este procedimento de consistência e interpolação de dados, comumente chamado de inicialização, o modelo numérico é executado em horários específicos, gerando as previsões de tempo (DEE et al., 2016). A execução do modelo numérico para períodos pretéritos, com o uso das observações passadas, requer o uso de condições iniciais geradas anteriormente. Como cada centro tem seu próprio modelo numérico operacional, sendo que os conjuntos de reanálise apresentam diferenças entre si, o que leva à realização de inúmeros estudos de comparação entre conjuntos distintos de reanálise (TRENBERTH et al., 2005; TRENBERTH et al., 2011; FASULLO, 2012). Sendo os modelos executados para períodos passados relativamente extensos, pode-se gerar conjuntos de dados que permitam a realização de análises climáticas diagnósticas com base em dados regularmente espaçados.

Portanto, um conjunto de dados de reanálise é gerado pela combinação de um esquema de assimilação de dados coletados e um modelo numérico de previsão de tempo. Com estes procedimentos, cria-se uma matriz de dados regularmente espaçados que representa uma estimativa consistente do estado atmosférico para cada ponto de grade, em cada instante de tempo (DEE et al., 2016).

A reanálise atmosférica NCEP/NCAR I (do NOAA), elaborada nos anos 1990, é considerada a primeira geração desse tipo de produto. À essa reanálise não foram

assimilados dados de vapor d'água do sensor especial imageador de microondas (*Special Sensor Microwave Imager - SSM/I*) (TRENBERTH et al., 2005) nem foram utilizados canais de infravermelho para vapor d'água de outros satélites e não há informação sobre umidade sobre os oceanos (TRENBERTH et al., 2005 e 2011). Por esses motivos, há problemas envolvendo variabilidade espacial e temporal (especialmente a sazonalidade) dos dados, bem como valores de transporte de umidade muito baixos, na maioria das vezes (TRENBERTH et al., 2005 e 2011). O conjunto de dados NCEP/NCAR I (KALNAY et al., 1996) estão dispostos em grade regular com espaçamento em longitude e latitude de 2,5 graus. Este conjunto de dados apresenta mais de duas dezenas de variáveis, em 17 níveis de pressão, com resolução temporal de seis horas, de 1948 até o presente. Os dados estão também disponíveis para as resoluções diária e mensal, em arquivos diferentes. Podem ser acessados pelo site <<http://www.esrl.noaa.gov/psd/data/gridded/data.ncep.reanalysis.html>>.

Zveryaev e Chu (2003) analisaram dados de chuva do NCEP/NCAR I para os períodos de 1979 a 1998 e de 1948 a 1998 e identificaram que o padrão de variabilidade dominante tem características espúrias quanto à tendência.

Trenberth e Guillemot (1998) analisaram a reanálise NCEP/NCAR I e identificaram problemas importantes, tais como "olhos de peixe" em estações em ilhas isoladas, indicando uma grande influência do modelo e problemas com os dados iniciais e parametrizações do modelo numérico.

Visando incrementar a reanálise NCEP/NCAR I foi desenvolvido o projeto NCEP/NCAR II (ou NCEP-DOE), que resolve alguns problemas, mas continua apresentando uma série de outros, ligados principalmente aos componentes relacionados ao vapor d'água (TRENBERTH et al., 2005).

A segunda geração de reanálises, desenvolvidas já nos anos 2000, tem dois principais produtos: o ERA-40 (do ECMWF) e o JRA-25 (reanálise da JMA, integrando 25 anos de dados). Apesar de terem apresentado melhorias, problemas quanto ao vapor d'água persistem nessas reanálises (FASULLO, 2012).

A partir de 2010 alguns projetos de reanálise (que podem ser chamados de terceira geração) apresentaram melhorias quanto a resolução, inicialização e técnicas de assimilação dos dados, além de incorporar mais faixas espectrais das informações provenientes de satélites meteorológicos e apresentar melhorias nos modelos. Dentre as reanálises da assim chamada terceira geração despontam a CFSRR (*NCEP Coupled Forecast System Reanalyses and Reforecast*) (SAHA et al., 2010), o MERRA (*NASA's Modern Era Retrospective Analysis for Research and Applications*) (RIENECKER et al., 2011) e o Era-Interim (do ECMWF) (SIMMONS et al., 2007).

Admite-se que todos os dados de reanálise não conseguiram ainda superar as limitações relativas aos dados de umidade (FASULLO, 2012; TRENBERTH et al., 2011), o que dificulta estudos de aspectos hidrológicos, especialmente quanto à tendência e variabilidade.

Outra forma pela qual centros de pesquisa disponibilizam dados em grades regulares é a partir de modelos que combinam dados obtidos por satélite e/ou outras diversas fontes de dados, aos quais são aplicados algoritmos que estimam os valores para grades espaciais fixas pré-definidas (YIN et al., 2004; FASULLO, 2012). Os principais exemplos desse formato são o GPCP (*Global Precipitation Climatology Project*) (ADLER, et al., 2003), GPCC (*Global Precipitation Climatology Centre*) (SCHNEIDER et al., 2013) e o CRU (*Climate Research Unit*) (BROHAN et al., 2006). Pesquisadores do *Global Precipitation Climatology Centre* (GPCC)

reconstruíram dados observados de precipitação mensal global para uma grade espacialmente regular, com resolução espacial de 0,5 grau, de 1910 a 2010. A reconstrução foi realizada com base em 13 métodos estatísticos diferentes, que podem ser verificados no site <<http://www.esrl.noaa.gov/psd/data/gridded/data.gpcc.html>> (SCHNEIDER et al., 2011). O *Climate Research Unit* (CRU), ligado ao instituto *British Atmospheric Data Centre* (BADC), constitui conjunto de dados obtido a partir de observações, bastante usado pela comunidade científica. É composto por dados de temperatura do ar em superfície (mínima e máxima) e precipitação, com resolução espacial de 0,5 grau, tanto em latitude quanto em longitude, de 1910 a 2010. A máxima resolução temporal deste conjunto de dados é mensal. Pode tanto ser obtido pelo site do ESRL/NOAA como pelo <https://badc.nerc.ac.uk/data>, após cadastro (BROHAN et al., 2006).

Também podem ser utilizados dados gerados a partir de resultados de assimilação por modelos, dentre os quais se destacam atualmente o CMIP3 (Coupled Model Intercomparison Project phase 3) (MEEHL et al., 2007), GFS Model Output (Global Forecast Service) e GHCN-3 (*Gridded Land Precipitation and Temperature Anomalies*).

Qualquer um desses conjuntos de dados pode ser utilizado para uma grande quantidade de estudos que buscam analisar a variabilidade temporal ou espacial de variados fenômenos atmosféricos, tendências, médias, etc.. Gulizia e Camiloni (2015) analisaram o comportamento mensal da chuva na América do Sul segundo três conjuntos de dados (CRU, GPCC e da Universidade de Delaware - UDel) e verificaram que de forma geral há pequenas variações entre eles, que não são estatisticamente significativas.

Além dos conjuntos de dados mencionados aqui, há muitos outros usados pela comunidade científica, além de fontes de dados observados em estações meteorológicas monitoradas por agências regionais, estaduais e nacionais. Pode-se citar, como exemplos, os dados disponibilizados pela Agência Nacional de Águas (ANA) por meio do seu sistema Hidroweb, que agrega dados de diversas fontes nacionais e regionais, além do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), sistemas estaduais e até mesmo empresas e órgãos públicos ou privados.

Há também a disponibilização de softwares livres com uma série de aplicações estatísticas para o adequado uso dos dados interpolados para grades regulares. Destaca-se os softwares *Grid Analysis and Display System* (GrADS) e *NCAR Command Language* (NCL), que disponibilizam tutoriais e scripts que podem impulsionar sobremaneira os estudos em climatologia geográfica.

É importante ressaltar que há um grande número de técnicas estatísticas que podem ser utilizadas para estudos de teleconexões globais com uso de dados globais em grade regular. Cita-se a correlação linear (tanto em respostas numéricas quanto em mapas de correlação linear), elaboração de mapas com componentes médios que permitam a análise termodinâmica ou de ligação física entre fenômenos, análise de ondeletas (ou *wavelets*). Cabe ao pesquisador identificar quais técnicas são adequadas ao seu objetivo de estudo.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Mesmo disponíveis desde a década de 1960, somente nos últimos anos o avanço da tecnologia permitiu o acesso a imagens de satélite, bem como a conjuntos de dados meteorológicos. A disponibilização de tais dados pode ser significativa no avanço dos estudos da climatologia, pois permite uma melhor compreensão do sistema Superfície-Atmosfera em nível global.

As vantagens mais importantes apresentadas pela utilização de dados globais interpolados em grade espacialmente regular podem ser elencadas como: a possibilidade de espacialização dos dados de forma relativamente simples, inclusive em nível global e, portanto, a análise de padrões espaciais característicos; a longevidade e ausência de falhas nas séries temporais; o grande número de variáveis atmosféricas disponíveis (no caso dos conjuntos de reanálise) e a consistência temporal e espacial dos dados; a resolução temporal, de horária a anual (DEE et al., 2016). Outra vantagem em se utilizar dados padronizados é a possibilidade de comparação com outras fontes, permitindo a realização de estudos de confiabilidade entre diferentes fontes.

Além do mais, o uso desses dados pode diminuir o tempo dispendido em uma pesquisa com o árduo trabalho de coleta e organização de dados observados em estações meteorológicas. Com isso, a ciência pode avançar em termos de qualidade das análises dos resultados das pesquisas.

Os estudos sobre teleconexões, importantes para estudos de variabilidade climática, requerem dados globais, já que alterações nas condições de temperatura da superfície do mar podem causar, por meio de propagação de ondas atmosféricas, anomalias climáticas em locais não contíguos.

A incorporação de conceitos e técnicas provenientes da Meteorologia para a Climatologia Geográfica requer reflexão sobre como fazê-lo, respeitando as peculiaridades da Geografia. Mas há de se ter em mente que tal processo, apesar de exigir esforços por parte dos geógrafos, pode contribuir para que a pesquisa geográfica possa compreender os aspectos climáticos expressos hoje, mais do que nunca, em escala global.

5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADLER, R.F.; KIDD, C.; PETTY, G.; MORISSEY, M.; GOODMAN, M. Intercomparison of Global precipitation products: the third precipitation intercomparison project (PIP-3). *Bulletin of the American Meteorological Society*. Vol. 82, n. 7, p. 1377-1396, 2001.

AMBRIZZI, T. *El Niño/Oscilação Sul e teleconexões atmosféricas no hemisfério austral*. São Paulo: USP/IAG, 2003. (Tese de Livre-Docência).

BRIDGMAN, H.A.; OLIVER, J.E. *The global climate system: pattern, processes, and Teleconnections*. Cambridge: Cambridge University Press, 2006

BROHAN, P.; KENNEDY, J.J.; HARRIS, I.; TETT, S.F.B.; JONES, P.D. Uncertainty estimates in regional and global observed temperature changes: a new dataset from 1850. *J. Geophysical Research*, 111, 2006, p. D12106, DOI:10.1029/2005JD006548.

CUNHA, D.G.F.; VECCHIA, F. *As abordagens clássica e dinâmica de clima: uma revisão bibliográfica aplicada ao tema da compreensão da realidade climática*. Disponível em <http://www.eesc.usp.br/ppgsea/files/Ref2011_ABORDAGENS_CLASSICA_E_DINAMICA_DO_CLIMA.pdf>. Acesso em 04 jun. 2012.

DEE, D., FASULLO, J., SHEA, D., WALSH, J. *The climate data guide: atmospheric reanalysis: overview & comparison tables*. Disponível em <<https://climatedataguide.ucar.edu/climate-data/atmospheric-reanalysis-overview-comparison-tables>>. Acesso em 09 ago. 2016.

DESER, C.; ALEXANDER, M. A.; XIE, S.-P.; PHILLIPS, A.S. Sea Surface Temperature variability: patterns and mechanisms. *Annual Review of Marine Science*. Vol. 2, p. 115-143, 2010.

FASULLO, J. A mechanism for land-ocean contrasts in global monsoon trends in a warming climate. *Climate Dynamics*. Vol. 39, p. 1137-1147, 2012.

GRIMM, A.M.; AMBRIZZI, T. Teleconnections into South America from the Tropics and Extratropics on Interannual and Intraseasonal timescales. In__: VIMEUX, F.; SYLVESTRE, F.; KHODRI, M. *Past climate variability in South America and Surrounding Regions: from the last glacial maximum to the Holocene*. 14ª ed. USA: Springer, 2009, p. 159-191.

GULIZIA, Carla; CAMILLONI, Inés. A spatio-temporal comparative study of the representation of precipitation over South America derived by three gridded data sets. *International Journal of Climatology* (short communication), published online in Wiley Online Library, DOI: 10.1002/joc.4416.

KAGAN, B. A. *Ocean-atmosphere interaction and Climate Modeling*. Tradução M. A. Chazin. Cambridge: Cambridge University Press, 1995.

KALNAY, E. et al., The NCEP/NCAR 40-year reanalysis project. *Bulletin of American Meteorological Society*, 77, 437-470, 1996.

LEIVAS, J. F. Avaliação dos prognósticos de precipitação simulada pelo modelo BRAMS na Amazônia Ocidental na estação chuvosa. *Acta Amazonica*. Vol. 41, n. 3, p. 347-354, 2011.

MADDEN, R.A.; JULIAN, P.R. Historical perspective. In__: *Intraseasonal variability in the atmosphere-ocean climate system*. 2ª ed. London: Springer, 2012.

MEEHL, G.A. et al. The WCRP CMIP3 multimodel dataset: a new era in climate change research. *Bulletin of the American Meteorological Society*. P.1383-1394, set. 2007.

MONTEIRO, C. A. F.. *Clima e excepcionalismo: conjecturas sobre o desempenho da atmosfera como fenômeno geográfico*. Florianópolis: EDUFSC, 1991.

RIBEIRO, Carlos Magno. A variabilidade do clima: um fenômeno natural? *Caderno de Geografia*. Belo Horizonte, v.6, n.8, p. 71-77, dez. 1996.

RIENECKER, M.M.; et al. MERRA: NASA's Modern-ERA retrospective analysis for research and applications. *Journal of Climate*. Vo. 24, p. 3624-3648, 2011.

SAHA, S. et al. The NCEP Climate forecast system reanalysis. *Bulletin of American Meteorological Society*. Vol. 91, p. 1015-1057, 2010.

SANT'ANNA NETO, J.L. Por uma Geografia do Clima. Antecedentes históricos, paradigmas contemporâneos e uma nova razão para um novo conhecimento. *Terra Livre*. São Paulo, n. 17, p. 49-62, 2001.

SCHNEIDER, U.; et al. GPCP Full Data Reanalysis Version 6.0 at 0.5°: *Monthly Land-Surface Precipitation from Rain-Gauges built on GTS-based and Historic Data*. 2011. DOI: 10.5676/DWD_GPCP/FD_M_V6_050.

SIMMONS, A.; UPPALA, S.; DEE, D.; KOBAYASHI, S. ERA-Interim: New ECMWF reanalysis products from 1989 onwards. *ECMWF Newsletters*. N. 110, p. 25-35, 2007. Disponível em <<http://www.ecmwf.int/sites/default/files/elibrary/2006/14615-newsletter-no110-winter-200607.pdf>>. Acesso em 09 ago. 2016.

TAVARES, A.C. *Variabilidade e Mudanças Climáticas*. 2001. 228 f. Tese (Livre-Docência) - Departamento de Geografia, Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista Julio de Mesquita Filho, Rio Claro, 2001.

TRENBERTH, K.E.; GUILLEMOT, C.J. Evaluation of the atmospheric moisture and hydrological cycle in the NCEP/NCAR reanalyses. *Climate Dynamics*. Vol. 14, n. 3, p. 213-231, mar. 1998.

TRENBERTH, K.E.; FASULLO, J.; SMITH, L. Trends and variability in column-integrated atmospheric water vapor. *Climate Dynamics*. Vol. 24, p. 741-758, 2005.

TRENBERTH, K.E.; FASULLO, J.; MACKARO, J. Atmospheric moisture transports from ocean to land and global energy flows in reanalysis. *Journal of Climate*. Vol. 24, p. 4907-4924, 2011.

VAREJÃO-SILVA, M.A. *Meteorologia e Climatologia*. 2a. ed. digital. Disponível em <http://www.icat.ufal.br/laboratorio/clima/data/uploads/pdf/METEOROLOGIA_E_CLIMATOLOGIA_VD2_Mar_2006.pdf>. Acesso em 21 mar. 2016.

WELLS, N. *The atmosphere and ocean: a physical introduction*. 2ªed. Chichester: John Wiley & Sons, 1998.

YIN, X.; GRUBER, A.; ARKIN, P. Comparison of the GPCP and CMAP Merged gauge-satellite monthly precipitation products for the period 1979-2001. *Journal of hydrometeorology*. Vol. 5, p. 1207-1222, 2004.

ZVERYAEV, I.; CHU, P-S. Recent climate changes in precipitable water in global tropics as revealed in National Center for Environmental Prediction/National Center for Atmospheric Research reanalysis. *Journal of Geophysics Research*. Vol. 108,, n. D10, p. ACL 6-1 – 6-12.