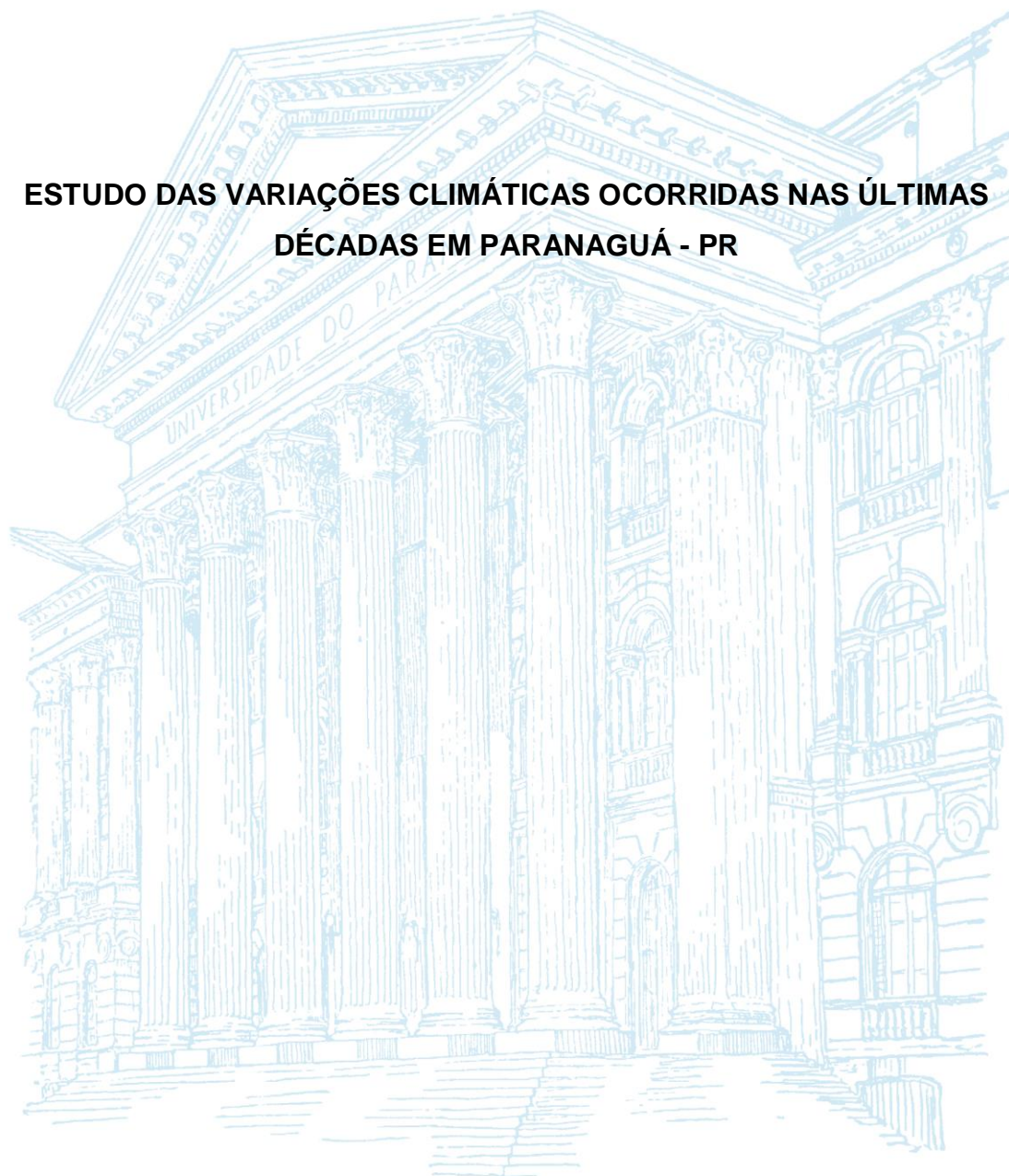


UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

LAURA FERNANDES DA CONCEIÇÃO

**ESTUDO DAS VARIAÇÕES CLIMÁTICAS OCORRIDAS NAS ÚLTIMAS  
DÉCADAS EM PARANAGUÁ - PR**



PONTAL DO PARANÁ

2021

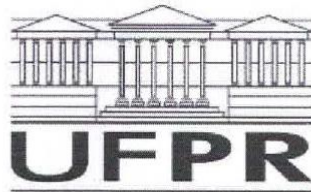
LAURA FERNANDES DA CONCEIÇÃO

ESTUDO DAS VARIAÇÕES CLIMÁTICAS OCORRIDAS NAS ÚLTIMAS DÉCADAS  
EM PARANAGUÁ - PARANÁ

Trabalho de conclusão de curso apresentado  
como avaliação final do curso de Engenharia  
Ambiental e Sanitária, Universidade Federal do  
Paraná.

Orientador: Prof. Dr. Virnei Silva Moreira.

PONTAL DO PARANÁ  
2021



UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

ATA DE REUNIÃO

TERMO DE APROVAÇÃO

Laura Fernandes da Conceição

**“ESTUDO DAS VARIAÇÕES CLIMÁTICAS OCORRIDAS NAS ÚLTIMAS DÉCADAS EM PARANAGUÁ-PR”**

Trabalho de Conclusão de Curso aprovado como requisito parcial para a obtenção do grau de Bacharel em Engenharia Ambiental e Sanitária, da Universidade Federal do Paraná, pela Banca formada pelos membros:

Profa. Dra. Amanara Potykytã de Sousa Dias Vieira - CEM/UFPR

  
Me. Andréa Almeida Lopes de Deus - Portos do Paraná

Prof. Dr. Virnei Silva Moreira - CEM/UFPR

Presidente

Pontal do Paraná, 05 de Agosto de 2021.



Documento assinado eletronicamente por **VIRNEI SILVA MOREIRA, PROFESSOR DO MAGISTERIO SUPERIOR**, em 06/08/2021, às 11:49, conforme art. 1º, III, "b", da Lei 11.419/2006.

Documento assinado eletronicamente por **AMANARA POTYKYTA DE SOUSA DIAS VIEIRA, PROFESSOR DO MAGISTERIO SUPERIOR**, em 06/08/2021, às 11:58, conforme art. 1º, III, "b",  
[https://sei.ufpr.br/sei/web/controlador.php?acao=documento\\_imprimir\\_web&acao\\_origem=arvore\\_visualizar&id\\_documento=4004360&infra\\_siste...](https://sei.ufpr.br/sei/web/controlador.php?acao=documento_imprimir_web&acao_origem=arvore_visualizar&id_documento=4004360&infra_siste...) 1/2

06/08/2021

SEI/UFPR - 3702122 - Ata de Reunião



da Lei 11.419/2006.



A autenticidade do documento pode ser conferida [aqui](#) informando o código verificador **3702122** e o código CRC **C17C3BC8**.

Referência: Processo nº 23075.040355/2021-04

SEI nº 3702122

## DEDICATÓRIA

Ao meu pai, in memoriam, Acir Fernandes da Conceição, que sempre acreditou e me apoiou.

À minha mãe, Sônia Passos Ferreira, pelo apoio e esforços para não me deixar desistir.

Aos amigos, familiares, pelas conversas e apoio.

## **AGRADECIMENTOS**

- Ao meu professor e orientador, Virnei Silva Moreira, por toda sua dedicação em ensinar, apoiar, pelas conversas, compreensão, ajuda e orientação nessa trajetória do TCC e IC.
- Aos meus amigos e amigas que me apoiaram nessa caminhada, em especial às minhas companheiras de equipe Carina e Gabriela, formamos um grupo para os trabalhos, estudos e vida. E a Ricardo pelo mapa de Paranaguá.
- Aos professores que me iluminaram e inspiraram ao longo desses anos.
- Aos servidores do Campus Pontal do Paraná-CEM, pelas conversas, ajudas, sorrisos e incentivos.
- E ao Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), pelo fornecimento dos dados essenciais para a realização deste trabalho.

## RESUMO

A variação climática está relacionada, entre outros fatores, às mudanças de temperatura, precipitação e às médias históricas de fenômenos climáticos. Sendo seu estudo importante para a obtenção de informações que ajudem a prevenir e até evitar eventos climáticos desastrosos.

Paranaguá é uma cidade litorânea do Paraná, apresenta clima tropical chuvoso sempre úmido. O município foi escolhido com o intuito de verificar a existência das variações sobre seu clima e eventuais tendências, auxiliando os órgãos responsáveis nas tomadas de decisões, quanto aos danos socioambientais, e possíveis eventos climáticos. Sendo coletado os dados da estação convencional de Paranaguá (OMM: 83844), pelo site do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), para a realização deste trabalho que relacionam variáveis de temperatura e precipitação no período de 1961 até 2019, por meio de análises estatísticas de diversos parâmetros, comparando com a literatura.

Usando os métodos estáticos da correlação de Pearson para a precipitação, temperaturas mínimas, máximas, número de dias com precipitação, e correlação linear simples para contribuir na identificação de eventos discrepantes, foram encontradas tendências nas temperaturas mínimas com aumento nas últimas décadas, confirmado pela literatura. Ou seja, na média percebe-se uma elevação na temperatura. Na estação do inverno, o frio estaria mais brando e com menor duração, percebendo-se uma elevação nas temperaturas mínimas. Nas temperaturas máximas nos meses de verão, é visto um acréscimo na análise da linha de tendência. Observou-se também a influência de eventos como El niño e La niña sobre as precipitações e temperaturas. A correlação de Pearson, apresentou resultados melhores nas análises em que a variável de precipitação e temperatura continham os dados da série total de 58 anos deste estudo.

Palavras-chave: Paranaguá. Tendências Climáticas. Eventos Climáticos.

## ABSTRACT

Climate variation is related, among other factors, to changes in temperature, precipitation and historical averages of climatic phenomena. Its study is important to obtain information that will help prevent and even avoid disastrous weather events.

Paranaguá is a coastal city in Paraná, with a rainy tropical climate that is always humid. The municipality was chosen in order to verify the existence of variations in its climate and possible trends, helping the responsible bodies in decision-making, regarding social and environmental damage, and possible climatic events. Data from the conventional station of Paranaguá (OMM: 83844) was collected by the website of the National Institute of Meteorology (INMET), for this work that relate temperature and precipitation variables in the period from 1961 to 2019, through statistical analysis of several parameters, comparing with the literature.

Using the static methods of Pearson correlation for precipitation, minimum and maximum temperatures, number of days with precipitation, and simple linear correlation to contribute to the identification of outliers, trends in minimum temperatures increasing in recent decades were found, confirmed by the literature . In other words, on average, there is an increase in temperature. In the winter season, the cold would be milder and with a shorter duration, with an increase in minimum temperatures being perceived. At peak temperatures in the summer months, an increase in trendline analysis is seen. The influence of events such as El niño and La niña on rainfall and temperatures was also observed. Pearson's correlation presented better results in the analyzes in which the variable of precipitation and temperature contained the data of the total series of 58 years of this study.

Keywords: Paranaguá. Climate Trends. Weather Events.

## LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1: LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO, ESTAÇÃO CONVENCIONAL DO INMET EM PARANAGUÁ.	22
FIGURA 2: A PRECIPITAÇÃO MÉDIA MENSAL PARA OS MESES DE VERÃO DOS ANOS DE 1961 A 2019.	26
FIGURA 3: TEMPERATURA MÁXIMA MÉDIA MENSAL PARA OS MESES DE VERÃO DOS ANOS DE 1961 A 2019.	27
FIGURA 4: TEMPERATURA MÍNIMA MÉDIA MENSAL PARA OS MESES DE VERÃO DOS ANOS DE 1961 A 2019.	28
FIGURA 5: A PRECIPITAÇÃO MÉDIA MENSAL PARA OS MESES DE INVERNO DOS ANOS DE 1961 A 2019.	29
FIGURA 6: TEMPERATURA MÁXIMA MÉDIA MENSAL PARA OS MESES DE INVERNO DOS ANOS DE 1961 A 2019.	30
FIGURA 7: TEMPERATURA MÍNIMA MÉDIA MENSAL PARA OS MESES DE INVERNO DOS ANOS DE 1961 A 2019.	31
FIGURA 8: A PRECIPITAÇÃO MÉDIA MENSAL PARA OS ANOS DE 1961 A 2019.	33
FIGURA 9: TEMPERATURAS MÁXIMAS PARA OS ANOS DE 1961 A 2019.	35
FIGURA 10: TEMPERATURAS MÍNIMAS PARA OS ANOS DE 1961 A 2019.	37

## SUMÁRIO

<b>INTRODUÇÃO</b>	11
JUSTIFICATIVA	9
OBJETIVOS	10
Objetivo Geral	10
Objetivos específicos	10
<b>REVISÃO TEÓRICO-EMPÍRICA</b>	11
REVISÃO GLOBAL	11
RELAÇÃO DA TEMPERATURA E PRECIPITAÇÃO NO BRASIL	12
RELAÇÃO DA TEMPERATURA E PRECIPITAÇÃO NA REGIÃO SUL DO BRASIL	15
RELAÇÃO DA TEMPERATURA E PRECIPITAÇÃO NO PARANÁ	16
RELAÇÃO DA TEMPERATURA E PRECIPITAÇÃO EM PARANAGUÁ	19
<b>METODOLOGIA</b>	21
ÁREA DE ESTUDO	21
DADOS DO ESTUDO	22
ANOS COM EVENTOS CLIMÁTICOS NO PARANÁ (El Niño e La Niña)	23
MÉTODO CORRELAÇÃO LINEAR DE PEARSON	24
<b>RESULTADOS E DISCUSSÕES</b>	26
<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS</b>	38
<b>REFERÊNCIAS</b>	39

## 1. INTRODUÇÃO

Os ciclos climáticos do planeta Terra são estudados há muitos séculos, sendo uma importante forma para se obter respostas sobre o passado, presente e futuro do planeta. É com base nessa ferramenta que projeções são realizadas sobre as linhas de tendências a situações e eventos climáticos que podem vir a se repetir.

Ricce et al. (2009), descreve que no planeta Terra sempre ocorreram ciclos de aquecimento e glaciação de milhares de anos de forma natural. Porém, com a Revolução Industrial, as mudanças nos ciclos climáticos passaram a ter influências antrópicas também, como o aquecimento do planeta pela emissão excessiva de gases de efeito estufa (GEEs), representado majoritariamente pelo dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>). Como consequência, diversos efeitos podem ser observados na saúde, qualidade de vida, agricultura, mudanças no ciclo hidrológico, favorecimento de pragas, enfermidades, redução de produtividade, planejamento urbano, gerenciamento de recursos hídricos, tecnologias e desenvolvimento econômico.

Segundo Ferrari et al. (2012), tais mudanças climáticas e consequências já citadas por Ricce et al. (2009) também, trazem inquietação à comunidade científico-acadêmico devido aos efeitos no meio social, ambiental e econômico, pois desde o século passado o clima do planeta vem apresentando um comportamento de grandes variações. Tais preocupações vêm do fato de sermos uma população de bilhões de pessoas ocupando o planeta, sendo que grande parte desta população se encontra em condições de vulnerabilidade frente aos eventos de ordem natural que possam a vir acontecer.

Silva e Guetter (2015), por meio de dados geológicos, reconstruíram longas séries temporais com variações climáticas intensas, sem interferência antrópica, as chamadas mudanças climáticas naturais. Porém, o último século chama atenção devido aos impactos do aumento populacional sobre essas alterações. A questão é saber diferenciar se são mudanças climáticas naturais ou provocadas pela ação humana, e com essas informações prever e até evitar implicações desastrosas com mudanças de comportamento em tempo satisfatório.

No Brasil, um dos fatores que têm influência no clima foi explicado por Diniz et al. (2020), o El Niño, que atua sobre os regimes de temperatura e precipitação,

afetando a circulação atmosférica do planeta Terra. Em regiões do Centro-Oeste e Nordeste do Brasil, este fenômeno favorece o início de queimadas naturais e alastra aquelas de natureza antrópica, devido aos períodos de seca com altas temperaturas. Enquanto em outras regiões, como Sul e Sudeste, o inverso acontece, ocorrendo o excesso de chuva nesse mesmo período. Ambos os casos trazem impactos do ponto de vista ambiental, econômico, social e de saúde pública.

Ao delimitar ainda mais o nosso ponto de estudo, segundo Silva e Guetter (2015), a introdução de gases que contribuem ao efeito estufa, devida a atividade antrópica, tem resultado no aumento da temperatura média global, e muda de forma indesejável o sistema climático. Sendo que no Paraná desde a década de 1970 vem ocorrendo mudanças no ciclo hidrológico, em relação a temperatura, duração, intensidade e vazão. Em trabalhos como o de Silva et al. (2015), as revisões vistas sobre a temperatura do ar e precipitação no estado do Paraná notaram algumas tendências climatológicas de extremos e um padrão de aquecimento generalizado para uma grande parte do estado, devido aos indicadores de temperatura.

Fritzsons et al. (2008), esclarece que o Paraná é um estado situado em uma região de transição entre as zonas tropical e subtropical, tendo o norte cortado pelo Trópico de Capricórnio. Essas características geram paisagens e cobertura do solo bastante diversificada em termos climáticos, como exemplo, circulação atmosférica, orografia destacada no sul e leste, no leste ocorre também uma maior influência oceânica devido a presença do oceano, e maior efeito da continentalidade no oeste, devida à distância em relação aos grandes corpos hídricos e acentuada por barreiras orográficas.

Desta forma, entendendo-se a importância e previsão das mudanças no clima de uma região, o presente trabalho tem como objetivo verificar e analisar possíveis tendências climáticas, relacionando variáveis de temperaturas e precipitação no período de janeiro de 1961 até dezembro de 2019, para o município de Paranaguá. Os estudos dos possíveis impactos das mudanças climáticas nesta região são de grande importância para auxiliar os poderes público e privado nas tomadas de decisões quanto aos eventos extremos, danos socioambientais, movimentos de massa na serra, inundações e prejuízos à agricultura familiar.

## 1.1. JUSTIFICATIVA

De Mello Bueno (2011), menciona o uso de combustíveis fósseis pelas indústrias e comércio, a grande produção de resíduos, o desmatamento, que causam a destruição dos solos e liberação de gases, além da expansão urbana com aumento da impermeabilidade das áreas, como causas básicas para que no meio ambiente urbano ocorram efeitos de associação entre efeito estufa, ilhas de calor, insalubridade, perda de fonte hídricas e sanitárias.

As principais consequências sobre as atividades humanas são na agricultura, com as mudanças no ciclo hidrológico, favorecimento de pragas, enfermidades, redução de produtividade. O planejamento urbano, o gerenciamento de recursos hídricos, e toda a dinâmica envolvida com as temperaturas e a água, e também a atenção especial pela população mundial de bilhões de pessoas, muitos ocupando áreas de alta cautela aos eventos climáticos extremos que podem ocorrer, como citou Ferrari et al. (2012).

Já Carvalho et al. (2019) cita que para a gestão das bacias hidrográficas, saber os fatores que a influenciam e suas tendências é importante para definir os diversos usos da bacia hidrográfica, destacando entre estes fatores o conhecimento sobre a precipitação, que um dos componentes importantes no ciclo hidrológico. Em seu estudo, Steinmetz et al. (2007) relatou que o aquecimento global se mostra cada vez mais evidente através de observações como o aumento da temperatura média global e do nível dos oceanos, de acordo com os dados do último século, com maior atenção aos últimos 50 anos, em que o aquecimento tem sido mais expressivo. Isto evidencia a importância do estudo das mudanças climáticas, bem como das relações humanas com essas mudanças, as consequências e atitudes frente a esses eventos. Desta forma, desastres naturais, eventos de longas secas, período chuvosos, temperaturas fora das médias entre outros possíveis eventos climáticos, podem ser amenizados e/ou as populações vulneráveis podem ser adaptadas e preparadas para tais situações.

## 1.2. OBJETIVOS

### 1.2.1. Objetivo Geral

Analisar e verificar possíveis tendências climáticas, relacionando variáveis de temperatura e precipitação na cidade de Paranaguá no período de 1961 até 2019, por meio de análises estatísticas de diversos parâmetros, comparando com a literatura.

### 1.2.2. Objetivos específicos

- Analisar se as variáveis: temperaturas máximas, mínimas e precipitação, possuem alguma relação entre si;
- Verificar se ocorrem variações entre as variáveis no período estudado;
- Analisar quais as possíveis tendências climáticas notadas através dos dados da série histórica;
- Realizar apontamentos sobre o cenário e tendências para os próximos anos.

## 2. REVISÃO TEÓRICO-EMPÍRICA

### 2.1. REVISÃO GLOBAL

As alterações no clima, são medidas por diversos parâmetros, dentre eles, segundo Caviglione et al. (2000), pela precipitação, expressa como a disposição da água disponível na atmosfera, seja ela na forma líquida ou sólida, como exemplos, chuva, granizo, orvalho, neve, entre outros. Ela é expressa em milímetros, por medida em altura. Enquanto a umidade, é uma relação da quantidade de vapor da água que está no ar, e o quanto é o máximo que o ar pode aguentar sem saturar, sob condições de temperatura ambiente. Já a temperatura, é o aquecimento do ar, devido a uma parcela de energia proveniente da radiação solar, tem sua medida dada por graus Celsius, através de equipamentos como termômetros e sensores.

No estudo realizado por Alexander et al. (2006) entre 1951 e 2003, apontam que as mudanças no mundo que vem ocorrendo são de aumento dos extremos quentes, e queda nos extremos frios, configurando que o planeta está ficando menos frio, e mudanças complexas nos extremos de precipitação.

Já Steinmetz et al. (2007), relata que o aquecimento global se mostra cada vez mais evidente através de observações como, aumento da temperatura média global e do nível dos oceanos, consequência do derretimento do gelo e neve de diversas partes do mundo. Segundo os dados, no período de 100 anos (1906-2005) o aumento da média global da temperatura do ar foi de  $0,74^{\circ}\text{C}$ , sendo observada uma tendência linear de aquecimento nos últimos 50 anos ( $0,13^{\circ}\text{C}$  por década).

Mellor et al. (2016) também discute sobre as consequências do aumento de eventos extremos relacionados às mudanças climáticas, e uma possível sobrecarga com doenças diarreicas, pois estudos já apontam para uma relação do aumento nas mudanças sobre a precipitação e a temperatura, que pode afetar a disponibilidade e a qualidade da água em todo o mundo. Muitas populações já são fragilizadas pela falta de acesso a água e esgotos tratados, sofrendo um menor desenvolvimento. Em contrapartida, os países mais desenvolvidos enfrentaram problemas na agricultura, aumentos das temperaturas, em áreas litorâneas com o aumento do mar, e dispersão de doenças infecciosas graves.

Antes disso, Waltrick et al. (2012), já alertava que a perda de solo em grande parte do planeta é causada principalmente pela erosão hídrica, sendo que durante os

eventos climáticos de El Niño e La Niña, a erosividade aumenta nas regiões tropicais e subtropicais devido à chuva.

Pena (2020), trata dos fatores que influenciam o clima, como a temperatura, pressão, massas de ar, regime de chuvas, relevo e muitos outros fenômenos e fatores interligados entre si, influenciando-se mutuamente. Porém, os eventos que provocam alterações no sistema atmosférico e mudanças em várias partes do planeta são classificados como anomalias, a exemplo, o El Niño e a La Niña, que se repetem a cada três ou até sete anos. O El Niño é o mais comum, uma das razões é a Oscilação Decadal do Pacífico, um evento também cíclico de variações das águas no oceano Pacífico com duração em média de 20 anos.

Ainda segundo Pena (2020), o El Niño é resultado do aquecimento excepcional de águas geralmente frias do Oceano Pacífico, que ocasiona algumas massas de ar quentes e úmidas, que geram algumas chuvas na região de entorno da costa do Peru, com a diminuição do regime de chuvas em locais como a Austrália, Indonésia, entre outros. No Brasil, os efeitos de menor precipitação recaem sobre as regiões norte e nordeste, enquanto que nas regiões Sul e em partes do Sudeste e do Centro-Oeste ocorre aumento das chuvas. Já o La Niña é o fenômeno contrário, ocasionado pelo aumento das forças dos ventos alísios, que ocasiona o esfriamento anormal destas águas já normalmente frias. Sendo de igual incidência ao El Niño, mas como é um evento ocasionado por fatores contrários, suas consequências também são inversas, onde nas regiões norte e nordeste tem-se um aumento nas precipitações, e nas regiões restantes uma diminuição das chuvas, com períodos de secas.

Nobre et al. (2019), exprime sobre os efeitos sociais e econômicos destes eventos, relacionando-os a inseguranças alimentares, crises hidrológicas, meios de subsistência e saúde, sendo associado também a possível desencadeamento de vários surtos globais de doenças nas áreas afetadas pelo El Niño de 2015/16.

## 2.2. RELAÇÃO DA TEMPERATURA E PRECIPITAÇÃO NO BRASIL

No Brasil, um país de dimensões continentais, muitas cidades cresceram antes de um planejamento urbano. Com isso, diversos problemas surgem junto à expansão dessas regiões, abrindo espaço para diversas fragilidades no presente e futuro.

Nobre et al. (2010), por exemplo, trata da vulnerabilidade das megas metrópoles, frente às mudanças do clima, como no caso da Região Metropolitana de São Paulo (RMSP). As estimativas de aumento da população para 2030, seguindo o atual padrão de ocupação do solo, trazem junto um agravamento dos problemas já existentes em períodos de chuva intensa, como o risco de enchentes, inundações e deslizamentos. Somados a alterações nos regimes hidrológicos e a outros fatores de gestão e uso da terra como exemplo, o avanço sobre terrenos de encosta, tem provocado o aumento de riscos relativos aos deslizamentos de terra.

Outro ponto é a farta disponibilidade de recursos hídricos no Brasil, saber gerenciar esse recurso tão importante é primordial. Com base nisso, Carvalho et al. (2019), cita que o conhecimento sobre a precipitação é muito importante no ciclo hidrológico, pois para a gestão das bacias hidrográficas, saber os fatores que a influenciam e suas tendências é importante para definir os diversos usos da bacia hidrográfica. No estudo realizado por eles, as séries históricas e as tendências pluviométricas foram analisadas e classificadas em mensais, anuais e o total de dias com chuva da bacia hidrográfica do Rio do Navio (BHRN), no estado de Pernambuco. Essas tendências apontam para mudanças nos padrões pluviométricos, exprimindo uma redução da precipitação anual, com a queda do número de dias com precipitação e da média pluviométrica, impactando a disponibilidade hídrica na bacia.

Já no estudo de Almeida et al. (2019), foi analisada a frequência de vazão na região hidrográfica de Calha Norte, no estado do Pará, no período de 1981 a 2007 (26 anos), utilizou 6 estações fluviométricas e 6 estações pluviométricas, para observar a contribuição da chuva no comportamento das vazões. Na relação das estações pluviométricas, observou-se haver influências do volume de precipitação no período descrito. Foram observados comportamentos anormais, por picos isolados de vazão, que poderiam ser de outras variáveis, sugerindo uma gestão mais integrada com todos os setores e formação de uma base de dados hidrológicos mais representativa.

Reforçando Carvalho et al. (2019) e Almeida et al. (2019), a respeito da precipitação como um importante parâmetro no ciclo hidrológico, Lira et al. (2020) em seu trabalho que analisou as variações da precipitação e a dinâmica espacial do uso e cobertura da terra no município de Tucuruí, Pará, Brasil, no período de 1980 a 2015, os dados notados demonstraram variações no processo de chuvas interanuais, com precipitação média anual, e sazonalidade dividida em duas estações, uma chuvosa

que vai de dezembro a maio, e outra menos chuvosa, de junho a novembro. Foram apresentadas na série de precipitação que cinco eventos de La Niña e doze eventos de El Niño ocorreram.

Outro trabalho relevante foi o de Sobral et al. (2019), que notou que os eventos de seca moderada são mais prováveis nas áreas costeiras e montanhosas empregando da ferramenta do índice de precipitação padronizada (SPI), que foi usado para caracterizar períodos de seca e umidade no estado do Rio de Janeiro, e utilizando também o teste Mann-Kendall (MK). Com menos frequência foi anotada uma seca severa nas regiões costeiras e no centro da Paraíba, assim como na região metropolitana, mas como a seca extrema, entre 1984 e 1985. Os eventos de El Niño e La Niña não foram conectados ao aumento ou redução das chuvas em nenhuma região do estado do Rio de Janeiro, pois sua influência não parece ser significativa para a alteração do regime de chuvas no Rio de Janeiro, e na região sudeste do Brasil.

No trabalho De Oliveira et al. (2020), o objetivo era ponderar as tendências de alguns índices de extremos climáticos. Foi feito um estudo no estado de Minas Gerais, Brasil, onde foram utilizadas séries históricas obtidas junto ao Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) para 47 municípios, em diferentes regiões do estado, no período de 1961 a 2010, com base nos testes de Mann-Kendall e de regressão linear. Nos indicadores de temperaturas mínima e máxima do ar, pode-se evidenciar o aumento significativo de temperatura na maior parte de Minas Gerais na primavera, antecipando o verão, e no outono obtiveram propensões de temperaturas menores, antecipando o inverno. No inverno está indicando uma redução na possibilidade de ocorrência de geadas, devido ao aumento de temperaturas extremas mínimas, principalmente nas regiões Sul e Sudeste. No verão houve tendências de alta em todo o estado, principalmente no norte. Essas mudanças dos índices trazem consequências para o setor agrícola e na qualidade de vida dos mineiros, devido à proliferação de doenças. Para as tendências relacionadas à precipitação não foram observadas mudanças significativas.

Já Neves et al. (2020), analisou a variabilidade e as tendências da temperatura do ar e da chuva entre 1988 a 2017 na Bacia Hidrográfica do Ribeirão do Lobo, Estado de São Paulo, Brasil, importante devido aos seus diversos usos recreativos e econômicos. Os dados são provenientes do Centro de Recursos Hídricos e Estudos Ambientais da Universidade de São Paulo (CRHEA), e em cinco estações

pluviométricas da Agência Nacional de Águas do Brasil (ANA) distribuídas por toda a bacia. Demonstraram significativos aumentos por ano na temperatura do ar, nos parâmetros de temperatura mínima, máxima e média do ar. Para o uso do teste de Mann-Kendall, é feita a avaliação da correlação serial, utilizando-se o teste de execução. Por fim, com base na definição de que mudanças climáticas são alterações no clima por no mínimo 30 anos de observação, os autores concluíram haver tendências positivas para as mudanças climáticas neste período, com o aumento da temperatura do ar. Já os dados pluviométricos não apresentaram tendência significativa. Uma análise mais minuciosa será necessária para localizar os pontos causadores destas mudanças.

Diniz et al. (2020), explicou sobre outro fator que tem influência no clima do Brasil, o fenômeno de irregularidade da temperatura das águas superficiais do Oceano Pacífico Tropical, chamado de El Niño, também já citado por Pena (2020), que no globo tem influência sobre os regimes de temperatura e precipitação, por afetar a circulação atmosférica do planeta Terra. No Brasil, em regiões do Centro-Oeste e Nordeste do Brasil, favorece o início de queimadas naturais e alastrando as antrópicas, devido aos períodos de seca com altas temperaturas, provocando a perda de biomas. Enquanto em outras regiões, como Sul e Sudeste do Brasil, o inverso acontece, ocorrendo o excesso de chuva. Ambas as situações trazem impactos como, prejuízos à saúde pelos gases emitidos por esses incêndios e perdas de vidas e bens materiais.

### 2.3. RELAÇÃO DA TEMPERATURA E PRECIPITAÇÃO NA REGIÃO SUL DO BRASIL

Silva et al. (2010), Minuzzi e Caramori (2011), a respeito das análises temporais de precipitação de todo o Brasil para o período 1961 a 2008, onde padrões e tendências foram encontrados, demonstrando padrões diferenciados e muito regionalizados. A exemplo, tendências que vêm sendo apresentadas desde meados do século XX no estado do Paraná, para um aumento no volume pluviométrico, principalmente, nos meses de verão e de primavera. Na faixa leste do sul do Brasil, onde as tendências se mostram positivas para aumento pluviométrico, reforçado por Cavalcanti e Kousky (2009) in Pinheiro et al. (2013) também já haviam visto, de que

o aumento poderia estar associado com a proximidade com o oceano, que recebe chuvas oriundas da circulação marítima ou do aumento da frequência de frentes frias.

Pinheiro et al. (2013), avaliou em seu estudo, séries temporais diárias, mensais e anuais de precipitação no sul do Brasil, onde aplicando um teste de tendência de Mann-Kendall, para analisar os dados de 18 estações pluviométricas pertencentes à Agência Nacional de Águas (ANA), distribuídas entre os estados do Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul, sendo possível demonstrar mudanças estatísticas significativas em 16 estações delas. Os resultados exibem tendência positiva máxima e de elevações regulares de precipitação para as séries de 1970 e 1980.

Frente a isso, Pinheiro et al. (2013), relata que nos registros da humanidade, o clima da Terra sempre sofreu efeitos de mudanças ligadas a ciclos, que explicam diversos processos pelos quais a Terra passou. Muitos eventos como furacões, enchentes, degelo, ondas de calor, eram considerados eventos naturais até o século XX, porém atualmente, suas intensidades e frequências são apontadas como possíveis efeitos das mudanças climáticas globais.

#### 2.4. RELAÇÃO DA TEMPERATURA E PRECIPITAÇÃO NO PARANÁ

Segundo Caviglione et al. (2000) e também o Paraná sofre interferência de características de transição climática, devido a forte influência do trópico de Capricórnio, que está localizado na latitude de 23° 27' S. Fritzsons et al. (2008) relata que essas características geram paisagens, e cobertura do solo bastante variados em termos climáticos, como exemplo, circulação atmosférica, orografia destacada no sul e leste, no leste ocorre também uma maior influência oceânica devido a presença do oceano, e maior efeito da continentalidade no oeste, devida à distância em relação aos grandes corpos hídricos e acentuada por barreiras orográficas.

Fritzsons et al. (2008), ainda explica alguns componentes importantes que influenciam a temperatura, um dos elementos climáticos responsável pelas maiores consequências diretas e significativas sobre muitos processos fisiológicos que ocorrem em plantas e animais, esses componentes são: a água, pois os seus processos de aquecimento e resfriamento são mais lentos que na superfície continental, os ventos predominantes e as correntes oceânicas, que conduzem por advecção o ar mais quente ou mais frio de uma área para outra, dependendo

normalmente, decresce com a elevação da altitude numa proporção de aproximadamente  $1^{\circ}\text{C}/100\text{m}$  (gradiente adiabático do ar seco).

Variações no clima, são observadas desde meados do século passado, em trabalhos como o de Silva et al. (2015), que em revisões vistas sobre a temperatura do ar e precipitação no estado do Paraná, notaram algumas tendências climatológicas de extremos e um padrão de aquecimento generalizado para uma grande parte do estado, devido aos indicadores de temperatura, com um significativo percentual segundo dados estatísticos, de dias e noites mais quentes, a uma taxa de 0,1 a 0,4 %/ano entre 1976 e 2010. Comparando médias anuais, isso representa em todo o estado, um aumento de  $+0,02^{\circ}\text{C}/\text{ano}$  no mesmo período, em temperaturas máximas e mínimas. Consequentemente, períodos mais secos em algumas cidades do Paraná.

Já em trabalhos como de Nery et al. (2005), foi destacado que a região sul e leste do estado, apresentam uma maior média anual de precipitação pluviométrica, influenciado por fatores como a orografia para ambas as regiões e no leste também pela maritimidade. O período analisado foi de 1966 a 1997, onde os anos de julho de 1982 a dezembro de 1983 (El Niño), foram caracterizados por chuvas acima da média, enquanto janeiro a dezembro de 1985 (La Niña) foram extremamente secos para o Estado. Recebendo então grande significância no período estudado pelas anomalias na precipitação. Além da intensidade das precipitações, a influência destes eventos para o Paraná está também na frequência dos dias com chuvas.

Segundo Silva e Guetter (2015), a introdução de gases que contribuem para o efeito estufa, devida a atividade antrópica, tem resultado no aumento da temperatura média global, e muda de forma indesejável o sistema climático. No Paraná foi constatado que desde a década de 1970, tem havido mudanças no ciclo hidrológico, com o aumento das vazões médias, aumento da frequência de precipitações mais intensas, e também de estiagem mais longas. Exemplo é, onde houve tendências de mudanças nos padrões das temperaturas.

Silva et al. (2015) analisou os dados totais pluviométricos diários e temperatura para encontrar em indicadores calculados, as tendências de extremos climáticos em 20 estações meteorológicas do IAPAR, no Estado do Paraná, em uma série de dados de 35 anos. Contribuindo assim para estratégias de adaptação através do estudo da vulnerabilidade e impactos dessas mudanças, o resultado apontou alta significativa nas temperaturas em grande parte do Paraná, os dias e noites quentes aumentaram a uma taxa que variou até 0,4% entre os anos de 1976 e 2010. Enquanto isso, neste

período, as médias anuais de temperatura máximas e mínimas subiram + 0,02°C/ano, sendo as mínimas com aumentos mais significativos. Já para os indicadores de precipitação obtiveram significância estatística apenas para algumas cidades como, Pato Branco e Planalto no sudoeste, onde os períodos secos tiveram aumentos em +0,25 mm/ano, e em Cambará, Ibiporã e Umuarama no norte do Estado, as chuvas fortes apresentaram redução de -0,5 mm/ano. As maiores médias de precipitação ocorrem no litoral, enquanto as menores no nordeste e sudeste, essa variabilidade no estado ainda sofre com bloqueios atmosféricos e frente fria.

As médias apontadas por Silva et al. (2015) para o litoral são uma confirmação ao estudo feito por Minuzzi e Caramori (2011), que fizeram uma análise das mudanças climáticas ao nível regional, isso porque ao mudar de escala, outros fatores ganham maiores proporções de influência. O que ele encontrou no Paraná foi que desde o século XX, tem havido um aumento de precipitações para a metade leste do estado, durante a primavera, há também uma significativa mudança para o aumento dos dias de eventos extremos de chuva, e diminuição dos veranicos na primavera.

Já em dados da estação meteorológica de Curitiba pelo INMET com as séries temporais de 1961 a 2009, utilizados para um estudo na região metropolitana em Fazenda Rio Grande-PR por Lorensi e Prestes (2016), desenvolvendo um trabalho sobre a reconstrução dendoclimática (medição dos anéis de crescimento da árvore), eles analisaram dados que mostravam que a primavera e verão são mais chuvosos em Fazenda Rio Grande-PR, sendo principalmente janeiro e fevereiro, e depois dezembro os meses mais chuvosos, estes meses fornecem água suficiente para a planta durante o período de cultivo.

Segundo Waltrick et al. (2012), sobre os eventos climáticos de El Niño e La Niña, a erosividade pelas chuvas aumenta de forma significativa em todo o estado do Paraná.

No trabalho de Abou Rafee et al. (2020), foi apresentada uma análise de 40 anos (1977 a 2016) das tendências de eventos extremos de precipitação na Bacia do rio Paraná, utilizando os dados diários de 853 estações. Assim como em outros trabalhos, o teste de Mann-Kendall foi feito aqui junto a interpolação. O que pudesse notar é a inclinação positiva com exceção do outono, para a precipitação anual e média de verão, principalmente nas regiões sul-sudeste da bacia, e negativas na parte norte-nordeste. Abou Rafee et al. (2020) in Teixeira e Satyamurty (2011) para garantir a existência de tendências monotônicas, são necessários longos anos de

dados que foi alcançado nas estações de diversas sub-bacias da BRP, sendo importantes dados a serem utilizados para compreender as propensões de precipitações, e para uso nas política e gestão da bacia.

## 2.5. RELAÇÃO DA TEMPERATURA E PRECIPITAÇÃO EM PARANAGUÁ

Conforme Silva et al. (2015), Paranaguá é um município que sofre influência da sua localização de relevo acidentado com presença da Serra do Mar e do Oceano Atlântico, o que diminui a amplitude entre o máximo e o mínimo da temperatura devido à corrente marítima quente. Com relação à média anual de precipitação, o litoral tem a média mais elevada, com Guaraqueçaba município do litoral do Paraná por exemplo chegando a 2434 mm.

No estudo de Salesbram e Roseghini (2019), foi realizada a análise e correlação da variabilidade climática no município de Paranaguá, utilizando-se da série histórica de temperatura do INMET com dados do NOAA do Tropical Southern Atlantic Index (TSA), no período de 1982 a 2013, observaram que Paranaguá sofre grande influência da temperatura da superfície o mar (TSM) do Atlântico (dados extraídos do NOAA), como Silva et al. (2015) havia dito. Em anos de El Niño, houve também correlação significativa com o Índice de Oscilação Sul (SOI). A importância desse trabalho está no conhecimento de possíveis eventos climáticos, da dinâmica climática da região, que é uma cidade litorânea, e suas consequências, assim como também, na aplicação em estudos futuros sobre proliferação de mosquito, como o *Aedes aegypti*, vetor do vírus causador da Dengue, doença para qual ocorreu epidemia no município e estado do Paraná em 2015. Paranaguá se mostrou dentro do aumento médio de temperatura global nesses últimos 55 anos, porém na média anual e mensais o aumento foi mais evidente e acentuado nos meses de verão nos últimos 15 anos. No inverno, período importante para saber sobre uma epidemia, pois se ele é menos rigoroso, assim, o mosquito tem mais chances de sobrevivência, somente no mês de agosto houve aumento de temperatura mais significativo, nos outros meses não. Os anos de 2014 e 2015 foram os mais quentes até mesmo no inverno na média anual, contribuindo assim para a epidemia de dengue em 2015, porém outros anos da série também apresentaram médias altas próximas a essas.

Sendo assim a temperatura contribuiu, mas não pode ser apontada como a grande responsável pela epidemia, fatores como gestão, saneamento e modificações no ambiente, contribuíram também para a epidemia, questões socioeconômicas devem ser também levadas em consideração ao investigar e tentar prevenir a ocorrência de surtos epidemiológicos. Os resultados da análise da série foram importantes pois convergem para um aumento de temperatura em Paranaguá.

Na pesquisa realizada em Paranaguá por De Mello et al. (2017), foram utilizados os dados pontuais da estação convencional do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), onde as características do clima e a análise da frequência dos eventos extremos de temperatura e precipitação foram analisadas, para compreender as interações entre fenômenos ambientais e sociais. Os dados aqui apresentados não representam toda a extensão do município, pois na área adjacente ao barlavento da Serra do Mar o padrão pluviométrico tende a ser maior. A análise foi de quatro meses da frequência dos eventos de anomalias, olhando dados diários. Os sistemas atmosféricos demonstraram as dinâmicas da atmosfera, onde na origem dos eventos extremos predominaram na precipitação, as Zonas de Convergência de Umidade (ZCOU) e nos eventos que aumentaram a temperatura foi à massa tropical continental. Na comparação entre esse estudo e outros mais antigos a diferença foi no número de dias de chuva no ano, que aumentou em 11%, assim como a temperatura média anual. Na análise das características climáticas da Estação Convencional de Paranaguá, obteve-se resultados, como: a precipitação média anual, o verão o período mais chuvoso, a temperatura média anual de 21,4°C, sendo fevereiro o mês mais quente (25,4°C) e julho o mês mais frio (17,3°C); e a direção predominante dos ventos sul.

### 3. METODOLOGIA

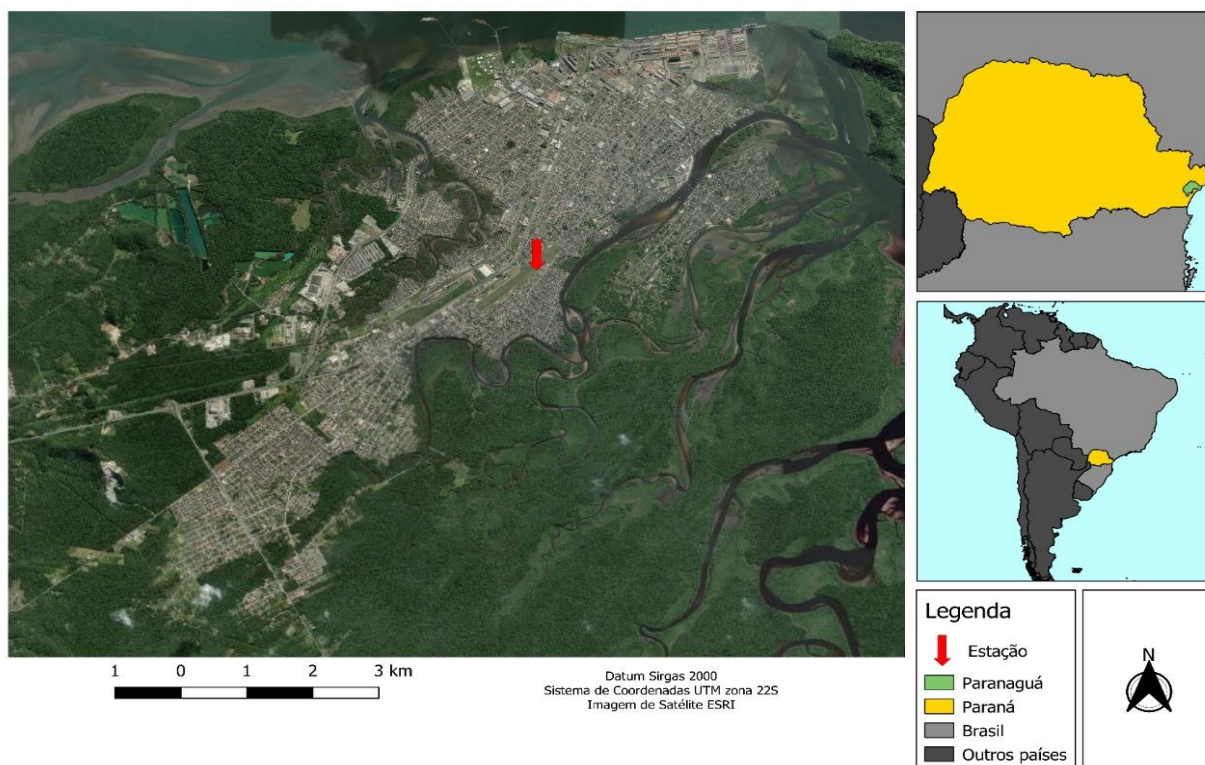
#### 3.1. ÁREA DE ESTUDO

Paranaguá na língua tupi-guarani significa Grande Mar Redondo, uma menção à baía de Paranaguá. Tem como locomotor da economia o Porto Dom Pedro II. É uma cidade histórica, conta também com Alexandra, um distrito administrativo. Está localizado na planície litorânea, entre o oceano Atlântico e a Serra do Mar. A população segundo o último censo em 2010 era de 140.469 pessoas, com estimativa para 2020 de 156.174 pessoas.

O clima dessa região é descrito por Nogarolli (2006), como tropical chuvoso sempre úmido, diferente das outras regiões do estado que tem o clima subtropical úmido, por isso não sofre com geadas e tem verões geralmente quentes. Devido às condições como maritimidade e baixa altitude.

Os dados da localização da estação meteorológica de Paranaguá - PR (OMM: 83844), são: latitude (graus): -25.53, longitude (graus): -48.51 e altitude (metros): 4.50 (FIGURA 1). Vale levar em consideração no estudo o que foi escrito por De Mello et al. (2017), que ressalta que a estação do INMET em funcionamento desde 1961, está na zona urbana da cidade, não tendo alcance sobre todo o município, podendo não ser representativo para as regiões adjacentes à Serra do Mar.

FIGURA 1: LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO, ESTAÇÃO CONVENCIONAL DO INMET EM PARANAGUÁ.



Fonte: A autora (2020).

### 3.2. DADOS DO ESTUDO

Os dados coletados para o estudo, foram do site do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) da estação convencional do município de Paranaguá. Para um estudo climático completo, segundo De Mello et al. (2017), a série de dados deve possuir no mínimo 30 anos de série histórica. Neste estudo utilizamos dados temperatura e precipitação, de janeiro de 1961 até dezembro de 2019, uma série histórica de 58 anos de dados, para os parâmetros de médias mensais e anuais, das temperaturas máximas e mínimas, número de dias com precipitação e a precipitação acumulada. Os dados obtidos foram transformados para planilhas eletrônicas no software do Excel, onde posteriormente foram realizadas as primeiras análises estatísticas, como a correlação linear simples, para a identificação de eventos discrepantes conhecidos como *outlier* na estatística, onde foi feita a análise de cada um dos doze meses do ano em gráficos de precipitação, temperatura máximas e temperatura mínima. Posteriormente optou-se por avaliar as estações de inverno e verão para as temperaturas máximas, mínimas e precipitação, onde para isso foram gerados gráficos. Usou-se também métodos da correlação de Pearson para verificar

a correlação da precipitação, temperaturas mínimas, máximas e número de dias com precipitação.

### 3.3. ANOS COM EVENTOS CLIMÁTICOS NO PARANÁ (El Niño e La Niña)

Kayano et al. (2016) estudou de 1986 a 2015 os eventos do El Niño-Oscilação Sul (ENOS), classificando-os em tipos e intensidades pelo índice de anomalias de temperatura da superfície do mar (TSM). Neste período entre 1997 e 1998 ocorreu o evento de El Niño mais intenso dos registros, onde as consequências foram sentidas por todo o planeta, seguido um La Niña de longa duração nos anos de 1998 a 2001.

Os anos de ocorrência destes eventos foram organizados no QUADRO 1.

QUADRO 1: Anos de ocorrência dos eventos de El Niño e La Niña através do índice de anomalias de temperatura da superfície do mar (TSM), sendo os anos representados com a cor azul como indicação dos eventos de forte intensidade.

El Niño (úmido e quente)	La Niña (seco e frio)
1965-1966	1964-65
1968-1970	1970-71
1972-73	1973-76
1976-77	-----
1979-80	-----
1982-83	1983-85
1986-87	1988-89
1990-93	-----
1994-95	1995-96
1997-98	1998-01
2002-03	-----

2004-07	2007-08
2009-10	2010-12
2015-16	-----

Fonte: Adaptado de Sousa (2006) e INPE (2016).

### 3.4. MÉTODO CORRELAÇÃO LINEAR DE PEARSON PARA A TEMPERATURA E PRECIPITAÇÃO

Segundo Filho (2009), o coeficiente de correlação de Pearson pode ser representado por  $\rho$ , sendo um método usado para medir a correlação entre duas variáveis. Foi empregado neste trabalho sobre as variáveis de precipitação e temperatura, e o cálculo foi realizado pela fórmula:

$$\rho = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \cdot \sqrt{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}} = \frac{\text{cov}(X, Y)}{\sqrt{\text{var}(X) \cdot \text{var}(Y)}} \quad (1)$$

Onde:

$\rho$ : É o coeficiente de correlação de Pearson (medindo a intensidade e direção entre as variáveis);

$x_i$  e  $y_i$ : São as variáveis

$\bar{x}$  e  $\bar{y}$ : São as médias das variáveis.

Podemos interpretar como:

- $\rho=1$ , tem a correlação positiva perfeita entre as duas variáveis. Ou seja, uma correlação direta.
- $\rho=-1$ , tem uma correlação negativa perfeita entre as duas variáveis. Ou seja, se uma aumenta, a outra sempre diminui, em outras palavras, uma correlação inversa.
- 0.9 para mais ou para menos indica uma correlação muito forte.
- 0.7 a 0.9 positivo ou negativo indica uma correlação forte.
- 0.5 a 0.7 positivo ou negativo indica uma correlação moderada.
- 0.3 a 0.5 positivo ou negativo indica uma correlação fraca.

- 0 a 0.3 positivo ou negativo indica uma correlação desprezível.
- $\rho=0$ , significa que as duas variáveis não dependem linearmente uma da outra.

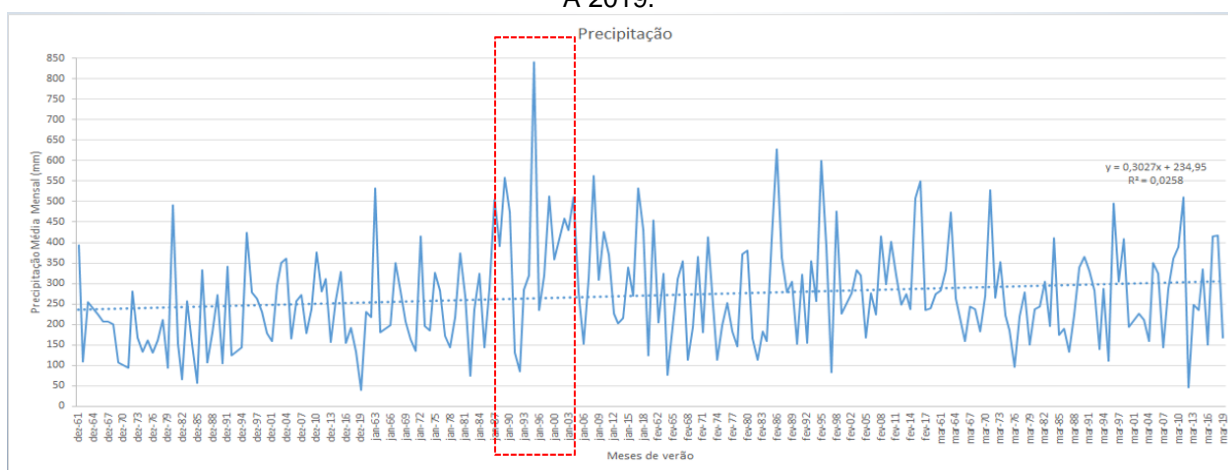
Podemos citar como vantagens do método: A independência do valor de qualquer unidade usada para as variáveis. E para grandes amostras, é mais provável a precisão da estimativa.

#### 4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Ao analisar os resultados obtidos da estação do INMET, dos dados das médias mensais para os meses de verão (FIGURA 2), é possível conferir que o mês de janeiro é o mais chuvoso dentro do período dos dados (1961 a 2019), com destaque para janeiro de 1995, onde nota-se um ponto extremo, que na estatística é chamado de *outlier* (ponto fora da curva), de 840,6 mm de precipitação mensal acumulada em 23 dias de precipitação. Uma das possíveis explicações dessa anomalia é a ocorrência do evento El Niño nesse período, como citado por Nery et al. (2005), esses eventos têm forte influência sobre a intensidade das precipitações e a frequência dos dias com chuvas nas regiões sul e leste do estado do Paraná.

Notamos também que dezembro foi o mês menos chuvoso do verão, com acumulados mensais que dificilmente passaram dos 350 mm. Atribuindo isso ao final da primavera que se dá em dezembro também. Já janeiro e fevereiro se mostraram mais chuvosos se comparado aos máximos de precipitação nos meses de dezembro, com diversas vezes ultrapassando os 500 mm. Março se mostrou mais oscilatório, diferentemente dos outros meses do verão. Provavelmente por ser um mês de transição de uma estação chuvosa para outra mais seca.

FIGURA 2: A PRECIPITAÇÃO MÉDIA MENSAL PARA OS MESES DE VERÃO DOS ANOS DE 1961 A 2019.



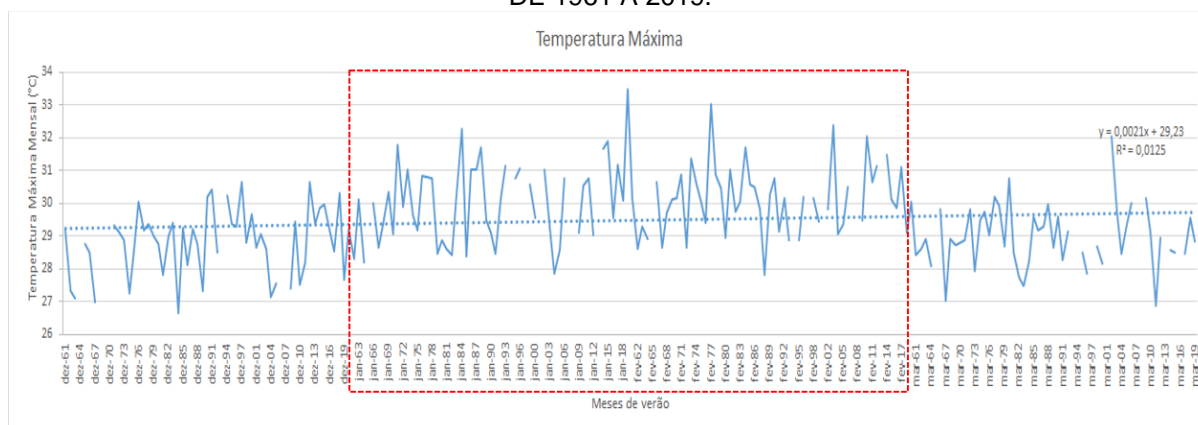
FONTE: A autora (2021).

Tendências semelhantes às que encontramos na (FIGURA 2) em Paranaguá, foram vistas nos dados da estação meteorológica de Curitiba, utilizados para um estudo na região metropolitana em Fazenda Rio Grande-PR por Lorensi e Prestes

(2016), onde analisaram dados que mostravam que a primavera e verão são mais chuvosos em Fazenda Rio Grande-PR, sendo principalmente janeiro e fevereiro, e depois dezembro os meses mais chuvosos, essa tendência encontrada por eles ao analisarem os dados obtidos no INMET com as séries temporais de 1961 a 2009 da reconstrução dendoclimática da precipitação média mensal em Curitiba, são semelhantes às que encontramos.

Foi considerada uma positiva, quase moderada, porém fraca correlação de Pearson entre o número de dias com precipitação no mês e a sua precipitação total no verão, sendo o valor de 0,464874. Representando que não necessariamente a chuva acumulada no mês é resultado de vários dias de precipitação, podendo então ser resultado de um evento torrencial de alguns dias/horas apenas.

FIGURA 3: TEMPERATURA MÁXIMA MÉDIA MENSAL PARA OS MESES DE VERÃO DOS ANOS DE 1961 A 2019.

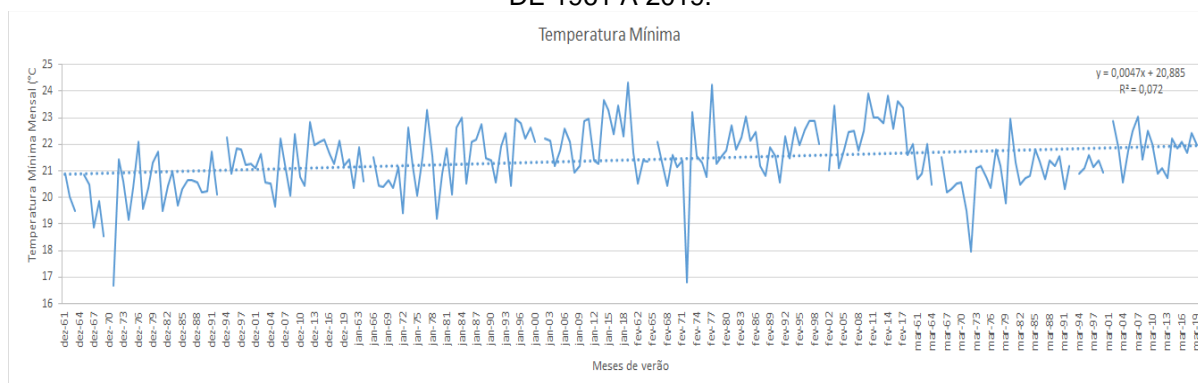


FONTE: A autora (2021).

Nota-se que, assim como na (FIGURA 2) sobre precipitação, no gráfico de temperaturas máximas no verão (FIGURA 3), o mês de dezembro também não corresponde às maiores médias do verão, sendo essas máximas encontradas nos meses de janeiro e fevereiro, os meses mais quentes do verão. Percebemos também que nas últimas décadas as médias das temperaturas máximas foram mais altas, como apresentado pelos autores Silva e Guetter (2015), Silva et al. (2015), Steinmetz et al. (2007). De Mello et al. (2017), realizou uma análise das características climáticas da Estação Convencional de Paranaguá, encontrando como temperatura média anual 21,4°C, sendo fevereiro o mês mais quente (25,4°C) e julho o mês mais frio (17,3°C).

Isso demonstra que a correlação de Pearson da precipitação com a temperatura máxima, foi de 0,086189, ou seja, uma correlação positiva, porém desprezível, isso porque é um valor muito baixo para ser levado em consideração.

FIGURA 4: TEMPERATURA MÍNIMA MÉDIA MENSAL PARA OS MESES DE VERÃO DOS ANOS DE 1961 A 2019.



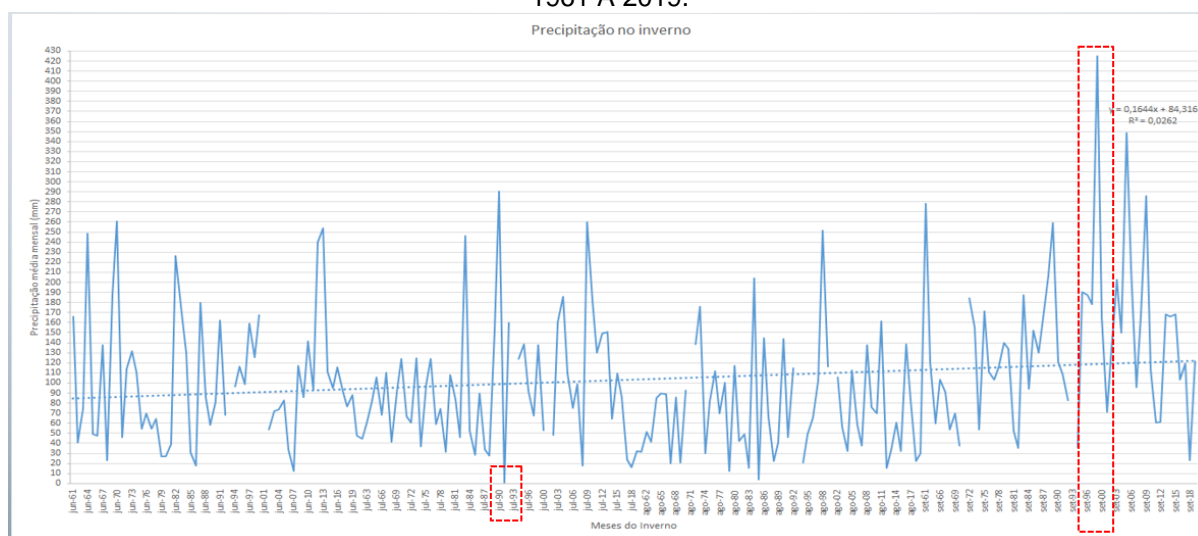
FONTE: A autora (2021).

Na temperatura mínima dos meses de verão (FIGURA 4), podemos observar o aumento da temperatura mínima ao longo do período estudado (1961 a 2019), ficando mais visível ainda pela clara inclinação da linha de tendência, que indica pela inclinação positiva uma taxa de crescimento constante. Indo ao encontro ao aumento da média global da temperatura do ar encontrado no trabalho de Steinmetz et al. (2007), que apresentou uma tendência linear de aquecimento nos últimos 50 anos de  $0,13^{\circ}\text{C}$  por década.

Observa-se uma clara inclinação do aumento destas temperaturas mínimas em meados da metade da década de 70, e intensificado após 1990, como dito no estudo de Salesbram e Roseghini (2019). Onde segundo eles, Paranaguá tem se mostrado dentro de um aumento médio da temperatura global, mais notoriamente nos últimos 15 anos para os meses de verão.

Assim como ocorreu com a correlação de Pearson para a precipitação com a temperatura máxima, a correlação entre a temperatura mínima e a precipitação também foi classificada como desprezível, com um valor inferior a 0,3. Isso significa que, por esta análise, não há ligação entre essas duas variáveis.

FIGURA 5: A PRECIPITAÇÃO MÉDIA MENSAL PARA OS MESES DE INVERNO DOS ANOS DE 1961 A 2019.



FONTE: A autora (2021).

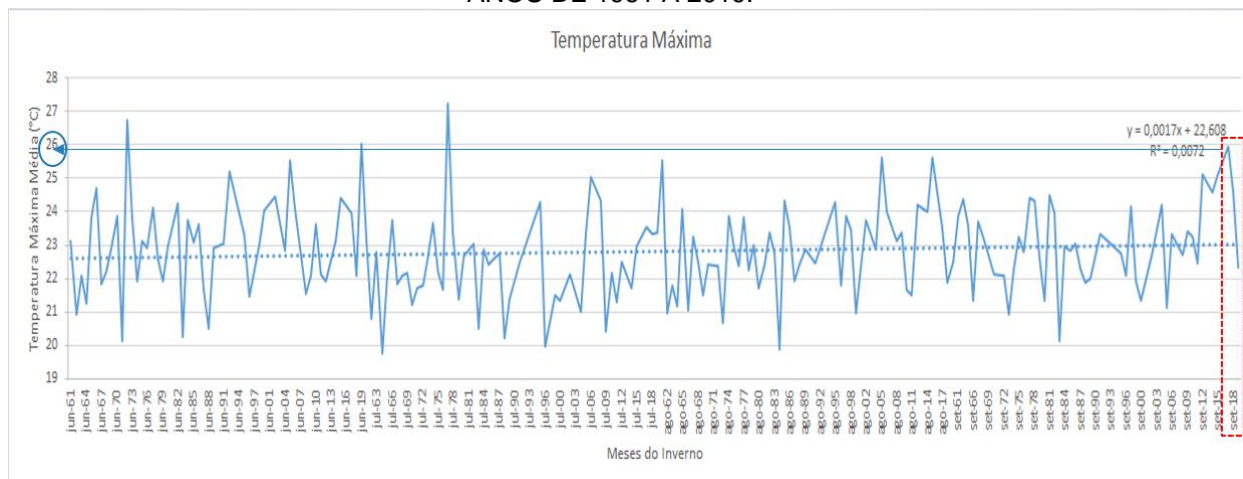
Para a precipitação dos meses de inverno (FIGURA 5) encontramos que a média de precipitação para os anos da análise foi de 103,267 mm. Consta-se que dentre os anos de 1990 a 2010 a maioria dos meses de setembro apresentou altas precipitações, com destaque para setembro de 1998 com 425 mm e também 2005 com 348,9 mm, com a ocorrência das precipitações durante 23/24 dias nesses meses, seguido de julho de 1990 com 290,7 mm, quase a metade do maior pico registrado no período de análise deste trabalho (1961 a 2019). Entre 1997 e 1998, e em 2005 tivemos a presença da anomalia do El Niño, em que o evento de 1997-98, como registrado por Kayano et al. (2016), está na classificação de El Niño de forte intensidade, o que explica a média ser alta como notamos na (FIGURA 5).

Já os meses que chamaram à atenção com as menores médias de precipitações foram julho de 1991 com 1,1 mm e agosto de 1985 com 3,9 mm. Na análise dos dados brutos cedidos pelo INMET, não foram encontrados os dados do número de dias precipitados para esses meses citados. Comparando essas informações com o QUADRO 1, no ano de 1985 encontramos a ocorrência do evento La Niña, como é um evento que se caracteriza pela baixa precipitação, poderíamos associar essa informação ao valor encontrado na (FIGURA 5).

Já em 1991, o QUADRO 1 marca a ocorrência de um forte evento de El Niño, porém esse valor aqui encontrado não condiz com as características deste evento, que são de alto volume de precipitação, o que nos leva a crer em um possível erro nos sensores da estação no mês de julho.

A correlação de Pearson do número de dias com precipitação e da precipitação média mensal no inverno foi de 0,673273224, classificada como positiva e moderada, ou seja, as variáveis estão correlacionadas, porém moderadamente.

FIGURA 6: TEMPERATURA MÁXIMA MÉDIA MENSAL PARA OS MESES DE INVERNO DOS ANOS DE 1961 A 2019.



FONTE: A autora (2021).

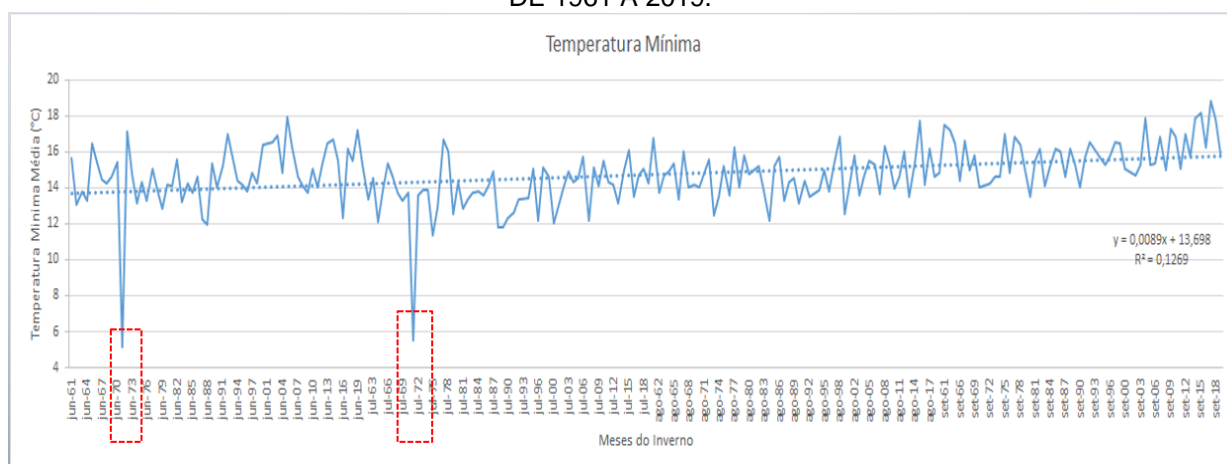
Ao analisar a temperatura máxima média para os meses de inverno de 1961 a 2019 (FIGURA 6), tivemos alguns pontos que chamaram a atenção. Como exemplo, em junho de 1971 com 20,1°C, julho de 1974 com 19,7°C e agosto de 1984 com 19,9°C, foram as temperaturas máximas mais baixas para os meses de invernos analisados, e se observarmos os eventos no Paraná no QUADRO 1, notamos que nestes anos houveram ocorrências dos eventos de La Niña. Enquanto que nas temperaturas máximas que se destacaram como junho de 1972 com 26,7°C e julho de 1977 com 27,2°C tivemos a presença do El Niño sobre o estado.

Devemos nos atentar também para o mês de setembro de 2017, onde atingimos a temperatura de 25,96°C, a terceira mais alta da série avaliada (1961 a 2019), e a mais recente, porém sem a influência da anomalia El Niño como nos outros casos, o que nos traz um alerta sobre as influências antrópicas no clima.

Os restantes das temperaturas ficaram dentro de uma margem de 3°C para mais ou para menos dos 23°C.

O valor da correlação de Pearson para a temperatura e precipitação foi -0,179646591, representando uma associação negativa, à medida que o valor de uma variável aumenta, diminui o valor da outra. Porém o valor tão próximo de zero indica uma correlação desprezível.

FIGURA 7: TEMPERATURA MÍNIMA MÉDIA MENSAL PARA OS MESES DE INVERNO DOS ANOS DE 1961 A 2019.



FONTE: A autora (2021).

Na figura da temperatura mínima média para os meses de inverno de 1961 a 2019 (FIGURA 7), observamos que há dois *outliers*, em junho e julho de 1971 as temperaturas mínimas chegaram respectivamente em 5,1°C e 5,5°C. Comparando com os resultados obtidos em outros gráficos, principalmente o de temperatura mínima nos meses de verão (FIGURA 4), da temperatura máxima nos meses de inverno (FIGURA 6), e os dados brutos das médias de todos os meses de 1971, nota-se que neste ano as temperaturas foram atípicas. Tanto 1971, como 1972, apresentaram temperaturas mais baixas que outros anos da série estudada (1961-2019). No QUADRO 1 mostra que em 1971 tivemos a influência do La Niña, como as características desse evento são baixas precipitações e temperaturas, podemos apontar que houve contribuição da influência do mesmo nestes valores atípicos. Porém em 1972 ocorreu um El Niño classificado como de forte intensidade, mas as temperaturas não subiram muito em Paranaguá como seria o normal.

Outro ponto analisado na (FIGURA 7) é o aumento da temperatura com o passar dos meses de inverno e aproximação da primavera, assim como, verifica-se um aumento gradual da temperatura mínima depois da década de 90. Já sendo notado no estudo de Nogarolli (2006) que no Paraná, a temperatura mínima no inverno sofreu as maiores elevações no período de 1970 e 1999, passando a ter invernos mais brandos e de menor duração. A primavera e o outono também apresentaram alterações, ampliando a ideia de invernos menos rigorosos.

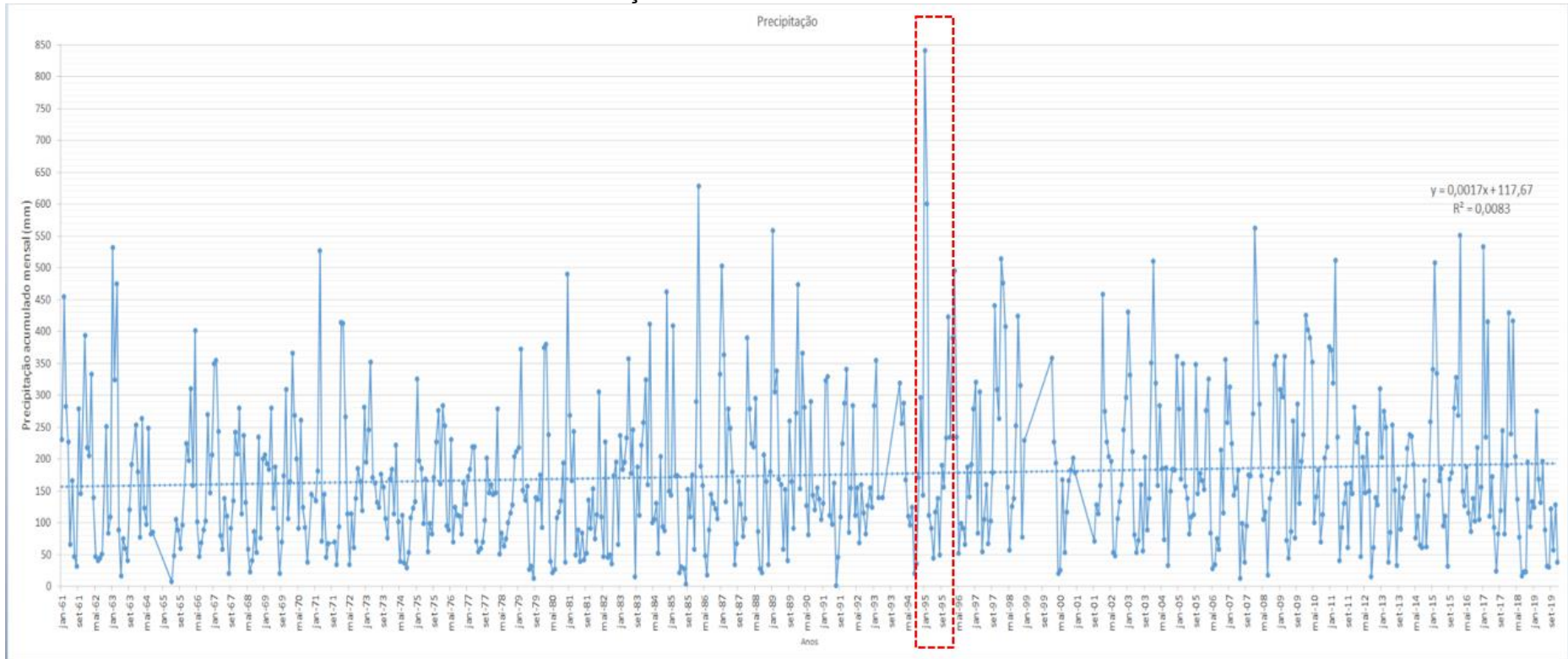
A correlação obtida foi baixa de 0,137852014 classificada como desprezível. Podendo ser justificado pelo que é citado por Vanhoni e Mendonça (2008), em seu estudo, que o inverno é o período menos chuvoso. Ou como apresentado por Colher

(2020), a correlação pode não ter sido forte pela escala de dados disponível, ou outros fatores.

Analisando agora a precipitação média para todo o período estudado (1961-2019) (FIGURA 8), o mês de fevereiro de 1986, janeiro e fevereiro do ano de 1995 na série de precipitação foram os valores mais extremos observados, sendo que neste período pelo QUADRO 01, também podemos observar a ocorrência do fenômeno El Niño. No mês de janeiro de 1995 tivemos um *outlier* (ponto fora da curva) de 840,6 mm de precipitação mensal acumulada em 23 dias. Um valor muito expressivo, levando em consideração que a média para esse mês é de 309 mm e no ano de 1995 ocorreu uma precipitação de 531,6 mm acima da média. Representando 12,77% do valor retratado por De Mello et al. (2017), em que 2.130,3 mm seria a precipitação média anual para a estação de Paranaguá, e o verão representando quase 40% das precipitações e tornando-se o período mais chuvoso do ano. Vanhoni e Mendonça (2008), trazem uma média pluviométrica próxima também, de aproximadamente 2.000 mm/ano e 2.200 mm/ano para Paranaguá.

A linha de tendência da precipitação ao longo destes 58 anos, cresceu de 160 mm para 190 mm, indicando aumento nos acumulados mensais de 8,4%.

FIGURA 8: A PRECIPITAÇÃO MÉDIA MENSAL PARA OS ANOS DE 1961 A 2019.

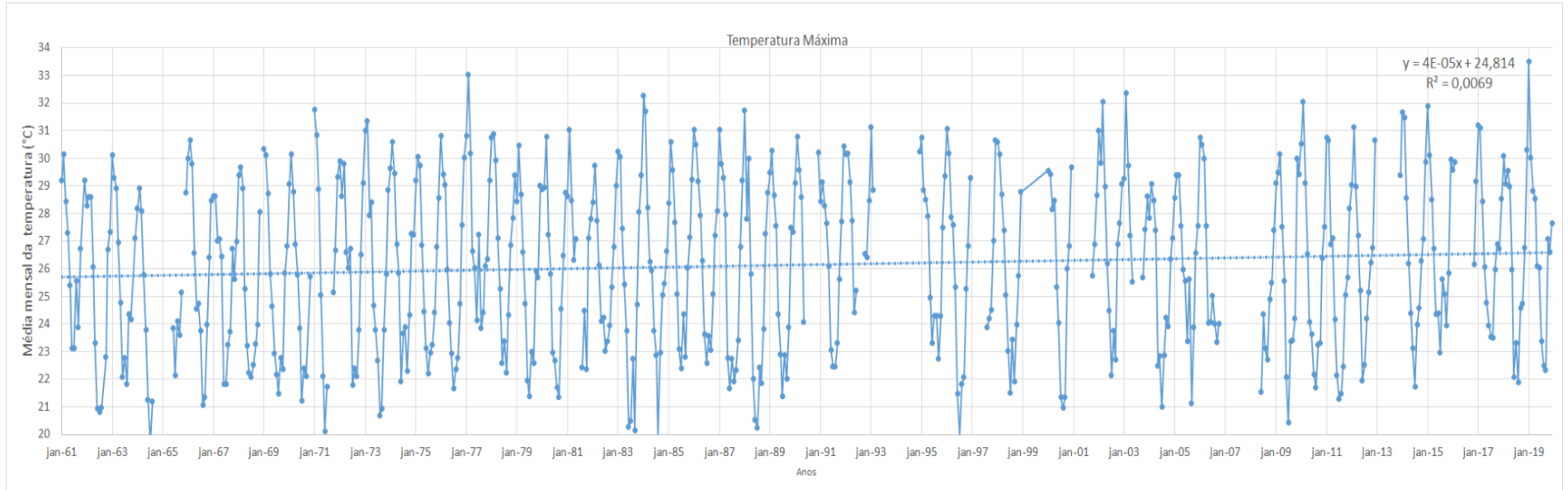


FONTE: A autora (2021).

Analisando a FIGURA 9 notamos que, a amplitude térmica chegou a quase 14°C, a média desse período foi de 26,1°C, e a elevação da linha de tendência foi de aproximadamente 1°C.

Pela correlação de Pearson, a relação da precipitação com a temperatura máxima foi de 0,5165, ou seja, indica uma correlação positiva e moderada. Esse valor demonstra haver correlação entre as variáveis de precipitação e temperatura, sugerindo mais estudos a respeito, pois elas se correlacionam positivamente, ou seja, há ligação entre o aumento da temperatura e uma maior precipitação e vice-versa. Pinheiro, Dos Santos Souza, Sampaio (2020), também obtiveram um grau de correlação moderado em seu estudo, comprovando que à medida que uma variável aumenta, o valor da outra também aumenta.

FIGURA 9: TEMPERATURAS MÁXIMAS PARA OS ANOS DE 1961 A 2019.



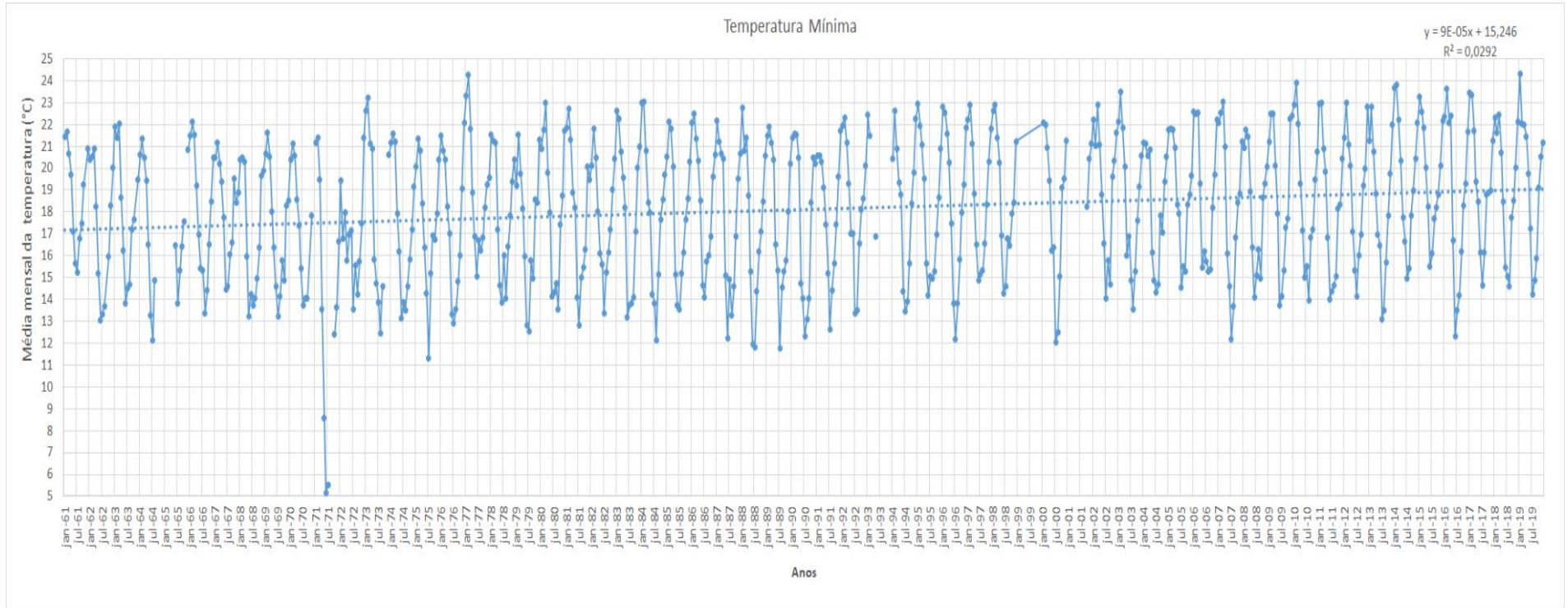
FONTE: A autora (2021).

Ao analisar as temperaturas mínimas de todo o período estudado neste trabalho de 1961 a 2019 em Paranaguá (FIGURA 10), o crescimento da linha de tendência foi de quase 3°C, saindo próximo dos 17°C e chegando a 19°C. Isso se assemelha a avaliação realizada por Nogarolli (2006), em que o parâmetro que sofreu as maiores alterações no Paraná foi a temperatura mínima, principalmente na região do litoral, tendo uma adição de 0,278°C no período entre 1970 e 1999, indo de encontro também ao observado nas (FIGURAS 4 e 7). Na (FIGURA 10) nota-se que em julho de 1971, a temperatura foi de 5,17°C, mas como foi explicado na análise da (FIGURA 7), as temperaturas de 1971 foram atípicas, mesmo com a influência do La Niña, as temperaturas não foram elevadas.

A média das temperaturas mínimas ao longo destes 58 anos de dados ficou em 18°C, sendo visível o aumento pela linha de tendência no gráfico com o passar dos anos, sendo que esse aumento das temperaturas mínimas foi maior do que o observado sobre as temperaturas máximas (FIGURA 9). O que significa que ao passar dos anos a temperatura está mais elevada e há períodos menores de frio.

A correlação da precipitação com a temperatura mínima quando calculada para o período de 1961 a 2019 pelo método de Pearson foi de 0,5785, significando uma correlação positiva e moderada. Ou seja, quando olhamos apenas para um período curto dos dados, tivemos valores diferentes do observado ao ampliar essa escala de dados, como nesse caso que olhando ao longo do ano todo por 58 anos, a correlação passou a ser um pouco maior do que o visto anteriormente para apenas os meses de inverno ou verão.

FIGURA 10: TEMPERATURAS MÍNIMAS PARA OS ANOS DE 1961 A 2019.



FONTE: A autora (2021).

## 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste trabalho foi apresentado um estudo sobre as variações climáticas em um período de 58 anos de dados meteorológicos (1961 a 2019) para o município de Paranaguá - PR. Além disso, foram utilizadas as correlações de Pearson para as variáveis em estudo (temperatura e precipitação).

A conclusão inicial traz que as temperaturas mínimas tiveram maiores amplitudes nas linhas de tendências, algo que já vem sendo destacado por autores já citados no trabalho, o que demonstra um gradual aumento das temperaturas mínimas em Paranaguá.

Na análise da precipitação para a estação do inverno, tivemos destaque para os meses de setembro, em especial 1998 com 425 mm e 2005 com 348,9 mm, onde tinha a presença do evento El Niño, e pudemos notar a sua influência sobre esses eventos anômalos da precipitação. O mesmo foi observado na temperatura máxima média para os meses de inverno, onde tivemos eventos de La Niña e El Niño sobre o estado, interferindo assim nas temperaturas. Apenas uma exceção foi observada, em setembro de 2017, caso mais recente, foi a terceira maior média registrada na série, mas sem a influência do El Niño.

Na verificação na temperatura mínima para os meses de inverno deste estudo, junho e julho de 1971 fugiram ao padrão médio das temperaturas. No estudo das possíveis razões desses eventos estão a ocorrência e influência do La Niña. Constata-se também um aumento gradual da temperatura mínima depois da década de 90, já observado por outros autores em seus estudos, que apontam variações desde 1970 com invernos mais brandos e de menor duração, com primavera e outono apresentando alterações que ajudam a reforçar essa sensação de temperaturas mais amenas. A correlação de Pearson para a temperatura mínima nos meses de inverno com a precipitação foi considerada desprezível, possivelmente porque o inverno é o período menos chuvoso.

Na avaliação da precipitação média para o período estudado (1961-2019), em janeiro de 1995 tivemos um *outlier* de 840,6 mm de precipitação mensal acumulada, a média para esse mês é de 309 mm, isso representa 12,77% dos aproximadamente 2.000 mm/ano a 2.200 mm/ano para Paranaguá, apontados por alguns autores. Este evento anômalo teve também a influência do fenômeno El Niño de classificação

moderada. E a linha de tendência da precipitação sofreu um aumento de 8,4% nos acumulados mensais.

Já a temperatura máxima ao longo desse período teve uma elevação da linha de tendência de aproximadamente 1°C, com a amplitude térmica chegando a quase 14°C.

A metodologia aplicada neste estudo, utilizou a correlação de Pearson, onde nota-se que os valores mais significativos foram, na correlação da precipitação com a temperatura máxima na análise dos 58 anos de dados (1961 a 2019) de 0,5165 ou seja, indica uma correlação moderada. Já a precipitação com a temperatura mínima, para uma análise do período todo, foi de 0,5785 correlação positiva e moderada

## REFERÊNCIAS

ABOU RAFEE, Sameh A. et al. Spatial trends of extreme precipitation events in the Paraná River Basin. **Journal of Applied Meteorology and Climatology**, v. 59, n. 3, p. 443-454, 2020.

ALEXANDER, Lisa Victoria et al. Global observed changes in daily climate extremes of temperature and precipitation. **Journal of Geophysical Research: Atmospheres**, v. 111, n. D5, 2006.

CAVIGLIONE, João Henrique et al. Cartas climáticas do Estado do Paraná. **Londrina: Iapar**, 2000.

COLHER, Cardenito Mário. Análise da Variabilidade da Temperatura e Precipitação e sua Correlação na Ocorrência da Malária em Quelimane, Moçambique. **Geografia (Londrina)**, v. 29, n. 1, p. 65-84, 2020.

DA SILVA, José de Fátima. **El Niño: o fenômeno climático do século**. Thesaurus Editora, 2000.

DE ALMEIDA, Lígini RR et al. Analysis of fluviometric trends in the hydrographic region of Calha Norte-PA. **Journal of Hyperspectral Remote Sensing v**, v. 9, n. 2, p. 88-98, 2019.

DE MELLO BUENO, Laura Machado. (2011). Cidades e Mudanças Climáticas no Brasil: Planejamento de Medidas ou Estado de Risco? *Sustentabilidade em Debate*, 2(1), **Sustentabilidade em Debate**, 01 July 2011, Vol.2(1).

DE MELLO, Yara Rúbia; LOPES, Felipe Costa Abreu; ROSEGHINI, Wilson Flavio Feltrim. Características climáticas e análise rítmica aplicada a episódios extremos de precipitação e temperatura no município de Paranaguá, PR. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 20, 2017.

DE OLIVEIRA, Alisson Souza; DE MELLO, Carlos Rogério; MARQUES, Rosângela Francisca de Paula Vitor. Temporal trends of climate indices associated with precipitation and air temperature in Minas Gerais, Brazil. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 26, 2020.

DE OLIVEIRA, Dalziza; BORROZZINO, Edmirson. Sazonalidade das tendências de temperatura do ar e precipitação pluvial no estado do Paraná. **Agrometeoros**, v. 26, n. 1, 2018.

DINIZ, Fernanda Rodrigues et al. O Impacto do El Niño nos Focos de Incêndio e Desconforto Térmico Humano no Brasil no Período entre o Verão de 2014/2015 e o Outono de 2016. **Anuário do Instituto de Geociências**, v. 42, n. 3, p. 192-201, 2020.

FERRARI, Antonio Luiz; DA SILVA VECCHIA, Francisco Arthur; DE OLIVEIRA COLABONE, Rosângela. Tendência e variabilidade anuais da temperatura e da pluviosidade em Pirassununga-SP. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 10, n. 1, 2012.

FILHO, D. B. F.; JÚNIOR, J. A. S. Desvendando os mistérios do coeficiente de correlação de Pearson (r). *Revista Política Hoje*. v. 18, n. 1, p. 115-146, 2009.

FRITZSONS, Elenice; MANTOVANI, Luiz Eduardo; DE AGUIAR, Ananda Virgínia. Relação entre altitude e temperatura: uma contribuição ao zoneamento climático no estado do Paraná. **Revista de Estudos Ambientais**, v. 10, n. 1, p. 49-64, 2008.

**IBGE-INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA** - Brasil, Paraná, Paranaguá. Disponível em <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pr/paranagua/panorama>>. Acesso em: 21 de abril de 2021.

**INMET-INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA**. Dados da série histórica. 2020.

**INPE-INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS** - El Niño. Disponível em <[http://enos.cptec.inpe.br/tab\\_elnino.shtml](http://enos.cptec.inpe.br/tab_elnino.shtml)>. Acesso em: 19 de março de 2021.

**INPE-INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS** - La Niña. <[http://enos.cptec.inpe.br/tab\\_lanina.shtml](http://enos.cptec.inpe.br/tab_lanina.shtml)>. Acesso em: 19 de março de 2021.

KAYANO, Mary T. et al. El Niño e La Niña dos últimos 30 anos: diferentes tipos. **Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, INPE**, 2016.

LIRA, Bruna Roberta Pereira et al. Analysis of the variability of precipitation in front of land use changes in the municipality of Tucuruí-PA. **Research, Society and Development**, v. 9, n. 3, p. 186932726, 2020.

LORENSI, Caren; PRESTES, Alan. Dendroclimatological reconstruction of spring-summer precipitation for Fazenda Rio Grande, PR, with samples of *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze. **Revista Árvore**, v. 40, n. 2, p. 347-354, 2016. <https://doi.org/10.1590/0100-67622016000200017>.

MELLOR, Jonathan E. et al. Planning for climate change: The need for mechanistic systems-based approaches to study climate change impacts on diarrheal diseases. **Science of the Total Environment**, v. 548, p. 82-90, 2016.

MINUZZI, Rosandro Boligon; CARAMORI, Paulo Henrique. Variabilidade climática sazonal e anual da chuva e veranicos no Estado do Paraná. **Revista Ceres**, v. 58, n. 5, p. 593-602, 2011.

NEVES, Gabriela Leite et al. Variability and trend of air temperature and rainfall at Ribeirão do Lobo Hydrographic Basin, Brazil. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 13, n. 01, p. 035-048, 2020.

NERY, Jonas Teixeira et al. Estudo da precipitação do estado do Paraná e sua associação à temperatura da superfície do Oceano Pacífico. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v. 13, n. 1, p. 161-171, 2005.

- NOBRE, Carlos A. et al. Vulnerabilidades das megacidades brasileiras às mudanças climáticas: Região Metropolitana de São Paulo. **Embaixada Reino Unido, Rede Clima e Programa FAPESP em Mudanças Climáticas**, Cap. 13, 2010.
- NOBRE, Gabriela Guimarães et al. Achieving the reduction of disaster risk by better predicting impacts of El Niño and La Niña. **Progress in Disaster Science**, v. 2, p. 100022, 2019.
- NOGAROLLI, Mozart. EVOLUÇÃO CLIMÁTICA DO ESTADO DO PARANÁ: 1970 a 1999. **REVISTA GEOGRAFAR**, v. 1, n. 1, 2006.
- Pacievitch, Thais. Geografia do Paraná. **Infoescola**. Disponível em: <<https://www.infoescola.com/parana/geografia-do-parana/>>. Acesso em: 25 de jul. de 2020.
- PENA, Rodolfo F. Alves. El Niño e La Niña. **Mundo Educação**. Disponível em: <<https://mundoeducacao.uol.com.br/geografia/el-nino-la-nina.htm>>. Acesso em: 14 de nov. de 2020.
- PINHEIRO, Adilson; GRACIANO, Regina Luiza Gouvêa; SEVERO, Dirceu Luís. Tendência das séries temporais de precipitação da região sul do Brasil. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 28, n. 3, p. 281-290, 2013.
- PINHEIRO, Isabelle Matos; DOS SANTOS SOUZA, Antonio Carlos; SAMPAIO, Romilson Lopes. Coeficiente de Pearson: correlação entre as variáveis notificação de casos de dengue e fatores climáticos. **Brazilian Journal of Health Review**, v. 3, n. 1, p. 587-604, 2020.
- RICCE, W. da S. et al. Análise de tendências na temperatura e precipitação em Londrina, Estado do Paraná. In: **Congresso Brasileiro de Agrometeorologia**. 2009.
- SALESBRAM, João André Martinson; ROSEGHINI, Wilson Flávio Feltrim. Análise da variabilidade térmica da cidade de Paranaguá-PR para aplicação em estudos sobre a proliferação de Aedes Aegypti. **Geo UERJ**, n. 34, p. 40958, 2019.
- SALVIANO, Marcos Figueiredo; GROppo, Juliano Daniel; PELLEGRINO, Giampaolo Queiroz. Análise de tendências em dados de precipitação e temperatura no Brasil. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 31, n. 1, p. 64-73, 2016.
- Secretaria de educação. Dia Dia Educação**. Paranaguá. Disponível em: <<http://www.educadores.diaadia.pr.gov.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=400>>. Acesso em: 25 de jul. de 2020.
- SILVA, Maria Elisa Siqueira; GUETTER, Alexandre K. Mudanças climáticas regionais observadas no estado do Paraná. **Terra livre**, v. 1, n. 20, p. 111-126, 2015.
- SILVA, Wanderson Luiz et al. Tendências observadas em indicadores de extremos climáticos de temperatura e precipitação no estado do Paraná. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 30, n. 2, p. 181-194, 2015.
- SOBRAL, Bruno Serafini et al. Drought characterization for the state of Rio de Janeiro based on the annual SPI index: trends, statistical tests and its relation with ENSO. **Atmospheric Research**, v. 220, p. 141-154, 2019.
- SOUSA, Patrícia. Estudo da variabilidade da precipitação no estado do Paraná associado à anomalia da TSM no Oceano Pacífico. **Maringá, PR**, 2006.
- STEINMETZ, SILVIO et al. Influência do aquecimento global sobre as temperaturas máximas, mínimas e médias anuais na Região de Pelotas, RS. In: Embrapa Clima Temperado-Artigo em anais de congresso (ALICE). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 15., 2007, Aracaju. **Efeito das mudanças climáticas na agricultura: anais. Campinas: Sociedade Brasileira de Agrometeorologia**, 2007., 2007.

VANHONI, Felipe; MENDONÇA, Francisco. O clima do litoral do estado do Paraná. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 3, 2008.

WALTRICK, Paulo Cesar et al. Erosividade de chuvas no estado do Paraná: Atualização e influência dos eventos “El Niño” e “La Niña”. Boletim Técnico da Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. Curitiba, 2012.