

El Niño e La Niña dos últimos 30 anos: diferentes tipos

Mary T. Kayano¹, Rita V. Andreoli², Rodrigo AF. de Souza², Sâmia R. Garcia³, Alan J. P. Calheiros¹

¹Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos, São José dos Campos, SP; ²Universidade do Estado do Amazonas, Escola Superior de Tecnologia, Manaus, AM; ³Universidade Federal de Itajubá, Instituto de Recursos Naturais, Itajubá, MG

mary.kayano@cptec.inpe.br

Resumo

Os extremos do El Niño-Oscilação Sul (ENOS) das últimas três décadas (1986-2015) foram analisados considerando-se os tipos e intensidades os quais foram determinados através de um índice de anomalias de temperatura da superfície do mar (TSM). Nestas décadas, ocorreram 14 eventos extremos do ENOS, sendo 8 El Niños (ENs) e 6 La Niñas (LNs), dos quais 6 foram do tipo CP (Central Pacific), 6 do tipo MIX (misto) e apenas 2 foram do tipo EP (Eastern Pacific). O período de estudo foi peculiar, com a ocorrência do EN mais intenso já registrado (1997-98), e que foi seguido por uma LN (1998-01) de longa duração. As evoluções das anomalias de TSM de alguns eventos selecionados foram detalhadas na presente análise. As análises mostraram que os eventos em suas diversas fases podem ter características distintas das de sua fase madura (DJF). Isso confirma que o monitoramento climático rotineiro é uma tarefa imprescindível para o diagnóstico do clima nos centros operacionais.

Palavras chave: Variabilidade climática, El Niño-Oscilação Sul, Modoki

1. Introdução

Dentre os modos acoplados oceânico-atmosféricos conhecidos, o El Niño-Oscilação Sul (ENOS) é o mais relevante para a variabilidade climática interanual em escala global. A influência deste modo no clima da América do Sul (AS) processa-se por sua componente atmosférica, que no setor tropical resulta das alterações nas células de Walker e de Hadley, e no setor extratropical, pelo padrão de trem de ondas de Rossby (Zhou e Lau, 2001; Nogués-Paegle et al., 2002). A componente oceânica deste modo oscila entre dois extremos, com o El Niño (EN) em sua fase quente, e a La Niña (LN), na fase fria. As secas na faixa equatorial da AS associadas ao EN resultam do enfraquecimento dos movimentos ascendentes na região ocasionados por uma célula de Walker anormalmente deslocada para leste, cujo ramo ascendente localiza-se sobre o Pacífico equatorial leste, e o descendente, na faixa tropical da AS (Kousky et al., 1984; Ropelewski e Halpert 1987, 1989). Por outro lado, chuvas excessivas no sudeste da AS associadas ao EN na primavera e verão são causadas por alterações na circulação atmosférica local que fortalecem a corrente de jato subtropical em altos níveis e o Jato de Baixos Níveis da AS (JBNAS), que intensificados contribuem para a ancoragem das frentes frias nesta região, e para o transporte de umidade equatorial para os subtrópicos. O EN pode também causar alterações nas posições e intensidades de duas zonas de convergência, a do Atlântico Sul (ZCAS) durante o verão e, a intertropical (ZCIT) durante o outono e, portanto, alterar a distribuição de chuvas no sudeste e nordeste do Brasil. Durante a LN, os padrões anômalos de circulação atmosférica e climáticos são inversos aos descritos para o EN.

Recentemente, a comunidade científica passou a sub-classificar os EN em outros tipos, de acordo com o posicionamento longitudinal das anomalias positivas extremas de temperatura da superfície do mar (TSM) no Pacífico equatorial (Wang e Weisberg, 2000; Ashok et al., 2007; Kao e Yu, 2009; Yu e Kim, 2013; Andreoli et al., 2016). Os primeiros trabalhos sobre este aspecto do EN, classificaram-no em dois tipos: eventos com o aquecimento no Pacífico leste chamados de EN EP (sigla de Eastern Pacific) ou EN canônico, e os com o

aquecimento na linha da data chamados de EN CP (sigla de Central Pacific) ou EN Modoki. Mais recentemente, Yu e Kim (2013) sugeriram que existe um terceiro tipo chamado EN MIX, quando os tipos CP e EP coexistem. Quanto à La Niña, a existência de vários tipos baseia-se nas diferenças de seus efeitos (Ashok et al., 2007; Shinoda et al., 2011).

Como os processos de acoplamento oceano-atmosfera dependem do tipo de eventos ENOS, seus efeitos podem diferir, e até ser contrários (Taschetto e England, 2009; Tedeschi et al., 2013). Diferenças nas anomalias de precipitação sobre a AS foram notadas entre diferentes tipos de EN (Tedeschi et al., 2013; Andreoli et al., 2016). Por exemplo, a estrutura dipolar com escassez de chuvas no norte da AS e excesso no sudeste é mais acentuada para EN EP do que para EN CP. Portanto, o melhor entendimento do comportamento dos diversos tipos de eventos ENOS é fundamental para as tarefas de monitoramento e diagnóstico do clima da AS. Assim, neste trabalho focalizaremos nas evoluções temporais das anomalias de TSM de alguns eventos ENOS selecionados do período de 1986-2015, e destacaremos as características de seus tipos. Alguns destes eventos destacaram-se por sua intensidade ou duração e foram amplamente analisados. Assim, faremos uma revisão de seus principais aspectos documentados em literatura pertinente.

2. Dados e Metodologia

Para ilustrar a evolução temporal das anomalias de TSM dos eventos selecionados, foram usados os dados de TSM mensais da versão 3B reconstruídos por Smith et al. (2008) numa grade horizontal com resolução de 2° em longitude e latitude, disponível em <http://jisao.washington.edu/data/ersst/>. As anomalias referem-se ao período de 1901 a 2010, calculadas com as séries de TSM em cada ponto de grade sem tendência linear neste período. Os trimestres são indicados pelas letras iniciais dos meses, e os anos de início do evento e subsequentes, por (0), (+1), (+2), etc. Os extremos do ENOS do período de 1986-2015 foram identificados pelo índice Niño oceânico (ONI - Oceanic Niño index), disponível em www.cpc.ncep.noaa.gov. A intensidade dos eventos foi obtida em <http://ggweather.com/enso/oni.htm>. Para os tipos de EN foi usada a classificação dos EN de 1901-2010 feita por Andreoli et al. (2016) nos tipos EP, CP e MIX. Usando o mesmo método, fizemos a classificação das LN do período de estudo. Vale ressaltar que esta classificação refere-se à fase madura do evento em DJF. Os eventos do período de 1986-2015, seus tipos e intensidades estão listados na Tabela 1. Alguns aspectos da evolução mensal das anomalias de TSM dos eventos selecionados foram obtidos visualizando-se os mapas disponíveis em http://iridl.ldeo.columbia.edu/maproom/Global/Ocean_Temp/Anomaly.html.

Tabela 1- ENs e LNs do período de 1986-2015: tipos e intensidades. Os asteriscos indicam os anos selecionados que serão discutidos.

EL NIÑO	TIPO	INTENSIDADE	LA NIÑA	TIPO	INTENSIDADE
1986-87*	MIX	MODERADO	1988-89*	CP	FORTE
1991-92	MIX	MODERADO	1995-96*	MIX	FRACO
1994-95	CP	FRACO	1998-01*	MIX	MODERADO
1997-98*	EP	MUITO FORTE	2007-08	CP	MODERADO
2002-03*	CP	MODERADO	2010-11	MIX	MODERADO
2004-05	CP	FRACO	2011-12	MIX	FRACO
2006-07	EP	FRACO			
2009-10	CP	MODERADO			

3. Resultados

A Figura 1 ilustra a série de ONI do período de 1986-2015. Para efeito de comparação, os ONI mensais de 30 meses de janeiro(0) a junho(+2) de ENs e LNs do período de 1986-2015 são mostrados na Figura 2.

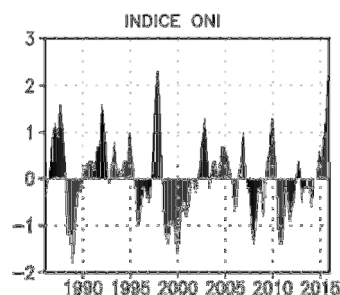


Figura 1. ONI do período de 1986-2015

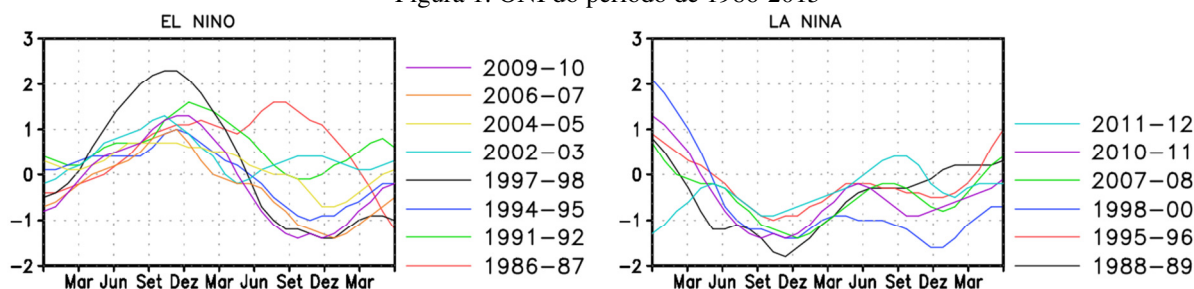


Figura 2. ONI de janeiro(0) a junho(+2) dos ENs e LNs do período de 1986-2015

O EN de 1997-98 destacou-se como o mais intenso já registrado e por seus impactos climáticos marcantes ao redor de todo o globo (McPhaden, 1999). Este evento teve um desenvolvimento rápido e decaimento abrupto. Os ciclos evolutivos dos padrões anômalos de ventos, pressão ao nível do mar (PNM) e TSM associados ao evento foram amplamente discutidos (McPhaden, 1999; Wang e Weisberg, 2000) e são resumidos a seguir. Em consequência do enfraquecimento dos alísios, o aquecimento iniciou-se em torno da linha da data no início de 1997, e no Pacífico leste em março. Estes padrões anômalos de ventos e TSM intensificaram-se e deslocaram-se para leste. As anomalias positivas de TSM fundiram-se com as anomalias de mesmo sinal que se espalhavam lentamente para oeste a partir do Pacífico leste para formar uma extensa área anormalmente aquecida no Pacífico central e leste. O evento atingiu o pico em dezembro de 1997, e seu decaimento, em fevereiro-abril de 1998, foi disparado pelo estabelecimento de ventos de leste no equatorial Pacífico oeste seguido pelo esfriamento no Pacífico equatorial central oeste. O esfriamento fora do equador e as anomalias positivas de PNM contribuíram para fortalecer os ventos de leste no Pacífico equatorial oeste. O EN de 1997-98 foi do tipo EP, como mostram as anomalias positivas de TSM ocupando grande parte do Pacífico tropical central e leste e com os máximos valores acoplados à costa oeste da AS nos trimestres de JJA(0) a MAM(+1) (Figura 3b). É notável mesmo na fase de decaimento deste evento, a permanência das anomalias positivas de TSM no Pacífico equatorial leste acopladas à costa oeste da AS.

Outros dois ENs selecionados foram os de 1986-87 e 2002-03. O EN de 1986-87 foi moderado e do tipo MIX (Tabela 1 e Figura 3c). Este evento iniciou-se com características de EN CP, com anomalias positivas de TSM no Pacífico equatorial central em JJA(0). Estas anomalias intensificaram-se e permaneceram nesta área em SON(0). Em sua fase madura, em DJF(+1), as anomalias positivas máximas permaneceram no Pacífico central equatorial, mas ocorreu um outro centro acoplado à costa oeste da AS. Assim, este evento foi classificado como do tipo MIX. As anomalias positivas de TSM persistiram acopladas à costa oeste da AS na fase de declínio do evento em MAM(+1). A partir de junho, embora fraco, o evento persistiu, mas com características de EN CP até o final de 1987. Este evento iniciou-se com características de EN CP, tonou-se MIX na fase madura, EP na fase de declínio, e retornou a evento CP após o início de seu declínio.

O EN de 2002-03 foi moderado e do tipo CP (Tabela 1). Em sua fase inicial, as anomalias positivas de TSM estabeleceram-se numa estreita faixa equatorial entre a linha da data e 130°W em JJA(0) (Figura 3a). Nos dois trimestres seguintes, estas anomalias gradualmente fortaleceram-se, expandiram para leste e atingiram a costa oeste equatorial da AS, mas as máximas anomalias permaneceram centradas no Pacífico equatorial central. Este evento atingiu o pico em novembro de 2002 e seu declínio iniciou-se em janeiro de 2003. De fato, a Figura 3a mostra máximas anomalias positivas de TSM em SON(0), e anomalias negativas ou neutras no Pacífico equatorial leste e resquícios de anomalias positivas na faixa equatorial aproximadamente entre 150°E e 170°W em MAM(+1).

Nas três décadas de estudo ocorreram poucas LNs e somente dos tipos CP e MIX (Tabela 1). Assim nesta análise, os eventos de 1988-89 e de 1995-96 foram os selecionados para ilustrar os eventos dos tipos CP e MIX. O evento de 1988-89 foi forte e do tipo CP (Figura 4a). Nas fases iniciais e de desenvolvimento, em JJA(0), a característica de um evento CP não foi tão notável, pois as máximas anomalias negativas estenderam-se ao longo do equador desde longitudes próximas à linha da data até a costa oeste da AS. No entanto, a característica de um evento CP tornou-se bem definida em suas fases madura e de decaimento [DJF(+1) e MAM(+1)], quando as máximas anomalias negativas estiveram ao longo do equador e centradas aproximadamente entre a 150°E e 120°W.

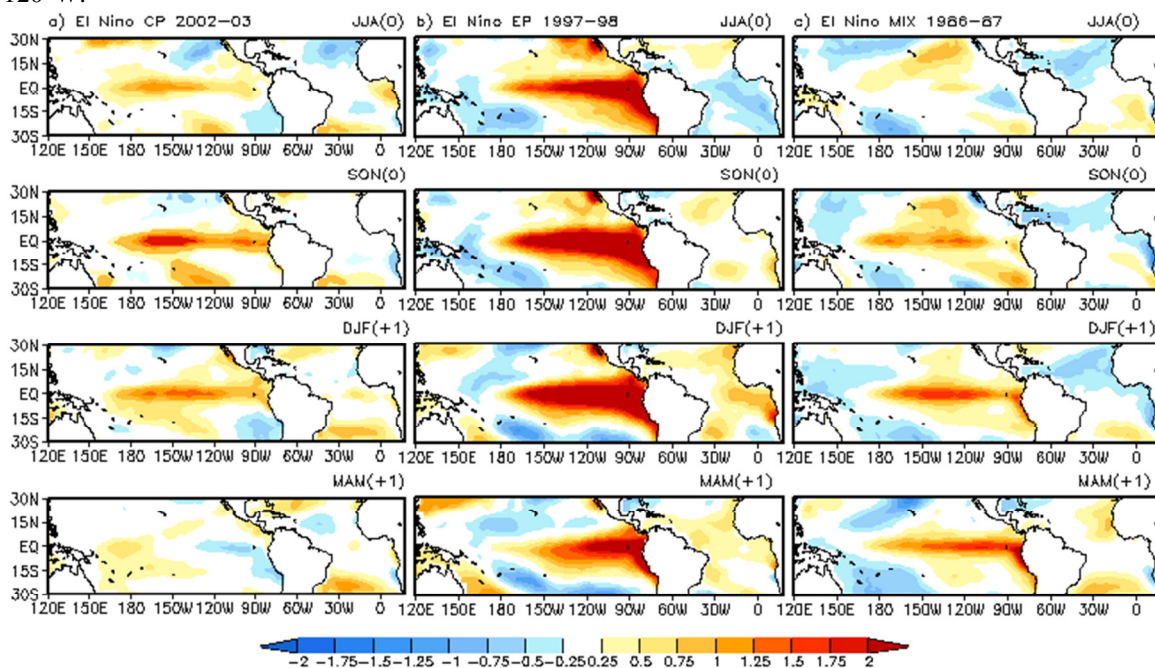


Figura 3. Evoluções temporais das anomalias de TSM (°C) dos ENs: a) 2002-03; b) 1997-98 e c) 1986-87.

A LN de 1995-96 foi um evento fraco e iniciou-se em meados de 1995 com característica de EP (Tabela 1 e Figura 4b). Em SON(0), as máximas anomalias negativas posicionaram-se em uma estreita faixa equatorial centrada longitudinalmente em 120°W. Estas anomalias estenderam-se para oeste adquirindo característica de LN MIX em DJF(+1). Em sua fase de decaimento, em MAM(+1), as máximas anomalias negativas restringiram-se à região do Niño 1+2, de modo que apresentou característica de LN EP.

Destacou-se nas três décadas de estudo a LN de 1998-01 por sua longa duração. A evolução deste evento em escala mensal está ilustrada na Figura 5. Sinais deste evento, indicados por um esfriamento das águas superficiais apareceram em junho de 1998 na faixa equatorial entre 180°W e 100°W, quando ainda haviam resquícios do EN de 1997-98 na região do Niño 1+2. Estas condições, em particular o aquecimento próximo à costa da AS, perduraram até agosto de 1998. O aquecimento restringiu-se ao Pacífico equatorial sul entre 120°W e 90°W em setembro de 1998, a partir de quando se enfraqueceu gradualmente. A partir de janeiro de 1999 a LN tornou-se intensa, com anomalias negativas entre 150°E e 120°W. Em julho de 1999, as anomalias negativas acoplaram-se à costa equatorial oeste da AS, estabelecendo-se uma LN EP em setembro de 1999 que persistiu até dezembro de 1999. No ano seguinte, a LN persistiu, mas com característica alternada entre CP e EP: CP em janeiro de 2000, EP em junho, CP em outubro, EP em novembro e CP em janeiro de 2001, quando se enfraqueceu consideravelmente.

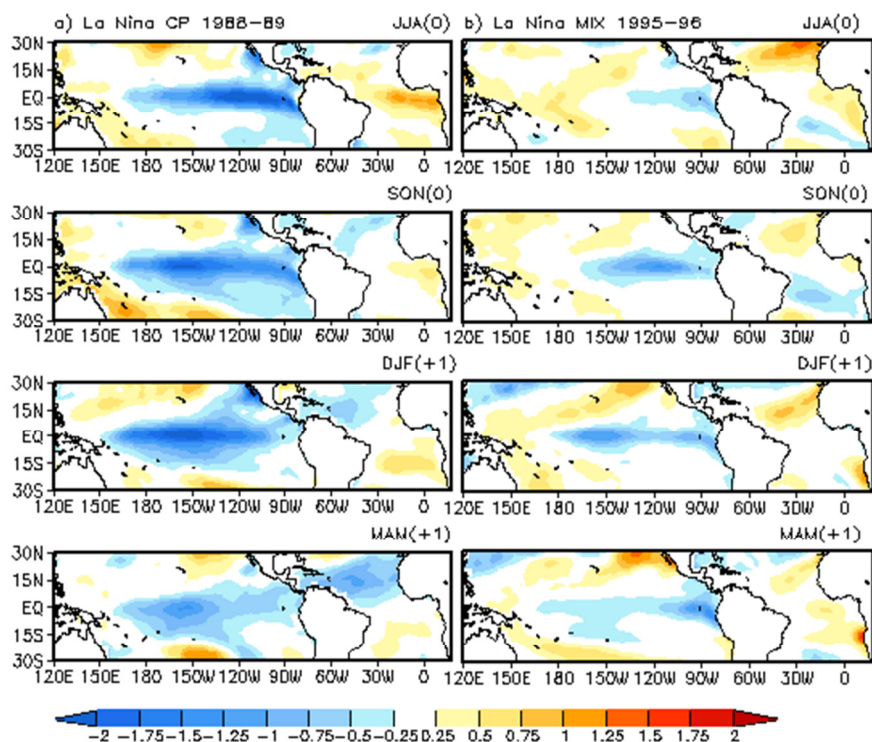


Figura 4. Evoluções temporais das anomalias de TSM (°C) das LNs: a) 1988-89 e b) 1995-96

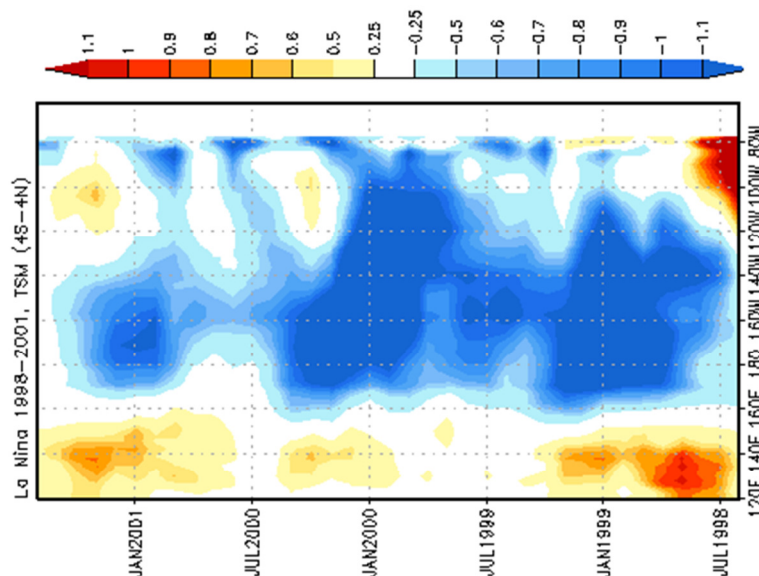


Figura 5. Diagrama longitude versus tempo das anomalias de TSM média entre 4° N e 4° S para a LN de 1998-01

4. Conclusões

Nas três décadas de estudo ocorreram 14 eventos extremos do ENOS, sendo 8 ENs e 6 LNs, dos quais, 4 EN foram do tipo CP, 2 EN do tipo MIX, 2 EN do tipo EP, 2 LN do tipo CP e 4 LN do tipo MIX. Isso confirma a tendência de aumento na frequência de ocorrência de eventos CP em relação a eventos EP no período de 1982-2010 (Lee e McPhaden, 2010). Estes autores destacaram também que a intensidade dos ENs CP aumentou ao longo do período de 1982-2010. A diferença na localização longitudinal das máximas anomalias de TSM dos extremos de ENOS afeta os padrões da circulação atmosférica de grande escala, como a circulação de Walker e os trens de onda de Rossby, e da circulação regional como o JBNAS, e em consequência os padrões de

anomalias de precipitação, como é o caso da AS. Tedeschi et al. (2013) discutiram as diferenças dos efeitos dos eventos de EN e LN EP e CP sobre a precipitação na AS. Recentemente, Andreoli et al. (2016) documentaram os efeitos de EN EP, CP e MIX na precipitação da AS. Os padrões de precipitação sobre a AS associados aos diferentes tipos de extremos do ENOS podem ser visto em vários artigos (Andreoli et al., 2016; Tedeschi et al., 2013; 2015; Tedeschi e Collins, 2016).

Um outro aspecto que torna as três décadas de estudo um período peculiar, foi a ocorrência do EN mais intenso já registrado (1997-98), seguido por uma LN (1998-01) de longa duração. Este EN foi do tipo EP, e a LN, do tipo MIX. Mas o que se destacou na LN de 1998-01 foi sua persistência em 2000 com característica alternada entre CP e EP. Um outro evento que também apresentou a característica alternada entre CP e EP em sua fase de declínio foi o EN de 1986-87, que foi do tipo MIX e que perdurou até o final de 1987. A classificação objetiva usada por Andreoli et al. (2016) considera a fase madura dos extremos do ENOS, ou seja, o trimestre de DJF. A presente análise evidenciou que nas fases de desenvolvimento e de declínio, os eventos podem possuir características distintas das de DJF, o que demonstra ser o monitoramento climático rotineiro uma tarefa imprescindível nos centros operacionais de divulgação da informação sobre o status do clima.

5. Referências

- Andreoli RV, Oliveira SS, Kayano MT, Viegas J, Souza RAF, Candido LA. 2016. The influence of different El Niño types on the South American rainfall. *International Journal of Climatology* (published online). Doi: 10.1002/joc.4783.
- Ashok K, Behera SK, Rao SA, Weng HY, Yamagata T. 2007. El Niño Modoki and its possible teleconnection. *Journal of Geophysical Research* **112**: C11007, doi:10.1029/2006JC003798.
- Kao HY, Yu J-Y. 2009. Contrasting eastern-Pacific and central-Pacific types of ENSO. *Journal of Climate* **22**: 615-632.
- Kousky VE, Kayano MT, Cavalcanti IFA. 1984. A review of the Southern Oscillation: oceanic-atmospheric circulation changes and related rainfall anomalies. *Tellus* **36A**: 490-504.
- Lee T, McPhaden MJ. 2010. Increasing intensity of El Niño in the central-equatorial Pacific. *Geophysical Research Letters* **37**: L14603, doi:10.1029/2010GL044007.
- McPhaden MJ. 1999. Genesis and evolution of the 1997-98 El Niño. *Science* **283**: 950-954.
- Nogués-Paegle J, Mechoso CR, Fu R, Berbery EH, Chao WC, Chen T-C, Cook K, Diaz AFG, Enfield D, Ferreira R, Grimm AM, Kousky V, Liebmann B, Marengo J, Mo K, Neelin JD, Paegle J, Robertson AW, Seth A, Vera CS, Zhou J. 2002. Progress in Pan American CLIVAR research: understanding the South American Monsoon. *Meteorologica* **27**: 3-30.
- Ropelewski CF, Halpert MS. 1987. Global and Regional scale precipitation patterns associated with the El Niño-Southern Oscillation. *Monthly Weather Review* **115**: 1606-1626.
- Ropelewski CF, Halpert MS. 1989. Precipitation patterns associated with the high index phase of Southern Oscillation. *Journal of Climate* **2**: 268-284.
- Smith TM, Reynolds RW, Peterson TC, Lawrimore J. 2008. Improvements to NOAA's Historical Merged Land-Ocean Surface Temperature Analysis (1880-2006). *Journal of Climate* **21**: 2283-2296.
- Shinoda T, Hurlburt HE, Metzger EJ. 2011. Anomalous tropical ocean circulation associated with La Niña Modoki. *Journal of Geophysical Research* **116**: C12001, doi: 10.1029/2011JC007304.
- Taschetto AS, England MH. 2009. El Niño Modoki impacts on Australian Rainfall. *Journal Climate* **22**: 3167-3174.
- Tedeschi RG, Cavalcanti IFA, Grimm AM. 2013. Influences of two types of ENSO on South American precipitation. *International Journal of Climatology* **33**: 1382-1400, doi: 10.1002/joc.3519.
- Tedeschi RG, Grimm AM, Cavalcanti IFA. 2015. Influence of central and east ENSO on extreme events of precipitation in South America during austral spring and summer. *International Journal of Climatology* **35**: 2045-2064, doi 10.1002/joc.4106.
- Tedeschi RG, Collins M. 2016. The influence of ENSO on South American precipitation during austral summer and autumn in observations and models. *International Journal of Climatology* **36**: 618-635, doi 10.1002/joc.4371.
- Wang C, Weisberg RH. 2000. The 1997-98 El Niño evolution relative to previous El Niño events. *Journal of Climate* **13**: 488-501.
- Yu J-Y, Kim ST. 2013. Identifying the types of major El Niño events since 1870. *International Journal of Climatology* **33**: 2105-2112, doi: 10.1002/joc.3575
- Zhou J, Lau KM. 2001: Principal modes of interannual and decadal variability of summer rainfall over South America. *International Journal of Climatology* **21**: 1623-1644.