



Universidade Federal de Alagoas  
Instituto de Ciências Atmosféricas  
Curso de Bacharelado em Meteorologia



JULIANA DE SOUSA SANTOS

# **Efeitos do El Niño-Oscilação Sul nos Eventos Extremos de Chuva em Alagoas**

Maceió, Alagoas

Maio, 2023

JULIANA DE SOUSA SANTOS

## **Efeitos do El Niño-Oscilação Sul nos Eventos Extremos de Chuva em Alagoas**

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Instituto de Ciências Atmosféricas – ICAT da Universidade Federal de Alagoas – UFAL como parte dos requisitos necessários à obtenção do grau de Bacharel em Meteorologia.

Orientador: **Prof. Dr. José Francisco de Oliveira Júnior**

Maceió, Alagoas

Maio, 2023

**Catálogo na Fonte**  
**Universidade Federal de Alagoas**  
**Biblioteca Central**  
**Divisão de Tratamento Técnico**

Bibliotecário: Marcelino de Carvalho Freitas Neto – CRB-4 – 1767

S237e Santos, Juliana de Sousa.  
Efeitos do El Niño-Oscilação Sul nos eventos extremos de chuva em Alagoas /  
Juliana de Sousa Santos. – 2023.  
57 f. : il.

Orientador: José Francisco de Oliveira Júnior.  
Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso em Meteorologia) – Universidade  
Federal de Alagoas. Instituto de Ciências Atmosféricas. Maceió, 2023.

Bibliografia: f. 46-55.  
Anexos: f. 56-57.

1. Precipitação atmosférica. 2. Seca. El Niño (Corrente oceânica) - Oscilação Sul. 3.  
Mesorregião climática - Alagoas. 4. Anomalia *Oceanic Niño Index*. I. Título.

CDU: 551.577(813.5)

Dedico este trabalho a minha vó Margarida (*in memorian*) e ao meu vô João (*in memorian*) que, com certeza, estão felizes e orgulhosos.

## **AGRADECIMENTOS**

Primeiramente a Deus, por me dar força nos momentos mais sombrios e permitir a minha chegada até aqui.

À minha mãe, M<sup>a</sup> Denilda, por ser a melhor mãe do mundo, por ser meu exemplo de perseverança e honestidade, por sempre acreditar em mim quando nem eu acreditei. Mãe, sem sua compreensão, dedicação, conselhos, carinho e amor eu, com toda certeza, não seria quem eu sou e não superaria todos os obstáculos para estar aqui. Eu creio em um futuro lindo para nós.

À minha família, meu pai José Rodrigues, meu irmão David Rodrigo, minha cunhada Juliana Duarte por todo apoio e incentivo.

Aos meus sobrinhos Maria Júlia e João Davi por serem luz em minha vida e por trazerem leveza e alegria nos momentos que eu mais precisava.

A todos os amigos e colegas, em especial Charla Pereira, Lua Monteiro e Thayna Vila Nova, por toda conversa, troca e risadas. Os momentos de descontração e o apoio de vocês contribuíram para eu continuar a graduação mesmo com as adversidades.

Ao meu orientador José Francisco de Oliveira Júnior, por toda dedicação, paciência e auxílio.

A todos os professores do ICAT que contribuíram com todo ensinamento necessário para minha formação. E aos membros da banca examinadora.

## RESUMO

Eventos extremos climáticos podem causar grandes transtornos em diversas áreas da sociedade. Chuvas e secas intensas podem promover colapso nos serviços de infraestrutura, perdas de vida e impactos na produção nos setores hidroelétricos e agrícola. O nordeste do Brasil (NEB) tem grande variabilidade de chuva e sofre influência de diversos sistemas meteorológicos, como o El Niño-Oscilação Sul (ENOS). As fases frias (La Niña) e quentes (El Niño) estão comumente associadas a aumento e diminuição das chuvas no estado de Alagoas. O estudo sobre as fases extremas do ENOS é importante para entender os seus impactos. Portanto, esse trabalho identificou os anos de ocorrência de extremos em Alagoas, mapeou a distribuição da chuva nos anos de ENOS extremos e avaliou os efeitos das fases extremas do ENOS nos eventos extremos de chuva em Alagoas. Os dados pluviométricos utilizados são pertencentes à rede hidrometeorológica da Agência Nacional das Águas (ANA). Além de análises estatísticas, foram gerados mapas, cuja interpolação (Inverse Distance Weighting – IDW) foram feitas no software Quantum GIS (QGIS). Os critérios para destacar e analisar os anos extremos de ENOS foram baseados no Oceanic Niño Index (ONI) para a região 3.4. Os resultados obtidos mostram a grande variabilidade interanual devido às influências do ENOS. Em mais de 70% dos anos de ENOS extremos, as chuvas ficaram abaixo ou acima da média e coincidem com as fases El Niño e La Niña, respectivamente. Algumas cidades apresentaram valores de precipitação maior que as demais mesmo em ano de El Niño, que pode ser explicado pelas características fisiográficas do local. A partir da análise da distribuição espacial foi possível observar que a mesorregião climática mais próxima da costa (Leste) apresentou maiores índices de precipitação do que as regiões mais continentais (Agreste e Sertão). Regiões mais úmidas também tiveram maior dispersão dos dados pluviométricos. Vale destacar que a anomalia do ONI conseguiu representar anomalias negativas em grande parte do Estado, entretanto em alguns anos sub ou superestimou. Os resultados possibilitam compreender como os eventos extremos de chuva em Alagoas se comportam em relação aos episódios de ENOS.

**Palavras-Chaves:** precipitação, seca, ENOS, mesorregiões, anomalia ONI.

## ABSTRACT

Extreme weather events can cause major disruptions in various areas of society. Intense rains and droughts can promote the collapse of infrastructure services, deaths and impacts on production in the hydroelectric and agricultural sectors. Northeast Brazil (NEB) has great rainfall variability and is influenced by several meteorological systems, such as the El Niño-Southern Oscillation (ENSO). The cold (La Niña) and warm (El Niño) phases are commonly associated with increased and decreased rainfall in the state of Alagoas. The study of the extreme phases of ENSO is important to understand its impacts. Therefore, this work identified the years of occurrence of extremes in Alagoas, mapped the distribution of rainfall in years of extreme ENSO and evaluated the effects of extreme phases of ENSO on extreme rainfall events in Alagoas. The rainfall data used belong to the hydrometeorological network of the National Water Agency (ANA). In addition to statistical analyses, maps were generated, whose interpolation (Inverse Distance Weighting – IDW) was performed using Quantum GIS software (QGIS). Criteria for highlighting and analyzing extreme ENSO years were based on the Oceanic Niño Index (ONI) for region 3.4. The results obtained show the great interannual variability due to the influences of ENSO. In more than 70% of extreme ENSO years, rainfall was below or above average and coincided with the El Niño and La Niña phases, respectively. Some cities had higher precipitation values than the others even in an El Niño year, which can be explained by the physiographic characteristics of the place. From the analysis of the spatial distribution it was possible to observe that the climatic mesoregion closer to the coast (Leste) presented higher precipitation rates than the more continental regions (Agreste and Sertão). Wetter regions also had greater dispersion of rainfall data. It is worth mentioning that the ONI anomaly managed to represent negative anomalies in a large part of the State, however in some years it underestimated or overestimated. The results make it possible to understand how extreme rainfall events in Alagoas behave in relation to ENSO episodes.

**Keywords:** precipitation, drought, ENSO, mesoregions, ONI anomaly.

## LISTA DE FIGURAS

	pág.
<b>Figura 1</b> - Índice de Oscilação Sul entre 1960 e 2016. Fonte: SOUZA E REBOITA, 2021 .....	17
<b>Figura 2</b> - Localização das partes do Pacífico tropical usadas para monitorar a temperatura da superfície do mar. Fonte: NOAA Climate.gov por Fiona Martin, 2009 .....	18
<b>Figura 3</b> - Oceanic Niño Index (ONI) entre 1960 e 2016. Fonte: (SOUZA e REBOITA, 2021) .....	19
<b>Figura 4</b> - Localização da área de estudo. <b>Fonte:</b> Autora (2023) .....	22
<b>Figura 5</b> - Localização das estações pluviométricas utilizadas no estudo. <b>Fonte:</b> Autora (2023) .....	23
<b>Figura 6</b> - Legenda para interpretação do gráfico boxplot. Fonte: Adaptado de SILVA et al., 2017) .....	26
<b>Figura 7</b> - Distribuição chuva anual (mm) no Sertão Alagoano no período de 1960 a 2016 .....	27
<b>Figura 8</b> - Distribuição chuva anual (mm) no Agreste Alagoano no período de 1960 a 2016 .....	28
<b>Figura 9</b> - Distribuição pluviométrica anual (mm) no Leste Alagoano no período de 1960 a 2016 .....	29
<b>Figura 10</b> – Porcentagem de anos abaixo da média em episódios de El Niño (A) e anos acima da média em episódios de La Niña (B) .....	30
<b>Figura 11</b> - Coeficiente de Variação (%) para Alagoas no período de 1960 a 2016 .....	30
<b>Figura 12</b> - Desvio Padrão das chuvas (mm) de Alagoas no período de 1960 a 2016 .....	31



<b>Figura 13</b> - Máximos (A) e Mínimos (B) de chuvas (mm) em Alagoas no período de 1960 a 2016 .....	33
<b>Figura 14</b> - Boxplot da chuva (mm) média anual no Sertão Alagoano no período de 1960-2016.....	35
<b>Figura 15</b> - Boxplot da chuva (mm) média anual no Agreste Alagoano no período de 1960-2016.....	36
<b>Figura 16</b> - Boxplot da chuva (mm) média anual no Leste Alagoano no período de 1960-2016.....	37
<b>Figura 17</b> - Distribuição espacial da chuva (mm) para o ano 1983 (El Niño Muito Forte) .....	39
<b>Figura 18</b> - Distribuição espacial da chuva (mm) para o ano 1998 (El Niño Muito Forte) .....	39
<b>Figura 19</b> - Distribuição espacial da chuva (mm) para o ano 2015 (El Niño Muito Forte) .....	40
<b>Figura 20</b> - Distribuição espacial da chuva (mm) para o ano 1975 (La Niña Forte) .....	41
<b>Figura 21</b> - Distribuição espacial da chuva para o ano 1989 (La Niña Forte).....	41
<b>Figura 22</b> - Distribuição espacial da chuva (mm) para o ano 2010 (La Niña Forte) .....	42
<b>Figura 23</b> – Distribuição das anomalias do ONI anual da região 3.4 ENOS e das chuvas em Sertão (A), Agreste (B) e Leste Alagoano (C) no período de 1960 a 2016 .....	43

## LISTA DE TABELAS

	<b>pág.</b>
<b>Tabela 1</b> - Intensidade de eventos El Niño e La Niña. Fonte: Golden Gate Weather Services .....	19
<b>Tabela 2</b> - Valores médios do índice ONI, com base em um limite de $\pm 0,5$ °C da TSM do Pacífico Equatorial na região El Niño 3.4, para 3 meses consecutivos de TSM. As fases El Niño, La Niña e Neutro classificados como quente (vermelho), frio (azul) e neutros (preto) no período de 1960 a 2016. Fonte: NOAA Climate Prediction Center .....	25
<b>Tabela 3</b> - Estatísticas descritivas das 54 estações meteorológicas de Alagoas no período de 1960 a 2016 .....	55

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AB	Alta da Bolívia
AHE	Análise Harmônica e Espectral
AIQ	Amplitude Interquartil
ANA	Agência Nacional das Águas
AS	América do Sul
CGA	Circulação Geral da Atmosfera
CPTEC	Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos
CV	Coeficiente de Variação
CW	Circulação de Walker
DOL	Distúrbios Ondulatórios de Leste
E	Leste
ENEB	Leste do Nordeste do Brasil
ENOS	El Niño Oscilação Sul
EW	Sudoeste
GRADM	Gradiente da TSM Meridional
IDW	Inverse Distance Weighting
INPE	Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
IOS	Índice de Oscilação Sul
IPCC	Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas
N	Norte
NEB	Nordeste do Brasil
NMM	Nível Médio do Mar
NOAA	National Oceanic Atmospheric Administration

ODP	Oscilação Decadal do Pacífico
ONI	Oceanic Niño Index
OS	Oscilação Sul
POA	Perturbação Ondulatório dos Alísios
QGIS	Quantum GIS
RMM	Região Metropolitana de Maceió
S	Sul

SEPLANDE Secretaria de Estado do Planejamento e do Desenvolvimento Econômico de Alagoas

SPI	Standardized Precipitation Index
TSM	Temperatura da Superfície do Mar
VCAN	Vórtices Ciclônicos de Altos Níveis
W	Oeste
ZCAS	Zona de Convergência do Atlântico Sul
ZCIT	Zona de Convergência Intertropical

# SUMÁRIO

	<b>pág.</b>
<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	13
<b>2 OBJETIVOS</b> .....	14
2.1 Geral .....	14
2.2 Específicos .....	14
<b>3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b> .....	15
3.1 El Niño-Oscilação Sul (ENOS) .....	15
3.2 Impactos do ENOS no nordeste brasileiro .....	16
3.3 Índice de Oscilação Sul (IOS) e Oceanic Niño Index (ONI) .....	17
3.4 Chuva e seca em Alagoas .....	19
3.5 Impactos das chuvas e secas extremas .....	21
<b>4 MATERIAIS E MÉTODOS</b> .....	22
4.1 Área de estudo .....	22
4.2 Dados pluviométricos .....	23
4.3 Estatística aplicada .....	23
4.4 Método de Interpolação Espacial .....	24
4.5 Critérios das fases do ENOS .....	25
4.6 Interpretação do <i>Boxplot</i> .....	26
<b>5 RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	27
5.1 Análise pluviométrica das mesorregiões climáticas de Alagoas .....	27
5.2 Análise descritiva da chuva média anual .....	30
5.3 Distribuição espacial da chuva em relação aos eventos extremos de ENOS .....	38
5.4 Anomalias ONI e das chuvas nas mesorregiões de Alagoas .....	42

<b>6 CONCLUSÃO</b> .....	44
<b>7 RECOMENDAÇÕES</b> .....	45
<b>8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	46
<b>9 ANEXO</b> .....	56

## 1 INTRODUÇÃO

Eventos extremos climáticos são um dos principais temas debatidos e estudados atualmente, sendo relacionados às mudanças climáticas. De acordo com as projeções do *Intergovernmental Panel on Climate Change* (IPCC) esses eventos se tornarão cada vez mais frequentes e intensos em várias regiões do mundo (RODRIGUES, 2019; DU et al., 2019). Tais eventos podem ocorrer de várias formas, tais como, chuvas extremas, enchentes, secas severas e prolongadas, ondas de calor, entre outros (MARENGO, 2016; SILVA et al., 2020).

O Nordeste do Brasil (NEB) apresenta alta variabilidade climática associada aos padrões anômalos de grande escala, por exemplo, o modo de variabilidade climática denominada El Niño-Oscilação Sul (ENOS) - (BARROS et al., 2012; SILVA et al., 2012). O NEB é a região do país mais vulnerável ao risco de aridização e, subsequente desertificação devido às mudanças climáticas e às ações antrópicas (GOIS et al., 2005; LACERDA et al., 2010).

Silva et al. (2020) avaliaram quantitativamente os eventos extremos para as capitais da costa leste do NEB (ENEB) e observaram maior quantidade de secas leves a moderadas do que de chuva leve a moderada, segundo o *Standardized Precipitation Index* (SPI). Porém, os casos com intensidade extrema de precipitação foram mais persistentes quando comparados aos eventos de seca com mesma intensidade. A atuação conjunta ou ausência de fenômenos como ENOS, Dipolo do Atlântico, atualmente denominado de Gradiente Interhemisférico da Temperatura Superficial do Mar do Atlântico (GITSMA) – (Lyra et al., 2017) e Oscilação Decadal do Pacífico (ODP) que podem diminuir ou potencializar os eventos extremos.

O Estado de Alagoas, situado no ENEB, apresenta alta vulnerabilidade aos eventos extremos (SILVA JUNIOR et al., 2022). As informações sobre as mudanças do regime pluviométrico são de suma importância para o desenvolvimento de gestões públicas para minimizar as consequências da ocorrência de secas severas e chuvas extremas (WANDERLEY et al., 2013; SILVA JUNIOR et al., 2022). Em estudos para as mesorregiões climáticas de Alagoas (LIMA et al., 2018; OLIVEIRA, 2020; SILVA et al., 2020) foi possível

observar que a maioria dos eventos extremos ocorridos no Estado coincidem com a atuação das fases do ENOS e quando conjugados com fases da ODP.

O estudo sobre as fases extremas do ENOS é importante para entender os impactos causados nas mais diversas áreas da sociedade, assim como na produção agrícola que é tão importante socioeconomicamente para Alagoas (SOUZA et al., 2012; FARIAS et al., 2017; OLIVEIRA, 2020). Oliveira (2020) observou que a produção de cana de açúcar, em Marechal Deodoro situado na mesorregião Leste, diminuiu durante eventos de El Niño Forte e aumentou em anos de La Niña de mesma intensidade.

As regiões do Sertão, Agreste e Leste alagoano apresentam variabilidade pluviométrica distinta entre si, onde o Leste apresenta a maior média de chuva anual em comparação aos demais, onde há uma diminuição nos índices pluviométricos nas regiões mais afastadas da costa. Episódios de El Niño, na maioria das vezes, estão associados a chuvas abaixo da média para as três mesorregiões e episódios de La Niña geralmente favorecem ocorrência de chuvas acima da média. Porém, poucos estudos se preocupam com os efeitos do ENOS e sua atuação em Alagoas a partir de uma série temporal histórica. Assim, esse trabalho tem como propósito contribuir com a discussão sobre o comportamento dos eventos de chuva e seca no estado de Alagoas em relação aos episódios de ENOS, além de ajudar a divulgação dessas informações para toda sociedade.

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1 Geral**

- **AVALIAR** os efeitos das fases extremas do ENOS nos eventos extremos de chuva em Alagoas.

### **2.2 Específicos**

- **IDENTIFICAR** os anos de ocorrência de extremos de chuva em Alagoas;
- **MAPEAR** a distribuição da chuva nos anos de fases extremas do ENOS;
- **MOSTRAR** os sistemas meteorológicos que contribuem para extremos de chuva em Alagoas.



### 3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

#### 3.1 El Niño-Oscilação Sul (ENOS)

O clima de determinada região é resultado de diversos fatores, por exemplo, altitude, latitude, massas de ar, relevo, vegetação; seguido da interação entre a atmosfera e o oceano (FERREIRA E MELLO, 2005; SILVA et al., 2015; KAYANO et al., 2016). Segundo Galvínio (2000), as investigações sobre o modo de variabilidade climática ENOS existem há pelo menos um século. Destaque para Bjerknes (1969) que concluiu que se tratava de dois aspectos de um mesmo fenômeno e, assim propôs uma relação física entre as variações meteorológicas ocorridas pelo fenômeno. Mais tarde foi introduzido o conceito físico denominado de Circulação de Walker (CW) - (PHILANDER, 1990).

A CW, ou célula, relaciona à variação da pressão atmosférica entre os setores leste (E) e oeste (W) do oceano Pacífico, sendo uma circulação zonal na região Equatorial (WALKER, 1930; WALKER E BLISS, 1932, 1937). Essa circulação tem movimentos ascendentes no setor W do Pacífico e movimentos descendentes no setor E deste, tal flutuação de pressão à superfície é conhecida como Oscilação Sul (OS) - (BJERKNES, 1969).

O ENOS é um fenômeno de interação atmosfera-oceano que está associado às alterações dos padrões de Temperatura da Superfície do Mar (TSM), das configurações do campo de pressão e dos ventos alísios na região do Pacífico Equatorial, com uma fase quente (El Niño) e uma fase fria (La Niña) - (OLIVEIRA, 1999; SANTOS, 2011; COSTA, 2014). Sem a presença do El Niño, o padrão de circulação observado é caracterizado por ventos alísios que escoam de E a W através do Oceano Pacífico e, assim acumula (empilha) água na região do Pacífico Ocidental (SANTOS, 2011). Vale ressaltar que os ventos alísios favorecem a ressurgência na costa W da América do Sul (AS) e conseqüentemente interfere na termoclima que se torna rasa, onde essa região é uma das mais piscosas do mundo (OLIVEIRA, 1999).

O El Niño é fase quente do ENOS, sendo caracterizado pelo aquecimento anômalo das águas do Pacífico que ocorre simultaneamente com anomalias no

padrão de pressão atmosférica nas regiões do Oceano Índico (Darwin) e do Pacífico Sul (Taiti) - (PEREIRA et al., 2011). Em anos de El Niño, há uma diminuição dos ventos alísios o que resulta na diminuição da ressurgência, isto é, ocorre o acúmulo de águas mais quentes na costa W da AS. Conseqüentemente há um deslocamento da região com maior formação de nuvens e a CW fica bipartida e, assim intensifica as chuvas na costa W da AS e secas na Indonésia e Austrália (SILVA et al., 2012; OLIVEIRA, 1999; BARRY E CHORLEY, 2013). De acordo com o Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos (CPTEC) do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) - (CPTEC/INPE, 2000), o El Niño é repetitivo, porém não cíclico, pois o intervalo varia de três a cinco anos com duração de 12 a 18 meses.

A La Niña, fase oposta do El Niño, ocorre o resfriamento das águas do Oceano Pacífico Equatorial (OLIVEIRA, 1999). Em anos de La Niña, os ventos alísios são intensificados e aumenta a ressurgência no lado E do Oceano Pacífico. Devido à intensificação dos alísios, as águas mais aquecidas ficam empilhadas a W do Oceano Pacífico, o que aumenta os movimentos ascendentes nessa região e acentua o padrão da CW (OLIVEIRA, 1999; MARIN E SENTELHAS, 1997). Segundo Oliveira (1999), os episódios de La Niña têm frequência de 2 a 7 anos e podem durar de 9 a 12 meses, com exceções aos eventos superiores a dois anos. Alguns eventos de El Niño e La Niña são intercalados por condições normais, denominadas de Neutro (COSTA, 2014).

### **3.2 Impactos do ENOS no Nordeste Brasileiro**

O ENOS é um fenômeno de grande escala, com grande relevância para a variabilidade climática interanual em diversas regiões do globo (KAYANO et al, 2016). Os impactos do ENOS podem influenciar o padrão climático de uma região, os ecossistemas e atividades humanas, por exemplo, agricultura, pesca, geração de energia elétrica, defesa civil entre outros de forma significativa (OLIVEIRA,1999; GRIMM, 2015, ANDRADE et al., 2021).

A bipartição da CW, em anos de El Niño, gera dois ramos descendentes; na região da Indonésia e sobre a Amazônia e o NEB, o que favorece a inibição

de chuvas (OLIVEIRA, 1999; BARRY E CHORLEY, 2013). Andreoli et al. (2016) mostraram que a principal área seca sobre a AS está ligada aos movimentos descendentes associados a CW deslocada para E. Segundo Grimm (2003), os eventos de El Niño (La Niña) podem suprimir (potencializar) outros mecanismos que produzem chuva. Em seu estudo, Alves (2012) verificou que a variabilidade interanual do El Niño impacta na diminuição da chuva total anual no NEB.

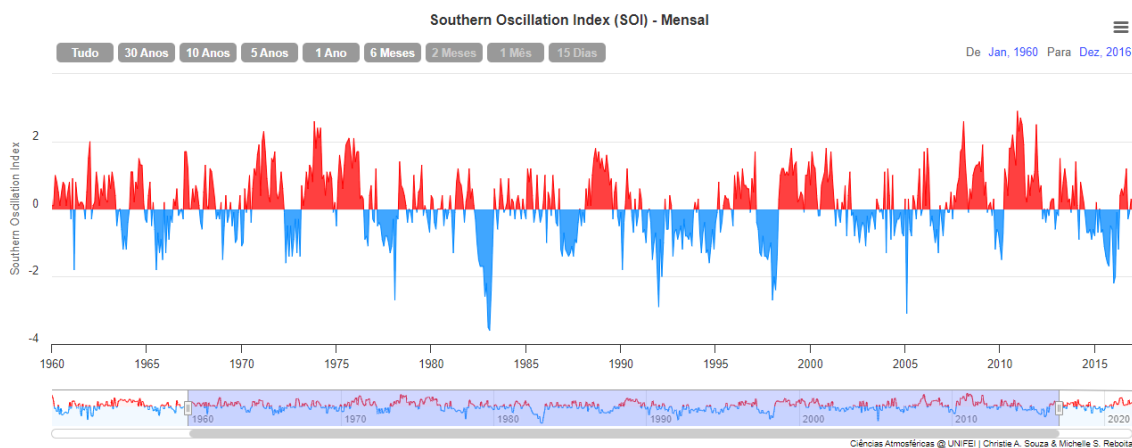
Em anos de La Niña, são observadas chuvas acima da média no NEB, porém essa é uma região com influência de condições observadas no Oceano Atlântico Tropical (OLIVEIRA, 1999; ARAÚJO, 2016; RODRIGUES et al, 2017). Carvalho et al. (2013) observaram que eventos de El Niño retardaram o início da estação chuvosa da região de Rio Largo (AL), já os eventos de La Niña anteciparam o início da estação chuvosa para a mesma região.

### 3.3 Índice de Oscilação Sul (IOS) e Oceanic Niño Index (ONI)

A componente atmosférica do ENOS é quantificada pelo Índice de Oscilação Sul (IOS), que consiste na diferença entre a pressão atmosférica observada na região do Taiti (17,5°S – 149,6°W) e em Darwin (12,4°S – 130,9°E). O IOS com valores positivos indica eventos de La Niña e com valores negativos indica eventos de El Niño (Figura 1) - (OLIVEIRA, 1999; SANTOS 2011).

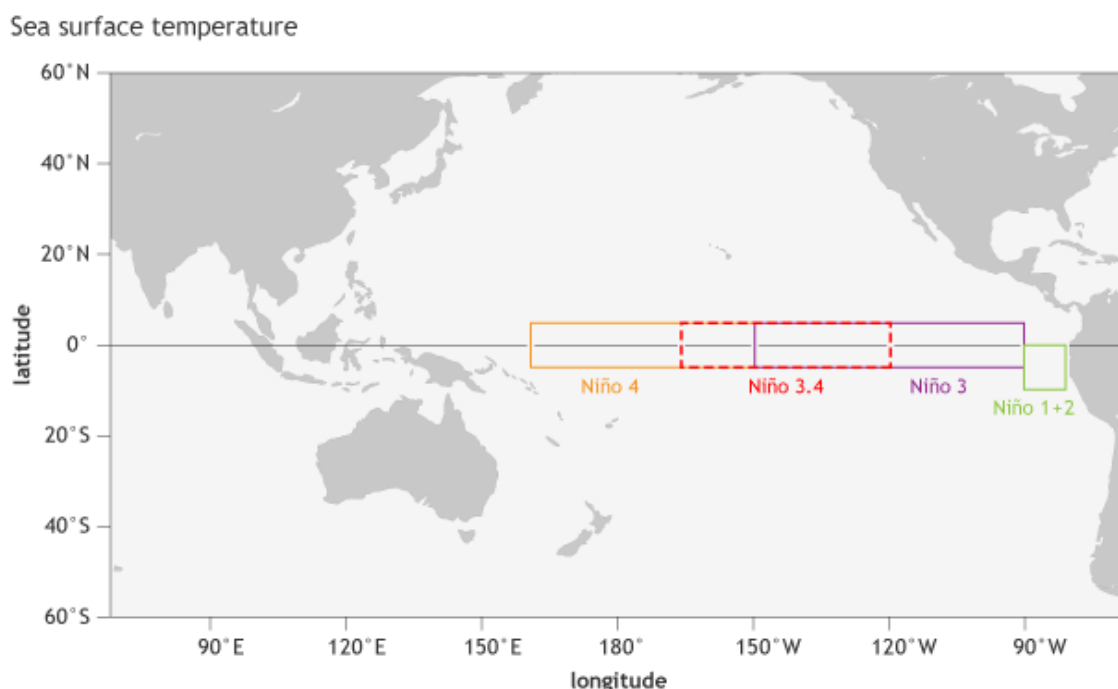
**Figura 1** - Índice de Oscilação Sul entre 1960 e 2016. Fonte: SOUZA E REBOITA, 2021.

Disponível em <<https://meteorologia.unifei.edu.br/teleconexoes/indice?id=soi>>



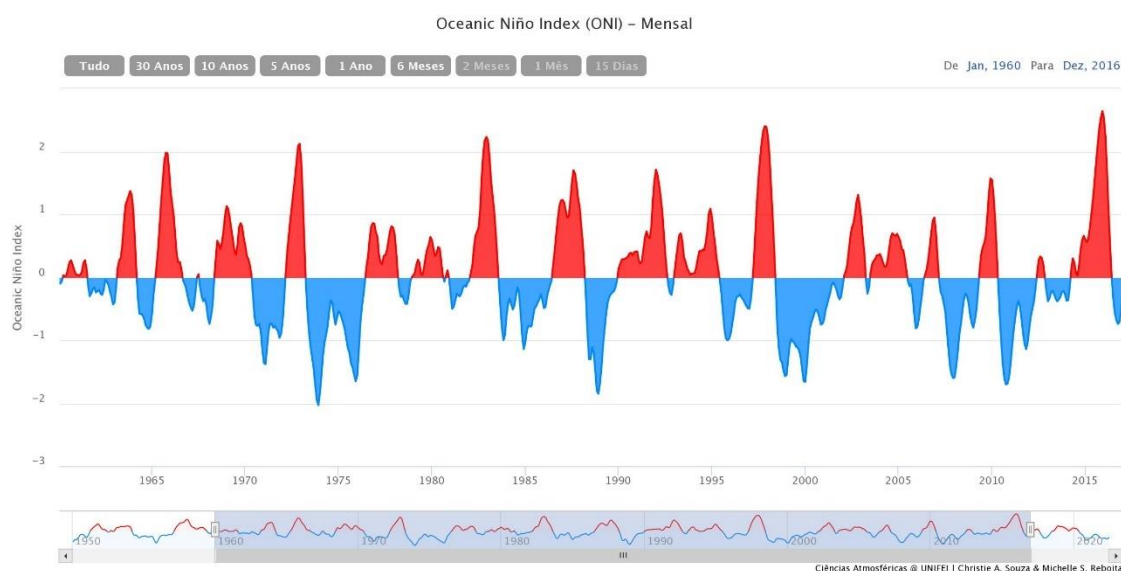
O *Oceanic Niño Index* (ONI) é o principal índice da *National Oceanic Atmospheric Administration* (NOAA) para rastrear a parte oceânica do ENOS. O ONI é o resultado da média móvel trimestral da anomalia da TSM coletada em quatro regiões do Pacífico (Figura 2), sendo a região denominada de Niño 3.4 a mais utilizada para pesquisa e monitoramento das águas do oceano (DE PAULA, 2009, REBOITA et al., 2021). A NOAA considera que as condições do El Niño estão presentes no oceano quando o ONI da região Niño 3.4 é  $\geq 0,5^{\circ}\text{C}$ , ao contrário, das condições da La Niña que existem quando o ONI é  $\leq -0,5^{\circ}\text{C}$  por, no mínimo, cinco meses consecutivos. No intervalo de  $-0,5^{\circ}\text{C}$  a  $0,5^{\circ}\text{C}$  são considerados anos neutros.

**Figura 2** - Localização das partes do Pacífico tropical usadas para monitorar a temperatura da superfície do mar. Fonte: NOAA Climate.gov por Fiona Martin, 2009.



O ONI é obtido por meio do cálculo da TSM na região de Niño 3.4 (Figura 2) para cada mês baseado em medições oceânicas. A média trimestral é comparada a normal climatológica e a diferença observada é o valor ONI para o trimestre de referência (NOAA, 2009).

A partir dos valores do ONI, os eventos El Niño e La Niña (Figura 3) são classificados em Fraco (com uma anomalia de 0,5 a 0,9), Moderado (1,0 a 1,4), Forte (1,5 a 1,9) e Muito Forte ( $\geq 2,0$ ) (Tabela 1) - (GGWS, 2022).

**Figura 3** - Oceanic Niño Index (ONI) entre 1960 e 2016. Fonte: SOUZA E REBOITA, 2021.**Tabela 1.** Intensidade de eventos El Niño e La Niña. Fonte: *Golden Gate Weather Services*.

Evento	Intensidade	Anos
El Niño	Fraco	1952/53, 1953/54, 1958/59, 1969/70, 1976/77 1977/78, 1979/80, 2004/05, 2006/07, 2014/15
	Moderado	1951/52, 1963/64, 1968/69, 1986/87, 1994/95, 2002/03, 2009/10
	Forte	1957/58, 1965/66, 1972/73, 1987/88, 1991/92
	Muito Forte	1982/83, 1997/98, 2015/16
Neutro		1960/61, 1967, 1978/79, 1980/81, 1990, 1993, 2013
La Niña	Fraca	1954 – 55, 1964 – 65, 1971 – 72, 1974 – 75, 1983 – 84, 1984 – 85, 2000 – 01, 2005 – 06, 2008 – 09, 2016 – 17
	Moderada	1955 – 56, 1970 – 71, 1995 – 96, 2011 – 12
	Forte	1973 – 74, 1975 – 76, 1988 – 89, 1998 – 99, 1999 – 00, 2007 – 08, 2010 – 11

### 3.4 Chuva e Seca em Alagoas

O Estado de Alagoas é caracterizado pela irregularidade espaço-temporal das chuvas (LYRA et al., 2014; LYRA et al., 2017). O modo de

variabilidade ENOS, a circulação geral da atmosfera (CGA) e fisiografia local são responsáveis por influenciar a dinâmica da chuva em Alagoas (BARROS et al., 2012; COSTA et al., 2020; OLIVEIRA-JÚNIOR et al., 2021).

Os sistemas meteorológicos, tais como, a Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), a Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS), os Distúrbios Ondulatórios de Leste (DOL) e os ventos alísios de NE e SE podem atuar no regime pluviométrico do Estado (BARROS et al., 2012). Costa (2010) observou que de todos os Vórtices Ciclônicos de Altos Níveis (VCAN) entre 1998-2007 atuantes no NEB, 61% ocorreram na região de Alagoas. Os VCAN's são mais observados entre setembro a abril com ocorrência máxima no mês de janeiro (KOUSKY e GAN, 1981; BRITO et al, 2010; COSTA, 2010). Repinaldo (2010) estudou a frequência de VCAN's em anos de ENOS para o NEB e pôde observar que 37,1% dos casos estudados ocorreram em anos de El Niño, 28,8% em anos de La Niña e 34,1% em anos de fase neutra.

Devido a localização dos tabuleiros costeiros do Estado, as circulações das brisas terrestres e marítimas penetram com maior facilidade e influenciam as chuvas na porção E que podem chegar no interior do continente. Essas chuvas podem ocorrer durante o ano todo, porém são mais observadas entre março e setembro quando produzem chuvas fracas a moderadas (MELO, 1980).

Em seu estudo, Pereira et al. (2012) observaram que a mesorregião do Sertão Alagoano apresentou um padrão de chuvas, onde janeiro foi o mês com o menor número de dias de chuva e o aumento no número de dias de chuva foi observado a partir do mês de março. Já as mesorregiões do Litoral e Agreste apresentaram os maiores valores do número médio de dias de chuva no mês de janeiro. Assim, os autores verificaram que a variabilidade da chuva em toda Alagoas não é uniforme. Tal resultado corrobora com esse padrão irregular, conforme Lyra et al (2014) que observaram um forte gradiente na distribuição das chuvas entre o Litoral e o Sertão; e entre o litoral norte e litoral sul. Ainda segundo os autores, como consequência da influência da topografia, a estação de Santana do Mundaú (a 50 km da costa) apresentou maior registro anual (2619 mm), visto que, esta estação fica a barlavento da Serra da Borborema,

com altitude média de 400 m acima do nível médio do mar (NMM) e picos de 1000 m.

Sistemas como a Alta da Bolívia (AB), um anticiclone de alto nível que ocorre entre outubro/janeiro influenciam o clima mais seco observado na região do sertão alagoano (LYRA et al, 2014). Costa (2010) explica que o padrão de circulação durante o verão indica que, abaixo da AB, forma-se uma circulação ciclônica cuja variação de posição e intensidade durante essa estação gera subsidência induzida em baixos níveis sobre o NEB.

### **3.5 Impactos das chuvas e secas extremas**

Os eventos climáticos extremos podem ser definidos como anomalias em relação à climatologia, em diferentes escalas de tempo (FERNANDES, 2017). Chuvas intensas podem causar diversos transtornos à sociedade, tais como, inundações, escorregamentos, alagamentos e, ainda podem promover um colapso nos serviços de infraestrutura e perdas de vidas humanas (SOUZA et al, 2012). A forma como esses eventos atingem a sociedade depende também da forma como os aglomerados urbanos são ocupados (SOUZA et al, 2012). Eventos de seca podem ser caracterizados por provocar uma redução nas reservas hídricas existentes (CASTRO, 2003). Segundo Farias et al. (2017), as secas impactam desde a redução da produção agrícola até restrições na utilização de água nas residências.

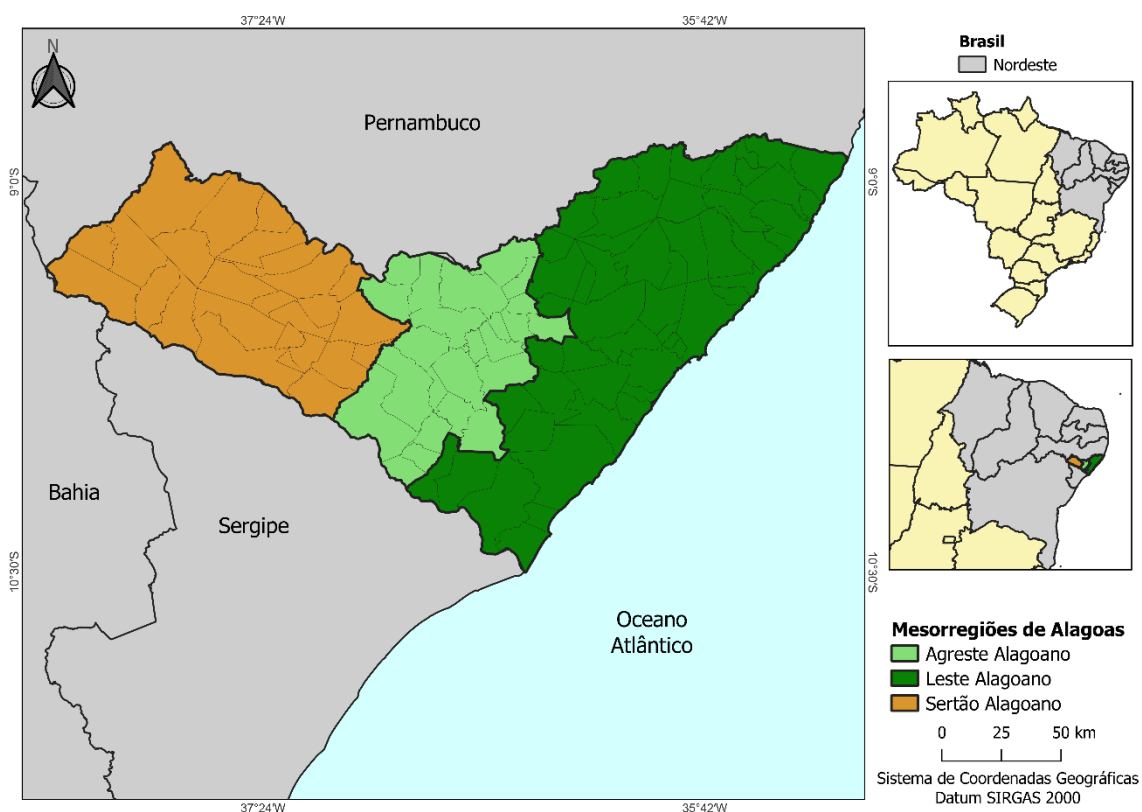
Cavalcante (2018), em seu estudo sobre o sertão paraibano, observou que ao longo dos episódios de ENOS fortes, a presença dos extremos secos e chuvosos, impactou no contraste da vegetação. Ou seja, nos meses chuvosos tem-se uma maior densidade de cobertura vegetal e ocorreu a diminuição da mesma em períodos secos. A autora observou também que o acumulado de chuvas nos anos 2008 e 2009 foram os maiores, após um evento de La Niña forte. Silva et al. (2021), observaram que a junção das escalas semestral, interanual, escala entre 1-2 anos de ENOS potencializou os totais pluviométricos nas mesorregiões de Alagoas e a falta dos mesmos provocou eventos de secas.

## 4 Materiais e Métodos

### 4.1 Área de Estudo

O Estado de Alagoas está localizado no ENEB, entre as latitudes  $8^{\circ}48'12''$  e  $10^{\circ}29'12''$  Sul (S) e entre as longitudes  $35^{\circ}09'36''$  e  $38^{\circ}13'54''$  a oeste (W) de Greenwich. Limita-se ao Norte (N) e W com o Estado de Pernambuco, ao S com o Estado de Sergipe, ao Sudoeste (SW) com o Estado da Bahia e a Leste (E) com o oceano Atlântico (Figura 4). Segundo a Secretaria de Estado do Planejamento e do Desenvolvimento Econômico de Alagoas – SEPLANDE (2014), o Estado de Alagoas é dividido nas seguintes mesorregiões climáticas: Leste, Agreste e Sertão Alagoano.

**Figura 4** - Localização da área de estudo. **Fonte:** Autora (2023).



De acordo com a classificação de Köppen, Alagoas possui clima em maior parte do tipo 'As', ou seja, tropical e quente, com chuva de outono/inverno, entre 1.000 mm a 1.500 mm. A região do Leste alagoano, próximo à divisa com o Pernambuco, tem clima 'Am' tropical com chuvas de outono a inverno e médias pluviométricas entre 1.500 mm a 2.200 mm. A parte mais interior do continente é classificada com clima tipo 'BSh', ou seja, seco e

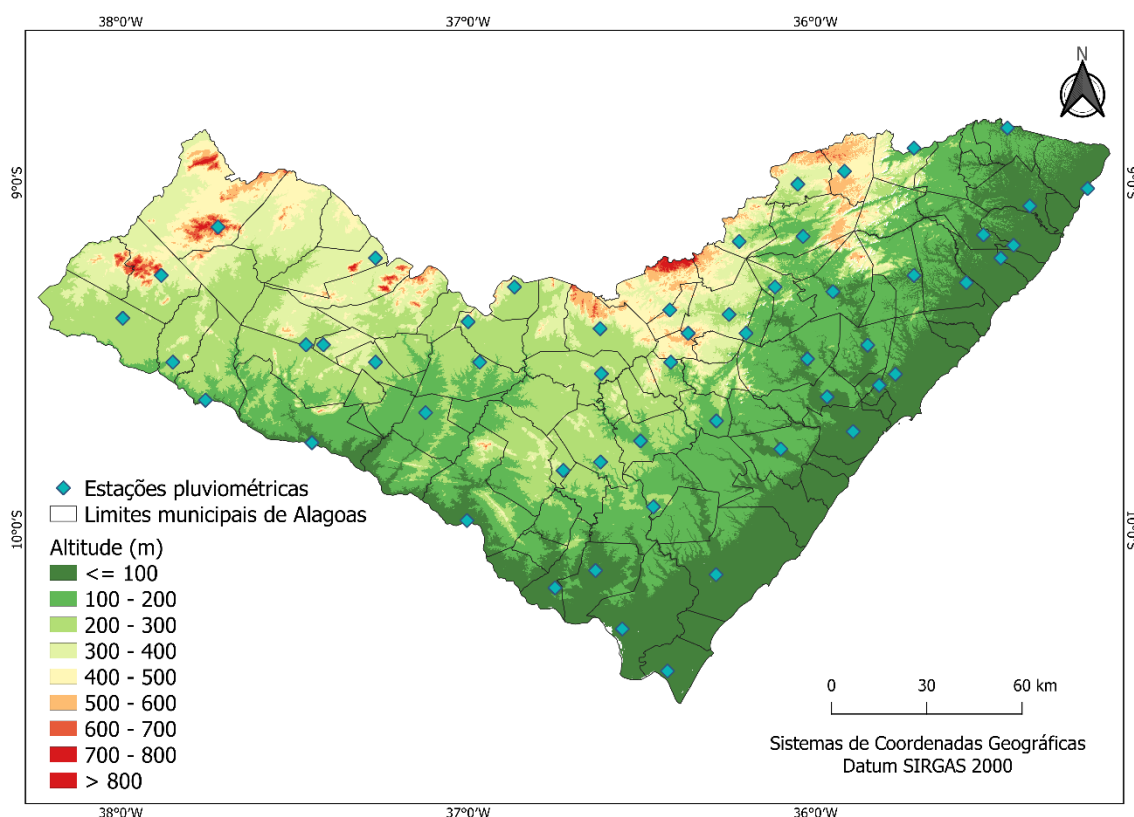


quente e possui chuva média anual no Sertão entre 400 mm a 600 mm e no Agreste de 600 mm a 900 mm (BARROS et al., 2012).

## 4.2 Dados pluviométricos

Nesse estudo foram utilizados dados pluviométricos mensais referentes a 54 estações localizadas no estado de Alagoas (Figura 5) pertencentes à rede hidrometeorológica da ANA – Agência Nacional das Águas (ANA, 2022), obtidos via portal eletrônico denominado HidroWeb no seguinte endereço eletrônico: <http://www.ana.gov.br>. O período de estudo corresponde de 1960 a 2016. Os dados pluviométricos apresentavam falhas e foram imputados, maiores detalhes do controle de qualidade, preenchimento de falhas e homogeneidade da série temporal em Souza et al. (2021) e Costa et al. (2021).

**Figura 5** - Localização das estações pluviométricas utilizadas no estudo. **Fonte:** Autora (2023).



## 4.3 Estatística Aplicada

Para a análise dos dados pluviométricos foram calculados: a média –  $\bar{x}$  (mm) (1), a mediana –  $M_d$  (mm) (2), o desvio padrão – DP (mm) (3) e o coeficiente de variação – CV (%) (4).

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n} \quad (1)$$

$$M_d = l_i + \left[ \frac{\frac{n}{2} - f_{ac_{ant}}}{f_i} \right] x h \quad (2)$$

$$DP = \sqrt{\frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{n}} \quad (3)$$

$$CV = \frac{DP}{\bar{x}} \cdot 100$$

(4)

Em que,  $x_i$  é um dado elemento e  $n$  o número total de elementos;  $l_i$  é o limite inferior da classe mediana;  $f_{ac_{ant}}$  é a frequência acumulada da classe que antecede à classe da mediana;  $f_i$  é a frequência simples da classe da mediana;  $h$  é a amplitude da classe da mediana;  $DP$  é o desvio padrão.

#### 4.4 Método de interpolação espacial

O procedimento de interpolação e o geoprocessamento dos dados das precipitações foram realizados no software *Quantum GIS* (QGIS) versão 3.22.10 (QGIS, 2022). Foi utilizado o método de interpolação *Inverse Distance Weighting* (IDW), esse processo atribui valores a pontos desconhecidos utilizando um conjunto disperso de pontos conhecidos. As formulações matemáticas para calcular um valor interpolado são dadas por:

$$Z(x) = \frac{\sum_{i=1}^n \omega_i Z(x_i)}{\sum_{i=1}^n \omega_i} \quad (5)$$

$$\omega_i = \frac{1}{h(x, x_i)^p} \quad (6)$$

em que,  $Z(x)$  o valor do ponto que se deseja interpolar;  $n$  o número de pontos próximos utilizados na interpolação do ponto  $x$ ;  $Z(x_i)$  o valor do ponto  $x_i$ ;  $\omega_i$  o peso do valor de  $x_i$  sobre o ponto  $x$ ;  $h(x, x_i)$  a distância entre o ponto  $x$  e o ponto  $x_i$ ; e  $p$  o parâmetro de potência.

À medida que a distância aumenta, o peso desse valor em relação ao ponto calculado diminui. Assim, maiores valores de parâmetro de potência evidenciam pontos mais próximos e torna o resultado menos suave; e menores

valores de parâmetro de potência evidenciam pontos mais afastados, o que torna o resultado mais suavizado (EL-SHEIMY et al., 2005; ZONETE, 2009).

#### 4.5 Critérios das fases do ENOS

Para classificar as fases do ENOS são considerados os valores trimestrais do ONI. Para a elaboração dos gráficos e mapas presentes nesse trabalho, foram adotados critérios de acordo com a Tabela 2.

**Tabela 2.** Valores médios do índice ONI, com base em um limite de  $\pm 0,5$  °C da TSM do Pacífico Equatorial na região El Niño 3.4, para 3 meses consecutivos de TSM. As fases El Niño, La Niña e Neutro classificados como quente (vermelho), frio (azul) e neutros (preto) no período de 1960 a 2016. Fonte: NOAA Climate Prediction Center. Disponível em < [https://origin.cpc.ncep.noaa.gov/products/analysis\\_monitoring/ensostuff/ONI\\_v5.php](https://origin.cpc.ncep.noaa.gov/products/analysis_monitoring/ensostuff/ONI_v5.php) >

Ano	DJF	JFM	FMA	MAM	AMJ	MJJ	JJA	JAS	ASO	SON	OND	NDJ
1960	-0.1	-0.1	-0.1	0.0	0.0	0.0	0.1	0.2	0.3	0.2	0.1	0.1
1961	0.0	0.0	0.0	0.1	0.2	0.3	0.1	-0.1	-0.3	-0.3	-0.2	-0.2
1962	-0.2	-0.2	-0.2	-0.3	-0.3	-0.2	0.0	-0.1	-0.1	-0.2	-0.3	-0.4
1963	-0.4	-0.2	0.2	0.3	0.3	0.5	0.9	1.1	1.2	1.3	1.4	1.3
1964	1.1	0.6	0.1	-0.3	-0.6	-0.6	-0.6	-0.7	-0.8	-0.8	-0.8	-0.8
1965	-0.6	-0.3	-0.1	0.2	0.5	0.8	1.2	1.5	1.9	2.0	2.0	1.7
1966	1.4	1.2	1.0	0.7	0.4	0.2	0.2	0.1	-0.1	-0.1	-0.2	-0.3
1967	-0.4	-0.5	-0.5	-0.4	-0.2	0.0	0.0	-0.2	-0.3	-0.4	-0.3	-0.4
1968	-0.6	-0.7	-0.6	-0.4	0.0	0.3	0.6	0.5	0.4	0.5	0.7	1.0
1969	1.1	1.1	0.9	0.8	0.6	0.4	0.4	0.5	0.8	0.9	0.8	0.6
Ano	DJF	JFM	FMA	MAM	AMJ	MJJ	JJA	JAS	ASO	SON	OND	NDJ
1970	0.5	0.3	0.3	0.2	0.0	-0.3	-0.6	-0.8	-0.8	-0.7	-0.9	-1.1
1971	-1.4	-1.4	-1.1	-0.8	-0.7	-0.7	-0.8	-0.8	-0.8	-0.9	-1.0	-0.9
1972	-0.7	-0.4	0.1	0.4	0.7	0.9	1.1	1.4	1.6	1.8	2.1	2.1
1973	1.8	1.2	0.5	-0.1	-0.5	-0.9	-1.1	-1.3	-1.5	-1.7	-1.9	-2.0
1974	-1.8	-1.6	-1.2	-1.0	-0.9	-0.8	-0.5	-0.4	-0.4	-0.6	-0.8	-0.6
1975	-0.5	-0.6	-0.7	-0.7	-0.8	-1.0	-1.1	-1.2	-1.4	-1.4	-1.6	-1.7
1976	-1.6	-1.2	-0.7	-0.5	-0.3	0.0	0.2	0.4	0.6	0.8	0.9	0.8
1977	0.7	0.6	0.3	0.2	0.2	0.3	0.4	0.4	0.6	0.7	0.8	0.8
1978	0.7	0.4	0.1	-0.2	-0.3	-0.3	-0.4	-0.4	-0.4	-0.3	-0.1	0.0
1979	0.0	0.1	0.2	0.3	0.2	0.0	0.0	0.2	0.3	0.5	0.5	0.6
Ano	DJF	JFM	FMA	MAM	AMJ	MJJ	JJA	JAS	ASO	SON	OND	NDJ
1980	0.6	0.5	0.3	0.4	0.5	0.5	0.3	0.0	-0.1	0.0	0.1	0.0
1981	-0.3	-0.5	-0.5	-0.4	-0.3	-0.3	-0.3	-0.2	-0.2	-0.1	-0.2	-0.1
1982	0.0	0.1	0.2	0.5	0.7	0.7	0.8	1.1	1.6	2.0	2.2	2.2
1983	2.2	1.9	1.5	1.3	1.1	0.7	0.3	-0.1	-0.5	-0.8	-1.0	-0.9
1984	-0.6	-0.4	-0.3	-0.4	-0.5	-0.4	-0.3	-0.2	-0.2	-0.6	-0.9	-1.1
1985	-1.0	-0.8	-0.8	-0.8	-0.8	-0.6	-0.5	-0.5	-0.4	-0.3	-0.3	-0.4
1986	-0.5	-0.5	-0.3	-0.2	-0.1	0.0	0.2	0.4	0.7	0.9	1.1	1.2
1987	1.2	1.2	1.1	0.9	1.0	1.2	1.5	1.7	1.6	1.5	1.3	1.1
1988	0.8	0.5	0.1	-0.3	-0.9	-1.3	-1.3	-1.1	-1.2	-1.5	-1.8	-1.8
1989	-1.7	-1.4	-1.1	-0.8	-0.6	-0.4	-0.3	-0.3	-0.2	-0.2	-0.2	-0.1
Ano	DJF	JFM	FMA	MAM	AMJ	MJJ	JJA	JAS	ASO	SON	OND	NDJ
1990	0.1	0.2	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.4	0.4	0.3	0.4	0.4

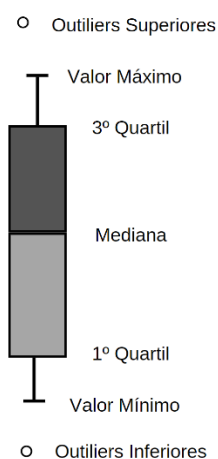
### Continuação.

1991	0.4	0.3	0.2	0.3	0.5	0.6	0.7	0.6	0.6	0.8	1.2	1.5
1992	1.7	1.6	1.5	1.3	1.1	0.7	0.4	0.1	-0.1	-0.2	-0.3	-0.1
1993	0.1	0.3	0.5	0.7	0.7	0.6	0.3	0.3	0.2	0.1	0.0	0.1
1994	0.1	0.1	0.2	0.3	0.4	0.4	0.4	0.4	0.6	0.7	1.0	1.1
1995	1.0	0.7	0.5	0.3	0.1	0.0	-0.2	-0.5	-0.8	-1.0	-1.0	-1.0
1996	-0.9	-0.8	-0.6	-0.4	-0.3	-0.3	-0.3	-0.3	-0.4	-0.4	-0.4	-0.5
1997	-0.5	-0.4	-0.1	0.3	0.8	1.2	1.6	1.9	2.1	2.3	2.4	2.4
1998	2.2	1.9	1.4	1.0	0.5	-0.1	-0.8	-1.1	-1.3	-1.4	-1.5	-1.6
1999	-1.5	-1.3	-1.1	-1.0	-1.0	-1.0	-1.1	-1.1	-1.2	-1.3	-1.5	-1.7
Ano	DJF	JFM	FMA	MAM	AMJ	MJJ	JJA	JAS	ASO	SON	OND	NDJ
2000	-1.7	-1.4	-1.1	-0.8	-0.7	-0.6	-0.6	-0.5	-0.5	-0.6	-0.7	-0.7
2001	-0.7	-0.5	-0.4	-0.3	-0.3	-0.1	-0.1	-0.1	-0.2	-0.3	-0.3	-0.3
2002	-0.1	0.0	0.1	0.2	0.4	0.7	0.8	0.9	1.0	1.2	1.3	1.1
2003	0.9	0.6	0.4	0.0	-0.3	-0.2	0.1	0.2	0.3	0.3	0.4	0.4
2004	0.4	0.3	0.2	0.2	0.2	0.3	0.5	0.6	0.7	0.7	0.7	0.7
2005	0.6	0.6	0.4	0.4	0.3	0.1	-0.1	-0.1	-0.1	-0.3	-0.6	-0.8
2006	-0.9	-0.8	-0.6	-0.4	-0.1	0.0	0.1	0.3	0.5	0.8	0.9	0.9
2007	0.7	0.2	-0.1	-0.3	-0.4	-0.5	-0.6	-0.8	-1.1	-1.3	-1.5	-1.6
2008	-1.6	-1.5	-1.3	-1.0	-0.8	-0.6	-0.4	-0.2	-0.2	-0.4	-0.6	-0.7
2009	-0.8	-0.8	-0.6	-0.3	0.0	0.3	0.5	0.6	0.7	1.0	1.4	1.6
Ano	DJF	JFM	FMA	MAM	AMJ	MJJ	JJA	JAS	ASO	SON	OND	NDJ
2010	1.5	1.2	0.8	0.4	-0.2	-0.7	-1.0	-1.3	-1.6	-1.6	-1.6	-1.6
2011	-1.4	-1.2	-0.9	-0.7	-0.6	-0.4	-0.5	-0.6	-0.8	-1.0	-1.1	-1.0
2012	-0.9	-0.7	-0.6	-0.5	-0.3	0.0	0.2	0.4	0.4	0.3	0.1	-0.2
2013	-0.4	-0.4	-0.3	-0.3	-0.4	-0.4	-0.4	-0.3	-0.3	-0.2	-0.2	-0.3
2014	-0.4	-0.5	-0.3	0.0	0.2	0.2	0.0	0.1	0.2	0.5	0.6	0.7
2015	0.5	0.5	0.5	0.7	0.9	1.2	1.5	1.9	2.2	2.4	2.6	2.6
2016	2.5	2.1	1.6	0.9	0.4	-0.1	-0.4	-0.5	-0.6	-0.7	-0.7	-0.6

### 4.6 Interpretação do *Boxplot*

O gráfico de *boxplot* auxilia na interpretação e classificação de regimes pluviométricos anuais, apresentando valores mínimos, valores máximos e primeiro, segundo e terceiro quartis (Figura 6).

Figura 6 - Legenda para interpretação do gráfico *boxplot*. Fonte: Adaptado de SILVA et al., 2017).



## 5 Resultados e Discussão

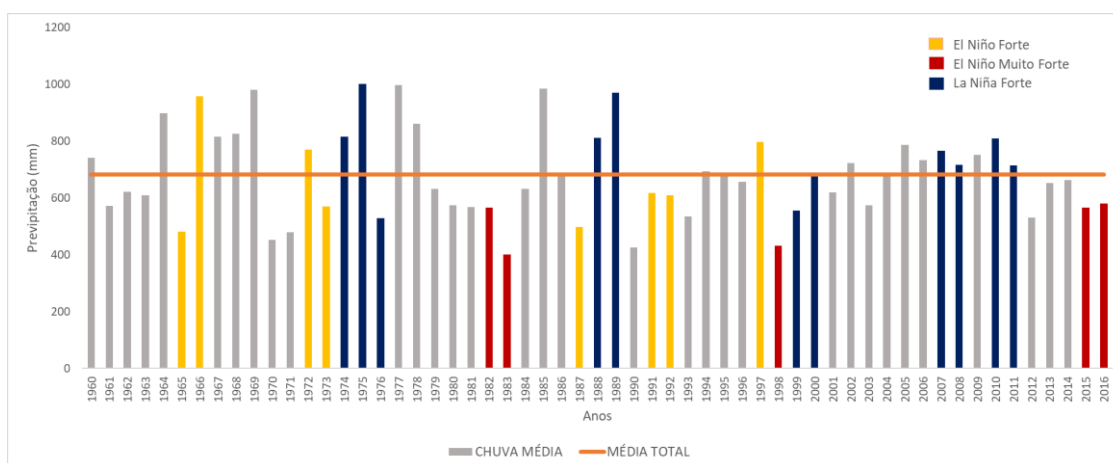
### 5.1 Análise pluviométrica das mesorregiões climáticas de Alagoas

Para identificação das ocorrências de chuva extremas, observou-se os anos com ocorrência de El Niño e La Niña com categorias que variam de forte a muito forte. As Figuras 7, 8 e 9 mostram a climatologia anual da precipitação para as mesorregiões (Sertão, Agreste e Leste) do estado de Alagoas durante o período de 1960 a 2016. Em destaque os anos de El Niño Forte (cor amarela), El Niño Muito Forte (cor vermelha) e La Niña Forte (cor azul).

- **Sertão**

A média anual da chuva no Sertão foi de 682,03 mm para o período de estudo. Vale destacar os valores extremos de chuva nos anos de 1975 (1001,20 mm, La Niña Forte) e 1983 (401,78 mm, El Niño Muito Forte), respectivamente, conforme a Figura 7. Os anos destacados anteriormente já foram identificados anteriormente por Lyra et al. (2017) com uso da técnica de análise harmônica e espectral (AHE), e recentemente por Costa et al. (2021) e Oliveira-Júnior et al. (2021) baseado no SPI aplicado a série temporal de 1960 a 2016. Vale destacar os períodos de seca nas décadas de 1970, 1980 e 1990, em alguns específicos e que aumentaram vulnerabilidade social na região do Estado (GOIS et al., 2005; OLIVEIRA-JÚNIOR, 2021).

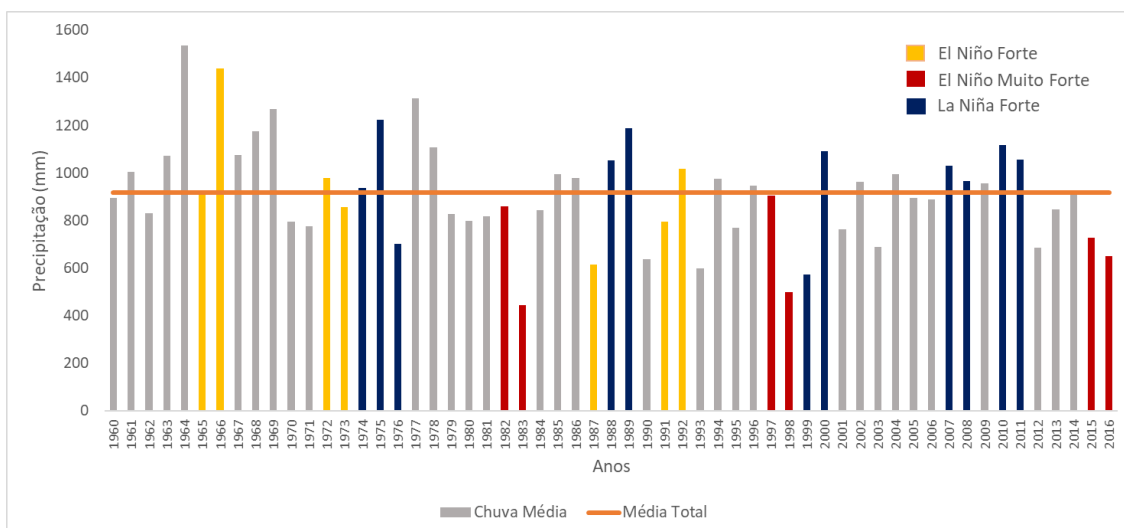
**Figura 7 -** Distribuição chuva anual (mm) no Sertão Alagoano no período de 1960 a 2016.



- **Agreste**

O Agreste alagoano obteve média de chuva anual de 916,13 mm para período de estudo, onde a chuva máxima anual ocorreu em 1964 (1534,56 mm) e o mínimo de chuva em 1983 (443,57 mm, El Niño Muito Forte) – (Figura 8). O ano de 1964 apresentou um evento de El Niño moderado, mesmo na ocorrência da máxima anual, resultado similar ao obtido por Silva et al. (2021), no qual explicaram que as categorias do ENOS e sua relação com os valores de SPI sofrem modificações; ou seja, o Estado de Alagoas sofre menos com secas e as chuvas ganham intensidade. Outro exemplo foi o ano de 2009, que também teve um evento de El Niño moderado (Tabela 2) e registrou chuva acima da média (954,69 mm), essa variabilidade também pode ser explicada pela influência das condições térmicas do Oceano Atlântico, isto é, quando gradiente da TSM meridional (GRADM) é negativa e há El Niño, as anomalias de precipitação são positivas (LUCENA et al., 2011; CAVALCANTE et al., 2019). Novamente, destaque para os períodos de seca nas décadas de 1970, 1980 e 1990, em alguns específicos no Agreste.

**Figura 8** - Distribuição chuva anual (mm) no Agreste Alagoano no período de 1960 a 2016.

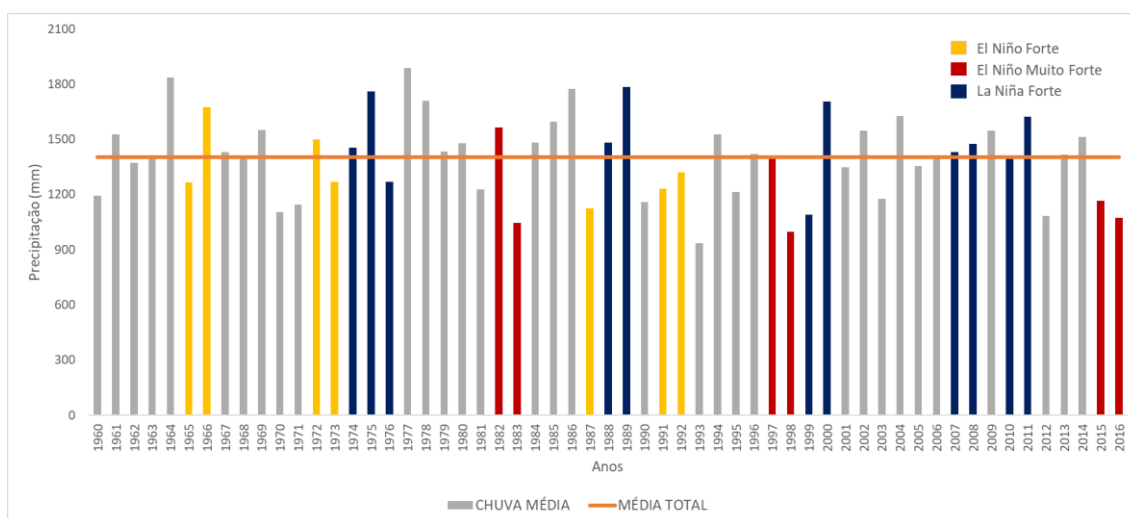


- **Leste Alagoano**

Já o Leste de Alagoas apresentou média anual de chuva de 1401,88 mm (Figura 9) no período estudado, sendo a mesorregião com maior média em comparação as outras mesorregiões. A média de chuva é maior nesta

mesorregião devido sua proximidade com a costa (OLIVEIRA-JÚNIOR et al., 2021), com as Lagoas Mundaú e Manguaba (OLIVEIRA-JÚNIOR et al., 2021) e maior processo de urbanização do Estado (SANTOS et al., 2021), tais aspectos influenciam na dinâmica da chuva com formação de um gradiente pluviométrico entre ambiente costeiro e o interior (LYRA et al., 2014; SOUZA et al., 2021; COSTA et al., 2021). Os anos de 1977 e 1993 possuem os valores máximo e mínimo de chuva anual, com valores de 1887,99 mm e 936,74 mm, respectivamente, conforme Figura 9.

**Figura 9** - Distribuição pluviométrica anual (mm) no Leste Alagoano no período de 1960 a 2016.

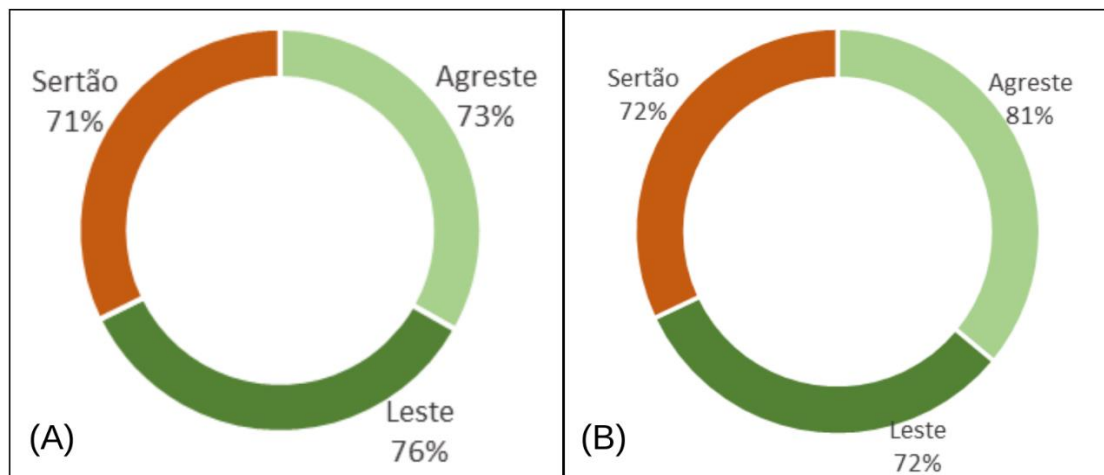


No período de estudo foram destacadas as atuações de 13 eventos de El Niño e 11 eventos de La Niña. De acordo com o ONI (Tabela 2), os eventos de El Niño tiveram duração de 11 (1972/73) a 19 meses (2015/16), enquanto os eventos de La Niña tiveram duração de 12 (2010/11) a 19 meses (1975/76).

A Figura 10 apresenta as porcentagens de anos que ficaram abaixo e acima da média em anos de El Niño (Figura 10 A) e La Niña (Figura 10 B), respectivamente. No Sertão nos anos de El Niño Forte e Muito Forte foram cerca de 71% dos valores de chuva foram abaixo da média histórica. Nos anos que ocorreram episódios de La Niña Forte, a chuva foi superior à média em cerca de 72% dos eventos. Já no Agreste dos anos que ocorreram episódios de El Niño nas categorias Forte e Muito Forte correspondem a 73%, sendo abaixo da média histórica. Nos anos de La Niña Forte, 81% apresentaram

chuvas acima da média. E no Leste os anos com ocorrência de El Niño Forte e Muito Forte, 76% ficaram abaixo da média, enquanto nos anos de La Niña Forte 72% foram superiores à média histórica. Cavalcante (2018) também observou aumento (diminuição) referente aos anos de eventos La Niña (El Niño) para a região semiárida da Paraíba.

**Figura 10** – Porcentagem de anos abaixo da média em episódios de El Niño **(A)** e anos acima da média em episódios de La Niña **(B)**.



## 5.2 Análise descritiva da chuva média anual

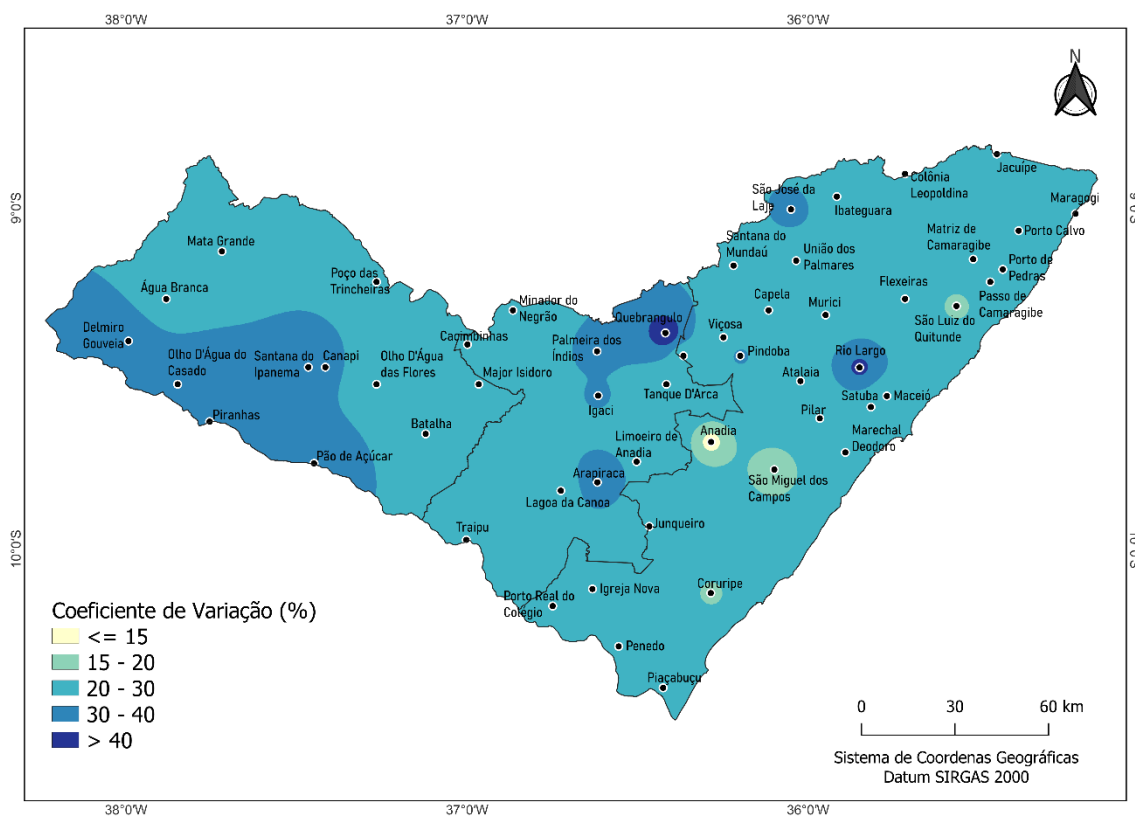
A partir da análise da estatística descritiva aplicada aos dados pluviométricos das cidades que compõe as três mesorregiões climáticas de Alagoas (Figuras 11, 12, 13) verifica-se que a chuva média foi baixa, onde ocorreram os maiores Coeficientes de Variação (CV%); ao contrário, a chuva média alta, com os menores valores dos CV%. Esse resultado ratifica o estudo realizado anteriormente por Pereira et al. (2012), no qual explicaram a relação inversamente proporcional da chuva média e dos valores de CV%.

Em geral, independente da mesorregião climática, os CV% foram entre 15 e 30% (média dispersão) e maior que 30% (alta dispersão dos dados heterogêneos) – (Da Silva et al., 2011), exceto as cidades de Anadia (CV% = 13,23) e São Miguel de Campos (CV% = 14,72) conforme Figura 11. Vale destacar as cidades que compõe o alto São Francisco com CV > 30%, tal fato pode estar associado a variabilidade climática associada à transição de um clima úmido e subúmido (submédio São Francisco) para um clima árido e



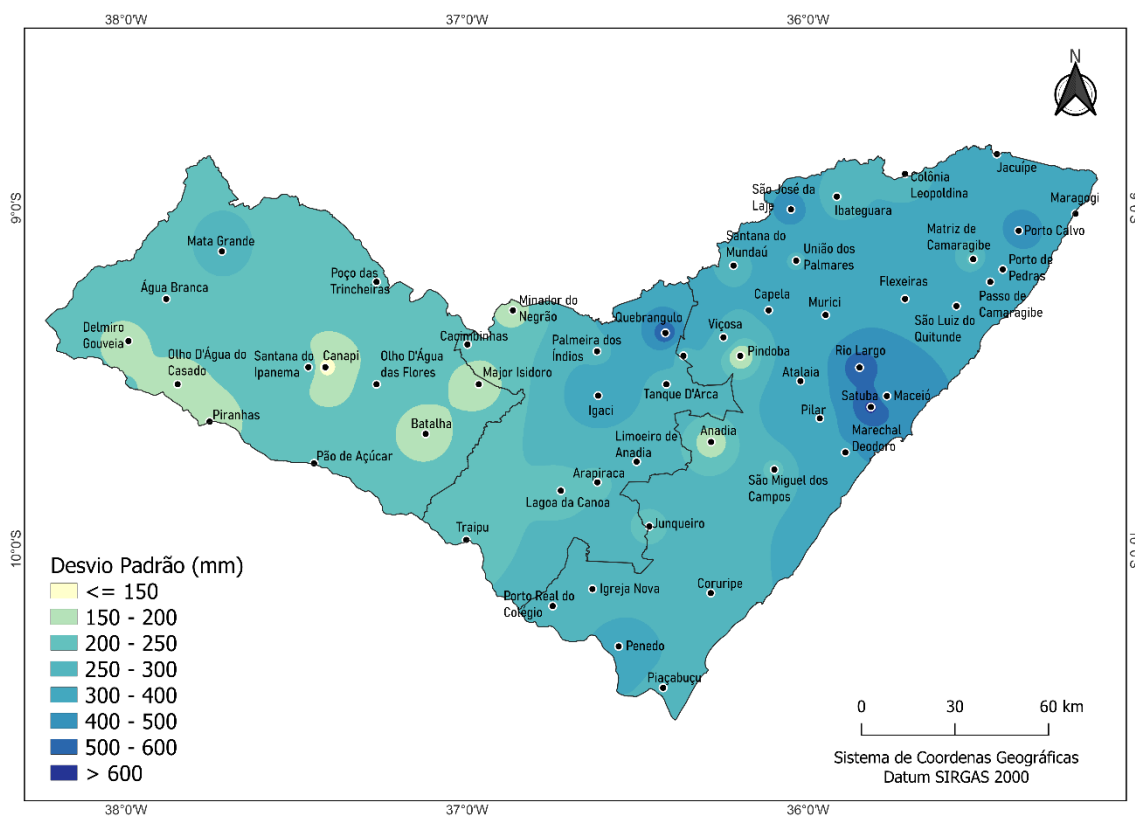
semiárido (baixo São Francisco) – (DA SILVA e CLARKE, 2004). A tabela com toda estatística descritiva para as 54 estações é apresentada no Anexo A.

**Figura 11** - Coeficiente de Variação (%) para Alagoas no período de 1960 a 2016.



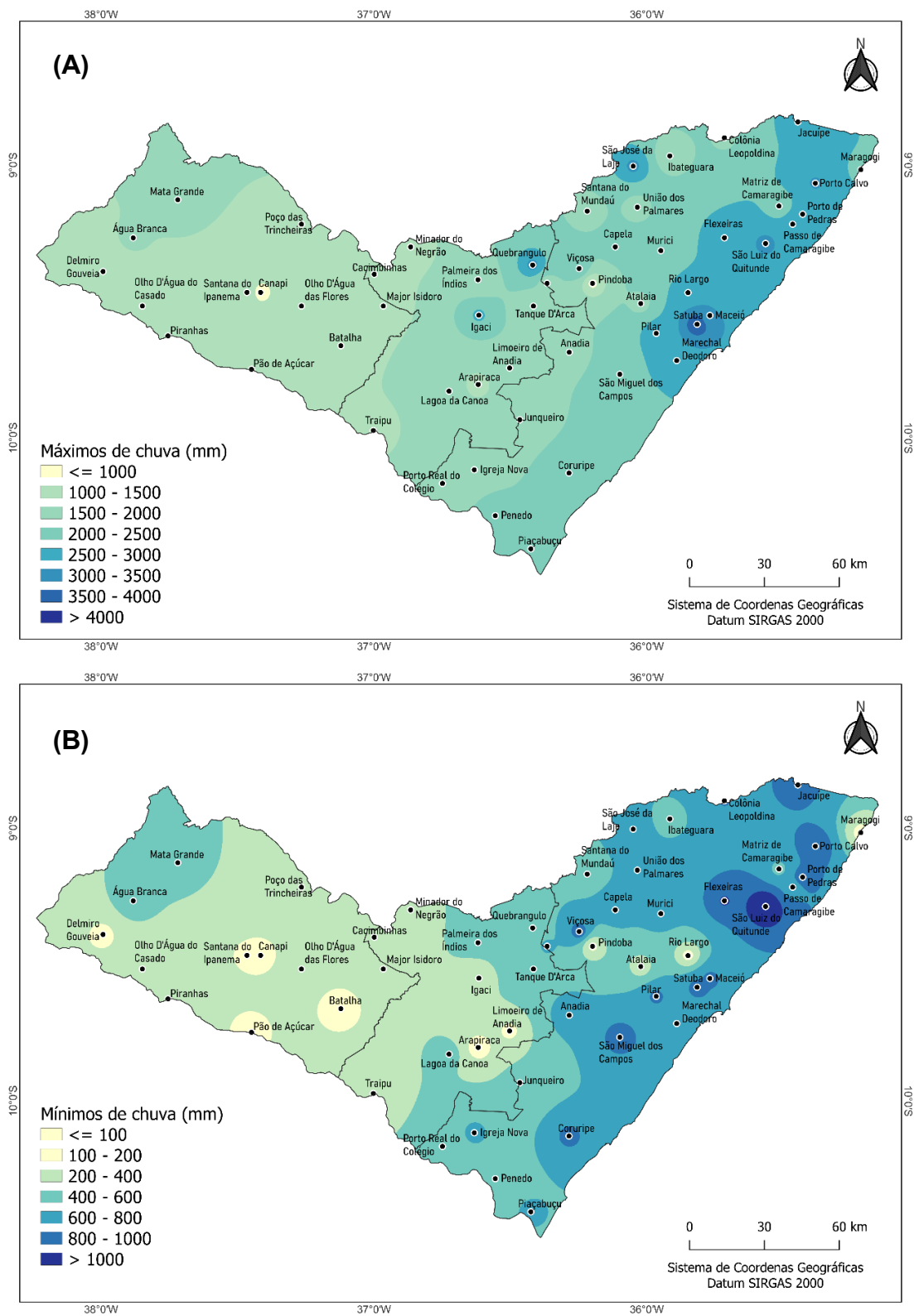
Em geral, os menores valores de Desvio Padrão (DP) (Figura 12) foram obtidos nas cidades do Sertão, com destaque para Canapi com o menor desvio padrão de todo Estado (129,28 mm). Já os maiores valores de DP foram obtidos nas cidades do Leste Alagoano, sendo o maior valor (627,15 mm) obtido na cidade de Satuba localizada na Região Metropolitana de Maceió (RMM), já destacada por Oliveira-Júnior et al. (2021) como uma das cidades com maiores registros de chuva devida às características fisiográficas, neste caso encontra-se no fundo de vale e próxima da lagoa Mundaú. A análise do DP mostrou que quanto menor o desvio, mais homogênea é a amostra da série temporal (REIS et al., 2020). Assim, os resultados corroboram com a literatura científica, onde a mesorregião Leste possui alta variabilidade pluviométrica.

**Figura 12 -** Desvio Padrão das chuvas (mm) de Alagoas no período de 1960 a 2016.



A variabilidade total das chuvas anuais de cada mesorregião foi avaliada por meio dos seus máximos (Figura 13 A) e mínimos (Figura 13 B) registrados na série temporal. No Sertão a amplitude nos registros de chuva foi de 1700 mm, com valor mínimo (60 mm) registrado em na cidade de Batalha e máximo (1760 mm) registrado em Mata Grande, onde a cidade encontra-se em região com maiores gradientes altimétricos (Figura 5). Na região Agreste, considerada de zona de transição entre as mesorregiões climáticas do Estado, a amplitude foi de 3068 mm, com mínimo de 83 mm em Arapiraca e máximo de 3151 mm em Quebrangulo, novamente outra região com gradiente altimétrico. Já no Leste Alagoano, a amplitude foi de 3957 mm, com valor mínimo (129 mm) na cidade de Rio Largo e máximo (4086 mm) em Satuba, devido fatores fisiográficos (OLIVEIRA-JÚNIOR et al., 2021). Vale destacar que os máximos e mínimos destacados na costa se devem atuação da circulação de brisas, DOL, POA e VCAN e chuvas convectivas devido a urbanização (LYRA et al., 2014; COSTA et al., 2021; SANTOS et al., 2021).

**Figura 13 - Máximos (A) e Mínimos (B) de chuvas (mm) em Alagoas no período de 1960 a 2016.**



As variabilidades anuais da chuva no Sertão, Agreste e Leste são apresentadas nas Figuras 14, 15 e 16; respectivamente. A irregularidade pluviométrica entre os anos analisados para as três mesorregiões climáticas foi evidente, por exemplo, o Leste, considerada mais úmida, apresenta maior dispersão dos dados, e principalmente maior ocorrência de valores discrepantes (*outliers*).

O Sertão (Figura 14) obteve o maior valor de mediana (998 mm) em 1964 e o menor valor (346,50 mm) em 1983. A maior amplitude interquartil (AIQ) ocorreu no ano de 1964 (546,02 mm), enquanto a menor AIQ foi em 1970 (110,80mm). Os anos de maiores índices de chuva têm maior distância interquartilica, ou seja, a variabilidade aumenta à medida que a precipitação aumenta. No Agreste (Figura 15), a menor mediana foi identificada em 1998 (458,7 mm) e a maior em 1969 (1422 mm). Nessa região a menor AIQ foi em 1999 (167,7 mm) e a maior AIQ em 1982 (666,58 mm). No Leste (Figura 16), o ano de 1964 foi identificado com o maior valor de mediana (1846 mm) e o ano de 1993 com o menor (902,5 mm). A menor AIQ para a região foi em 1999 (268,35mm) e a maior AIQ (947,1 mm) no ano seguinte. Das três regiões, o Leste Alagoano foi que apresentou maior dispersão de dados pluviométricos, denunciado pela maior ocorrência de extremos (*outliers*). Em todo o período de estudo, as exceções foram as décadas de 1980 e 1990, entre 1984 a 1997, seguido do período entre 2009 a 2012 (Figura 16).

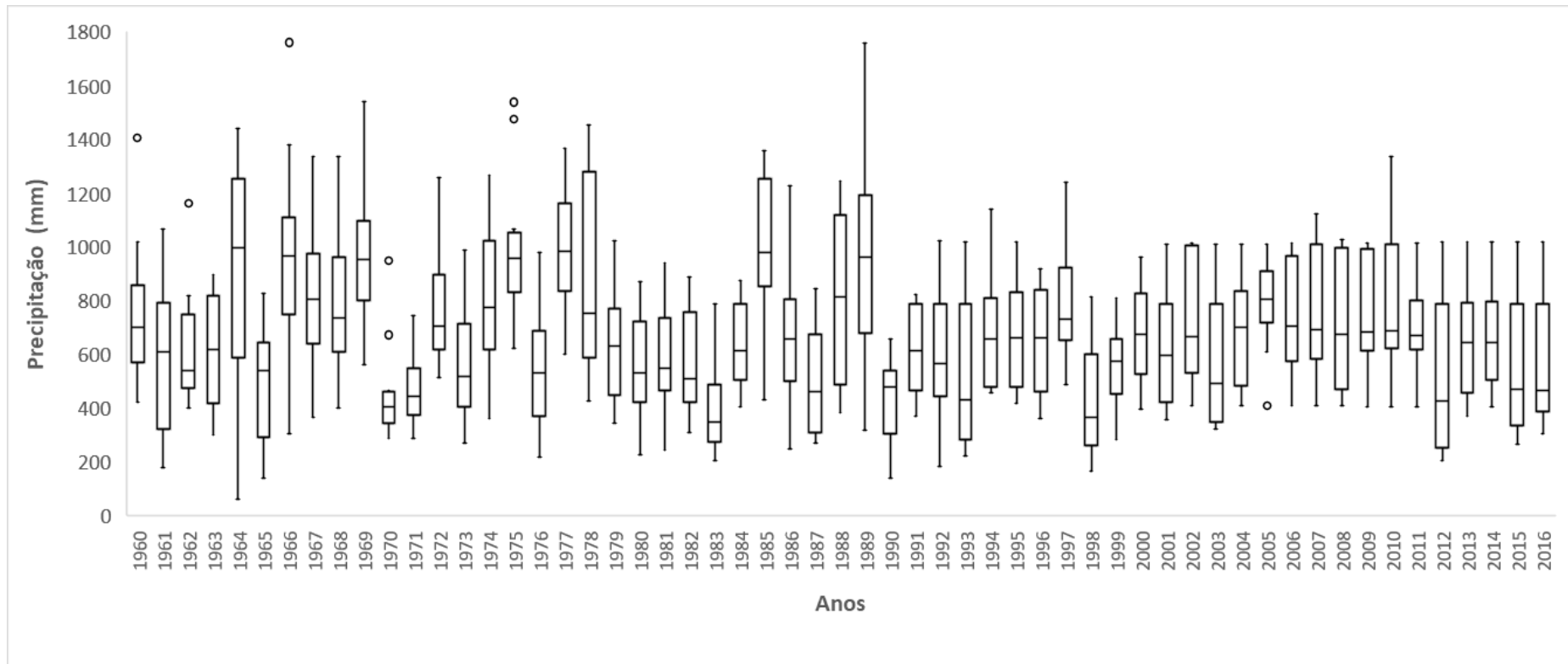
**Figura 14** - Boxplot da chuva (mm) média anual no Sertão Alagoano no período de 1960-2016.

Figura 15 - Boxplot da chuva (mm) média anual no Agreste Alagoano no período de 1960-2016.

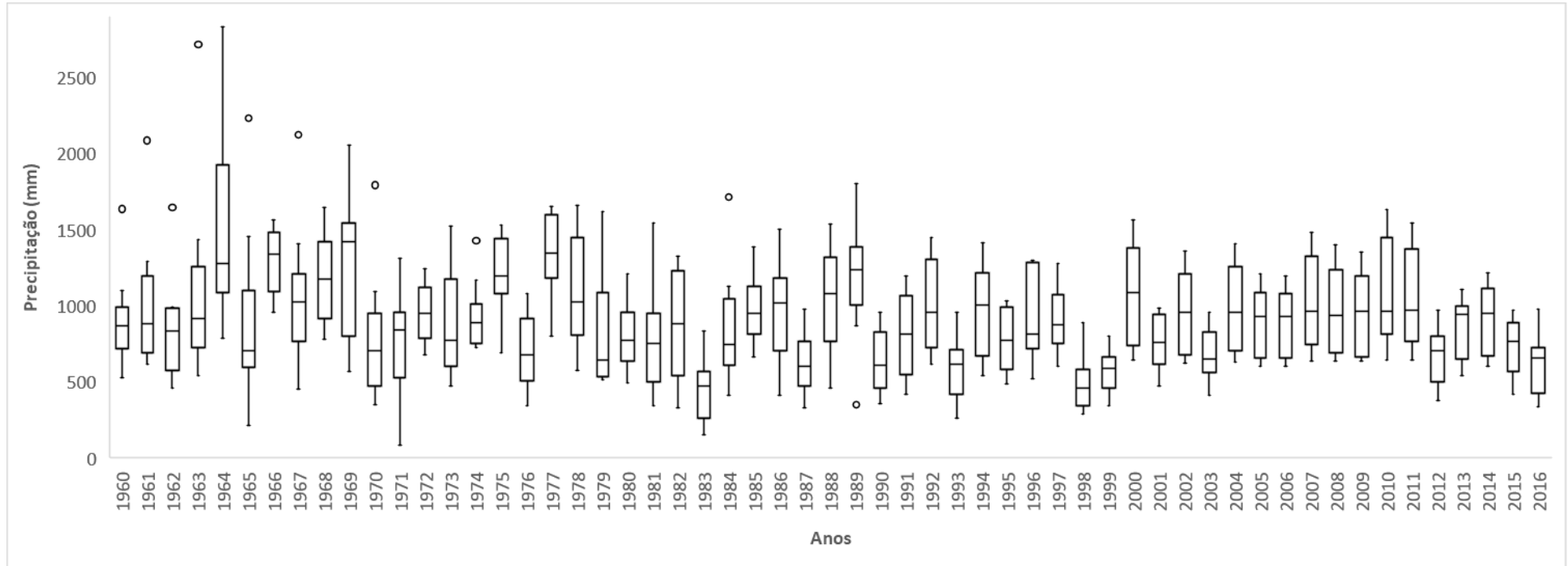
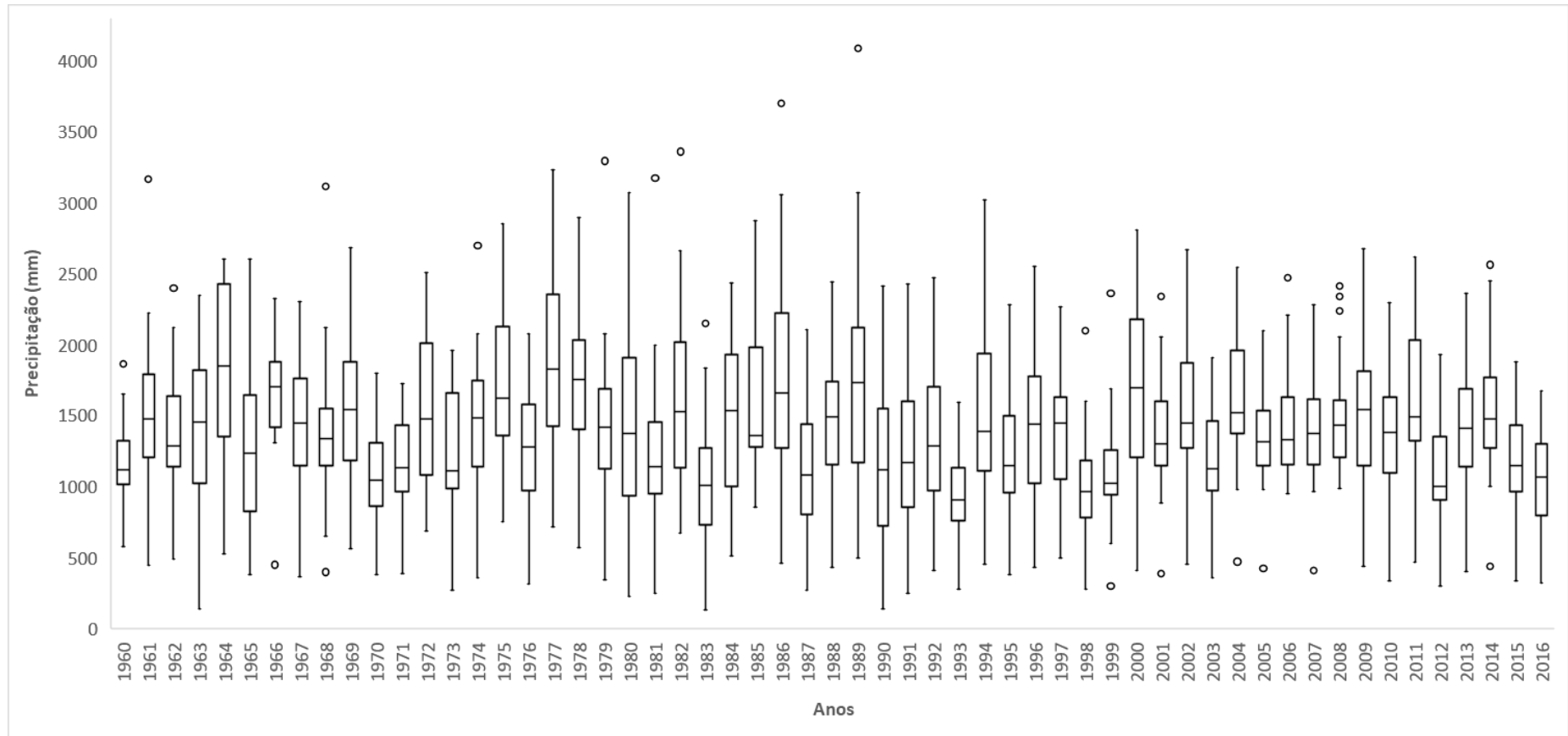


Figura 16 - Boxplot da chuva (mm) média anual no Leste Alagoano no período de 1960-2016.



### 5.3 Distribuição espacial da chuva em relação aos eventos extremos de ENOS

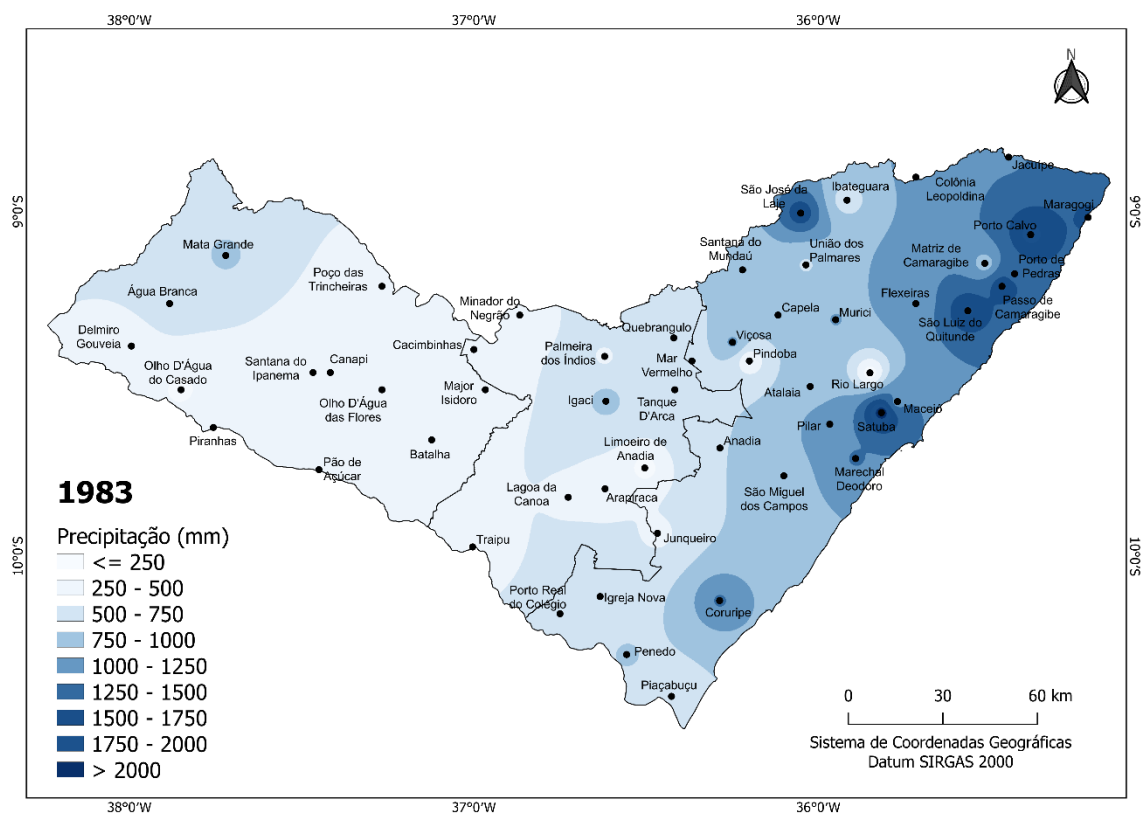
A distribuição espacial da chuva em Alagoas apresentou alta variabilidade entre a costa e o interior. As Figuras 17, 18 e 19 apresentam a distribuição espacial da chuva para os anos de eventos de El Niño Muito Forte (Tabela 2). Os episódios de El Niño dos anos de 1983, 1998 e 2015 obtiveram valores máximos de ONI 2,2; 2,4 e 2,6 com duração de 15, 13 e 19 meses para região 3.4 do ENOS (Tabela 2); respectivamente. Os menores índices pluviométricos foram registrados na região mais continental e aumentam conforme proximidade com a costa do Estado. Resultados similares foram encontrados por Costa et al. (2021), onde a chuva tem maior variação em função da coordenada geográfica longitude do que em função da latitude. Outro fator que influencia os índices baixos no Sertão é a altitude que age como barreira à circulação da brisa marítima e provoca a diminuição da quantidade de umidade que atinge a região mais continental (LYRA et al., 2014).

Em 1983 (Figura 17), os índices pluviométricos no Sertão apresentaram variação de 580 mm, no Agreste de 686 mm e no Leste a variação foi de 2018 mm. Em 1998 (Figura 18), a variação foi de 647,2 mm no Sertão, 601,6 mm no Agreste e 1823 mm no Leste. E no ano de 2015 (Figura 19), a precipitação obteve variação de 752,6 mm no Sertão, 554 mm no Agreste e 1539,1 mm no Leste. Nos três anos, os maiores valores foram registrados na região mais ao norte do Leste Alagoano. Silva et al. (2021) encontraram valores de SPI positivos (seca leve a chuva leve) para a mesma região.

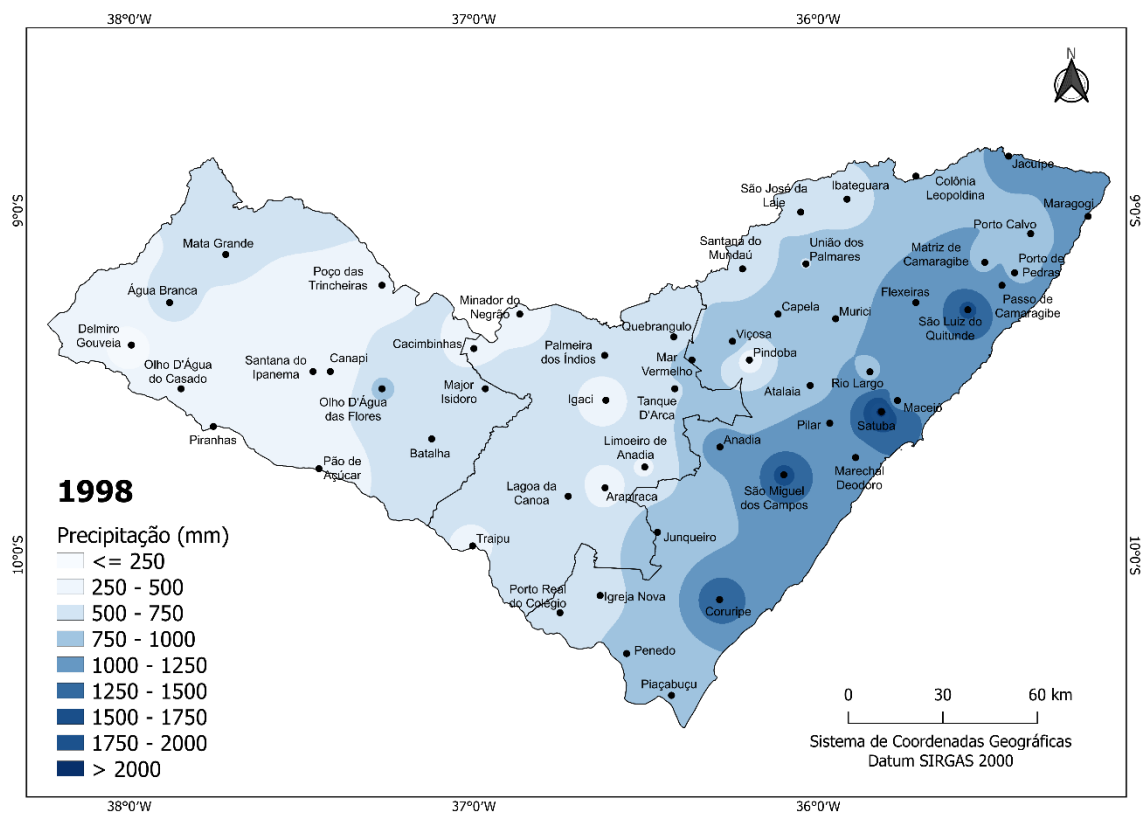
Independente dos eventos de El Niño Muito Forte, uma região se destacou com maiores acumulados de chuva e, portanto, sendo influenciada por outros sistemas meteorológicos de escala sinótica e mesoescala, por exemplo, as POA's, circulação de brisas, o posicionamento da ZCIT e as anomalias de TSM próximo a costa do NEB contribuem para aumento dos totais pluviométricos nesta região (SIQUEIRA et al., 2010; BARROS et al., 2012; LYRA et al., 2014; LYRA et al., 2017; LYRA et al., 2020).



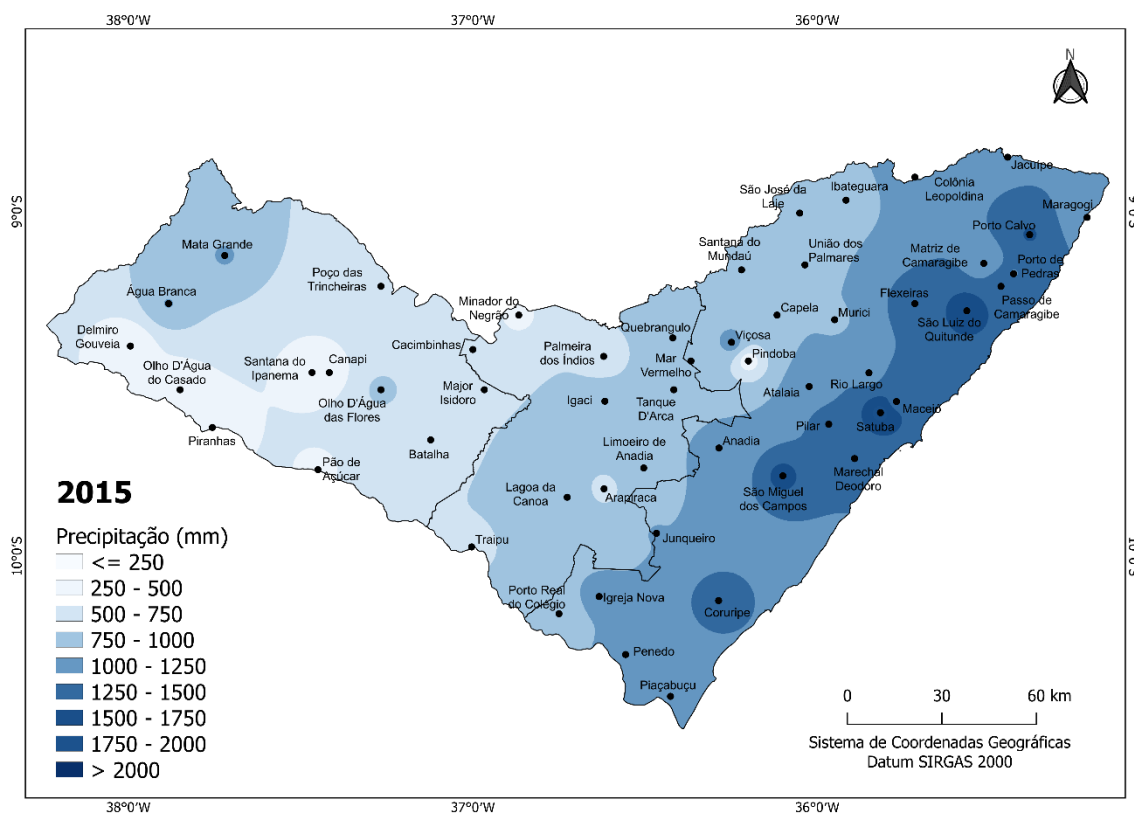
**Figura 17 - Distribuição espacial da chuva (mm) para o ano 1983 (El Niño Muito Forte).**



**Figura 18 - Distribuição espacial da chuva (mm) para o ano 1998 (El Niño Muito Forte).**



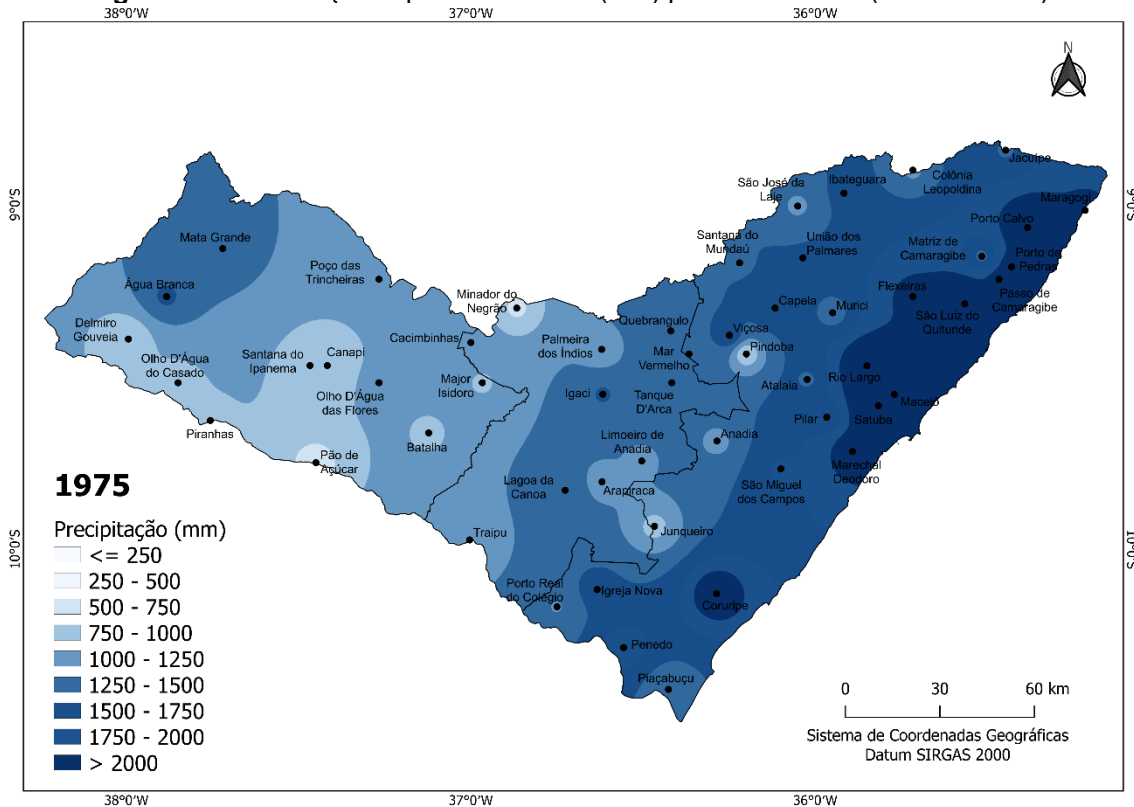
**Figura 19** - Distribuição espacial da chuva (mm) para o ano 2015 (El Niño Muito Forte).



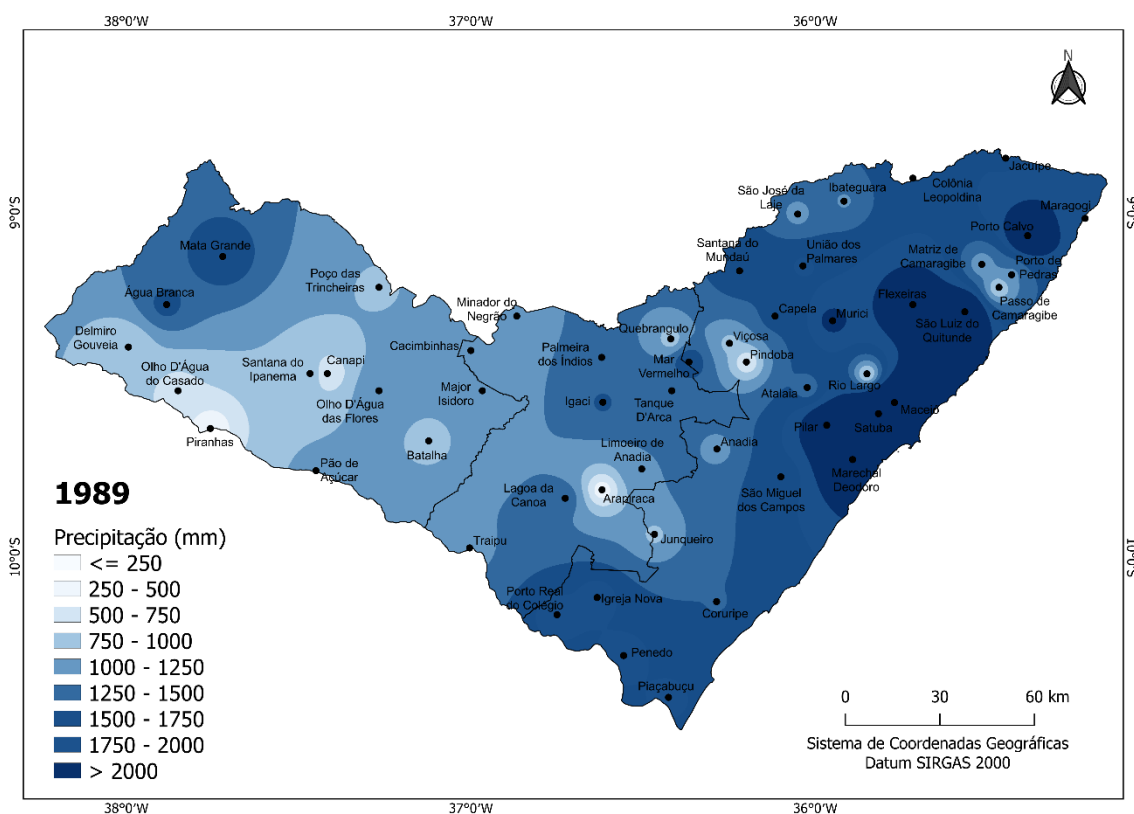
As Figuras 20, 21 e 22 apresentam a distribuição espacial da chuva para anos de La Niña Forte. Os episódios de La Niña dos anos de 1975, 1989 e 2010 obtiveram valores máximos de ONI -1,65; -1,85 e -1,7 com duração de 19, 13 e 12 meses para a região 3.4 (Tabela 2); respectivamente. Dentre esses anos, o de 1975 foi o que apresentou maiores registros de chuva na maior parte do Estado, onde a La Niña teve sua maior duração. No biênio anterior (1973/1974) também ocorreu um evento de La Niña com valor máximo do ONI foi de -2,0. Ou seja, desde 1973 existiam condições favoráveis para o aumento da chuva. Cavalcante (2018) conclui que o período de máximo desenvolvimento e maior influência do ENOS apresenta-se próximo do seu final.

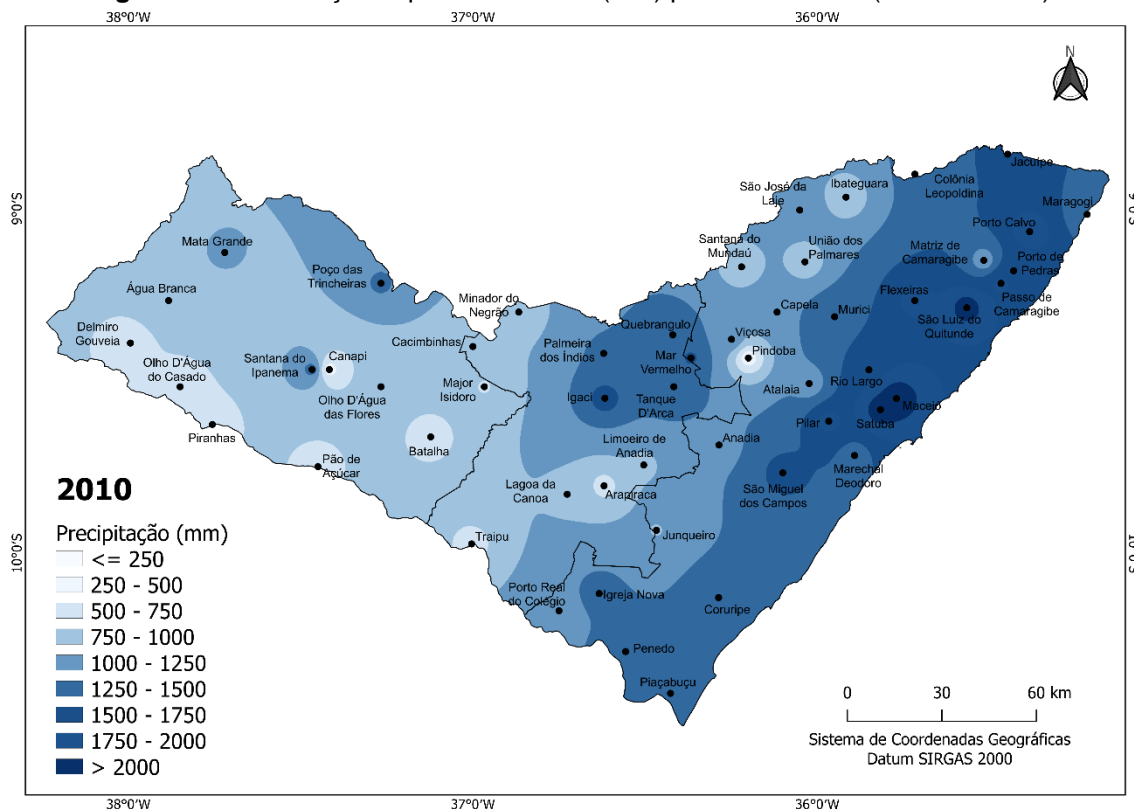
Em 1975 (Figura 20), a variação da precipitação foi de 916 mm no Sertão, 836,5 mm no Agreste e 2100 mm no Leste. No ano de 1989 (Figura 21), a variação foi de 1441 mm no Sertão, 1452 mm no Agreste e 3592 mm no Leste. Já em 2010 (Figura 22), a chuva variou em torno de 930 mm no Sertão, 992 mm no Agreste e 1955 mm no Leste.

**Figura 20 - Distribuição espacial da chuva (mm) para o ano 1975 (La Niña Forte).**



**Figura 21 - Distribuição espacial da chuva para o ano 1989 (La Niña Forte).**

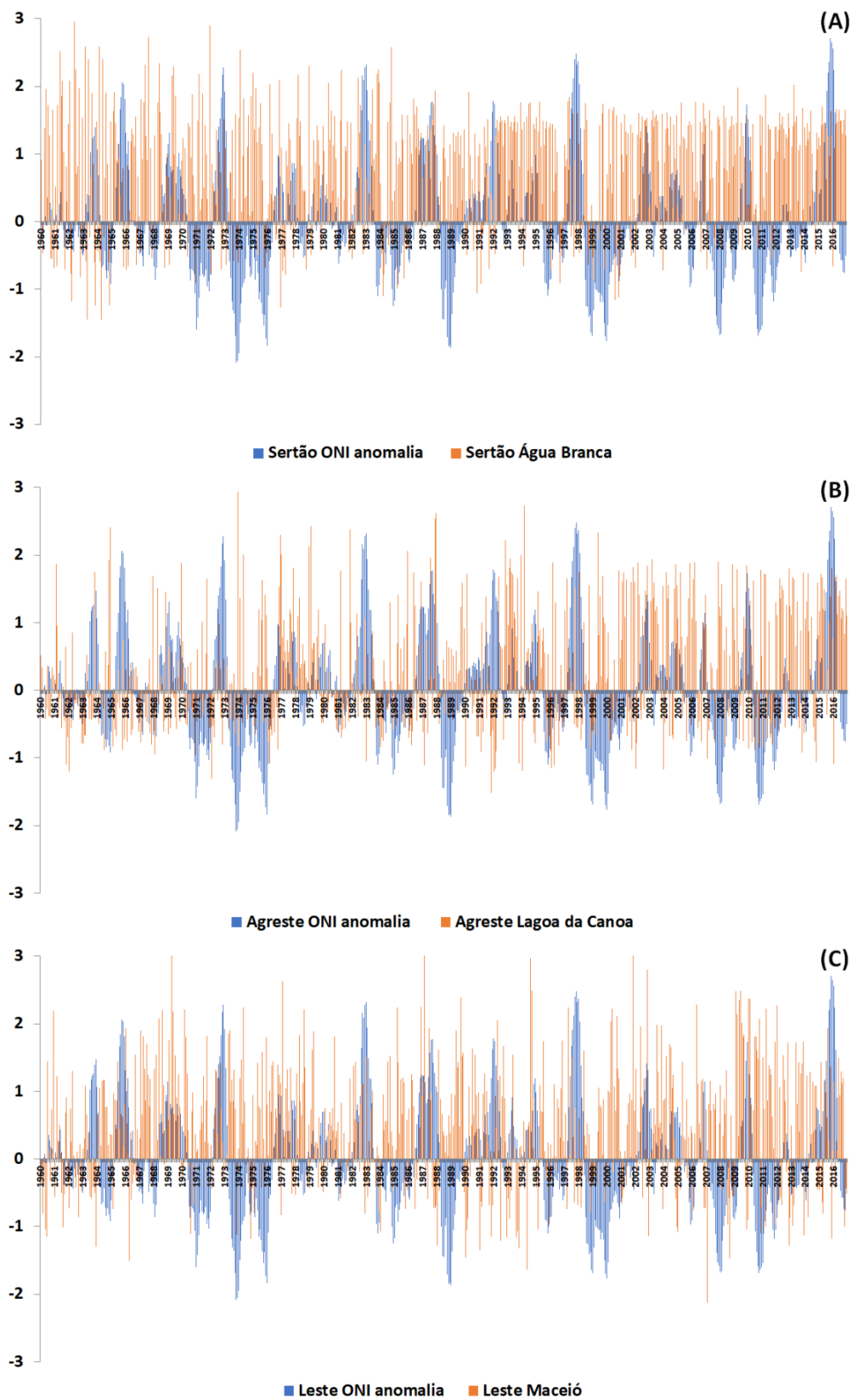


**Figura 22 - Distribuição espacial da chuva (mm) para o ano 2010 (La Niña Forte).**

#### 5.4 Anomalias ONI e das chuvas nas mesorregiões de Alagoas

De cada mesorregião foi escolhida uma cidade representante para a análise de correlação entre as anomalias do ONI na região 3.4 do ENOS e das chuvas para o Estado (Figura 23). No Sertão Alagoano (Figura 23 A) é possível observar que a anomalia da ONI conseguiu representar mais as anomalias positivas em comparação as anomalias negativas, principalmente os anos de extremos de secas e chuvas, ao contrário, das outras mesorregiões climáticas. As anomalias negativas conseguem ser representadas nas mesorregiões do Agreste e Leste, porém, com alguns anos com sub e superestimativa (Figuras 23 B e C). Independente, das mesorregiões, a anomalia de ONI na região 3.4 do ENOS consegue ser representada pelas fases El Niño Muito Forte. Os resultados podem melhorar se a anomalia normalizada, neste caso, observado-média/desvio padrão seja substituído pela mediana.

**Figura 23** – Distribuição das anomalias do ONI anual da região 3.4 ENOS e das chuvas em Sertão (A), Agreste (B) e Leste Alagoano (C) no período de 1960 a 2016.



## CONCLUSÕES

A distribuição anual de chuva nas três mesorregiões climáticas de Alagoas tem padrão distinto, seja por fatores fisiográficos ou por influência de sistemas meteorológicos. Foi observado a ocorrência de extremos de chuva coincidentes com as fases extremas do ENOS. Em mais de 70% dos anos estudados, as chuvas acima da média correspondem com atuação da fase fria do ENOS (La Niña) e as chuvas abaixo da média correspondem a fase quente (El Niño). Destaca-se as décadas de 1970, 1980 e 1990 como períodos com mais seca e mais eventos de El Niño Forte e Muito Forte.

O mapeamento da distribuição da chuva em relação aos eventos extremos de ENOS é possível observar uma alta variabilidade entre a costa e a região mais continental. Nos anos de valores máximos positivos de ONI para a região 3.4, grande parte do estado teve índices de precipitação menores se comparados aos anos com valores máximos negativos de ONI. Independente da fase do ENOS, o Leste Alagoano registrou maiores valores de chuva, à exceção de algumas cidades, devido às características de altitude e proximidade de ambiente lagunar e costeiro.

As chuvas em Alagoas além de sofrer influência da fisiografia local, também podem sofrer influência de outros sistemas meteorológicos, como ZCIT, DOL, VCAN, POA, o gradiente da TSM e as brisas marítimas que podem potencializar ou diminuir os efeitos dos eventos do ENOS. Em suma, a anomalia ONI para região 3.4 consegue representar mais as anomalias positivas do que as anomalias negativas na região do Sertão, enquanto nas regiões Agreste e Leste as anomalias negativas conseguiram ser representadas, embora alguns anos fosse subestimados e superestimados.

## RECOMENDAÇÕES

Para trabalhos futuros recomenda-se:

- 1 – Utilizar a mediana no lugar da chuva normalizada para uma melhor análise da correlação da anomalia ONI e das chuvas.
- 2 – O aprofundamento da relação do ENOS com a atuação conjunta de outros sistemas meteorológicos que impactam o Estado de Alagoas.
- 3 – Analisar com mais detalhes a influência das condições do Oceano Atlântico no regime pluviométrico de Alagoas.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALVES, José Maria Brabo. Recentes variações climáticas no nordeste do Brasil com ênfase a precipitação: relações com o ENOS, dipolo de temperatura da superfície do mar no Atlântico tropical e a oscilação decadal do Pacífico. **Revista de Geografia (UFPE)** V. 29, No. 3, 2012.
- ANDRADE, Antônio R. S.; SILVA, Edijailson G.; VIEIRA, Alberto dos P.; SILVA, Maria B. G.; SANTOS, Willas M.; SILVA, Maria G. S. Análise fatorial na identificação dos fatores para obtenção de índice climatológico. **Journal of Environmental Analysis and Progress** V. 06 N. 01, 2021.
- ANDREOLI, Rita Valéria; KAYANO, Mary T.; Viegas, Juarez; SOUZA, Rodrigo A. F. de; CANDIDO, Antonio. The influence of diferente El Niño types on the South American rainfall. **International Journal os Climatology**. 2016.
- ARAÚJO, Kellyanne Fernandes de. **O efeito do fenômeno La Niña nas cidades do sertão paraibano**. Trabalho de Conclusão de Curso – Curso de Ciências e Tecnologia Agroalimentar – Universidade Federal de Campina Grande, Pombal, 2016.
- BARROS, Alexandre Hugo Cezar; ARAÚJO FILHO, José Coelho de; SILVA, Ademar Barros da; SANTIAGO, Gabriela Ayane C. F. **Climatologia do Estado de Alagoas**. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento. Embrapa. Recife, 2012.



- BARRY, Roger G.; CHORLEY, Richard J. **Atmosfera, Tempo e Clima**. 9ª edição. Porto Alegre: Bookman, 2013.
- BJERKNES, J. Atmospheric teleconnections from the equatorial Pacific. **Monthly Weather Review**, v. 97, p. 163-172. 1969.
- CARVALHO, André Luiz de; SOUZA, José Leonaldo de; LYRA, Gustavo Bastos; SILVA, Eduardo Cabral Da. Estação chuvosa e de cultivo para a região de Rio Largo, Alagoas baseada em métodos diretos e sua relação com o El Niño – Oscilação Sul. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v.28, n.2, 192 - 198, 2013.
- CASTRO, Antônio Luiz Coimbra de. **Manual de desastres: desastres naturais**. Brasília (DF): Ministério da Integração Nacional, 2003. 182 p.
- CAVALCANTE, Fagna Maria Silva. **Anomalias de chuva em anos de episódios extremos de ENOS: impactos ambientais no sistema Curemas-Mãe d' Água**. Trabalho de Conclusão de Curso – Curso de Engenharia Ambiental – Universidade Federal de Campina Grande, Pombal, 2018.
- CAVALCANTE, Gabriel de P.; LUCENA, Daisy B.; MOURA, Marcelo de O. As Chuvas Na Região Agreste Do Nordeste Brasileiro: Variabilidade Interanual. **Revista Equador (UFPI)**, v. 8, n.2, p.290 – 308, 2019.
- COSTA, José de Araújo. O fenômeno El niño e as secas no nordeste do Brasil. **Revista Educação, Tecnologia e Cultura**, n. 12, p. 57-64, 2014.
- COSTA, Micejane Da S.; Oliveira-Júnior, José F. De; Santos, Paulo J. Dos; Correia Filho, Washington. L. F.; Gois, Givanildo. De; Blanco, Cláudio J. C.; Teodoro, Paulo E.; Silva Junior, Carlos A.; Santiago, Dimas B.; Souza, Edson O.; Jardim, Alexandre M. R F. Rainfall extremes and drought in Northeast Brazil and its relationship with El Niño Southern Oscillation. **INTERNATIONAL JOURNAL OF CLIMATOLOGY**, v. 41, p. E2111-E2135, 2020.
- COSTA, Isabelly S.; MEDEIROS, Elias S.; SILVA, Alessandra Q.; MEDEIROS, Carolina C. B.; OLIVEIRA, Luciano A. Mapeamento da precipitação em

uma Região do Nordeste Brasileiro por meio de técnicas geoestatística. **Revista Ibero Americana de Ciências Ambientais**, v.12, n.5, p.761-769, 2021. DOI: <http://doi.org/10.6008/CBPC2179-6858.2021.005.0059>

DA SILVA, Benedito C., & CLARKE, Robin T. (2004). Análise estatística de chuvas intensas na bacia do rio São Francisco. **Revista Brasileira de Meteorologia**, 19(3), 265-272.

DA SILVA, Vicente P.; PEREIRA, Emerson R.; AZEVEDO, Pedro V. D.; DE SOUSA, Francisco D. A.; SOUSA, Inajá F. D. Análise da pluviometria e dias chuvosos na região Nordeste do Brasil. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 15, p. 131-138. 2011.

DE PAULA, Gizelli Moiano. **O fenômeno El Niño Oscilação Sul e a Erosividade das chuvas em Santa Maria – RS**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Engenharia Agrícola, Área de concentração Engenharia de Água e Solo, da Universidade Federal de Santa Maria. 2009.

DU, Hiabo; ALEXANDER, Lisa V.; DONAT, Markus G.; LIPPMANN, Tanya; SRIVASTAVA, Arvind; SALINGER, Jim; KRUGER, Andries; CHOI, Gwangyong; HE, Hong; FUJIBE, Fumiaki; RUSTICUCCI, Matilde; NANDINTSETSEG, Banzragch; MANZANAS, Rodrigo; REHMAN, Shafiqur; ABBAS, Farhat; ZHAI, Panmao; YABI, Ibouaïma; STAMBAUGH, Michael; WANG, Shengzhong; BATBOLD, Altangerel; OLIVEIRA, Priscilla T.; ADREES, Muhammad; HOU, Wei; ZONG, Shengwei; E SILVA, Claudio M. S.; LUCIO, Paulo AND WU, Zhengfang. (2019) Precipitation from Persistent Extremes is Increasing in Most Regions and Globally. **Geophysical Research Letters**, 46(11), 6041-6049, doi: 10.1029/2019GL081898.

EL-SHEIMY, Naser; VALEO, Caterina; HABIB, Ayman. **Digital Terrain Modeling: Acquisition, Manipulation, and Applications**. Boston/ EUA. Artech House, p 270, 2005.

- FARIAS, André Aires de; SOUSA, Francisco de A. S.; NETO, João Miguel M.; ALVES, Anailson de Sousa. Secas e seus impactos no município de Boqueirão, PB, Brasil. **Revista Ambiente e Água**, vol. 12 n. 2. 2017.
- FERNANDES, Miriliane Judite dos Santos. **Chuvas extremas e seus impactos socioambientais no espaço urbano de Manaus (AM): 1986 a 2015**. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Curso de Pós-Graduação em Geografia – Universidade Federal do Amazonas, Manaus, 2017.
- FERREIRA, Antonio Geraldo e MELLO, Namir Giovanni da Silva. Principais sistemas atmosféricos atuantes sobre a região nordeste do Brasil e a influência dos oceanos pacífico e atlântico no clima da região. **Revista Brasileira de Climatologia**. v. 1, Nº 1. p. 15-28. 2005.
- GALVÍNCIO, Josiclêda Domiciano. **Impactos dos eventos El Niño na precipitação da bacia do rio São Francisco**. 2000. Dissertação (Mestrado em Meteorologia) – Curso de Meteorologia – Universidade Federal da Paraíba, Campina Grande, 2000.
- GOIS, Givanildo; SOUZA, José L.; SILVA, Paulo R. T.; OLIVEIRA JÚNIOR, José F. de. Caracterização da Desertificação no Estado de Alagoas Utilizando Variáveis Climáticas. **Revista Brasileira de Meteorologia** (Impresso), v. 20, p. 301-314, 2005.
- GOLDEN GATE WEATHER SERVICES. **El Niño and La Niña Years and Intensities**. 2022. Disponível em <<https://ggweather.com/enso/oni.htm>>.
- GRIMM, Alice M. The El Niño impact on the summer monsoon in Brazil: regional processes versus remote influences. **Journal of Climate**, v. 16, p.2 63-280, 2003.
- GRIMM, Alice M. El Niño, novamente! **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 30, n.4, 351-357, 2015.
- Kayano, Mary T., Andreoli, Rita V., Souza, Rodrigo A. F. de, Garcia, Sâmia R. e Calheiros, Alan J. El Niño e La Niña dos últimos 30 anos: diferentes tipos. **Revista Climanálise**. Edição Comemorativa de 30 anos, p. 7-12, 2016.

- KÖPPEN, Wladimir. **Das geographische system der klimate.** Gebr, Borntraeger, 1936. p.1-44.
- KOUSKY, Vernon E.; GAN, Manoel A. Upper tropospheric cyclonic vortices in the tropical South Atlantic. **Tellus**, v33, p.538-551, 1981.
- LACERDA, Francinete F.; SILVA JÚNIOR, Hailton da S.; ASSAD, Eduardo D.; ASSIS, Janaina M. O. de; MOURA, Magna S. B. de. Extremos e variabilidade climática no Nordeste brasileiro e em Pernambuco. In: GALVÍNCIO, J. D. **Mudanças climáticas e impactos ambientais.** Recife: Ed. Universitária da UFPE, Cap. 1, p. 1-23, 2010.
- LIMA, Maria J. da S., CAVALCANTE, Iara B. da S., MENDONÇA, Helen da S., de SOUZA NETO, Pedro F., DA SILVA, Silvania D., AMORIM, Davi de O. C., & DA SILVA, Djane F. Classificação, quantificação e ocorrência de eventos climáticos extremos nas três mesorregiões do estado de Alagoas. **Ciência E Sustentabilidade**, v. 4, n. 2, p. 151-172, 2019.
- LUCENA, Daisy B.; GOMES FILHO, Manoel F.; SERVAIN, Jacques. Avaliação Do Impacto De Eventos Climáticos Extremos Nos Oceanos Pacífico E Atlântico Sobre A Estação Chuvosa No Nordeste Do Brasil. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v.26, n.2, 297 – 312, 2011.
- LYRA, Gustavo B.; OLIVEIRA-JÚNIOR, José F.; Zeri, Marcelo. Cluster analysis applied to the spatial and temporal variability of monthly rainfall in Alagoas state, Northeast of Brazil. **International Journal of Climatology**, v. 34, p. 3546-3558, 2014.
- LYRA, Gustavo. B.; OLIVEIRA-JÚNIOR, José. F.; GOIS, Givanildo; CUNHA-ZERI, Gisleine; ZERI, Marcelo. Rainfall variability over Alagoas under the influences of SST anomalies. **Meteorology and Atmospheric Physics**, v. 129, p. 157-171, 2017.
- LYRA, Matheus J. A.; de Freitas, Ismael G. F.; & de Barros Santiago, Dimas. (2020). Evento de Precipitação Intensa Associado às Perturbações Ondulatórias dos Alísios Sobre o Estado de Alagoas. **Revista Brasileira de Geografia Física**, 13(07), 3195-3205.

- MARENGO, José A. **Mudanças climáticas, Condições Meteorológicas Extremas e Eventos Climáticos no Brasil**. 2017. Disponível em: <[http://www.fbds.org.br/cop15/FBDS\\_MudancasClimaticas.pdf](http://www.fbds.org.br/cop15/FBDS_MudancasClimaticas.pdf)>.
- MARIN, Fabio R.; SENTELHAS, Paulo C. **Análise da Influência dos Fenômenos El Niño e La Nina no Clima de Piracicaba**. In: **Congresso Brasileiro de Agrometeorologia**, X, Piracicaba, 1997. Anais. Sociedade Brasileira de Agrometeorologia, 1997.
- MELO, Mário L. **Os Agrestes: estudos dos espaços nordestinos do sistema gadopoliculura de uso dos recursos**. Recife: SUDENE, 1980. 554p.
- MOLION, Luiz C.B.; BERNARDO, Sergio O. Uma revisão da dinâmica das chuvas no Nordeste Brasileiro. **Revista Brasileira Meteorologia**, v.17, p.1-10, 2002.
- NOAA. Climate Variability: Oceanic Niño Index. Online. 2009. Disponível na Internet: [https://www.climate.gov/news-features/understanding-climate/climate-variability-oceanic-ni%C3%B1o-index#:~:text=The%20Oceanic%20Ni%C3%B1o%20Index%20\(ONI,Pacific%2C%20near%20the%20International%20Dateline](https://www.climate.gov/news-features/understanding-climate/climate-variability-oceanic-ni%C3%B1o-index#:~:text=The%20Oceanic%20Ni%C3%B1o%20Index%20(ONI,Pacific%2C%20near%20the%20International%20Dateline). Acesso: em 28 de agosto de 2022.
- NOBRE, Carlos. A.; MOLION, Luiz C.B. **Boletim de Monitoramento e Análise Climática – Climanálise – Número Especial, Edição Comemorativa de 10 anos**, INPE. São José dos Campos, SP, p.125, 1986.
- OLIVEIRA, Gilvan Sampaio de. **O El Niño e Você: o fenômeno climático**. São José dos Campos (SP): Transtec, 1999.
- OLIVEIRA, Sherlly Teles de. **Análise da variabilidade climática sobre grandes culturas cultivadas em Alagoas (AL)**. 2020. 119 f. Dissertação (Mestrado em Meteorologia) – Instituto de Ciências Atmosféricas, Programa de Pós-Graduação em Meteorologia, Universidade Federal de Alagoas, Maceió, 2020.

- OLIVEIRA-JÚNIOR, José Francisco De; Gois, Givanildo; Silva, Iago J. L.; Jardim, Alexandre M. R. F.; Silva, Marcos V.; Shah, Munawar; Jamjareegulgarn, Punyawit. Wet and dry periods in the state of Alagoas (Northeast Brazil) via Standardized Precipitation Index. **Journal Of Atmospheric And Solar-Terrestrial Physics**, v. 224, p. 105746, 2021.
- OLIVEIRA-JÚNIOR, José Francisco De; Correia Filho, Washington L. F.; Santiago, Dimas B.; Gois, Givanildo; Costa, Micejane Silva; Junior, Carlos A.; Teodoro, Paulo E.; Freire, Felipe M. Rainfall In Brazilian Northeast Via In Situ Data And CHELSA Product: Mapping, Trends, And Socio-Environmental Implications. **Environmental Monitoring And Assessment**, V. 193, P. 263-281, 2021.
- PEREIRA, Vágna da C.; SOBRINHO, José E.; OLIVEIRA, Alexsandra D. de; MELO, Talyana K. de; VIEIRA, Ramon Y. M. Influência dos eventos El Niño e La Niña na precipitação pluviométrica de Mossoró-RN. **ENCICLOPÉDIA BIOSFERA**, Centro Científico Conhecer - Goiânia, vol.7, N.12; 2011.
- PEREIRA, Emerson R. R.; DE FREITAS, Joherlan C.; DE ANDRADE, Antonio R. S.; DE MACEDO, Monica L. A.; NETO, Manoel F. S. Variabilidade do número de dias de chuva no estado de Alagoas. **Revista Brasileira de Tecnologia Aplicada nas Ciências Agrárias**. Guarapuava-PR, v. 5, n. 1, p. 7-26, 2012. DOI: <https://doi.org/10.5777/paet.v5i1.1696>
- PHILANDER, Samuel G. **El Niño, La Niña and the Southern Oscillation**. Academic Press, San Diego, 1990.
- REBOITA, Michelle S., OLIVEIRA, Kelvem R.; CORRÊA, Pedro Y. C.; RODRIGUES, Renan. Influência dos diferentes tipos do fenômeno El Niño na precipitação da América do Sul. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v.14, n.02, p. 729-742, 2021.
- REIS, Fábio A. S.; PEREIRA, Liri L.; AMADO, Franco D. R.; STRACTERI, Juliana; LISBOA, Gerson S. Aplicação da estatística descritiva: análise da

precipitação pluviométrica no município de Canavieiras, BA. **Gaia Scientia**, v. 14, n. 3, p. 128-138, 2020.

RODRIGUES, Luana O.; SOUZA, Werônica M.; COSTA, Valéria S. O.; PEREIRA, Maria L. T. Influência dos eventos de El Niño e La Niña no regime de precipitação do Agreste de Pernambuco. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v.10, n.6, p.1995-2009, 2017.

RODRIGUES, Daniele Tôrres. **Análise de eventos extremos de precipitação no Nordeste do Brasil**. 2019. 122f. Tese (Doutorado em Ciências Climáticas) - Centro de Ciências Exatas e da Terra, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2019.

SANTOS, André Gonçalo dos. **Variação da pressão em Tahiti e sua relação com a precipitação no Brasil com ênfase no leste do nordeste**. 2011. Dissertação (Mestrado em Meteorologia) – Curso de Pós-Graduação em Meteorologia – Universidade Federal de Alagoas, Maceió, 2011.

SANTOS, Felipe S.; GOMES, Heliofábio B.; BARROS, Glauber V. P.; ALVES, Laurizio E. R.; SILVA, Djane F.; COSTA, Rafaela L.; SILVA, Fabricio D. S.; OLIVEIRA JÚNIOR, José Francisco De. Análise Sazonal Dos Parâmetros Biofísicos Utilizando O Sensor MODIS Para O Estado De Alagoas. **Revista Brasileira De Meteorologia**, V. 35, P. 955-968, 2021.

SEPLANDE - Secretaria de Estado do Planejamento e do Desenvolvimento Econômico de Alagoas. 2014. Alagoas em Mapas. Mesorregiões (2ª Edição). Disponível em: [https://dados.al.gov.br/catalogo/ne/dataset/mapas-de-caracterizacao-territorial/resource/26b85113-5fe3-42ca-b144-ec03986de62f?inner\\_span=True](https://dados.al.gov.br/catalogo/ne/dataset/mapas-de-caracterizacao-territorial/resource/26b85113-5fe3-42ca-b144-ec03986de62f?inner_span=True). Acesso em 27 de janeiro de 2023.

SILVA JUNIOR, Rosiberto S.; GAMA, Michel C. C.; MARIANO, Glauber L.; OLIVEIRA JÚNIOR, José F.; SILVA, Ewerton H. L.; SILVA, Luan S. O.; CARDOSO, Kelvy R. AL. Avaliação de eventos extremos de precipitação, associados a desastres naturais. **Revista Brasileira De Geografia Física**, v. 15, p. 2755-2767, 2022.

- SILVA, Djane F. da; SOUSA, Aline B. de; MAIA, Laianny M.; RUFINO, Leonardo L. Efeitos da associação de eventos ENOS e ODP sobre o Estado do Ceará. **Revista de Geografia**, v. 29, nº 2, 2012.
- SILVA, José G.; SARAIVA, Fábio A. M.; SILVA, Ana A. G.; SANTOS NETO, Luiz A.; QUERINO, Carlos A. S. **Café na Amazônia**. Brasília, Distrito Federal: Embrapa, 2015.
- SILVA, Marina R.; MOURA, Felipe P.; JARDIM, Carlos H. O diagrama de caixa (Box PLOT) aplicado à análise da distribuição temporal das chuvas em Januária, Belo Horizonte e Sete Lagoas, Minas Gerais-Brasil. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 10, n. 1, p. 023-040, 2017.
- SILVA, Djane F.; LIMA, Maria J. S.; NETO, Pedro F. S.; GOMES, Heliofabio B.; SILVA, Fabricio D. S.; ALMEIDA, Henrique R. R. C.; PEREIRA, Marcos P. S.; COSTA, Rafaela L. Caracterização de eventos extremos e de suas causas climáticas com base no Índice Padronizado de Precipitação Para o Leste do Nordeste. **Revista Brasileira de Geografia Física** v.13, n.02, p. 449-464, 2020.
- SILVA, Djane F. Da; NETO, Pedro F. de S.; SILVA, Silvania D. da; LIMA, Maria J. da S.; CAVALCANTE, Iara B. da S.; OLIVEIRA, Sherlly T. de; MENDONÇA, Helen da S.; BATISTA, Barbara A.; ROCHA, Lucas H. dos S.; ALMEIDA, Henrique R. R. de C.; PEREIRA, Marcos P. S.; ARAÚJO, Lincoln E. de. Identificação das causas climáticas dos eventos extremos e dos impactos dos ENOS Canônico e Modoki nas macrorregiões de Alagoas. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v.14, n.04 p. 1880-1897, 2021.
- SIQUEIRA, Anderlan H. B.; dos SANTOS, Nayara A.; CARDOSO, Cristiano da S.; SANTOS, Wially R. T., & MOLION, Luiz C. B. (2010). Eventos extremos de precipitação de maio de 2006 sobre Alagoas: uma análise de suas causas e seus impactos. **Revista Ambientale**, 2(2), 147-153.
- SOUZA, Werônica Meira de; AZEVEDO, Pedro Vieira de; ARAÚJO, Lincoln Eloi de. Classificação da Precipitação Diária e Impactos Decorrentes dos



Desastres Associados às Chuvas na Cidade do Recife-PE. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 02, p. 250-268, 2012.

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

SOUZA, Edson De O.; Costa, Micejane Da S.; Oliveira Júnior, José F. De; Gois, Givanildo De; Mariano, Glauber L.; Costa, Carlos E. Da S.; Correia Filho, Washington L. F.; Santiago, Dimas De B. Estimativa E Espacialização Da Erosividade Em Mesorregiões Climáticas No Estado De Alagoas. **Revista Brasileira De Meteorologia**, v. 35, p. 769-783, 2021.

WALKER, Gilbert T. e BLISS, E. W. World Weather V. **Memoirs of the Royal Meteorological Society**. v. 4. No 36, 53-84. 1932.

WALKER, Gilbert T. e BLISS, E. W. World Weather VI. **Memoirs of the Royal Meteorological Society**. v. 4. p. 119-139. 1937.

WALKER, Gilbert T. On periodicity III-criteria for reality. **Memoirs of the Royal Meteorological Society**. v. 3, p. 97-101. 1930.

WANDERLEY, Henderson S.; SEDIYAMA, Gilberto C.; JUSTINO, Flavio B.; ALENCAR, Leonidas P.; DELGADO, Rafael C. Variabilidade da precipitação no Sertão do São Francisco, estado de Alagoas. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.17, n.7, p.790–795, 2013.

ZONETE, Maria Carolina Cunha. **Avaliação do uso de técnicas de interpolação para estimativa de volume em florestas clonais de Eucalyptus sp.** 2009. Dissertação (Mestrado em Recursos Florestais) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2009.

## ANEXO A

**Tabela 3.** Estatísticas descritivas das 54 estações meteorológicas de Alagoas no período de 1960 a 2016.

Cidades	Mesorregião	$\bar{x}$	$m_d$	$S$	Máximo (mm)	Mínimo (mm)	CV (%)
Água Branca	Sertão	1007,7	996	240,9	1580,58	526,02	23,91
Batalha	Sertão	608,96	606,54	170,06	1059	60	27,93
Canapi	Sertão	425,23	406,39	129,28	852,3	140,4	30,4
Delmiro Gouveia	Sertão	509,84	488	186,97	1031	164	36,67
Major Izidoro	Sertão	720,74	724,11	158,95	1093,6	324	22,05
Mata Grande	Sertão	1037,72	1013,44	262,96	1760	521	25,34
Olho D'Água das Flores	Sertão	820,91	809,19	210,02	1441,07	283,3	25,58
Olho D'Água do Casado	Sertão	522,5	487,21	184,41	1005,4	205,2	35,29
Pão de Açúcar	Sertão	533,65	533,1	201,22	1017,8	138	37,71
Piranhas	Sertão	500,1	450	183,02	1080,9	216,6	36,6
Poço das Trincheiras	Sertão	787,08	783	230,64	1355,18	331	29,3
Santana do Ipanema	Sertão	709,97	697	234,93	1336,43	183	33,09
Arapiraca	Agreste	640,65	629,12	238,11	1307,9	82,99	37,17
Cacimbinhas	Agreste	692,28	684,08	206,2	1193,15	265	29,79
Igaci	Agreste	1246,02	1247	380,34	2592	287,17	30,52
Lagoa da Canoa	Agreste	969,98	962,22	229,72	1622	473	23,68
Limoeiro de Anadia	Agreste	925,7	929,06	277,49	1926,6	150,8	29,98
Mar Vermelho	Agreste	1158,47	1168	273,8	1803	617,63	23,63
Minador do	Agreste	606,83	601,07	176,64	1093	297	29,11

<b>Negrão</b>							
<b>Palmeira dos Índios</b>	Agreste	915,65	900,1	287,55	1545	428,3	31,4
<b>Quebrangulo</b>	Agreste	1142,96	1005	575,67	3151	493,81	50,37
<b>Tanque D'Arca</b>	Agreste	1107,42	1138,62	272,91	1622,4	569,9	24,64
<b>Traipu</b>	Agreste	671,48	659,81	201,03	1180	243	29,94
<b>Anadia</b>	Leste	1154,83	1149,33	152,78	1658	750	13,23
<b>Atalaia</b>	Leste	1200,51	1243	328,65	1805	273	27,38
<b>Capela</b>	Leste	1243,22	1270,8	303,19	2162,6	719,1	24,39
<b>Colônia Leopoldina</b>	Leste	1267,68	1243,11	254,66	1905	806,29	20,09
<b>Coruripe</b>	Leste	1491,18	1479,3	287,03	2424	847	19,25
<b>Flexeiras</b>	Leste	1802,48	1823,33	376,1	2830,4	1017,36	20,87
<b>Ibateguara</b>	Leste	968,92	947,02	244,5	1538,4	524,24	25,23
<b>Igreja Nova</b>	Leste	1171,74	1187,2	273,59	1911,5	644,2	23,35
<b>Jacuípe</b>	Leste	1543,07	1541	335,11	2664	910	21,72
<b>Junqueiro</b>	Leste	985,66	971,56	234,41	1584,7	443	23,78
<b>Maceió</b>	Leste	1838,31	1797,4	462,93	2985,65	839,5	25,18
<b>Maragogi</b>	Leste	1351,43	1342,65	395,22	2434,1	136,8	29,24
<b>Marechal Deodoro</b>	Leste	1720,29	1705	396,84	2836,28	745	23,07
<b>Matriz de Camaragibe</b>	Leste	1078,85	1061,56	229,34	2256,2	534,73	21,26
<b>Murici</b>	Leste	1436,42	1456	349,29	2159	685	24,32
<b>Passo de Camaragibe</b>	Leste	1836,18	1811,6	373,16	2660	725,7	20,32
<b>Penedo</b>	Leste	1226,57	1247	337,51	2150	506	27,52
<b>Piaçabuçu</b>	Leste	1155,69	1176,97	296,18	2129,03	617	25,63
<b>Pilar</b>	Leste	1675,38	1645,13	373,79	2761	842	22,31
<b>Pindoba</b>	Leste	423,72	408,73	132,23	852,3	140,4	31,21
<b>Porto Calvo</b>	Leste	1891,78	1893,76	440,99	3054,85	974,2	23,31
<b>Porto de Pedras</b>	Leste	1660,65	1655	397,3	2574,32	883,4	23,92
<b>Porto Real do Colégio</b>	Leste	944,07	971,82	270,23	1892	426	28,62
<b>Rio Largo</b>	Leste	1348,09	1214,4	583,75	2716,33	129	43,3
<b>Santana do Mundaú</b>	Leste	1015,79	974,56	281,2	1760	521	27,68
<b>São José da Laje</b>	Leste	1356,85	1298	454,7	3113,8	675	33,51
<b>São Luiz do Quitunde</b>	Leste	2138,04	2075,1	399,6	3168	1371,6	18,69
<b>São Miguel dos Campos</b>	Leste	1606,82	1605,35	236,57	2442	935	14,72
<b>Satuba</b>	Leste	2303,8	2338,56	627,15	4086	865	27,22
<b>União dos Palmares</b>	Leste	1172,27	1151	291,91	1789	616	24,9
<b>Viçosa</b>	Leste	1448,13	1445,8	301,93	2448	927,6	20,85