Revista Brasileira de Climatologia
Brazilian Journal of Climatology
OPEN ACCESS

VARIABILIDADE SAZONAL DA PRECIPITAÇÃO NO SUDESTE DA AMÉRICA DO SUL ASSOCIADA COM AS FASES DA OSCILAÇÃO DECENAL DO PACÍFICO

Seasonal rainfall variability in Southeastern South America associated with the phases of the Pacific Decadal Oscillation

Variabilidad estacional de la precipitación en el Sureste de Sudamérica asociada a las fases de la Oscilación Decenal del Pacífico

Sabrina Matias Granja
Programa de Pós-Graduação em Geografia (PPGGeo)
Universidade Estadual do Oeste do Paraná (UNIOESTE)
Marechal Cândido Rondon, Paraná, Brasil
sabrinamatias@hotmail.com

Leila Limberger
Docente do Programa de Pós-Graduação em Geografia (PPGGeo)
Universidade Estadual do Oeste do Paraná (UNIOESTE)
Marechal Cândido Rondon, Paraná, Brasil
leila.limberger@unioeste.br

Resumo: Padrões de teleconexões atmosféricas interligam anomalias de temperatura e de pressão atmosférica entre os oceanos e a atmosfera, o que gera variabilidade climática. Dentre os principais padrões de teleconexão está a Oscilação Decenal do Pacífico (ODP) e a presente pesquisa tem por objetivo analisar se as diferentes fases da ODP modulam os padrões de precipitação do Sudeste da América do Sul (SEAS), considerando as diferentes estações do ano. Para atingir esses resultados, foram elaborados mapas de anomalias de precipitação anual e sazonal para cada uma das fases da ODP adotadas na pesquisa, sendo: a) fase fria, 1950 a 1976; b) fase quente, 1977 a 1996; c) fase fria, 1997 a 2019. Os resultados mostram que, no centro da América do Sul, há um padrão inverso de anomalias de precipitação em cada uma das fases da ODP, com anomalias negativas nas fases frias e positivas na fase quente. Já para o SEAS, verificou-se uma tendência positiva de precipitação no

período analisado. Ou seja, identificou-se que a ODP não exerce influência sobre as anomalias de precipitação no SEAS, mas verifica-se uma tendência positiva de chuva que não pode ser explicada por outro elemento de variabilidade climática natural, podendo resultar do processo de aquecimento oceânico da região equatorial do planeta, com consequente expansão da região tropical.
Palavras-chave: Teleconexões atmosféricas. Mapas de anomalia. Variabilidade de baixa frequência.

Abstract: Atmospheric teleconnection patterns link temperature and atmospheric pressure anomalies between the oceans and the atmosphere, generating climate variability. Among the main teleconnection patterns is the Pacific Decadal Oscillation (PDO), and the present study aims to analyze whether the different phases of the PDO modulate precipitation patterns in Southeastern South America (SESA), considering the different seasons of the year. To achieve this objective, annual and seasonal precipitation anomaly maps were produced for each of the PDO phases adopted in this study: (a) cold phase, 1950–1976; (b) warm phase, 1977–1996; and (c) cold phase, 1997–2019. The results show that, in central South America, precipitation anomalies exhibit an opposite pattern during each PDO phase, with negative anomalies during the cold phases and positive anomalies during the warm phase. In contrast, SESA exhibited a positive trend in precipitation over the analyzed period. In other words, the findings indicate that the PDO does not influence precipitation anomalies in SESA. However, a positive trend in rainfall was observed, which cannot be explained by another mode of natural climate variability and may instead result from ocean warming in the Earth's equatorial region, leading to the expansion of the tropical belt.
Keywords: Atmospheric teleconnections. Anomaly maps. Low Frequency Variability.

Resumen: Los patrones de teleconexión atmosférica vinculan anomalías de temperatura y presión entre los océanos y la atmósfera, lo que genera variabilidad climática. Entre los principales patrones de teleconexión se encuentra la Oscilación Decadal del Pacífico (ODP), y el presente estudio tiene como objetivo analizar si las diferentes fases de la ODP modulan los patrones de precipitación del Sudeste de América del Sur (SEAS), considerando las distintas estaciones del año. Para alcanzar este objetivo, se elaboraron mapas de anomalías de precipitación anual y estacional para cada una de las fases de la ODP consideradas en la investigación: a) fase fría, 1950–1976; b) fase cálida, 1977–1996; y c) fase fría, 1997–2019. Los resultados muestran que en el centro de América del Sur las anomalías de precipitación presentan un patrón inverso en cada una de las fases de la ODP, con anomalías negativas en las fases frías y positivas en la fase cálida. En cuanto al SEAS, se observó una tendencia positiva en la precipitación durante el período analizado. Es decir, se identificó que la ODP no ejerce influencia sobre las anomalías de precipitación en el SEAS. Sin embargo, se observó una tendencia positiva en las lluvias que no puede explicarse por ningún otro mecanismo de variabilidad climática natural y que podría ser el resultado del proceso de calentamiento oceánico en la región ecuatorial del planeta, con la consiguiente expansión de la región tropical.
Palabras clave: Teleconexiones atmosféricas. Mapas de anomalías. Variabilidad de baja frecuencia.

Submetido em: 22/09/2025
Aceito para publicação em: 05/09/2026
Publicado em: 10/11/2026

1. INTRODUÇÃO

A variabilidade climática é vista cada vez mais sob a ótica da dependência dos papéis desempenhados pelos oceanos na interação com a atmosfera. A oscilação da Temperatura da Superfície dos Mares (TSM) afeta o clima dos continentes por meio de um processo físico conhecido como teleconexão atmosférica (Silva; Silva, 2016). Teleconexão atmosférica é um "recorrente e persistente padrão de anomalia de pressão e circulação de grande escala que cobre vastas áreas geográficas. [...] são também conhecidos como modos preferenciais de variabilidade de baixa frequência" (Ambrizzi, 2003, p. 1) . Ou seja, uma anomalia de pressão atmosférica, desencadeada por anomalias de TSM, gera "vibrações" na atmosfera, que vão se transferir, segundo alguns padrões da física da atmosfera, para locais distantes, causando variabilidade climática.

Assim, os estudos sobre as teleconexões atmosféricas e suas influências na estrutura horizontal da circulação atmosférica são úteis para a compreensão da ocorrência de eventos anômalos de chuva ou de temperatura em várias regiões do globo, pois as análises de teleconexões oferecem uma visão geral da circulação atmosférica (Cavalcanti; Oliveira, 2015).

O padrão de teleconexão atmosférica responsável pela maior parte da variabilidade climática global é o El Niño/Oscilação Sul (ENOS) (Costa et al., 2024). Esse fenômeno configura-se como um padrão de oscilação de pressão atmosférica entre as ilhas de Tahiti e Darwin, no oceano Pacífico, ocasionado por anomalias de TSM nesse oceano. Quando a TSM está a partir de 0,5 °C acima do normal no leste ou no centro do Pacífico, configura-se um El Niño; quando esta região oceânica apresenta TSM menor do que 0,5 °C a partir da média, tem-se uma La Niña (NWS/CPC, 2024).

Porém, para além do ENOS, outros fenômenos de associação oceano-atmosfera produzem alterações nos padrões médios atmosféricos, favorecendo a intensificação da variabilidade climática. Dentre aqueles que mais afetam a circulação atmosférica na América do Sul, destacam-se o *Tropical South America* (TSA), *Tropical North America* (TNA), Índice de TSM nas Regiões, RG2 + RG3 (ITSMRG2+RG3), a *Madden-Julian Oscillation* (MJO) e a *Pacific Decadal Oscillation* (PDO, ou ODP em português) (Souza; Reboita, 2021).

A ODP ganha destaque por ser uma oscilação de larga escala temporal, com ciclos de 30 a 40 anos (Mantua et al., 1997), caracterizados por anomalias de TSM entre as áreas equatorial e extratropical sobre toda a bacia do Pacífico (Mantua; Hare, 2002). A fase positiva (ou quente) é caracterizada por anomalias positivas de TSM na região equatorial do Pacífico, incluindo a costa oeste dos EUA, enquanto a região central do Pacífico Norte apresenta anomalias negativas de TSM. O padrão inverso corresponde à fase negativa (ou fria) do fenômeno.

A *North Carolina Climate Office* (2023) definiu como períodos de fase fria os anos de 1890 a 1924 e de 1947 a 1976; os períodos da fase quente são de 1925 a 1946 e de 1977 até meados dos anos 90. De 1997 a 2020, há predominância de fase fria. Ressalta-se que, como se trata de variabilidade de baixa ou baixíssima frequência (Mantua; Hare, 2002; Kayano; Oliveira; Andreoli, 2009), podem ocorrer anos com anomalia positiva de TSM em uma fase negativa, por exemplo. Mas a definição das fases segue a identificação decenal de uma sequência de anomalias de TSM.

Para Mantua et al. (1997), um dos primeiros estudos sobre a oscilação, os efeitos da ODP seriam perceptíveis apenas na América do Norte, especialmente no inverno boreal. No entanto, estudos posteriores mostraram que este modo influencia a variabilidade climática em outras partes do planeta (Kayano; Andreoli, 2004; Andreoli; Kayano, 2005; Kayano; Andreoli, 2007; Silva, Drumond e Ambrizzi, 2011; Silva, 2012; Nascimento Jr., 2013; Silva; Silva, 2016).

Procurando entender a variabilidade decenal das chuvas no Nordeste do Brasil, Kayano e Andreoli (2004) identificaram que essa teleconexão ocorre via circulação em altos níveis na atmosfera, que transfere as anomalias de TSM e sua associação com a atmosfera adjacente para o Atlântico Norte (via padrão *Pacific North America* – PNA), que, por sua vez, altera o posicionamento da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT).

Andreoli e Kayano (2005) analisaram como as anomalias de chuva na América do Sul causadas pelos fenômenos ENOS se apresentavam nas diferentes fases (quente e fria) da ODP. Analisaram, para isso, os meses da primavera e verão no Hemisfério Sul (novembro, dezembro, janeiro e fevereiro) de 1948 a 1999. As autoras concluíram que quando os eventos estão em fase, ou seja, ODP quente e El Niño, os efeitos do El

Niño são mais fortes. Resultados semelhantes foram identificados em Kayano e Andreoli (2007). Além disso, Silva, Drumond e Ambrizzi (2011) identificaram que, durante a fase positiva da ODP, se observa maior número de El Niños e, durante a fase negativa da ODP, as La Niñas são mais fortes.

Andreoli e Kayano (2005) também identificaram que grandes volumes de chuva no sul da América do Sul e secas no nordeste são explicados por um fraco centro anticiclônico no sudeste da América do Sul e por um centro ciclônico no leste e nordeste do Brasil, quando da ocorrência em fase de El Niño e ODP quente. As anomalias positivas de precipitação sobre o sudeste da América do Sul são localizadas mais ao sul de sua posição climatológica quando há El Niño e ODP fria. Isso é explicado porque, quando há ODP fria, ocorre uma forte circulação ciclônica em baixos níveis sobre o sul da América do Sul, o que fortalece o jato subtropical em altos níveis.

Essas evidências de circulação ciclônica anômala em baixos níveis no centro-sul da América do Sul quando da ocorrência da fase fria da ODP e anticiclônica, quando da fase quente da ODP, também foram identificadas por Silva e Silva (2016), Silva, Silva e Ambrizzi (2016), Villamayor, Ambrizzi e Mohino (2018) e Silva et al. (2020).

Silva e Silva (2016), em suas pesquisas, identificaram padrões climáticos de circulação e precipitação sobre a AS durante as fases negativa e positiva da ODP. Os resultados apontaram anomalia positiva de altura geopotencial em altos níveis troposféricos sobre o SEAS na fase negativa da ODP, proporcionando condições mais secas do que o normal para esta região. Já na fase positiva da ODP, os autores verificaram anomalia negativa de altura geopotencial em altos níveis sobre o SEAS, indicando condições mais úmidas. Associadas a estes padrões de geopotencial, anomalias anticiclônicas e ciclônicas de circulação em altos e baixos níveis são observadas nas fases negativa e positiva da ODP, respectivamente.

Chu et al. (2020) estudaram a associação entre os padrões de teleconexão atmosférica no inverno do ENOS nas duas fases da ODP para o período de 1950 a 2010. Foram utilizados os dados da reanálise ERA-20C. Os autores identificaram que, quando o ENOS ocorre durante a fase quente da ODP, os jatos de oeste ficam fortalecidos e mais uniformes do que a climatologia, acompanhados de anomalias de *eddies* transientes no nordeste do Pacífico, o que fortalece o padrão *Pacific North America*

(PNA) de teleconexão. Quando o ENOS ocorre na fase fria da ODP, as anomalias do jato de oeste se separam em duas partes, uma ao norte do que seria o fluxo climatológico e a outra no fluxo abaixo; assim, os *eddies* transientes também se dividem em duas partes, enfraquecendo o padrão PNA.

Além da relação entre ENOS e ODP, há muitos estudos que relacionam os oceanos Pacífico e Atlântico para entender os impactos da ODP na AS, já que os dois padrões de teleconexão de escala decenal que influenciam a AS são a ODP e a Oscilação Multidecadal do Atlântico (OMA). Kayano, Andreoli e de Souza (2019) indicam que a associação OMA fria/ODP quente (CAMO/WPDO) e OMA quente/ODP fria (WAMO/CPDO) desencadeia, respectivamente, uma célula de Walker mais forte e mais fraca no Pacífico tropical durante o outono austral. Os resultados indicam que a célula Leste-Oeste inter-bacia entre o Atlântico equatorial e o Pacífico leste contribui para o fortalecimento (enfraquecimento) da célula de Walker durante o outono austral de WAMO/CPDO (CAMO/WPDO). Os autores também verificaram que o estado médio da ligação das duas bacias oceânicas (Atlântico e Pacífico) altera as características do ENOS. As maiores anomalias positivas de TSM ocorrem no Pacífico Tropical Central durante WAMO/CPDO e no Pacífico tropical leste durante a CAMO/WPDO. A interligação entre os oceanos Atlântico e Pacífico desempenha um importante papel na modulação das características do EN e seus efeitos na chuva da América do Sul.

Dada a complexidade climática da AS, os estudos das características de circulação de baixa frequência associadas aos eventos ENOS ocorridos em fases distintas da ODP, apresentados nessa introdução, não esgotam o tema, já que os estudos sobre a ODP ainda são recentes na comunidade científica se comparados aos estudos sobre o fenômeno ENOS. E é esta lacuna do conhecimento que a presente pesquisa busca preencher, visando compreender os efeitos das diferentes fases da ODP na variabilidade da precipitação da AS em escala sazonal.

A hipótese é que, mesmo sob a mesma fase da ODP, os impactos no SEAS podem ocorrer por interferência da ODP nos diferentes sistemas produtores de tempo que atuam na América do Sul, que apresentam variação sazonal, como a Alta da Bolívia, a Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS), a Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) e os Jatos de Baixos Níveis (JBN). Ou seja, considera-se que a ODP pode

influenciar indiretamente a circulação na América do Sul de forma distinta nas estações do ano.

O período de 1950 a 2019 foi adotado devido ao fato de que, a partir de 1950 há maior disponibilidade de dados, com maior confiabilidade, sobre os índices de precipitação e TSM disponibilizados por institutos de pesquisa meteorológica e, também, porque esse período mais longo permitirá analisar os efeitos da ODP na chuva do Sudeste da América do Sul (SEAS) em suas sucessivas fases negativas e positivas.

O SEAS compreende a região Sul e partes do Centro-Oeste e Sudeste do Brasil, além de Argentina, Paraguai, Bolívia e Uruguai. São áreas responsáveis pela produção de grande parte dos bens de consumo desses países, além de desempenharem papel importante na agropecuária e na produção de energia hidrelétrica, no caso do Brasil. Portanto, a variabilidade no regime de chuvas dessa região afeta substancialmente tanto as condições de vida das pessoas quanto a economia dos países envolvidos.

O objetivo deste trabalho é analisar se as diferentes fases da Oscilação Decenal do Pacífico influenciam os padrões de precipitação do SEAS, considerando as diferentes estações do ano. Os objetivos específicos são demonstrar os padrões de anomalias pluviométricas causadas pela ODP no SEAS e analisar se há diferenças nos efeitos da ODP entre as estações do ano.

2. METODOLOGIA

Os dados de precipitação utilizados são do *Global Precipitation Climate Center* (GPCC), na versão V2020 *Combined*, obtidos pelo site do *Physical Science Laboratory* (https://psl.noaa.gov/cgi- bin/data/composites/printpage.pl), da *National Oceanic and Atmospheric Administration* (NOAA). No site do Physical Science Laboratory são gerados os mapas de anomalias de chuva para todos os períodos definidos para a pesquisa. Foram gerados mapas de precipitação total anual, precipitação total por estação do ano (DJF, MAM, JJA, SON), anomalia de precipitação anual e anomalia de precipitação sazonal. Após a geração dos mapas, os dados são salvos em formato .nc para serem trabalhados no software NCL (NCAR *Command Language*). No software NCL os mapas foram personalizados, sendo que as

informações foram traduzidas para o português, foram alteradas as cores e foi definida a escala da legenda, conforme as características dos mapas.

O período considerado como normal climatológica para o cálculo das anomalias foi 1991 a 2000. Os mapas foram gerados para a América do Sul e para o SEAS para que se pudesse interpretar os padrões do SEAS em um contexto maior.

Todos os mapas foram gerados para três períodos que caracterizam diferentes fases da ODP, segundo a North Carolina Climate Office (2023): a) 1950-1976 = fase fria; b) 1977- 1996 = fase quente; c) 1997-2019 = fase fria.

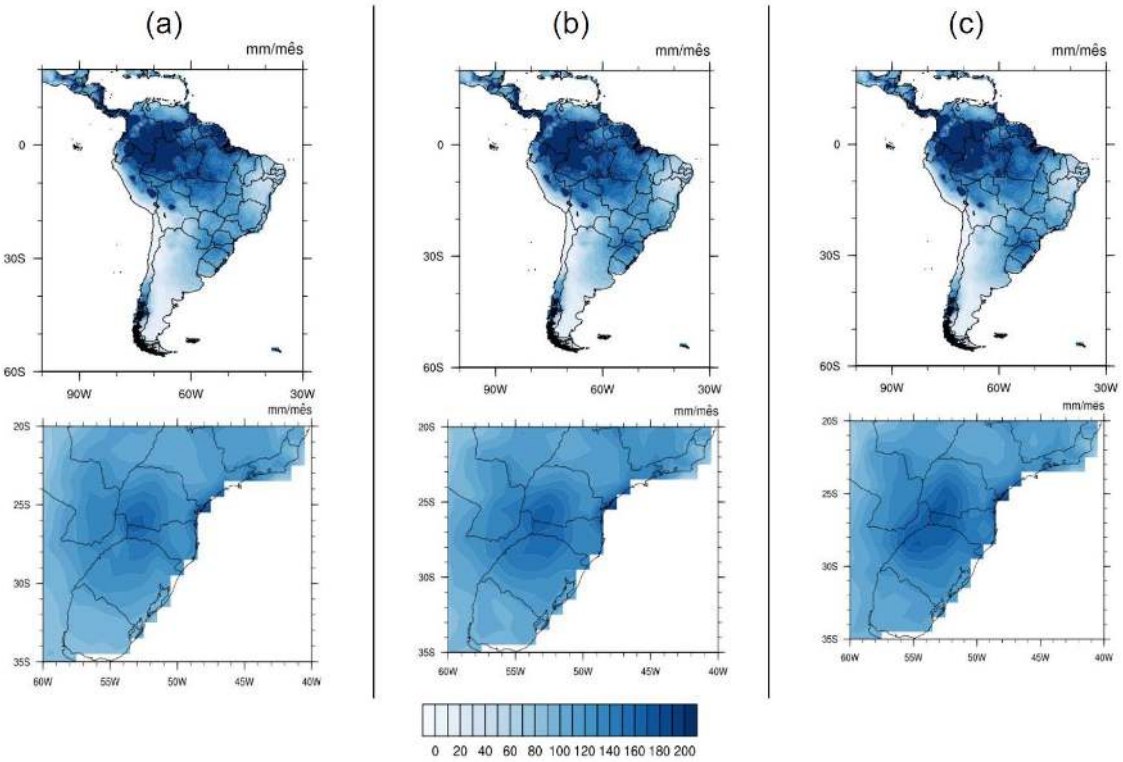
No entanto, após 1999, a fase fria é bastante mal definida, segundo a NASA (2023). Segundo esse site, em 1999 iniciou-se uma fase fria que durou apenas quatro anos (1999-2002), seguida de uma fase quente que se prolongou por três anos. Uma fase neutra se seguiu até 2007, quando se iniciou uma fase fria que perdurou até 2013. Em 2014 a ODP mudou para uma fase quente. Portanto, nessa pesquisa a segunda fase fria (1997-2019) deve ser considerada com bastante cuidado quanto aos seus resultados.

Além dos mapas de chuva para as diferentes fases da ODP, foram gerados mapas de correlação linear entre o índice da ODP e a precipitação na América do Sul. Isso foi realizado no site https://psl.noaa.gov/data/correlation/. Neste procedimento, os dados de precipitação são provenientes da Reanálise NCEP/NCAR.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Na análise dos mapas da AS com os valores médios anuais de precipitação para as 3 fases da ODP aqui analisadas (Figura 3), verifica-se um padrão de maiores valores de precipitação no norte da América do Sul, entre o estado do Amazonas (Brasil), o norte do Peru, a Colômbia, o sul da Venezuela e na foz do rio Amazonas. Os menores valores de precipitação estão na região central da Argentina, do Chile e no semiárido nordestino brasileiro.

Figura 3 – Mapas de precipitação da América do Sul (dados do GPCC) com destaque para o SEAS para as fases da ODP **a)** fase fria 1950 – 1976; **b)** fase quente 1977 – 1996; **c)** fase fria 1997 – 2019.



Fonte: Elaborado pelas autoras.

Para que se possa entender as diferenças de precipitação entre as fases da ODP é preciso gerar mapas de anomalia (Figura 4), já que na Figura 3 essa avaliação não é possível. Olhando para a anomalia dos dados, a Figura 4a demonstra que, na primeira fase negativa analisada na pesquisa (1950 a 1976), há um padrão de anomalias negativas no sul da América do Sul, estendendo-se até o sul da bacia amazônica (especialmente no centro da Bolívia), e um padrão positivo de precipitação no norte da bacia amazônica e no nordeste brasileiro.

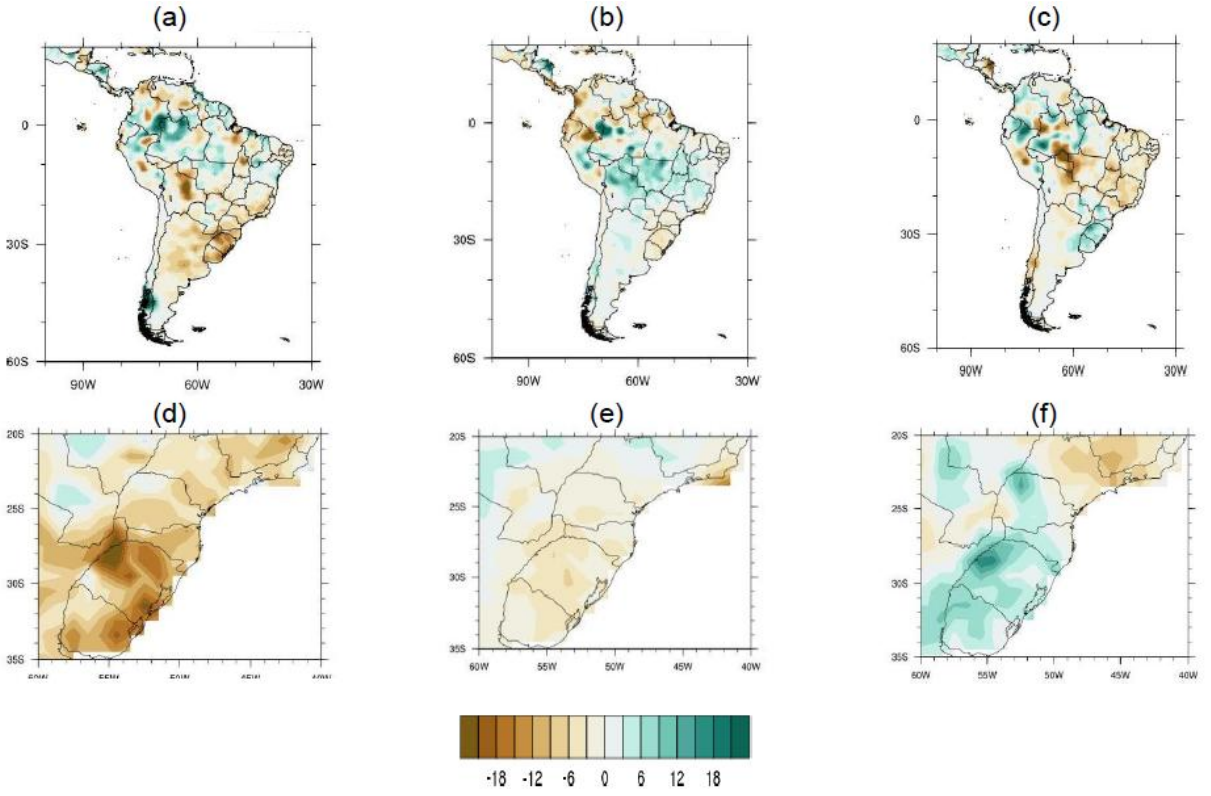
Durante a fase quente da ODP (1977 a 1996, Figura 4b) há um padrão positivo de precipitação no centro da América do Sul, contrastado por um padrão negativo de precipitação no sul do Brasil e no norte da América do Sul.

Essa alteração entre a fase fria e a fase quente da ODP nos anos de 1970 foi definida por Jacques-Coper e Garreaud (2015) como “the 1970s climate shift” na América do Sul, alterando padrões de temperatura, precipitação e pressão ao nível do mar. Durante a segunda fase fria analisada (1997 a 2019, Figura 6c) há um padrão negativo no centro da América do Sul, enquanto no sul do Brasil e no norte da América do Sul há anomalia positiva.

No destaque para o SEAS, é possível verificar, que não há um padrão, nos mapas de anomalia da de precipitação da AS, que siga as fases da ODP. Na primeira fase negativa (Figura 5a), há uma anomalia negativa de precipitação no SEAS. Isso se explica fisicamente já que, segundo Andreoli e Kayano (2005), em fases frias (quentes) da ODP, as La Niñas (El Niños) ficam mais intensificadas, o que gera anomalias negativas (positivas) de precipitação no SEAS. Silva et al. (2020), identificaram esse padrão de forma mais clara nos conjuntos de dados do GPCC e do NCEP-NCAR.

Há anomalias negativas menos intensas na segunda fase da ODP (1977-1996 – fase quente), mas não há um retorno para anomalias negativas na fase seguinte, fase fria (1997-2019), mas, sim, registram-se anomalias positivas de precipitação.

Figura 4 – Mapas de anomalia de precipitação da América do Sul (dados do GPCC) para as fases da ODP **a)** fase fria 1950 – 1976; **b)** fase quente 1977 – 1996; **c)** fase fria 1997 – 2019; anomalias de precipitação para o SEAS d) fase fria 1950 – 1976; e) fase quente 1977 – 1996 e f) fase fria 1997 – 2019.



Fonte: Elaborado pelas autoras.

Portanto, o que se verifica no SEAS é uma tendência positiva de precipitação de 1950 a 2019. Trabalhos anteriores, como Haylock et al. (2006) e Doyle, Saurral e Barros. (2012),

também identificaram tendência positiva de precipitação na região sul do Brasil, Paraguai e Uruguai nas últimas décadas. Segundo Costa et al. (2024), esse aumento na precipitação no sul da América do Sul pode ser explicado pelo padrão de tendência positiva da TSM na região tropical. Jones (2019) verificou uma intensificação dos JBN, desencadeada por um anticiclone mais forte no leste da América do Sul no período de 1979 a 2017. Mangili (2021) indica que a intensificação dos JBN leva a um aumento no fluxo de umidade para o SEAS, o que favorece uma maior taxa de precipitação.

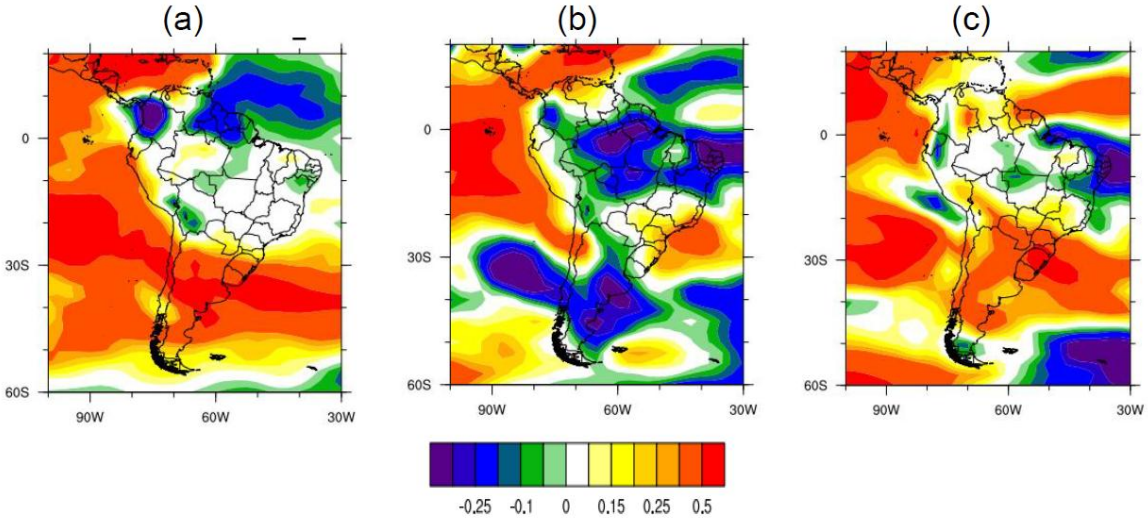
Visando entender a variabilidade da chuva na AS, associada às fases da ODP, elaboraram-se mapas de correlação entre a chuva registrada pela reanálise NCEP/NCAR e o índice da ODP.

Verifica-se um padrão de correlação positiva na faixa de 30ºS nas Figuras 5a e 5c, fases negativas da ODP. As áreas em vermelho no mapa indicam que quando o índice da ODP diminui (TSM fica fria), a chuva nessas áreas também diminui.

Na fase quente da ODP (Figura 5b), a correlação linear na faixa de 30ºS é negativa. Percebem-se padrões diferentes no resultado do cálculo de correlação linear entre o índice da ODP e as chuvas na AS nas fases frias (Figuras 5a e 5c) e na fase quente da ODP (Figura 5b): no centro-leste-norte da América do Sul há um padrão sempre negativo de correlação, mais forte na fase quente. Já na parte Sul da América do Sul, os valores de correlação alteram-se entre as fases frias e a fase quente.

Na fase fria, no SEAS, a correlação é positiva nas fases frias da ODP e negativa na fase quente; isso significa que durante as fases frias o valor da precipitação diminui; já na fase quente, verifica-se que há sinais inversos entre a ODP e a chuva, não havendo explicação física para tal resultado. O resultado para as fases frias condiz com a literatura se for considerado que, durante as fases frias da ODP são registradas La Niñas mais fortes, o que pode explicar a correlação linear entre ODP fria e menos chuva (correlação positiva), no caso do sul da América do Sul.

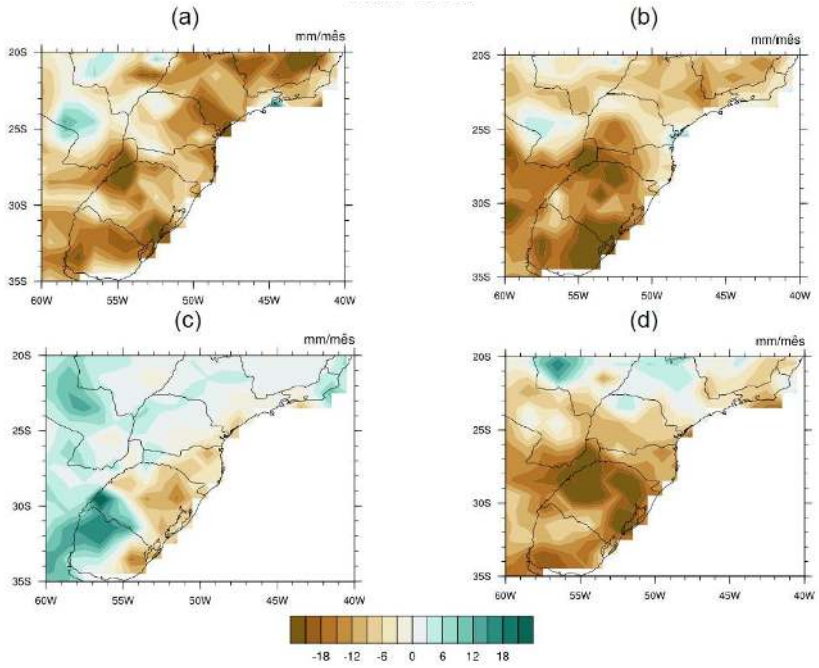
Figura 5 – Mapas de correlação entre o índice da ODP e a chuva na América do Sul durante as fases da ODP: **a)** fase fria 1950 – 1976; **b)** fase quente 1977 – 1996; **c)** fase fria 1997 – 2019.



Fonte: Elaborado pelas autoras.

Passando para a análise sazonal, verifica-se que, nas estações de verão (Figura 6a), outono (Figura 6b) e primavera (Figura 6d), a anomalia continua sendo negativa, assim como na análise anual (Figura 4d). Porém, resultado diverso é verificado no inverno (Figura 6c), quando o sinal é predominantemente positivo.

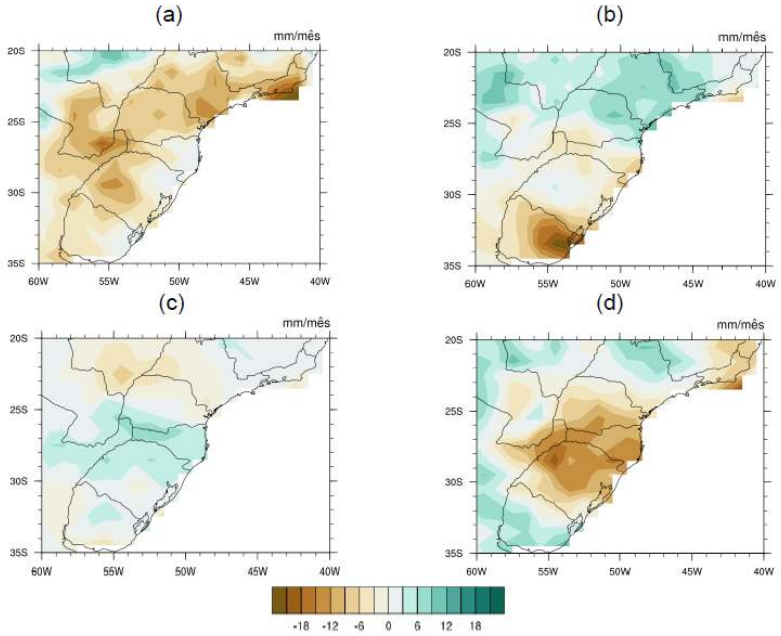
Figura 6 – Anomalia sazonal de precipitação para o SEAS durante fase fria da ODP (1950 a 1976) **a)** DJF; **b)** MAM; **c)** JJA; **d)** SON.



Fonte: Elaborado pelas autoras.

Para a fase quente da ODP (1977 a 1996) percebe-se que no SEAS (Figura 7) um padrão bem semelhante à fase fria, com anomalias negativas de DJF (Figura 7a) e SON (Figura 7d). Nas estações de outono e inverno também há anomalias negativas, porém em áreas específicas.

Figura 7– Anomalia sazonal de precipitação para o SEAS durante fase quente da ODP (1977 a 1996) a) DJF; b) MAM; c) JJA; d) SON

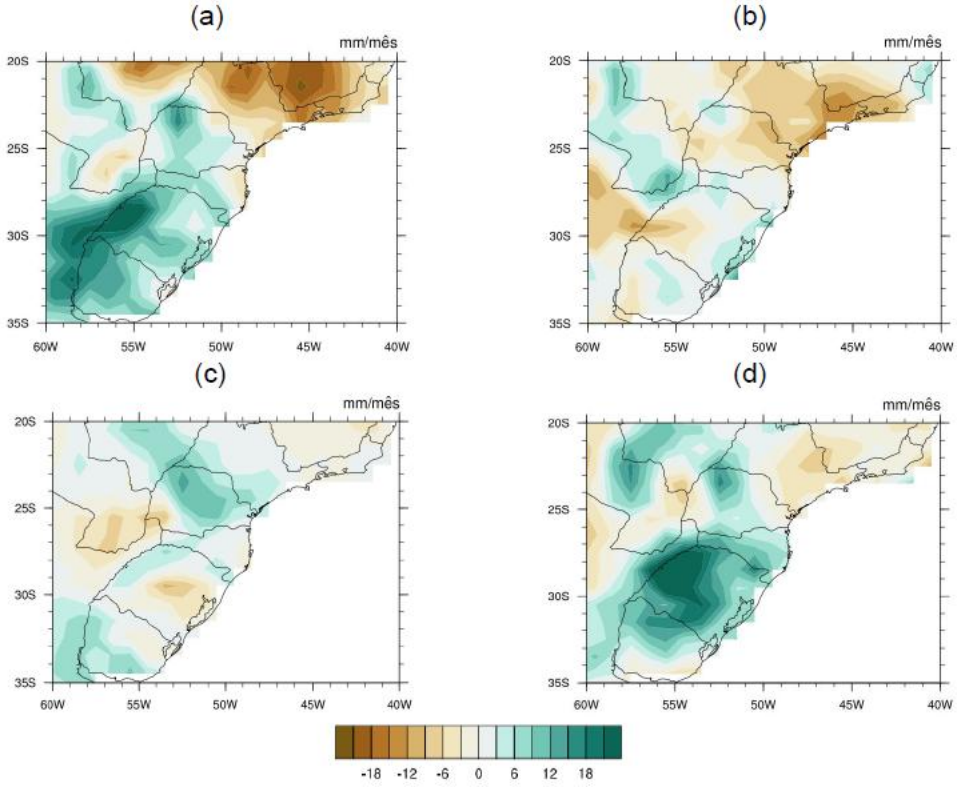


Fonte: Elaborado pelas autoras.

Na seguinte fase fria da ODP analisada (1997 a 2019) verifica-se, novamente, no centro da AS o retorno a uma condição de anomalia negativa de precipitação (não mostrado), como ocorreu na primeira fase. Isso pode ser explicado pelo padrão anticiclônico de circulação no centro da AS, gerado na fase negativa da ODP, conforme identificado por Silva et al (2020). No entanto, o que se verifica na Figura 8 é um padrão de intensificação da anomalia positiva de precipitação no SEAS, mesmo em análise sazonal, seguindo o padrão do que foi identificado na análise anual.

Exceto nos meses de outono (Figura 8b), onde há uma predominância de anomalia negativa, nos demais períodos sazonais há uma intensificação das chuvas, especialmente no verão (Figura 8a) e primavera (Figura 8d). Esse resultado indica que, apesar de haver um padrão de teleconexão com a ODP no centro da AS, que segue o que já foi indicado em outras pesquisas (Silva et al. 2020), no SEAS não foi identificada uma associação entre a ODP e as anomalias de precipitação.

Figura 8 – Anomalia sazonal de precipitação para o SESA durante fase fria da ODP (1997 a 2019) a) DJF; b) MAM; c) JJA; d) SON.



Fonte: Elaborado pelas autoras.

Um resultado que surgiu na presente pesquisa foi que há um padrão de intensificação da tendência positiva de chuva durante o período de análise. Isso é condizente com o identificado na literatura, desde Liebmann et al. (2004) até Costa et al. (2024). Costa et al. (2024) apontam que essa tendência positiva ocorre com e sem a influência do El Niño, demonstrando ser algo atrelado a uma migração para o sul da célula de Hadley, ou uma migração para sul da faixa tropical, devido ao processo de aquecimento da região equatorial.

Varuolo-Clarke et al. (2022) mostraram que essa tendência positiva de precipitação no SEAS também é atrelada ao fluxo de umidade levado pelos JBN, sendo que Jones (2019) identificou um direcionamento mais ao sul dos JBN.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A presente pesquisa se propôs a estudar como a ODP pode influenciar a precipitação no SEAS. Por meio de mapas de anomalias de precipitação, tanto anual quanto sazonal, foi possível perceber que, na área de estudos, a ODP exerce pouca influência, já que não houve resultados contrastantes de forma consistente entre as fases da ODP fria e quente adotadas. De maneira diferente, o centro da AS apresentou os sinais de anomalia negativa de precipitação durante as fases frias da ODP e anomalia positiva durante a fase quente.

Já no SEAS, o que se identificou foi um aumento nos valores de precipitação durante o período de estudos, independente da fase da ODP. Essa tendência positiva de precipitação no SEAS já foi identificada por outros autores e está relacionada ao fluxo de JBN e à expansão da região tropical, devido ao aquecimento da faixa equatorial do planeta.

AGRADECIMENTOS

À CAPES pela concessão de bolsa de mestrado. Ao Programa de Pós-graduação em Geografia da Unioeste, *Campus* de Marechal Cândido Rondon. Ao Laboratório de Estudos da Dinâmica Ambiental, pela estrutura disponível para realização da pesquisa.

REFERÊNCIAS

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

ANDREOLI, R.V.; KAYANO, M.T. ENSO-Related rainfall anomalies in South America and associated circulation features during warm and cold Pacific Decadal Oscillation regimes. **International Journal of Climatology**, v. 25, p. 2017-2030, 2005. doi: 10.1002/joc.1222.

CAVALCANTI, I.F.A.; AMBRIZZI, T. Teleconexões e suas influências no Brasil. In : CAVALCANTI, I.F.A. et al. (org.). **Tempo e Clima no Brasil**. São Paulo: Oficina de Textos, 2009, p. 317-335.

CAVALCANTI, I.F.A.; OLIVEIRA, G.S. Teleconexões**. Climanálise**, v. 2, s.p., 2015. Disponível em <http://climanalise.cptec.inpe.br/~rclimanl/boletim/cliesp10a/esteleg.html>. Acesso em 14 nov. 2022.

CHU, C. ; HU, H. ; YANG, X. ; YANG, D. Midlatitude atmospheric transient eddy feedbacks influenced ENSO-associated wintertime Pacific teleconnection patterns in two PDO phases. **Climate Dynamics**, vol. 54, p. 2577-2595, 2020. https://doi.org/10.1007/s00382-020-05134-4.

COSTA, J.; ANDREOLI, R.; KAYANO, M; SOUZA, I. de; SOUZA, R. de; CERON, W. The South American precipitation trends under (or not) El Niño-Southern Oscillation influences and relationship with large-scale circulation. **International Journal of Climate**, v. 44(9), p. 3154-3168, 2024.

DOYLE, M.E.; SAURRAL, I.; BARROS, V.R. Trends in the distributions of aggregated monthly precipitation over the La Plata Basin. **International Journal of Climatology**, v. 32, p. 2149–2162, 2012. https://doi.org/10.1002/joc.2429.

GERÓLAMO, R. O. P; KAYANO, M. T. Influência da oscilação decenal do pacífico no ciclo anual de temperatura da superfície do mar do Pacífico tropical. In: **Congresso Brasileiro de meteorologia**, 15 2008, São Paulo. Anais. 2008. Disponível em Http://urlib.net/ibi/j8lnkan8rw/34dnune. Acesso 13 fev 2023.

HAYLOCK, M.; PETERSON, T.C.; ALVES, L.M.; AMBRIZZI, T.; ANUNCIAÇÃO, M.T.; BAEZ, J.; BARROS, V.R.; BERLATO, M.A.; BIDEGAIN, M.; CORONEL, G.; CORRADI, V.; GARCIA, V.J.; GRIMM, A.M.; KAROLY, D.; MARENGO, J.A.; MARINO, M.B.; MONCUNILL, D.F.; NECHET, D.; QUINTANA, J.; REBELLO, E.; RUSTICUCCI, M.; SANTOS, J.L.; TREBEJO, I.; VICENT, L.A.. Trends in total and extreme South American rainfall in 1960–2000 and links with sea surface temperature. **Journal of Climate**, vol. 19, p. 1490–1512, 2006. https://doi.org/10.1175/JCLI3695.1.

IPCC (2022). **Climate Change 2022: Impacts, Adaptation, and Vulnerability**. Intergovernmental Panel on Climate Change. Disponível em: https://www.ipcc.ch/report/cliimate-change-2022-impacts-adaptation-and-vulnerability/ Acesso em: 18 nov. 2024.

JACQUES-COPER, M.; GARREAUD, R.D. Characterization of the 1970s climate shift in South America. **International Journal of Climatology**, v. 35, pl. 2164-2179, 2015.

JISAO. Joint Institute for the Study of Atmosphere and Ocean. **The Pacific Decadal Oscillation (PDO)**. Publicado em fev. 2017. Disponível em <http://research.jisao.washington.edu/pdo/>. Acesso em 27 mai. 2024.

JONES, C. Recent changes in the South America low-level jet. **Climate and Atmospheric Science,** v. 20, p. 1-8, 2019. https://doi.org/10.1038/s41612-019-0077-5.

KAYANO, M.T.; ANDREOLI, R.V. Decadal variability of northern northeast Brazil rainfall and its relation to tropical sea surface temperature and global sea level pressure anomalies**. Journal of Geophysical Research**, v. 109, p. C11011 (1 a 8), 2004. doi: https://doi.com/10.1029/2004jc002429.

KAYANO, M. T.; ANDREOLI, R. V. Relations of South American summer rainfall interannual variations with the Pacific Decadal Oscillation. **Journal of Climate**, v. 27, 4, 2007, p. 531 – 540.

KAYANO, M.; OLIVEIRA, C. de; ANDREOLI, R. Interannual relations between South American rainfall and tropical sea surface temperature anomalies before and after 1976. **International Journal of Climatology**, v. 29(10), p. 1439-1448, 2009.

KAYANO, M.T.; ANDREOLI, R.V.; DE SOUZA, R.A.F. Pacific and Atlantic multidecadal variability relations to the El Niño events and their effects on the South American rainfall. **International Journal of Climatology**, s. vol., p. 1-18, 2019. https://doi.org/10.1002/joc.6326.

KWON, M.; YEH, S.; PARK, Y.; LEE, Y. Changes in the linear relationship of ENSO-PDO under the global warming. **International Journal of Climatology**, vol. 33, p. 1121-1128, 2013. DOI: 10.1002/joc.3497.

LIEBMANN, B.; VERA, C.S.; CARVALHO, L.M.V.; CAMILLONI, I.A.; HOERLING, M.O.; ALLURED, D. et al. An observed trend in central South American precipitation. **Journal of Climate**, v. 17, p. 4357-4367, 2004.

LIMBERGER, L. Estudos de teleconexões e possibilidades de avanços na climatologia geográfica: conceitos, fontes de dados e técnicas**. Revista Brasileira de Climatologia**, Curitiba, v. 19, p.10-19, 2016.

MANGILI, F.B. **Dinâmica das chuvas no Paraná: da análise rítmica à espacial**. Tese (Doutorado em Geografia). Londrina: UEL, 2021.

MANTUA, N. J.; HARE, S.J.; ZHANG, Y.; WALLACE, J.M.; FRANCIS, R.C. et al. A Pacific interdecadal climate oscillation with impacts on salmon production**. Bulletin of the american Meteorological Society**, v. 78, n. 6, p. 1069-1080, 1997.

MANTUA, N. J.; HARE, S. R. The Pacific Decadal Oscillation. **Journal of Oceanography**, v. 58, p. 35- 44, 2002.

MARENGO, J. A.; et al. Impactos, vulnerabilidades e adaptação à mudança do clima no Brasil. **Parcerias Estratégicas**, v. 23, n. 49, p. 27-40, 2018.

MENDONÇA, F.A.; DANNI-OLIVEIRA, I.M. **Climatologia: noções básicas e climas do Brasil**. São Paulo: Oficina de Textos, 2007.

MINOBE, S. Spatio-temporal structure of the pentadecadal variability over the North Pacific. **Progress in Oceanography**, v. 47, p. 381-408, 2000.

NASA. El Niño/La Niña Watch PDO. Disponível em < https://sealevel.jpl.nasa.gov/data/el-nino-la-nina-watch-and-pdo/pacific-decadaloscillationpdo/#:~:text=A%20'cool'%20phase%20occurred%20from,that%20continued%20for%203%20years.>. Acesso em 15 fev.2023.

NCEI/NOAA. National Centers for Environmental Information – National Oceanic and Atmosphere Administration. **Pacific Decadal Oscillation (PDO**). Disponível em < https://www.ncei.noaa.gov/access/monitoring/pdo/>. Acesso em 27 mai. 2024.

NWS/CPC. National Weather Service / Climate Prediction Center. Frequently asked questions about El Niño and La Liña. Disponível em https://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/analysis_monitoring/ensostuff/ensofaq.shtml#NINO. Acesso em 22 mai. 2024.

NORTH CAROLINA CLIMATE OFFICE. Global Patterns: Pacific Decadal Oscillation. Disponível em <https://legacy.climate.ncsu.edu> Acesso em 15 de fev. 2023.

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, 2011.

SILVA, C. B. **Variabilidade climática nos oceanos e a vazão fluvial no Pantanal brasileiro**. (Dissertação de Mestrado). FFLCH/USP, 2012.

SILVA, M.E.S; SILVA, C.B. Influência da Oscilação Decadal do Pacífico e do padrão Pacific South America no clima da América do Sul para o período de 1970-2003. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 19, p. 20-35, 2016.

SILVA, C.B.; SILVA, M.E.S.; AMBRIZZI, T. Climatic variability of river outflow in the Pantanal region and the influence of sea surface temperature. **Theoretical and Applied Climatology**, v. 129, p. 97-109, 2016.

SILVA, M.E.S.; SILVA, C.B.; AMBRIZZI, T.; DRUMMOND, A.; PATUCCI, N.N. South America Climate during the 1970-2001 Pacific Decadal Oscillation phases based on different reanalysis datasets**. Frontiers in Earth Science**, v. 7, p. 1-19, 2020. DOI: 10.3389/feart.2019.00359.

SOUZA, C. A. de; REBOITA, M. S. Ferramenta para o Monitoramento dos Padrões de Teleconexão na América do Sul. **Terrae Didatica**, Campinas, SP, v. 17, n. 00, p. e02109, 2021. DOI: 10.20396/td.v17i00.8663474.

VARUOLO-CLARKE, A.M.; WILLIAMS, A.P.; SMERDON, J.E.; TING, M.; BISHOP, D.A. Influence of the South American low-level jet on the austral summer precipitation trend in southeastern South America. **Geophysical Research Letters**, v. 49(9), p. e2021GL096409, 2022.

VILLAMAYOR, J.; AMBRIZZI, T.; MOHINO, E. Influence of decadal sea surface temperature variability on northern Brazil rainfall in CMIP5 simulations**. Climate Dynamics**, v. 51, p. 563-579, 2018.

WEI, W.; YAN, Z.; LI, Z. Influence of Pacific Decadal Oscillation on global precipitation extremes. **Environmental Research Letters**, v. 16, p. 044031 (1-18), 2021. https://doi.org/10.1088/1748-9326/abed7c.

ZHANG, Y.; WALLACE, J.M.; BATTISTI, D. ENSO-like interdecadal variability: 1900-93. **Journal of Climate**, v. 10, p. 1004-1020, 1997.