



# ANOMALIAS DE TEMPERATURA DA SUPERFÍCIE DO MAR ASSOCIADAS COM EVENTOS DE SECA NO OESTE/SUDOESTE DO PARANÁ (1977 A 2018)

Angélica Maiara Pivatto Mader <sup>1</sup>

Larissa Canossa Schulz <sup>2</sup>

Leila Limberger <sup>3</sup>

## RESUMO

Compreender a variabilidade climática é de fundamental importância para a organização espacial. Em zonas tropicais e subtropicais a variável pluviosidade é muito importante por estar relacionada à produtividade agrícola, produção de energia e dessedentação humana e animal. Eventos extremos positivos de chuva (precipitação pluviométrica) na região sul do Brasil estão relacionados a períodos de El Niño. Porém, a causa de eventos de seca ou estiagem nessa porção territorial ainda é pouco conhecida, apesar de trazer consequências negativas para a sociedade. A presente pesquisa teve por objetivo entender quais áreas de TSM estão relacionadas a períodos de estiagem no oeste/sudoeste do Paraná. Foram utilizados dados diários de precipitação de 30 estações meteorológicas da área de estudos, para o período de 1977 a 2018. Em seguida, foram definidos períodos secos pelo método gráfico cronológico de tratamento da informação e, a partir disso, elaborados mapas de anomalia de TSM e de correlação linear durante os períodos secos. Os resultados apontaram que o fenômeno La Niña não é o único responsável pelas secas na área de estudo, mas também as áreas oceânicas do Pacífico Sul, Pacífico Equatorial, Atlântico Tropical Norte e Costa Sudeste da América do Sul interferem na seca da região oeste e sudoeste do Paraná.

**Palavras-chave:** Variabilidade climática, Regiões homogêneas de precipitação, Clima, Organização espacial.

## ABSTRACT

Understanding climate variability is of fundamental importance for spatial organization. In tropical and subtropical zones, rainfall is very important as it is related to agricultural productivity, energy production and human and animal drinking. Extreme positive rain events (rainfall) in the southern region of Brazil are related to periods of El Niño. However, the cause of drought events in this territorial portion is still little known, despite having negative consequences for society. The present research aimed to understand which SST areas are related to periods of drought in the west/southwest of Paraná. Daily precipitation data from 30 meteorological stations in the study area were used, for the period from 1977 to 2018. Then, dry periods were defined using the chronological graphic method of information processing and based on this, SST anomaly maps were created, and linear correlation during dry periods. The results showed that the La Niña phenomenon is not the only one responsible for the droughts in the study area, but also the oceanic areas of the South Pacific, Equatorial Pacific, North Tropical Atlantic

<sup>1</sup> Mestranda do Curso de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Estadual do Oeste do Paraná - UNIOESTE, [angelicapivatto@hotmail.com](mailto:angelicapivatto@hotmail.com);

<sup>2</sup> Mestranda do Curso de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Estadual do Oeste do Paraná - UNIOESTE, [schulzlarissa80@gmail.com](mailto:schulzlarissa80@gmail.com);

<sup>3</sup> Professora Doutora do Curso de Graduação e Pós-Graduação em Geografia da Universidade Estadual do Oeste do Paraná - UNIOESTE, [leila.limberger@gmail.com](mailto:leila.limberger@gmail.com);

and Southeast Coast of South America interfere with the drought in the west and southwest region from Paraná.

**Keywords:** Climate variability, Homogeneous precipitation regions, Climate, Spatial organization.

## INTRODUÇÃO

O clima é um importante elemento do meio ambiente, que favorece ou limita certas atividades humanas. A pluviosidade, especialmente nas zonas tropicais, é um importante elemento para a dessedentação animal e humana, geração de energia e produtividade agrícola, dentre outras atividades. Por isso, torna-se muito importante compreender quais mecanismos levam à variabilidade pluviométrica de uma determinada região geográfica.

Entendendo a importância da compreensão da variabilidade climática, que é resposta, em grande termo, da variabilidade de TSM, o presente estudo se propôs a entender quais áreas de TSM influenciam na redução das chuvas da região oeste/sudoeste do Paraná, conforme definição de Limberger e Ely (2019). Essa é uma região essencialmente agrícola (muito dependente da pluviosidade), apesar de comportar cidades médias como Cascavel, Foz do Iguaçu, Medianeira e Toledo, que dependem da água das chuvas tanto para a dessedentação humana quanto para atividades industriais (agroindústrias).

Nesse sentido, esta pesquisa aborda principalmente o estudo da seca no oeste/sudoeste do Paraná e sua relação com anomalias de TSM. O objetivo geral é entender quais áreas de TSM estão relacionadas a períodos de estiagem no oeste/sudoeste do Paraná. Para alcançá-lo foram elencados dois objetivos específicos: identificar os períodos de estiagem no oeste do Paraná para o período de 1977 a 2018 e relacionar os períodos de estiagens com anomalias de TSM.

Os dados diários de precipitação das 30 estações analisadas foram obtidos por meio dos sites dos institutos de pesquisa IAPAR, SIMEPAR e INMET, para o período de 1977 a 2018. Em seguida, foram definidos os anos secos e muito secos, a partir do Método Gráfico Cronológico de Tratamento da Informação (MGCTI). Utilizando o *Software* NCAR *Command Language* (NCL) foram elaborados os mapas de anomalia de TSM e mapas de correlação linear entre chuva e TSM dos anos mais secos, definidos anteriormente através do método MGCTI.

A partir das análises das áreas de influência sobre o clima do oeste e sudoeste do Paraná, verificou-se que 62,5% dos **anos muito secos** e 42,85% dos **anos secos** tiveram a presença do fenômeno La Niña muito forte. A partir desses resultados, foi possível compreender que o fenômeno La Niña não é o único responsável pelas secas na área de estudo. Concluiu-se que as



áreas oceânicas do Pacífico Sul, Pacífico Equatorial, Atlântico Tropical Norte e Costa Sudeste da América do Sul também interferem na seca da região oeste e sudoeste do Paraná.

## METODOLOGIA

Os dados diários de precipitação foram obtidos a partir dos sites dos institutos de pesquisa IAPAR (atual IDR – Instituto de Desenvolvimento Rural do Paraná), SIMEPAR (Sistema Meteorológico do Paraná) e INMET (Instituto Nacional de Meteorologia). Foram utilizadas as estações meteorológicas de Barracão, Boa Vista da Aparecida, Cascavel, Catanduvas, Céu Azul, Diamante do Oeste, Entre Rios do Oeste, Espigão Alto do Iguaçu, Foz do Iguaçu, Francisco Beltrão, Maripá, Matelândia, Mercedes, Missal, Nova Santa Rosa, Palmas, Palotina, Pato Branco, Planalto, Pranchita, Quedas do Iguaçu, Ramilândia, Rio Bonito do Iguaçu, Santa Helena, Santa Lúcia, Santo Antônio do Sudoeste, São Miguel do Iguaçu, Serranópolis do Iguaçu, Três Barras do Paraná e Vera Cruz do Oeste (Figura 1).

**Figura 1 - Localização da área de estudo**



Fonte: Autoras, 2022.



Para o INMET foi necessário fazer um cadastro no site e baixar toda a série histórica das estações. Para o SIMEPAR e IAPAR foi necessário o envio de um ofício solicitando os dados e se comprometendo a não os repassar, somente utilizar na pesquisa e citar a fonte dos dados em publicações científicas decorrentes da pesquisa.

Para definição dos anos mais secos foi utilizado o Método Gráfico Cronológico de Tratamento da Informação (MGCTI) proposto por Nouaceur, Laignel e Turki (2014), baseado na Matriz de Bertin. A Matriz de Bertin faz uso da Semiologia Gráfica e permite a apresentação dos dados num sistema matricial formado por linhas e colunas. Desse modo, foi possível analisar a variabilidade pluviométrica das estações meteorológicas estudadas.

Para organização do gráfico utilizando a metodologia MGCTI, utilizou-se os dados diários já obtidos dos sites de institutos de pesquisa INMET, SIMEPAR e IAPAR. Primeiramente, foi necessário transformar os dados diários em dados mensais e anuais com auxílio do programa CDO (*Climate Data Operators*). Após a organização desses dados, foi delimitado o período entre 1977 e 2018 das 30 estações meteorológicas elencadas anteriormente.

O MGCTI submete uma sequência de etapas. Para iniciar, os dados de precipitação anual foram ordenados utilizando o critério do menor para o maior valor. Isso foi feito para todas as estações meteorológicas individualmente. Em seguida, é necessário estabelecer os quantis baseados na variabilidade anual de chuvas. Foram estabelecidos cinco quantis para as 30 estações em questão, e para eles atribuí-se categorias de um a cinco com cores distintas de acordo com o critério de umidade: 1 – muito seco, 2 – seco, 3 – normal, 4 – chuvoso, 5 – muito chuvoso. Após executar essa etapa para todas as estações, os resultados foram sendo colocados lado a lado para constituir uma matriz, resultando em colunas compondo as estações e linhas formando os anos. Na terceira etapa, foram aplicados os cálculos estatísticos de soma, média, desvio padrão e padronização utilizando o conjunto das 30 estações. Os valores pluviométricos foram somados para obter uma média da coluna, possibilitando desenvolver o cálculo do desvio padrão, definindo assim, os anos com seca mais intensa.

Utilizando o *Software NCAR Command Language* (NCL) foram elaborados os mapas de anomalia de TSM e mapas de correlação linear entre chuva e TSM dos anos mais secos, definidos anteriormente através do método MGCTI.

Para a elaboração desses mapas, foram definidas algumas variáveis. A variável utilizada foi NOAA Extended SST V5 (ERSST) com o nível de superfície. O tipo de comparação e de



plotagem utilizado foi anomalia. O intervalo de contorno padrão de 0.2. O alcance baixo de -2 e o alcance alto de 2. O cálculo foi realizado para cada ano estabelecido separadamente.

## REFERENCIAL TEÓRICO

O clima é um importante elemento do meio ambiente, que favorece ou limita certas atividades humanas. A variabilidade na oferta desse importante insumo se dá por fatores naturais, tendo como principal modulador a variabilidade da Temperatura da Superfície dos Mares (TSM) (SILVA; SILVA, 2012). O oceano tem papel de regulador climático, já que a água tem alta capacidade térmica fazendo do oceano um grande armazenador de calor. Como o oceano está acoplado à atmosfera por meio de processos químicos e físicos, a variabilidade (ou anomalia) da TSM está relacionada à variabilidade climática nas escalas temporal e/ou espacial.

Quando a atmosfera é influenciada por anomalia de TSM, pode influenciar regiões distantes, por meio de propagação de ondas atmosféricas. Esse processo foi denominado na meteorologia como “Teleconexão Atmosférica” (AMBRIZZI, 2003). Assim, a variabilidade climática de uma determinada região pode ser provocada pela variação de algum componente no Sistema Superfície Atmosfera (SSA) em algum local distante, tanto na atmosfera quanto nos oceanos. Para Limberger (2016) os estudos que envolvem teleconexões atmosféricas se mostram pertinentes para a Climatologia Geográfica por procurarem entender a origem da variabilidade climática em diferentes locais.

Evidências dos impactos das variabilidades causadas por anomalias de TSM do Oceano Pacífico Equatorial nas chuvas do sul do Brasil já foram estudadas por Grimm *et al.*, (1998), Grimm *et al.*, (2000) e Grimm (2003). As pesquisas destacam a região oeste do Paraná como um dos principais receptores das anomalias positivas de chuva durante a fase quente do El Niño-Oscilação Sul (ENOS). Grimm *et al.*, (1998) e Goudard (2023) apontam que o período com o pico das interferências das anomalias ocasionadas pelo ENOS é o mês de novembro. Durante a fase quente do fenômeno (El Niño) as chuvas da região aumentam. Na fase fria, La Niña, o sul do Brasil sofre tendência de estiagem, entre setembro e novembro. Isso ocorre devido ao (re)posicionamento da célula de Walker, que muda a dinâmica das Frentes Frias e devido a mecanismos de circulação de trópico para extratropical por meio de trens de onda de Rossby, conhecidos como Padrão Pacific South America (PSA) (AMBRIZZI, 2003; CAI, 2020).



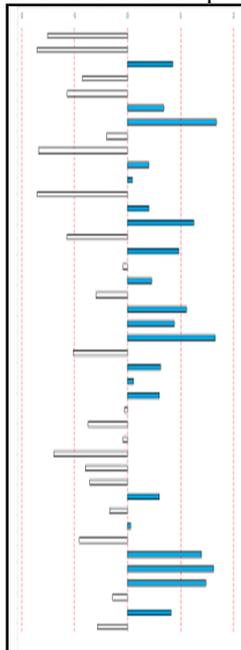
## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na figura 2 está representada a Matriz de Bertin, organizada a partir da metodologia MGCTI e a figura 3 representa o gráfico do índice padronizado da variação da precipitação.

**Figura 2 -** Matriz de Bertin - colunas correspondem às estações e as linhas correspondem aos anos.

Ano	1	2	3	4	5	6	7	8	10	11	12	13	14	15	17	19	21	22	23	24	26	29	30	9	16	18	20	25	27	28
1977	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2
1978	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
1979	3	3	5	3	5	3	3	5	5	4	5	5	3	3	5	5	2	3	2	5	4	3	5	4	4	5	5	4	5	4
1980	1	1	2	2	3	1	1	4	1	2	2	1	2	1	2	2	3	1	1	2	2	3	3	2	3	3	1	3	3	2
1981	1	1	3	1	1	1	2	2	2	2	2	3	3	1	1	3	2	2	2	1	2	1	2	1	1	2	2	1	2	1
1982	3	4	4	4	4	5	3	3	5	3	4	4	3	3	4	4	4	2	4	4	4	5	3	3	4	4	4	5	4	4
1983	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	4	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
1984	2	3	1	1	3	4	4	3	4	1	4	2	2	3	2	3	3	2	3	3	2	2	2	2	2	3	3	2	2	3
1985	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
1986	3	2	3	2	4	4	5	3	2	4	4	4	4	4	4	3	3	4	3	3	3	3	4	3	4	2	4	3	4	5
1987	2	3	2	3	4	3	4	1	3	3	3	4	4	2	4	4	2	4	2	4	3	3	4	3	2	3	2	3	3	4
1988	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
1989	3	3	4	3	3	4	4	4	4	4	4	5	3	2	3	4	3	4	3	2	4	4	4	3	3	3	4	4	3	4
1990	5	5	4	5	3	3	4	5	5	4	4	4	5	5	4	4	5	5	4	4	5	5	5	1	5	5	5	5	5	5
1991	1	1	3	1	2	2	3	1	2	2	2	1	2	1	2	1	1	3	1	2	1	2	1	2	2	2	1	2	2	1
1992	3	4	5	5	5	5	5	4	4	4	3	5	5	4	5	4	3	3	3	3	5	3	3	2	5	4	5	5	4	
1993	3	2	3	3	4	2	2	3	2	2	3	3	3	3	2	4	5	2	3	1	2	5	2	3	3	3	4	3	4	
1994	4	4	2	4	4	3	3	3	4	2	3	3	4	3	3	4	5	4	4	3	4	4	3	4	4	3	4	4	4	
1995	2	3	3	2	3	3	2	1	2	2	2	1	3	3	2	5	2	3	3	1	3	3	1	3	1	1	1	1	2	
1996	4	5	4	5	4	4	4	4	5	3	5	4	5	4	3	5	3	5	3	3	3	3	5	4	5	3	4	4	5	
1997	4	5	3	5	3	3	4	5	4	5	4	5	3	5	5	4	4	3	5	4	4	4	4	4	4	4	3	4	3	
1998	5	5	5	5	5	5	5	5	4	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
1999	2	3	1	3	3	2	1	2	2	3	3	2	1	2	1	1	2	1	3	1	1	1	2	1	2	1	2	2	2	
2000	2	5	5	4	3	4	4	5	3	5	3	4	3	4	3	4	5	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	3	3	
2001	4	4	4	5	2	3	3	4	3	3	1	3	3	2	3	2	5	3	4	3	4	3	3	3	4	2	3	4		
2002	5	4	3	3	2	4	4	4	3	3	3	3	4	3	2	3	3	4	5	3	5	5	5	4	3	4	4	4		
2003	3	3	4	3	2	3	2	3	2	4	3	4	4	2	4	2	3	3	3	4	2	3	4	4	1	1	3	3		
2004	2	2	3	3	1	3	2	3	2	2	2	2	2	2	2	2	3	1	3	2	2	2	3	1	2	1	2	3		
2005	3	2	3	4	2	4	2	3	3	3	2	2	2	2	3	2	4	3	4	3	3	3	4	2	3	3	2	2		
2006	1	2	1	2	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	1	2	1	2	1	2	3	1	1	1		
2007	4	2	2	2	3	2	2	2	3	1	2	1	2	2	1	3	1	1	2	2	4	2	1	1	3	3	3	1		
2008	2	2	2	2	3	3	3	2	1	1	3	2	3	3	4	2	1	2	4	3	3	2	1	3	3	1	2	1		
2009	4	3	3	4	4	3	4	3	4	4	3	3	4	4	3	4	4	3	3	4	4	3	3	4	4	5	5	3		
2010	5	3	2	2	2	1	1	2	3	3	2	2	2	4	3	3	3	2	2	2	3	2	2	3	4	3	4	2		
2011	4	3	4	4	4	2	2	3	3	2	4	2	3	4	3	3	3	5	3	2	4	3	2	2	5	3	2	3		
2012	2	1	2	2	1	1	3	1	2	3	1	3	3	4	2	2	2	2	2	2	2	2	1	3	2	1	2	1		
2013	5	5	4	4	5	5	5	4	5	5	4	5	5	4	5	5	5	4	5	5	4	5	5	5	3	5	5	4		
2014	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	4	5	4	5	5	5	5	5	4	5	5	5	5	5		
2015	5	4	5	5	5	5	4	5	5	4	5	5	5	5	5	5	5	4	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5		
2016	4	2	3	2	2	4	3	2	3	2	1	3	4	1	3	3	1	5	2	5	3	2	4	2	3	3	3	1		
2017	3	4	4	3	4	5	5	3	4	5	5	5	5	4	3	2	5	5	4	3	3	5	4	3	3	5	4	3		
2018	3	4	1	1	1	2	2	1	3	4	2	3	4	3	1	3	1	3	2	1	3	2	2	3	1	2	3	2		

**Figura 3 -** Índice de padronização da variabilidade de precipitação anual – barras cinzas: anomalia negativa; barras azuis: anomalia positiva.

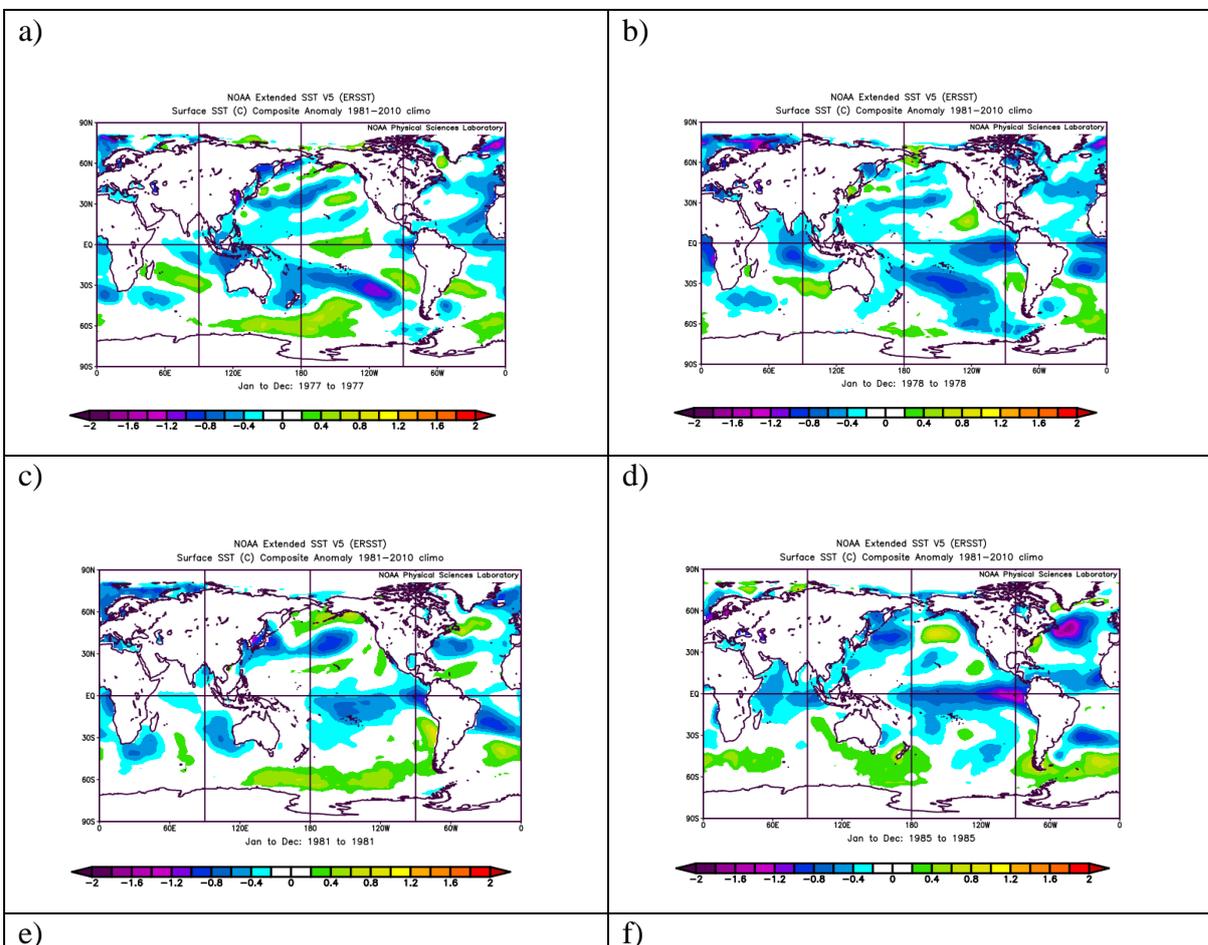


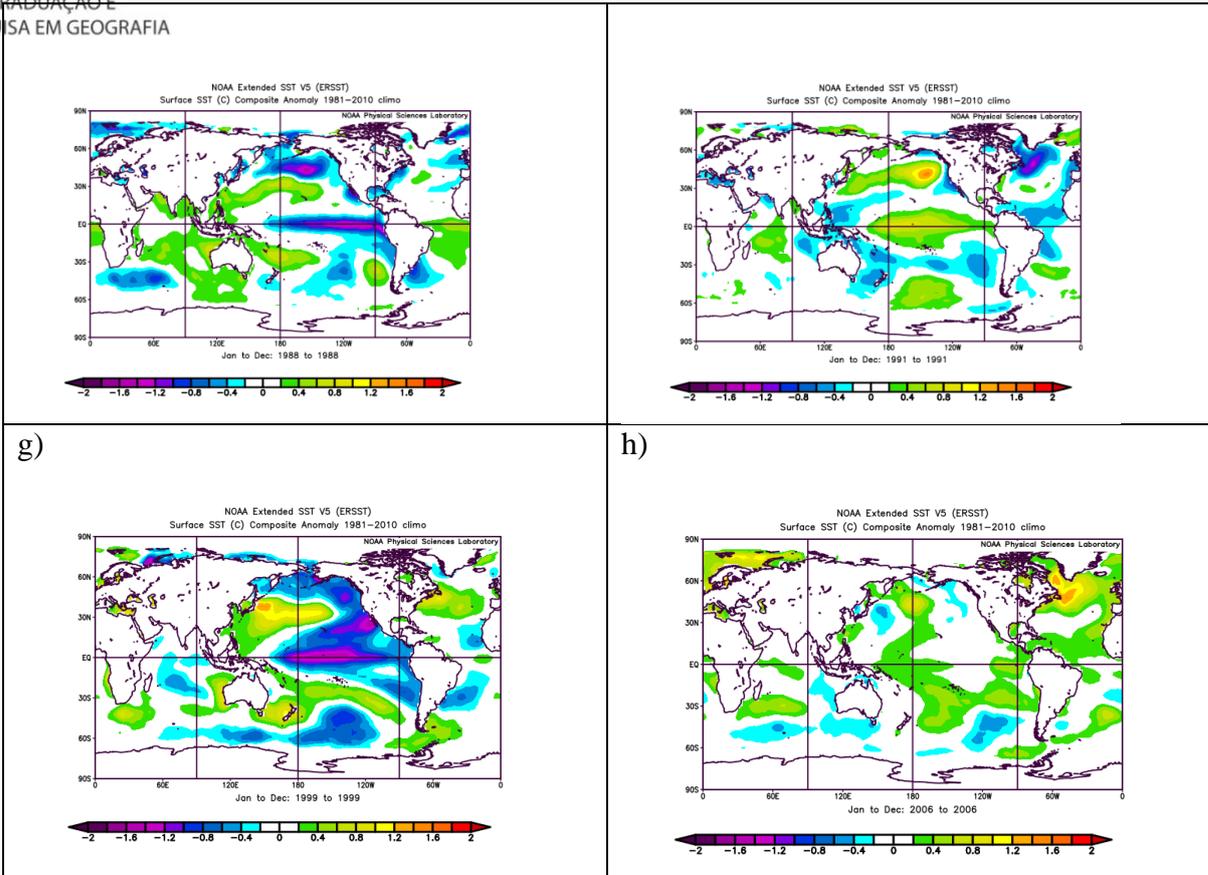


A partir da análise das Figuras 2 e 3, definiu-se os anos **muito secos** e os anos **secos**. Os anos **muito secos** são: 1977, 1978, 1981, 1985, 1988, 1991, 1999, 2006, e os anos **secos**: 1980, 1995, 2004, 2007, 2008, 2009, 2018.

Após a definição dos períodos secos, foram elaborados os mapas de anomalias de TSM, procurando identificar quais áreas apresentam padrão diferente da média. As Figuras 4A a 4H representam os mapas de anomalias dos anos muito secos, e as Figuras 5A a 5G representam os mapas de anomalias dos anos secos.

**Figura 4** – Mapas de anomalias de TSM para cada um dos anos identificados como muito secos pelo MGCTI: a) 1977; b) 1978; c) 1981; d) 1985; e) 1988; f) 1991; g) 1999; h) 2006

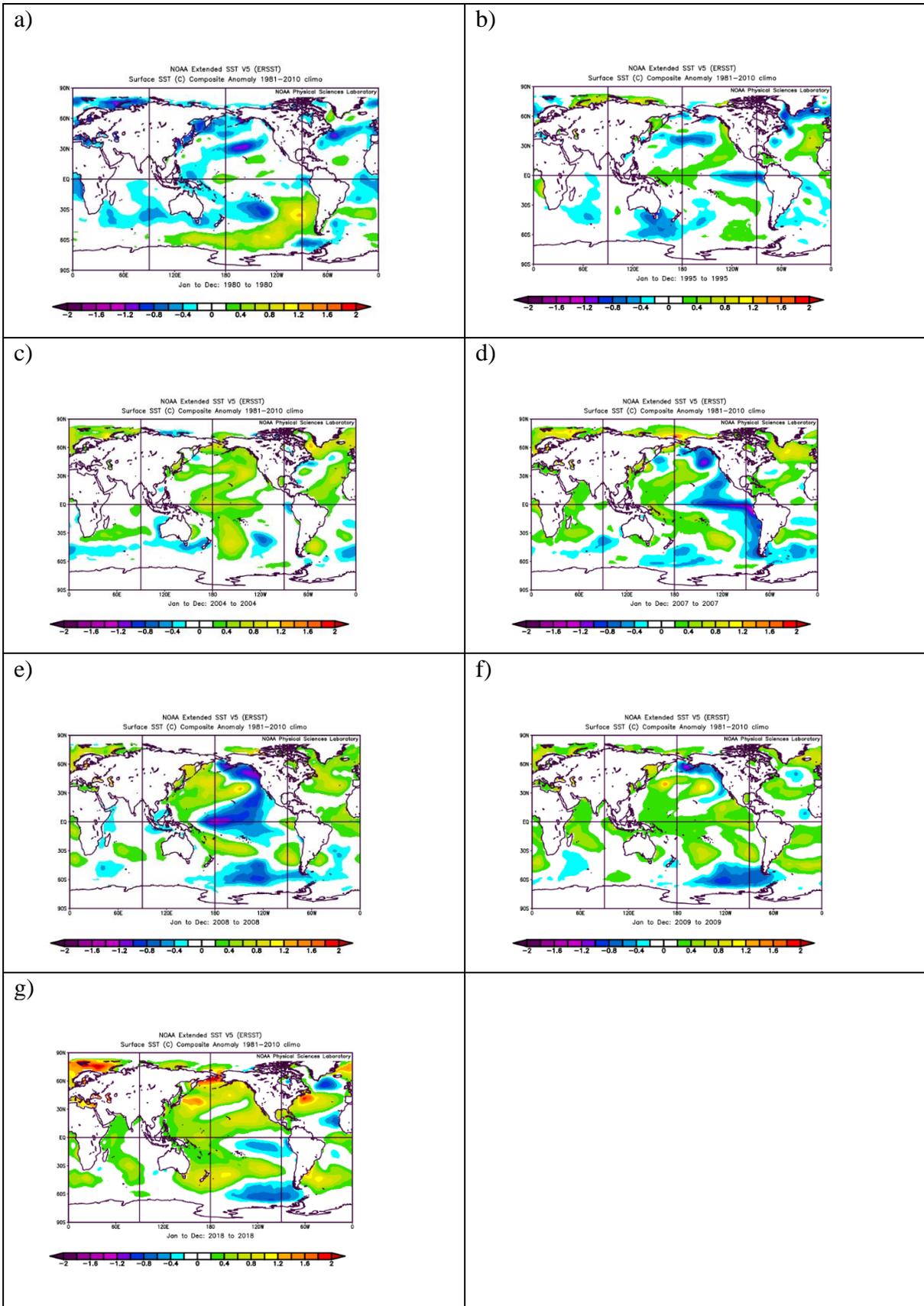




Conforme a Figura 4, pode-se destacar as regiões com anomalias positivas e negativas com maior intensidade para cada ano muito seco. No ano de 1977 (Figura 4A), os Oceanos Pacífico Sul e Atlântico Tropical Norte apresentaram anomalias negativas, e o Oceano na costa leste do Sudeste (SE) da América do Sul (AS) apresentou anomalia positiva. No ano de 1978 (Figura 4B), foram registradas anomalias negativas nos Oceanos: Pacífico Equatorial (La Niña), Pacífico Sul e Atlântico Tropical Sul, enquanto costa leste do SE da AS apresentou anomalia positiva. Para os anos de 1981 e 1985 (Figuras 4C e 4D, respectivamente), os Oceanos Pacífico Equatorial (La Niña) e Atlântico Tropical Sul apresentaram anomalias negativas. Em 1988 (Figura 4E), o Oceano Pacífico Equatorial apresentou anomalia negativa (La Niña). O ano de 1991 (Figura 4F) apresentou anomalia positiva no Oceano Pacífico Equatorial (El Niño) e anomalia negativa no Oceano Atlântico Tropical Norte. No ano de 1999 (Figura 4G) o Oceano Pacífico Equatorial apresentou anomalia negativa (La Niña). Por fim, o ano de 2006 (Figura 4H) apresentou anomalia positiva no Oceano Atlântico Tropical Norte.



**Figura 5** – Mapas de anomalias de TSM para cada um dos anos identificados como secos pelo MGCTI: a) 1980; b) 1995; c) 2004; d) 2007; e) 2008; f) 2009; g) 2018.





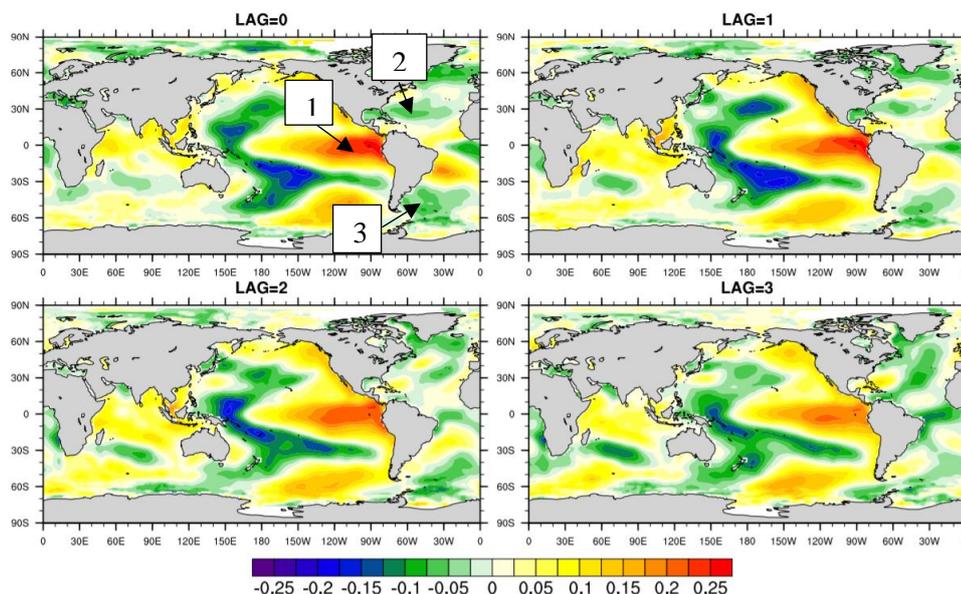
Segundo os resultados obtidos a partir da Figura 5, pode-se destacar as regiões com anomalias positivas e negativas com maior intensidade para cada ano seco. O ano de 1980 (Figura 5A) apresentou anomalia positiva no Oceano Pacífico Sul. O ano de 1995 (Figura 5B) apresentou anomalia negativa no Oceano Pacífico Equatorial (La Niña). No ano de 2004 (Figura 5C) os oceanos Pacífico Equatorial (El Niño), Atlântico Tropical Norte e costa leste do SE da AS apresentaram anomalias positivas. Em 2007 (Figura 5D), foi registrada anomalia negativa no Oceano Pacífico Equatorial (La Niña) e anomalia positiva na costa leste do SE da AS. No ano de 2008 (Figura 5E) ocorreu anomalia negativa no Oceano Pacífico Equatorial (La Niña) e anomalias positivas no Oceano Atlântico Equatorial e costa leste do SE da AS. O ano de 2009 (Figura 5F) registrou anomalias positivas nos Oceanos Pacífico Equatorial (El Niño), Atlântico Tropical Sul e costa leste do SE da AS. Por fim, o ano de 2018 (Figura 5G) registrou anomalia positiva na costa leste do SE da AS.

Para definição mais específica para cada cidade em análise na presente pesquisa, foi elaborado, a partir do Software NCAR Command Language (NCL), um mapa de correlação linear (Figura 6) entre a série histórica mensal de chuva do oeste/sudoeste do Paraná e a TSM global para verificar qual área de TSM é mais recorrente na definição de variabilidade climática, segundo metodologia adotada por Limberger (2015).

Na figura 6, pode-se destacar a presença e a influência no clima da área de estudo três principais fenômenos climáticos sendo eles, El Niño Oscilação Sul (ENOS), Atlântico Tropical Norte (TNA, sigla em inglês) e a costa leste do SE da AS, representados pelos números 1, 2 e 3, respectivamente.

A partir das análises das áreas de influência sobre o clima do oeste e sudoeste do Paraná (Figura 6), verificou-se que 62,5% dos **anos muito secos** tiveram a presença muito forte de La Niña, fenômeno que ocorre no Pacífico Equatorial. Esse resultado já era esperado, já que a bibliografia identificou em estudos anteriores, o papel do fenômeno El Niño/Oscilação Sul (ENOS) na modulação das chuvas para a região Sul do Brasil, explicando cerca de 55% de sua variabilidade (GRIMM, 2003; NERY, 2005; GRIMM, 2009; MASSOQUIM e AZEVEDO, 2010; FERREIRA, 2017; GOUDARD, 2023). Esses estudos indicam que, de forma geral, o período de El Niño (La Niña) favorece mais (menos) precipitação na região Sul do Brasil, devido ao (re)posicionamento da célula de Walker, que muda a dinâmica das frentes frias, e devido a mecanismos de circulação de trópico para extratropical por meio de trens de onda de Rossby, conhecidos como Padrão *Pacific South America* (PSA) (AMBRIZZI, 2003; CAI, 2020).

**Figura 6:** Mapa de correlação linear entre chuva oeste/sudoeste do PR e TSM global – 1977 – 2018 – 1 – El Niño, 2 – Atlântico Tropical Norte, 3 – Costa leste do Sudeste da América do Sul



Ferreira (2017) destaca os fenômenos ENOS (El Niño Oscilação Sul) e ODP (Oscilação Decenal do Pacífico), como os principais fatores que causam variabilidade nas chuvas do Paraná. No entanto, percebe-se que o fenômeno ENOS é mais relacionado com chuvas extremas, como ocorreu nos anos de 1983, 1998 e 2016, enquanto os períodos de estiagem permanecem mais “nebulosos” nesse ramo de pesquisa, tendo outros possíveis fatores como determinantes. Inclusive, segundo Spinelli *et al.* (2020), o conceito de seca/estiagem não está bem definido para o sul do Brasil.

Na presente pesquisa destaca-se a influência de outras áreas oceânicas sobre o clima da região, tais como a costa leste do Sudeste (SE) da América do Sul (AS) e o Atlântico Tropical Norte (TNA - *Tropical North Atlantic*), conforme identificado no mapa de correlação linear entre TSM global e a chuva nas estações em análise. Tais resultados estão indicando anomalia positiva de TSM nos dois casos; isso pode ser explicado pois quando a TSM aumenta, a pressão atmosférica diminui e a circulação fica mais lenta, o que dificulta a chegada de umidade para a área de estudo, causando redução de chuva.

Em análise dos **anos secos**, apenas 42,85% destes tiveram a presença de La Niña no Pacífico Equatorial. Porém, como visto anteriormente, outras áreas oceânicas também influenciam na dinâmica da chuva da região de estudo. Nos anos secos pode-se destacar a presença de anomalias positivas de TSM no Atlântico Tropical Sul, Atlântico Tropical Norte, Atlântico Equatorial e costa SE da AS. Identificou-se as interferências dessas anomalias na precipitação da região oeste e sudoeste do Paraná, pois com a baixa pressão e a consequente

circulação lenta, a inibição de umidade para a área de estudo é maior. Através da análise do mapa de correlação linear desenvolvido foi possível destacar três principais áreas oceânicas que interferem na variabilidade climática da região de estudo. O primeiro fenômeno observado é o ENOS. Este fenômeno, se mantém nos quatro *lags* apresentados no mapa de correlação linear, ou seja, ocorreu uma anomalia positiva, o que significa que quando a temperatura daquela área no Pacífico Equatorial diminui (aumenta), as chuvas na área de estudo também diminuem (aumentam). Vários estudos apontam que o fenômeno ENOS causa anomalias positivas para a precipitação na região de estudo e em todo o Sul do Brasil. Diniz (1998) mostrou uma anomalia positiva de precipitação com atuação do fenômeno El Niño em todo o Rio Grande do Sul entre os meses de julho e agosto de 1997. Massoquim e Azevedo (2010), estudaram as interferências de fenômenos climáticos na microrregião de Campo Mourão, e citaram os anos de maior interferência de ENOS. “Os ENOS, que atuaram nos anos de 1991 à 1994 e sucederam-se em 2006/2007 foram de menor intensidade, mas todos apresentaram meses com déficit hídrico, dentre eles janeiro de 1992, agosto de 1993, e agosto e setembro de 1994” (MASSOQUIM; AZEVEDO, 2010).

A segunda área identificada é o TNA, por onde os ventos alísios adentram o continente e influenciam na dinâmica da chuva no Brasil. Nobre e Shukla (1996) verificaram que as anomalias no Atlântico Norte podem causar mudanças na posição dos ventos alísios (DEMARINS, 2019). Quando ocorre uma anomalia negativa na TSM no TNA, a pressão atmosférica aumenta e os ventos alísios adentram o continente com maior intensidade, batem na barreira orográfica da Cordilheira dos Andes, acompanhando os jatos de baixos níveis, e, por fim, trazem umidade para o sul do Brasil, contribuindo para formação de precipitação na área de estudo. Com base nesse contexto, foi possível observar no mapa de correlação linear que no mês da anomalia essa região estava com baixa influência, porém no *lag* 3 ocorreu uma anomalia negativa mais intensa, o que pode auxiliar na regulação das chuvas para a área de estudo. Campos (2014), afirma que o Atlântico é uma fonte de umidade para a América do Sul, principalmente quando os anticiclones estão atuando na região.

Por fim, a terceira área é a costa leste do SE da AS: esta também é responsável por trazer umidade para as regiões oeste e sudoeste do Paraná.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Por meio dos mapas de anomalias de TSM, pode-se concluir que as principais áreas oceânicas que interferem na seca da região oeste e sudoeste do Paraná são o Pacífico Sul, Pacífico Equatorial, Atlântico Tropical Norte e Costa SE da AS. O mapa de correlação linear aponta o ENOS, a região dos alísios no Oceano Atlântico Tropical Norte e o Atlântico Tropical Sul, na costa SE da AS, como as principais áreas oceânicas que causam interferências nas chuvas da área de estudo.

O fenômeno La Niña explica os períodos de estiagens nos anos muito secos, porém isso não acontece nos anos secos, pois as áreas do TNA e costa SE da AS estiveram muito mais presentes nesses eventos secos.

Foi possível compreender com a presente pesquisa que em trabalhos futuros devem ser desenvolvidas análises de anomalias mensais e não anuais, para obter resultados um pouco mais precisos. Análises anuais podem mascarar a influência de alguns fenômenos climáticos na área a ser estudada.

## REFERÊNCIAS

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

CAI, W.; MCPHADEN, M. J.; GRIMM, A. M.; RODRIGUES, R. R.; TASCHETTO, A. S.; GARREAUD, R. D.; DEWITTE, B; POVEDA, G.; HAM, Y-G.; SANTOSO, A.; NG, B; ANDERSON, W.; WANG, G.; GENG, T.; JO, H-S.; KARAMPERIDOU, C.; TAKAHASHI,

K.; VERA, C. Climate impacts of the El Niño–Southern Oscillation on South America. **Nature Reviews Earth & Environment**, v. 1, p. 215-231, 2020.

CAMPOS, E. J. D. O papel do oceano nas mudanças climáticas globais. **Revista USP**, n. 103, p. 55-66, 2014.

DE-MARINS, J. A. L. **Variabilidade da precipitação pluviométrica da microrregião de Campo Mourão e sua associação com anomalias de temperatura da superfície do mar**. Dissertação de Mestrado, Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Marechal Cândido Rondon, PR, 2019.

DINIZ, F. A. El Niño e sua Influência no período de inverno de 1997 em algumas regiões do Brasil. **Inmet**, v. 27, p. 771-778, 1998.

FERREIRA, L. G. B. **Disponibilidade hídrica e produtividade de soja no Oeste do Paraná**. Dissertação de Mestrado, Pós-Graduação – IAPAR (Mestrado em Agricultura Conservacionista, Área de Concentração em Manejo Conservacionista dos Recursos Naturais) – Instituto Agrônomo do Paraná – IAPAR, Londrina, PR, 2017.

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, p. 35-58, 2000.

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, p. 2863-2880, 1998.

GRIMM, A. M. The El Niño impact on the summer monsoon in Brazil: regional processes versus remote influences. **Journal of Climate**, v. 16, p. 263-280, 2003.

GRIMM, A. M. Variabilidade Interanual do clima no Brasil. In Cavalcanti, I. F. D. A.; FERREIRA, N. J.; SILVA, M. G. A. J. da; DIAS, M. A. F. da S. **Tempo e Clima no Brasil**. São Paulo: Oficina de Texto, p. 259-275, 2009.

GOUDARD, G. **Interações Oceano-Atmosfera e Efeitos na Variabilidade Pluvial do Clima Subtropical Brasileiro**. Tese de Doutorado, Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal do Paraná, Curitiba, PR, 2023.

LIMBERGER, L.; ELY, D. F. Régionalisation des précipitations dans l'état du Paraná (Brésil) en lien avec la température de surface de la mer. In **Anais XXXII Colloque Internationale de l'Association Internationale de Climatologie**, Thessaloniki, Grécia, p. 493-498, 2019.

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

MASSOQUIM, N.G.; AZEVEDO, T. R. Interferência de fenômenos climáticos em culturas temporárias na microrregião de Campo Mourão. **Revista GEOMAE**, v. 1, p. 13-28, 2010.

NERY, J. T. Dinâmica climática da região Sul do Brasil. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 1, p. 61-75, 2005.

NOBRE, P.; SHUKLA, J. Variations of Sea Surface Temperature, Wind Stress, and Rainfall over the Tropical Atlantic and South American. **Journal of Climate**, v. 9, p. 2464-2479, 1996. [https://doi.org/10.1175/1520-0442\(1996\)009<2464:VOSSTW>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1175/1520-0442(1996)009<2464:VOSSTW>2.0.CO;2)

NOUACEUR, Z.; LAIGNEL, B.; TURKI, I. Changement climatique en Afrique du nord: vers des conditions plus chaudes et plus humides dans le moyen Atlas marocain et ses marges. **Anais Colloque de l'Association Internationale de Climatologie**, Dijon, França, p. 387-393, 2014.

SILVA, C. B.; SILVA, M. E. S. Variabilidade climática – processos físicos e dinâmicos no oceano e na atmosfera. **Revista do Departamento de Geografia**, Volume Especial, p. 372-406, 2012.

SPINELLI, K.; NASCIMENTO, R.; FUENTES, M. Análise climática dos episódios de estiagem que provocaram danos socioeconômicos no oeste catarinense entre 1999 a 2012. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 26, p. 345-367, 2020.