



Climate Shift: Uma abordagem sobre seus efeitos no regime pluviométrico

Sameh Adib Abou Rafee, Edmilson Dias de Freitas,
Jorge Alberto Martins e Cintia Bertacchi Uvo

Introdução

Os eventos extremos de precipitação, tanto aqueles relacionados às cheias quanto às secas, são de grande preocupação para gestores públicos devido às suas desastrosas consequências ambientais e socioeconômicas. Tais eventos têm sido enfatizados em estudos recentes, especialmente por sua relação com a variabilidade climática (FOLLAND et al., 2002; KENYON & HEGERL, 2010; GRIMM, 2011).

As oscilações climáticas estão associadas à causas naturais, as quais possuem diferentes escalas espaço-temporais, que vão desde uma variabilidade intrasazonal, como a de Madden-Julian (ZHANG, 2005), interanual, como El Niño-Oscilação Sul (ENOS) (PHILANDER, 1983; TIMMERMAN et al., 2018), até uma oscilação interdecadal, como por exemplo, a Oscilação Interdecadal do Pacífico (OIP) (MANTUA & HARE, 2002; NEWMAN et al., 2016). Tais fenômenos são caracterizados por anomalias positivas ou negativas, que provocam alterações na Temperatura da Superfície do Mar (TSM), consequentemente na pressão, no vento e na convecção sobre os oceanos Índico, Pacífico e Atlântico. A análise desses eventos tem recebido uma grande importância global por causar grande impacto no regime pluviométrico em várias regiões do globo.

O que é *Climate Shift*?

Em meados da década de 1970 ocorreu uma mudança climática global abrupta associada principalmente à variabilidade da TSM no Oceano Pacífico Norte, conhecida como *Climate Shift* (GRAHAM, 1994; MILLER et

al., 1994). *Climate Shift* é definido por um curto período em que várias oscilações climáticas de grande escala, como OIP e ENOS, mudam de fase, levando a um novo estado climático. Tal fenômeno é considerado pela comunidade científica como um evento sem precedentes (ZHANG et al., 1997; TSONIS et al., 2007; COLLINS et al., 2009; MEEHL et al., 2009; WANG et al., 2009; JACQUES-COPER & GARREAUD, 2015). Durante a década de 1970, foi observada uma mudança na TSM da fase fria para quente no Pacífico tropical. Com isso, foi induzida uma mudança expressiva na precipitação, em partes da América do Sul (AGOSTA & COMPAGNUCCI, 2008; JACQUES-COPER & GARREAUD, 2015), da América do Norte (HARTMANN & WENDLER, 2005; LITZOW, 2006) e regiões do continente asiático (QIAN & QIN, 2008; SABEERALI et al., 2012; AN et al., 2020).

Alterações dos regimes pluviométricos após o *Climate Shift*

Diversos estudos têm investigado o impacto do *Climate Shift* sobre a mudança no regime de precipitação. An et al. (2020), analisando os dados de chuva antes e depois do *Climate Shift*, observaram mudanças de eventos extremos de precipitação na província de Gansu, localizada no noroeste da China. Por exemplo, no norte de Gansu, os autores detectaram tendência de aumento na intensidade e frequência de dias com chuvas intensas após a alteração climática da década de 70. Qian e Qin (2008), utilizando 486 séries pluviométricas, também observaram uma mudança nos regimes de chuvas, com uma diminuição na precipitação média anual ao longo do rio Huang He, no norte e sudoeste da China, enquanto um aumento expressivo de precipitação na jusante do rio Yangtze, nordeste da China.

Na Índia, Sabeerali et al. (2012) observaram mudanças no início, término e duração da monção do oceano Índico após o *Climate Shift*, impactando nos índices pluviométricos da região. Outros trabalhos, tais como Hartmann e Wendler (2005) observaram um aumento de precipitação anual na região do Alasca, com maior percentual nas partes oeste e sudoeste da região. O *Climate Shift* também foi responsável pelo aumento na precipitação de inverno na Sibéria Ocidental, que provocou um aumento considerável na vazão dos seus principais rios (SAVELIEVA et al., 2000).

No Hemisfério Sul, o *Climate Shift* influenciou tanto no aumento quanto na diminuição da precipitação média anual em áreas da América do Sul (JACQUES-COPER & GARREAUD, 2015). Agosta e Compagnucci (2008) atribuíram à variabilidade das oscilações ENOS e OIP, partes das anomalias positivas de precipitação durante o verão austral na região sul da América do Sul, observadas principalmente no Paraguai, nordeste da Argentina e sul do Brasil. Ainda, Castino et al. (2016) destacam a alteração climática da década de 70 como o principal responsável pelo aumento de 40% na vazão média anual no Alto do rio Bermejo, localizado no centro-sul dos Andes, no noroeste da Argentina, sugerindo uma intensificação do ciclo hidrológico nesta área relacionada ao *Climate Shift*.

Na bacia hidrográfica do Alto do rio Paraná, comparando dados de 2,739 estações pluviométricas antes (1961-1973) e depois (1978-1990) do *Climate Shift*, Abou Rafee (2020) observou um aumento na precipitação anual de até 15% nas áreas norte e mais de 20% na região sul da bacia. Além disso, simulando cenários numéricos com o modelo hidrológico *Soil and Water Assessment Tool* (ARNOLD et al., 1998), estimou que esse acréscimo nos índices pluviométricos foi responsável pelo aumento de aproximadamente 30% na vazão do Rio Paraná, considerando o exutório da bacia.

O aumento do regime de chuvas após o *Climate Shift* sobre as regiões centro-sul da América do Sul está diretamente associado às mudanças nos fenômenos climáticos. Carvalho et al. (2011) observaram uma variação do Sistema de Monção da América do Sul, em que seu período úmido aumentou de 170 dias (1948-1972) para 195 dias (1972-1982). Além disso, as alterações nos padrões de chuvas estão atribuídas ao ENOS e OID (GRIMM et al., 2000; LIEBMANN et al., 2004; SILVA et al., 2011; CAVALCANTI et al., 2015). Essas oscilações de baixa frequência, na sua fase positiva, fortalecem o jato subtropical, intensificando os Sistemas Convectivos de Mesoescala, que conseqüentemente produzem mais precipitação sobre essas regiões (GRIMM et al., 1998).

Em contrapartida, foi observada uma diminuição nas chuvas sobre as regiões norte da América do Sul. Por exemplo, Marengo (2004), através de uma análise decadal de precipitação durante o período 1929-1998, sugere uma diminuição nos índices pluviométricos sobre a região norte da bacia Amazônica após o evento *Climate Shift*, definido entre 1975 e 1976. Segundo o autor, esse comportamento está atribuído a eventos mais

frequentes e intensos do ENOS a partir de meados da década 70, em que tal fenômeno, na sua fase positiva, diminuiu o regime de chuvas na região (RICHEY et al., 1989; LIEBMANN & MARENGO, 2001).

Perspectivas futuras

Para melhorar a gestão dos recursos hídricos, é importante entender o comportamento de eventos extremos de precipitação relacionados à mudança climática. Assim, a alteração climática que ocorreu em meados da década de 1970, denominada como *Climate Shift*, deve ser considerada ao se analisar mudanças nos regimes de chuvas nos próximos estudos da comunidade científica. Além disso, é necessário que a variabilidade do clima local e a circulação de grande escala sejam tratadas conjuntamente nas análises. Ao mesmo tempo, outros fatores, incluindo efeitos antrópicos, como a mudança no uso e cobertura da terra também são importantes. Desta forma, esses aspectos incluídos nas projeções de modelos numéricos globais, regionais e locais contribuem para as previsões de seca e cheia tanto a curto quanto a longo prazo. Consequentemente, as incertezas relacionadas ao conhecimento do comportamento da precipitação e vazão serão menores. Essas duas variáveis possuem uma significativa importância para o desenvolvimento socioeconômico de setores estratégicos, como por exemplo, para os setores energético e agropecuário.

Agradecimentos – Os autores agradecem o apoio recebido da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) processo n. 2015/03804-9, bem como ao do projeto “Detecção do papel das mudanças climáticas e das condições de uso e ocupação do solo sobre a hidrologia da Bacia do Rio Paraná”, processo nº 88887.115875/2015-01 (Edital CAPES/ANA 019/2015), do qual o primeiro autor é bolsista de Pós-Doutorado e o segundo autor o Coordenador.

Referências

ABOU RAFEE, S. A. **Uso e Cobertura da Terra ou Precipitação? Mudanças na Resposta Hidrológica da Bacia do Alto do Rio Paraná**. 2020. Universidade de São Paulo, São Paulo, 2020. Disponível em: <<https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/14/14133/tde-24062020-204817/>>.

ABOU RAFAE, S. A. **Land Use and Cover or Precipitation? Changes on Hydrological Response of the Upper Paraná River Basin**. 2020. Lund University, Sweden, 2020. Disponível em: <[https://portal.research.lu.se/portal/en/publications/land-use-and-cover-or-precipitation\(9e431aec-7957-4ea2-9aa3-a1aa4b6c59e9\).html](https://portal.research.lu.se/portal/en/publications/land-use-and-cover-or-precipitation(9e431aec-7957-4ea2-9aa3-a1aa4b6c59e9).html)>.

AGOSTA, E. A.; COMPAGNUCCI, R. H. The 1976/77 Austral Summer Climate Transition Effects on the Atmospheric Circulation and Climate in Southern South America. **Journal of Climate**, v. 21, n. 17, p. 4365–4383, 1 set. 2008. Disponível em: <<https://journals.ametsoc.org/jcli/article/21/17/4365/31937/The-197677-Austral-Summer-Climate-Transition>>.

AN, D. et al. Evidence of climate shift for temperature and precipitation extremes across Gansu Province in China. **Theoretical and Applied Climatology**, v. 139, n. 3–4, p. 1137–1149, 26 fev. 2020. Disponível em: <<http://link.springer.com/10.1007/s00704-019-03041-1>>.

ARNOLD, J. G. et al. Large Area Hydrologic Modeling and Assessment Part I: Model Development. **Journal of the American Water Resources Association**, v. 34, n. 1, p. 73–89, fev. 1998. Disponível em: <<http://doi.wiley.com/10.1111/j.1752-1688.1998.tb05961.x>>.

CARVALHO, L. M. V. et al. The South American Monsoon System and the 1970s climate transition. **International Journal of Climatology**, v. 31, n. 8, p. 1248–1256, 30 jun. 2011. Disponível em: <<http://doi.wiley.com/10.1002/joc.2147>>.

CASTINO, F.; BOOKHAGEN, B.; STRECKER, M. R. River discharge dynamics in the Southern Central Andes and the 1976–77 global climate shift. **Geophysical Research Letters**, v. 43, n. 22, 28 nov. 2016. Disponível em: <<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/2016GL070868>>.

CAVALCANTI, I. F. A. et al. Precipitation extremes over La Plata Basin – Review and new results from observations and climate simulations. **Journal of Hydrology**, v. 523, p. 211–230, abr. 2015. Disponível em: <<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0022169415000451>>.

COLLINS, J. M.; CHAVES, R. R.; DA SILVA MARQUES, V. Temperature Variability over South America. **Journal of Climate**, v. 22, n. 22, p. 5854–5869, 15 nov. 2009. Disponível em: <<https://journals.ametsoc.org/jcli/article/22/22/5854/30923/Temperature-Variability-over-South-America>>.

FOLLAND, C. K.; KARL, T. R.; SALINGER, M. J. Observed climate variability and change. **Weather**, v. 57, n. 8, p. 269–278, 1 ago. 2002. Disponível em: <<http://doi.wiley.com/10.1256/004316502320517353>>.

GRAHAM, N. E. Decadal-scale climate variability in the tropical and North Pacific during the 1970s and 1980s: observations and model results. **Climate Dynamics**, v. 10, n. 3, p. 135–162, ago. 1994. Disponível em: <<http://link.springer.com/10.1007/BF00210626>>.

GRIMM, A. M. Interannual climate variability in South America: impacts on seasonal precipitation, extreme events, and possible effects of climate change. **Stochastic Environmental Research and Risk Assessment**, v. 25, n. 4, p. 537–554, 14 maio 2011. Disponível em: <<http://link.springer.com/10.1007/s00477-010-0420-1>>.

GRIMM, A. M.; BARROS, V. R.; DOYLE, M. E. Climate Variability in Southern South America Associated with El Niño and La Niña Events. **Journal of Climate**, v. 13, n. 1, p. 35–58, jan. 2000. Disponível em: <<http://journals.ametsoc.org/doi/abs/10.1175/1520-0442%282000%29013%3C0035%3ACVISA%3E2.0.CO%3B2>>.

GRIMM, A. M.; FERRAZ, S. E. T.; GOMES, J. Precipitation Anomalies in Southern Brazil Associated with El Niño and La Niña Events. **Journal of Climate**, v. 11, n. 11, p. 2863–2880,

nov. 1998. Disponível em: <<http://journals.ametsoc.org/doi/abs/10.1175/1520-0442%281998%29011%3C2863%3APAISBA%3E2.O.CO%3B2>>.

HARTMANN, B.; WENDLER, G. The Significance of the 1976 Pacific Climate Shift in the Climatology of Alaska. **Journal of Climate**, v. 18, n. 22, p. 4824–4839, 15 nov. 2005. Disponível em: <<https://journals.ametsoc.org/jcli/article/18/22/4824/30925/The-Significance-of-the-1976-Pacific-Climate-Shift>>.

JACQUES-COPER, M.; GARREAUD, R. D. Characterization of the 1970s climate shift in South America. **International Journal of Climatology**, v. 35, n. 8, p. 2164–2179, 30 jun. 2015. Disponível em: <<http://doi.wiley.com/10.1002/joc.4120>>.

KENYON, J.; HEGERL, G. C. Influence of Modes of Climate Variability on Global Precipitation Extremes. **Journal of Climate**, v. 23, n. 23, p. 6248–6262, 1 dez. 2010. Disponível em: <<https://journals.ametsoc.org/jcli/article/23/23/6248/32703/Influence-of-Modes-of-Climate-Variability-on>>.

LIEBMANN, B. et al. An Observed Trend in Central South American Precipitation. **Journal of Climate**, v. 17, n. 22, p. 4357–4367, 15 nov. 2004. Disponível em: <<https://journals.ametsoc.org/jcli/article/17/22/4357/30400/An-Observed-Trend-in-Central-South-American>>.

LIEBMANN, B.; MARENGO, J. A. Interannual Variability of the Rainy Season and Rainfall in the Brazilian Amazon Basin. **Journal of Climate**, v. 14, n. 22, p. 4308–4318, nov. 2001. Disponível em: <<http://journals.ametsoc.org/doi/abs/10.1175/1520-0442%282001%29014%3C4308%3AIVOTRS%3E2.O.CO%3B2>>.

LITZOW, M. A. Climate regime shifts and community reorganization in the Gulf of Alaska: how do recent shifts compare with 1976/1977? **ICES Journal of Marine Science**, v. 63, n. 8, p. 1386–1396, 1 jan. 2006. Disponível em: <<https://academic.oup.com/icesjms/article/63/8/1386/711232>>.

MANTUA, N. J.; HARE, S. R. The Pacific Decadal Oscillation. **Journal of Oceanography**, 58, 35–44 (2002). <https://doi.org/10.1023/A:1015820616384>.

MARENGO, J. A. Interdecadal variability and trends of rainfall across the Amazon basin. **Theoretical and Applied Climatology**, v. 78, n. 1–3, 27 jun. 2004. Disponível em: <<http://link.springer.com/10.1007/s00704-004-0045-8>>.

MEEHL, G. A.; HU, A.; SANTER, B. D. The Mid-1970s Climate Shift in the Pacific and the Relative Roles of Forced versus Inherent Decadal Variability. **Journal of Climate**, v. 22, n. 3, p. 780–792, 1 fev. 2009. Disponível em: <<https://journals.ametsoc.org/jcli/article/22/3/780/31996/The-Mid1970s-Climate-Shift-in-the-Pacific-and-the>>.

MILLER, A. et al. The 1976–77 Climate Shift of the Pacific Ocean. **Oceanography**, v. 7, n. 1, p. 21–26, 1994. Disponível em: <<https://tos.org/oceanography/article/the-1976-77-climate-shift-of-the-pacific-ocean>>.

NEWMAN, M. et al. The Pacific Decadal Oscillation, Revisited. **Journal of Climate**, v. 29, n. 12, p. 4399–4427, 15 jun. 2016. Disponível em: <<https://journals.ametsoc.org/jcli/article/29/12/4399/34340/The-Pacific-Decadal-Oscillation-Revisited>>.

PHILANDER, S. G. H. El Niño Southern Oscillation phenomena. **Nature**, 302, 295–301 (1983). <https://doi.org/10.1038/302295a0>.

QIAN, W. H.; QIN, A. Precipitation division and climate shift in China from 1960 to 2000. **Theoretical and Applied Climatology**, v. 93, n. 1–2, p. 1–17, 9 jun. 2008. Disponível em: <<http://link.springer.com/10.1007/s00704-007-0330-4>>.

RICHEY, J. E.; NOBRE, C.; DESER, C. Amazon River Discharge and Climate Variability: 1903 to 1985. **Science**, v. 246, n. 4926, p. 101–103, 6 out. 1989. Disponível em: <<https://www.sciencemag.org/lookup/doi/10.1126/science.246.4926.101>>.

SABEERALI, C. T. et al. On the relationship between Indian summer monsoon withdrawal and Indo-Pacific SST anomalies before and after 1976/1977 climate shift. **Climate Dynamics**, v. 39, n. 3–4, p. 841–859, 23 ago. 2012. Disponível em: <<http://link.springer.com/10.1007/s00382-011-1269-9>>.

SAVELIEVA, N. I. et al. A climate shift in seasonal values of meteorological and hydrological parameters for Northeastern Asia. **Progress in Oceanography**, v. 47, n. 2–4, p. 279–297, out. 2000. Disponível em: <<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0079661100000392>>.

SILVA, G. A. M.; DRUMOND, A.; AMBRIZZI, T. The impact of El Niño on South American summer climate during different phases of the Pacific Decadal Oscillation. **Theoretical and Applied Climatology**, v. 106, n. 3–4, p. 307–319, 9 dez. 2011. Disponível em: <<http://link.springer.com/10.1007/s00704-011-0427-7>>.

TIMMERMAN, A. et al. El Niño–Southern Oscillation complexity. **Nature**, v. 559, n. 7715, p. 535–545, 25 jul. 2018. Disponível em: <<http://www.nature.com/articles/s41586-018-0252-6>>.

TSONIS, A. A.; SWANSON, K.; KRAVTSOV, S. (2007) A new dynamical mechanism for major climate shifts, **Geophys. Res. Lett.**, 34, L13705, doi:10.1029/2007GL030288.

WANG, G.; SWANSON, K. L.; TSONIS, A. A. (2009) The pacemaker of major climate shifts, **Geophys. Res. Lett.**, 36, L07708, doi:10.1029/2008GL036874.

ZHANG, C. Madden-Julian Oscillation. **Reviews of Geophysics**, v. 43, n. 2, p. RG2003, 2005. Disponível em: <<http://doi.wiley.com/10.1029/2004RG000158>>.

ZHANG, Y.; WALLACE, J. M.; BATTISTI, D. S. ENSO-like Interdecadal Variability: 1900–93. **Journal of Climate**, v. 10, n. 5, p. 1004–1020, maio 1997. Disponível em: <<http://journals.ametsoc.org/doi/abs/10.1175/1520-0442%281997%29010%3C1004%3AELIV%3E2.0.CO%3B2>>.of-the-1976-Pacific-Climate-Shift>.