



UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO NORTE

CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E DA TERRA

DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS ATMOSFÉRICAS E CLIMÁTICAS

BACHARELADO EM METEOROLOGIA

EMANNUEL BEZERRA CAVALCANTE DA SILVA

**AVALIAÇÃO DA INFLUÊNCIA DO ENOS NA PRECIPITAÇÃO DO ESTADO
DO RIO GRANDE DO NORTE**

NATAL – RN

DEZEMBRO - 2022

AVALIAÇÃO DA INFLUÊNCIA DO ENOS NA PRECIPITAÇÃO DO
ESTADO DO RIO GRANDE DO NORTE

EMANNUEL BEZERRA CAVALCANTE DA SILVA

Monografia apresentada à
Coordenação do Curso de
Meteorologia da Universidade
Federal do Rio Grande do Norte,
como requisito parcial à obtenção
do Título de Bacharel em
Meteorologia.

Orientador(a): Prof. Dr. Cristiano Prestrelo de Oliveira

Natal

Dezembro – 2022

Universidade Federal do Rio Grande do Norte - UFRN
Sistema de Bibliotecas - SISBI
Catalogação de Publicação na Fonte. UFRN - Biblioteca Setorial Prof. Ronaldo Xavier de Arruda - CCET

Silva, Emmanuel Bezerra Cavalcante da.

Avaliação da influência do ENOS na precipitação do estado do Rio Grande do Norte / Emmanuel Bezerra Cavalcante da Silva. - 2022.

45f.: il.

Monografia (Bacharelado em Meteorologia) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Centro de Ciências Exatas e da Terra, Departamento de Ciências Atmosféricas e Climáticas. Natal, 2022.

Orientador: Prof. Dr. Cristiano Prestrelo de Oliveira.

1. Meteorologia - Monografia. 2. Precipitação - Monografia. 3. Fenômenos de seca - Monografia. 4. Zona de convergência intertropical - Monografia. 5. El Niño Oscilação Sul - Monografia. 6. Nordeste brasileiro - Monografia. I. Oliveira, Cristiano Prestrelo de. II. Título.

RN/UF/CCET

CDU 551.5

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO NORTE
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E DA TERRA
BACHARELADO EM METEOROLOGIA

A Monografia “AVALIAÇÃO DA INFLUÊNCIA DO ENOS NA PRECIPITAÇÃO DO ESTADO DO RIO GRANDE DO NORTE”

Elaborado por (Emanuel Bezerra Cavalcante da Silva)

e aprovado por todos os membros da Banca Examinadora foi aceito pelo Colegiado do Curso de Meteorologia e homologada pelos membros da banca, como requisito parcial à obtenção do título de **BACHAREL EM METEOROLOGIA**

Natal, 9 de dezembro de 2022

BANCA EXAMINADORA

Profº Doutor Cristiano Prestrelo de Oliveira - Orientador

(Departamento de Ciências Atmosféricas e Climáticas- DCAC/UFRN)

Mestre Felipe Jeferson de Medeiros

(Departamento de Ciências Atmosféricas e Climáticas- DCAC/UFRN)

Bacharel Luiz Eduardo Nunes Cho Luck

(Departamento de Ciências Atmosféricas e Climáticas- DCAC/UFRN)

Dedico a Jesus.

AGRADECIMENTOS

A Deus por ter me permitido chegar até aqui e por ter me dado forças na caminhada.

A todos os professores do departamento de ciências atmosféricas e climática pela inspiração direta e indireta.

Ao prof. Dr. José Henrique Fernandez que foi meu professor na matéria CAC1001 – FÍSICA I APLICADA ÀS CIÊNCIAS ATMOSFÉRICAS: MECÂNICA sendo a primeira aula que tive como universitário, mesmo reprovando em sua matéria por não ter tido uma boa base de física no ensino médio. Me inspirou e me fez ter gosto por física devido à sua didática excelente.

Aos meus companheiros de turma, com os quais fiz atividades, trabalhos, conversas descontraídas, lanches, deixando essa jornada mais leve.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Cristiano Prestrelo de Oliveira, pela paciência e toda ajuda.

“Não voltarei atrás com a minha palavra!”

Naruto Uzumaki

RESUMO

A região Nordeste do Brasil (NEB) apresenta uma alta variabilidade da distribuição espacial da precipitação. Além disso, a região NEB é considerada a região mais seca do Brasil, com uma forte dependência da Zona de convergência intertropical (ZCIT) e impactada frequentemente por eventos de El Niño (EL) ou La Niña (LN). Portanto, este trabalho objetiva colaborar na compreensão do impacto dos eventos de El Niño Oscilação Sul (ENOS) sobre a precipitação no Estado do Rio Grande do Norte (RN), e como eles afetam sistemas meteorológicos de grande importância para a precipitação na região, como a ZCIT. A compreensão destes impactos é necessária pois afeta a dinâmica da geração de chuvas da região NEB, como a alteração da circulação de Walker, forçada pela alteração da temperatura da superfície do mar (TSM) durante a fase do ENOS. O estudo fez a análise do regime de precipitação para todo o estado do RN e também fez uma avaliação para a capital do estado, a cidade de Natal. A identificação dos eventos de ENOS foi feita utilizando o Índice Niño Oceânico (INO). Para analisar os acumulados mensais de precipitação foi utilizado dados obtidos através de coletas das estações convencionais do Instituto nacional de meteorologia (INMET). Para avaliação do posicionamento da ZCIT foi utilizado campos diários de radiação de onda longa emergente (ROLE) obtidos diretamente das informações coletadas pelos satélites em órbita polar NOAA 12, NOAA 14 e NOAA 16 que passam por uma etapa de análise de consistência e de interpolação espacial. A identificação da ZCIT foi feita por meio dos valores mínimos de ROLE, sendo utilizado 230 W/m^2 como parâmetro para separar as nuvens convectivas das não convectivas fazendo uma varredura em todas as longitudes, de oeste para leste. Assim como esperado, este estudo reforçou o entendimento científico de que os eventos de EL associados à posição latitudinal da ZCIT são responsáveis por afetar positiva ou negativamente o regime de precipitação e distribuição espacial sobre a região NEB e mais especificamente sobre o RN e sua Capital a cidade de Natal.

Palavras-chaves: Precipitação. Fenômenos de seca. Zona de Convergência Intertropical. El Niño Oscilação Sul. Nordeste Brasileiro.

ABSTRACT

The Northeast region presents Brazil presents variability of the spatial distribution of a high variability. In addition, the NEB is considered the driest region, with a strong dependence on the Intertropical Convergence Zone of Brazil (ITCZ) and frequently impacted by El Niño or La Niña events. Therefore, this work aims to understand the impact of El Niño events (ENSO) on the participation in favor of the North of the North in the State of Rio Grande (RN), and how the meteorological systems of great importance to affect the region, such as ITZC A. of these impacts is necessary because it affects the rainfall dynamics of the NEB region, as an alteration of the Walker cell alteration forced by the generation of surface temperature during the ENSO period. The study made an analysis of the city precipitation regime for the entire state of RN and also made an assessment for the state capital, Natal. The identification of ENSO events was done using the Oceanic Niño Index (ONI). To analyze selected data from Instituto Nacional de Meteorologia the meteorology institute (INMET). For the positioning of the ITCZ positioning, the daily fields of emerging longwave radiation (ROLE) were used directly from the information collected by the satellites in polar evaluation NOAA 12, NOAA 14 and NOAA 16 and go through a step of analysis, consistency and spatial interpolation. The identification was made through the values in ITCZ of ROLE, using 230 W/m^2 making a frequency sweep to the west as longitudes. As well as the expected region, it reinforced the scientific understanding that the studies of the positive situation of the ITCZ are responsible for the good location of the NEB altitude regime and spatial orientation and more specifically on the RN and the location of its Capital, the city of Natal.

Keywords: Precipitation. Drought. Intertropical Convergence Zone. El Niño Southern Oscillation. Brazilian Northeast.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Modelo de Circulação meridional, em escala global, apresentando os ventos em superfície e as áreas de alta (A) e baixas pressões (B). Varejão-Silva (2006).	19
Figura 2: Representação da célula de Hadley (acima) e esquema de circulação associado à ZCIT (abaixo) com a formação de uma banda de nebulosidade associada ao sistema. Varejão-Silva (2006).	20
Figura 3: Esquema da circulação de Walker, com suas fases negativas e positivas do Índice de oscilação Sul (IOS). Positivo (acima) negativo (abaixo).	21
Figura 4: Exemplo do comportamento de um período neutro, El Niño e La Niña, período médio entre janeiro e março.	22
Figura 5: Área de estudo, estado do Rio Grande do Norte com uma análise na capital, Natal (destacada em vermelho).	23
Figura 6: Climatologia (1986-2019) do acumulado anual de precipitação sobre o estado do Rio Grande do Norte.	28
Figura 7: Climatologia para o trimestre (MAM) para o período de 1986-2019.	28
Figura 8: Precipitação acumulada anual dos anos de 1989,1993,1999 os quais são classificados como anos muito secos.	29
Figura 9: Posição do eixo da ZCIT no período chuvoso em evento de El Niño	30
Figura 10: Precipitação anual nos anos de a) 1992 e b) 1997 e acumulado de precipitação no período chuvoso c) MMA 1992 e d) MAM 1997 para o estado do RN.	30
Figura 11: Anomalia de precipitação trimestral (MAM) no ano de a) 1992 e b) 1997.	31
Figura 12: Anomalia para o período considerado seco de 2012-2016.	32
Figura 13: Comparativo das posições climatológicas para o período de MAM do eixo da ZCIT e do período de seca entre 2012-2016.	32
Figura 14: Comparativo das posições climatológicas para o período de MAM do eixo da ZCIT para os anos de 1986,1994,2000 (a) e (b) 2008,2009,2011.	33
Figura 15: Média climatológica da precipitação para a cidade de Natal – RN.	34
Figura 16: Série temporal da anomalia de precipitação.	34
Figura 17: Boxplot da precipitação com outliers (valores atípicos), onde os pontos em vermelho são a média.	35
Figura 18: Gráfico da frequência de eventos extremos de precipitação anual.	38
Figura 19: Tendência do comportamento da precipitação na cidade de Natal - RN.	39

LISTA DE TABELAS

- Tabela 1:** Classificação dos anos de ocorrência do evento El Niño e La Niña, em azul referente ao La Niña e em vermelho referente ao El Niño, valores em preto representam anos neutros..... **25**
- Tabela 2:** Frequência absoluta, acumulada e relativa em % de chuva anual para a cidade de Natal – RN dividida em categorias (1986-2019). **35**
- Tabela 3:**Tabela discriminando cada ano, com seus respectivos acumulados de precipitação no período chuvoso (abril a julho) para a cidade de Natal, total anual de precipitação para cada ano, anomalia de precipitação, classificação da intensidade de sua precipitação e em qual período do ENOS a estação chuvosa (AMJJ) se encontra. **36**
- Tabela 4:** Tabela discriminando cada ano e meses apresentados os valores de precipitação acumulado mensal em cada mês e o acumulado anual, juntamente com as médias pluviométricas de cada mês. **37**

LISTA DE ABREVIATURAS

AS	América do sul
AMJJ	Abril Maio Junho Julho
CPTEC	Centro de Previsão do Tempo e Estudos Climáticos
EN	El Niño
ENOS	El Niño Oscilação Sul
HN	Hemisfério Norte
HS	Hemisfério Sul
INO	Índice Niño oceânico
LN	La Niña
MAM	Março Abril Maio
NE	Nordeste
NEB	Nordeste Brasileiro
NNEB	Norte do Nordeste Brasileiro
NOAA	National Oceanic and Atmospheric Administration
OJ	Oscilação de Madden Julian
OS	Oscilação Sul
PNMM	Pressão ao Nível Médio do Mar
ROLE	Radiação de Onda Longa Emergente
RN	Rio Grande do Norte
SE	Sudeste
TSM	Temperatura da superfície do mar
VCAN	Vórtice ciclônico de altos níveis

ZCA Zona de convergência dos alísios

ZCIT Zona de convergência Intertropical

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	15
2.OBJETIVOS.....	17
2.1 Objetivo Geral	17
2.2 Objetivos Específicos	17
3.REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	17
3.1 Regime de precipitação sobre o Nordeste	17
3.2 Zona de Convergência Intertropical.....	18
3.3 El Niño Oscilação Sul.....	20
4. MATERIAL E MÉTODOS	23
4.1 Área de estudo	23
4.2 MATERIAL	24
4.2.1 Índice Niño Oceânico	24
4.3 METODOLOGIA	25
5.RESULTADOS.....	27
5.1 - Distribuição Espacial da Precipitação sobre o RN	27
5.1.1 Estudo de caso 2012-2016.....	32
5.2 Análise de extremos de precipitação sobre Natal.....	34
6. CONCLUSÕES.....	40
REFERÊNCIAS.....	42

1. INTRODUÇÃO

A distribuição espacial da precipitação sobre o NEB é caracterizada por apresentar uma alta variabilidade (OLIVEIRA; SANTOS E SILVA; LIMA, 2017; MEDEIROS et al., 2018). Esta alta variabilidade é constatada ao compararmos a média climatológica anual da precipitação observada sobre a costa leste do NEB e no noroeste do estado do Maranhão (~2000 mm), com o total observado sobre áreas do interior, como por exemplo, a região do cariri no estado da Paraíba e sobre o norte da Bahia (~500 mm) (AMORIM; RODRIGUES; SANTOS E SILVA, 2014; CUNHA et al., 2015). Porém, apesar desta variabilidade é possível calcular em quais meses se concentram os maiores acumulados de precipitação sobre toda a região do NEB onde normalmente se concentra entre os meses de Fevereiro-Março-Abril-Maio (FMAM), que compreende o período de maior atuação ZCIT na região.

A região do NEB é conhecida por ser a região mais seca do país, apresentando chuvas em um pequeno período do ano e seus maiores acumulados de precipitação ocorrendo nos litorais. Uma região que é bastante afetada por sistemas meteorológicos, sendo os principais, segundo HARZALLAH et al. (1996) A ZCIT, bandas de nebulosidades associadas a frentes frias, Distúrbios Ondulatórios de Leste (DOL), Vórtices ciclônicos de altos níveis (VCAN), ciclones na média e alta troposfera, brisas terrestres e marítimas, oscilação de Madden-Julian (OMJ). Outro fator que afeta as chuvas na região nordeste (NE) são os fenômenos oceano-atmosfera, as temperaturas na superfície do mar dos oceanos atlântico e pacífico desempenham papel importante no regime de precipitação do NE. Os fenômenos EL e LN apresentaram influência significativa para essa região.

A qualidade da estação chuvosa da região semiárida do Nordeste é dependente do posicionamento e da intensidade da ZCIT do Oceano Atlântico Equatorial (UVO, 1989; HASTENRATH, 1985; MOURA e SHUKLA, 1981; MEDEIROS et al., 2020). Devido a sua estrutura termodinâmica, a ZCIT tem uma deslocamento sazonal, acompanhando o ciclo anual do aquecimento terrestre. O impacto das condições oceânicas e atmosféricas sobre a variabilidade sazonal da ZCIT e sua ligação com a precipitação sobre o norte do Nordeste brasileiro (NNEB) já foi abordado por alguns estudos (HASTENRATH e HELLER, 1977; HASTENRATH, 1984; MOURA e SHUKLA, 1981 e Xavier et al., 2000). Em intervalos que variam de 2 a 10 anos, as temperaturas da superfície do mar e as chuvas são excepcionalmente altas e os ventos alísios são excepcionalmente fracos sobre o Oceano Pacífico tropical. Esses eventos ENOS, que devastam a ecologia das zonas costeiras do Equador e do Peru, afetam a circulação atmosférica global e podem contribuir para invernos rigorosos na América do Norte, frequentemente se desenvolvem de maneira notavelmente previsível. Mas o evento que começou em 1982 não seguiu esse padrão (SGH Philander, 1983). El Niño é um fenômeno (oceano-atmosférico) meteorológico de escala global,

resultante do aquecimento diferenciado do Oceano Pacífico, provocando alterações no regime de precipitações atmosféricas em várias partes da terra (MELO, J. C. de. 1999). No Brasil ocorre a redução de chuvas nas regiões Norte e Nordeste, e um aumento na região Sul, como a grande seca no Nordeste e as inundações em Santa Catarina, em 1983. (MELO, J. C. de. 1999). Em 1960, Jacob Bjerknes, observou uma conexão entre a temperaturas quentes na superfície do mar, os fracos ventos de leste e as condições de precipitação elevada. Juntamente com os estudos do Walker, deu-se o fenômeno conhecido por ENOS. Este fenômeno de aquecimento das águas do pacífico, termina por impedir que a chuva caia sobre o Nordeste.

MEDEIROS e OLIVEIRA (2021) em seu estudo observaram que o NEB é acometido por secas, e a maioria delas associadas com EL. Nesta avaliação foi observada a distribuição espacial das chuvas na estação chuvosa (fevereiro-maio) onde os maiores déficits foram observados no NNEB.

Vários estudos têm apresentado que durante anos considerados secos sobre o NNEB, as anomalias de TSM sobre o atlântico tropical norte estão mais positivas e o anticiclone semipermanente do atlântico norte se encontra menos intenso, simultaneamente, no Atlântico Subtropical Sul as anomalias de TSM são mais negativas e o anticiclone semipermanente se encontra mais intenso; durante anos considerados chuvosos observa-se uma situação inversa (De Souza et al., 2005; Gu e Adler, 2009). O acompanhamento do deslocamento espacial da ZCIT e das variáveis meteorológicas e oceânicas que a caracteriza, torna-se de extrema importância para a previsão e monitoramento de tempo e clima nessas regiões do país.

De acordo com Xie e Carton (2004), a intensidade da ZCIT é menor no decorrer dos meses de março e abril e mais acentuada no decorrer dos meses de julho e agosto. A ZCIT é mais intensa na região central do Atlântico, quando se refere a sua longitude, do que próximo da costa leste da América do Sul (AS), de meados de julho até meados de dezembro (Kousky, 1988). Segundo Khrigian (1977) a ZCIT é mais ampla (200-600 km) e habitual no HN do que no HS (~300 km). A identificação da localização espacial da ZCIT pode ser feita usando diferentes variáveis meteorológicas, todavia nem sempre tais variáveis estão em consenso na sua real posição. Analisando os campos da componente meridional do vento em baixos níveis, campos de movimento vertical (ω) em 500 hPa, da radiação de onda longa emergente (ROLE) e da convergência do vento em 1000 hPa Melo et al. (2002), expõem que de fato esses campos não coincidiram quanto a mostrar o posicionamento espacial da ZCIT. Contudo, segundo os autores, as divergências mais significativas são registradas nas longitudes próximas aos continentes americano e africano. Os autores indicam que os campos de ROLE e de ω são mais eficientes para reconhecer a localização espacial da ZCIT sobre o Atlântico.

Gadgil e Guruprasad (1990) na década de 90 sugeriram um método objetivo de monitoramento das oscilações da ZCIT que utiliza ROLE e o albedo

na identificação das regiões de intensa atividade convectiva. Os autores propuseram identificar no interior das grades de $2,5^\circ$ de latitude por $2,5^\circ$ de longitude valores de albedo superior a 0,5 e de ROLE variando entre 180 e 210 W/m^2 . Portanto ao aplicar estes limiares os autores conseguiram, por exemplo, eliminar as nuvens estratocúmulus e nuvens médias que podem esconder a interpretação dos resultados na identificação da posição da ZCIT, delineando de forma precisa a sua localização espacial.

Natal tem sua ocorrência de chuvas, principalmente pela influência dos DOLs segundo MEDEIROS et al. (2021) O padrão de chuvas ao longo da costa leste do nordeste do Brasil é devido alguns fenômenos meteorológicos como brisas marítimas, distúrbios Ondulatórios de Leste.

Do exposto acima este estudo tem como objetivo analisar a relação das fases (positiva, negativa e neutra) do ENOS com as anomalias de precipitação sobre o estado do Rio grande do Norte e da cidade de Natal – RN.

2.OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

Analisar o impacto dos eventos extremos durante as fases do ENOS sobre a Precipitação total anual e durante o período considerado chuvoso do estado do Rio Grande do Norte e a cidade de Natal.

2.2 Objetivos Específicos

- Identificar objetivamente o eixo central da ZCIT.
- Analisar o comportamento do posicionamento da ZCIT em anos de El Niño e conseqüentemente o regime da precipitação sobre o estado do – RN.
- Avaliar os impactos do ENOS e da posição da ZCIT durante o evento de seca do período entre 2012-2016.
- Analisar o regime de precipitação na cidade do Natal.

3.REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 Regime de precipitação sobre o Nordeste

De acordo com Medeiros (2001) Natal tem seu regime de precipitação com uma diversidade de seu regime pluviométrico, devido à ocorrência de anos com chuvas excessivas em contrapartida com períodos de grande insuficiência na precipitação.

Quando se trata da instabilidade na precipitação da região nordeste, e do semiárido nordestino, as explicações aceitas no presente momento se baseiam nos sistemas de circulação da atmosfera, se relacionam com as oscilações da Zona de Convergência intertropical, que pode estar, ou não, agindo junto com teleconexões, como o El Niño Oscilação Sul, as dinâmicas associadas a um vórtice ciclônico de altos níveis, sua formação, localização e duração, (Molion e Bernardo, 2002; Kayano e Andreoli, 2009; Nóbrega e Santiago, 2014; Tedeschi et al., 2014).

De acordo com Greischar e Hastenrath (2000) um dos principais sistemas geradores de precipitação para a região semiárida é a ZCIT e que a curta duração da estação chuvosa no nordeste brasileiro se dá quando ela se encontra mais ao sul no passar do ciclo anual, sendo esse período chuvoso entre março a abril.

Abordando a região do Seridó, a precipitação se encontra centralizada em um curto período considerado úmido, onde os meses mais chuvosos estão entre fevereiro e abril, tendo a ZCIT como sua responsável, e dentro deste período há a presença de chuvas fortes, com duração de dias a semanas (Valadão et al., 2015).

O clima do NEB é influenciado por diferentes mecanismos físicos que têm sua ocorrência na interação oceano-atmosfera sendo de suma importância a atuação conjunta do oceano pacífico e atlântico (FOLLAND et al., 2001).

Com diversos tipos de climas vistos na região do NEB, com valores máximos anuais de precipitação variando em torno de 300 mm, na região semiárida a cerca de 2000 mm nas regiões litorâneas (Alvares et al., 2013).

Avaliando o Oceano pacífico tropical, a variabilidade climática anual predominante é ENOS, sendo ele um dos principais responsáveis pela variação da precipitação interanual no NEB. Walker (1928).

Segundo LUCENA; CABRAL JÚNIOR; STEINKE (2018) o estado do RN apresenta, de um modo generalizado, precipitações consideradas relativamente baixas, tendo 75% dos municípios apresentando valores de precipitação anuais médias com valores inferiores a 871 mm. Para anos considerados chuvosos, 75% dos municípios mostram que a precipitação foi superior a 941,9 mm, e os outros 25% apresentam valores maiores que 1300 mm, sendo estes localizados no litoral leste do estado do RN.

3.2 Zona de Convergência Intertropical

Vários trabalhos mostram a importância desse sistema meteorológico que atua nos trópicos, como mostram (HASTENRATH e HELLER 1977; LAMB 1978; SIKI e GADGIL 1985; MOURA e SHUKLA 1981; CHUNG 1982; CITEAU et ALLI 1988a e 1988b) em função de sua configuração física, a ZCIT tem papel primordial na definição das diversas circunstâncias de tempo e clima, influência

na precipitação. O sistema em questão é composto por um conjunto de propriedades, sendo elas: zona de confluência dos ventos alísios (ZCA) de sudeste (SE) e NE, região do cavado equatorial, região de máxima TSM e banda de cobertura de nuvens convectivas, essas características, todas elas, interagem entre si. Essas variáveis têm sua atuação próxima ao setor equatorial dos oceanos, porém não necessariamente ocorrem sobre a mesma latitude em superfície, mais próximas entre si. A posição da mesma segundo (UVO, 1989) se relaciona a condições de grande escala, visto que a circulação geral determina em especial a posição da ZCA. Também foi observado uma variabilidade dentro da sazonalidade da posição da ZCIT, por volta de 10 a 20 dias e de 30 a 50 dias, tendo uma grande oscilação diária em sua posição. E durante o período de verão e outono no Hemisfério Sul (HS), a banda convectiva associada a ZCIT se mostra intensificada na nebulosidade que se propagada latitudinalmente (de leste a oeste) assim resultando em períodos de maior intensidade de precipitações nas regiões norte e nordeste do Brasil.

Quando se trata de dimensões globais segundo HASTENRATH (1985) a ZCIT é a parte do ramo ascendente da Célula de Hadley, por sua capacidade energética devido a importação de vapor d'água, onde sua maior concentração é nas camadas inferiores da atmosfera e é transportada energia e calor sensível para a alta atmosfera, onde tem como resultante uma transferência de calor da zona do cavado equatorial para altas latitudes, formando assim um balanço que mantém o equilíbrio térmico global.

Durante o verão do HN a ZCIT pode alcançar sua localização mais ao norte, por volta de 15°N, e ao sul por volta de 5°S (CITEAU et al, 1988, HASTENRATH e HELLER, 1977, HASTENRATH e LAMB, 1977, HASTENRATH, 1985).

Tendo sua influência quando se trata de tempo e clima de áreas tropicais, esse sistema também é responsável pela manutenção no balanço térmico do planeta terra. Sua localização, em escala planetária, encontrasse na área ascendente da célula de Hadley, sendo sua função a transferência de umidade e calor dos níveis mais baixos da atmosfera das regiões dos trópicos para os níveis superiores da camada da troposfera, adentrando essa umidade e calor para níveis conhecidos como média e alta latitude. (FERREIRA, 1996).

Por esse sistema se encontrar no ramo ascendente da célula de Hadley e por sua formação se dar devido à confluência dos ventos alísios presentes na região equatorial (Figura 1), temos que no momento que esses ventos convergem em baixos níveis teremos geração de movimentos de característica ascendentes, e por consequência, nuvens convectivas com desenvolvimento vertical significativo (Figura 2).

Figura 1: Modelo de Circulação meridional, em escala global, apresentando os ventos em superfície e as áreas de alta (A) e baixas pressões (B). Varejão-Silva (2006).

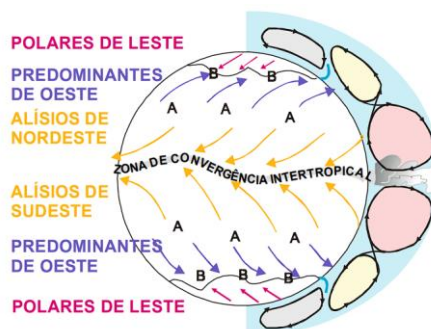
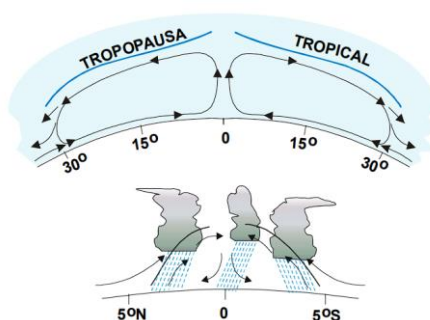


Figura 2: Representação da célula de Hadley (acima) e esquema de circulação associado à ZCIT (abaixo) com a formação de uma banda de nebulosidade associada ao sistema. Varejão-Silva (2006).



Há um estudo específico tratando da ZCIT no NEB, apresentado por Uvo *et al.* (1988), onde é apresentada a importância da precipitação pluviométrica para a região em questão, onde ela é administrada baseado no posicionamento e a intensidade da ZCIT, essas duas referências na característica da ZCIT implicam na qualidade das chuvas na localidade do NEB.

Para monitorar a ZCIT existem várias formas, um dos métodos utilizados por MENDES *et al.*, (2000) foi através da temperatura de brilho e radiação de onda longa, onde foi verificado que ao obter valores menores de temperatura de brilho é vista uma maior atividade convectiva nesta região. Assim como menores valores de Radiação de onda longa também estão associados com maiores atividades convectivas.

3.3 El Niño Oscilação Sul

O ENOS trata-se de um fenômeno oceano-atmosférico, um dos mais importantes devido sua atuação global, afetando precipitação e temperatura do ar em vários pontos do planeta. (ACEITUNO, 1988).

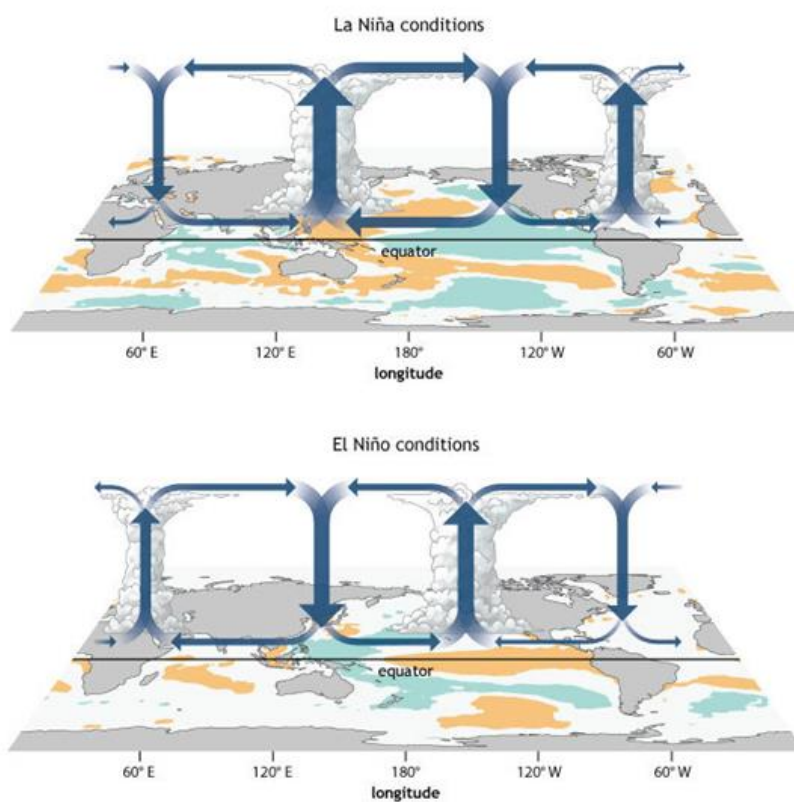
Por possuir características oceânicas e atmosféricas o ENOS se divide em duas partes, a que se associa a parte oceânica é chamada de EN ou a LN e a correspondente atmosférica é a Oscilação Sul. Quando se refere ao EN avalia-se o aquecimento atípico da TSM no oceano pacifico tropical central e leste e também parte da costa oeste da AS. Tratando-se da LN avalia-se o oposto, o

resfriamento anômalo da TSM no Oceano Pacífico Tropical central e leste, segundo Philander (1985).

EN e LN são referentes ao mesmo fenômeno atmosférico-oceânico que tem por ocorrência o oceano pacífico equatorial, levando o nome de ENOS, o mesmo se refere a situações nas quais o oceano pacífico equatorial se encontra mais quente, denominando-se assim EN, ou quando se encontra mais frio LN, essa comparação é feita mediante valores médios da normal climatológica. (CPTEC, 2022).

O ENOS também pode ser avaliado juntamente com a diferença de pressão nas regiões de Darwin (localizada ao norte da Austrália) e Taiti (Figura 3), essas regiões são conhecidas por serem o cerne de uma ação que envolve a troca de ar entre os hemisférios leste e oeste. A influência do ENOS é de escala global, afeta significativamente sociedades e ecossistemas. A pressão ao nível médio do mar (PNMM) é uma variável importante para a identificação do fenômeno oceano-atmosférico EN. No decorrer de um evento de EN é notada uma diferença de PNMM nessas duas regiões do pacífico, essa diferença de pressão é conhecida como "gangorra barométrica".

Figura 3: Esquema da circulação de Walker, com suas fases negativas e positivas do Índice de oscilação Sul (IOS). Positivo (acima) negativo (abaixo).



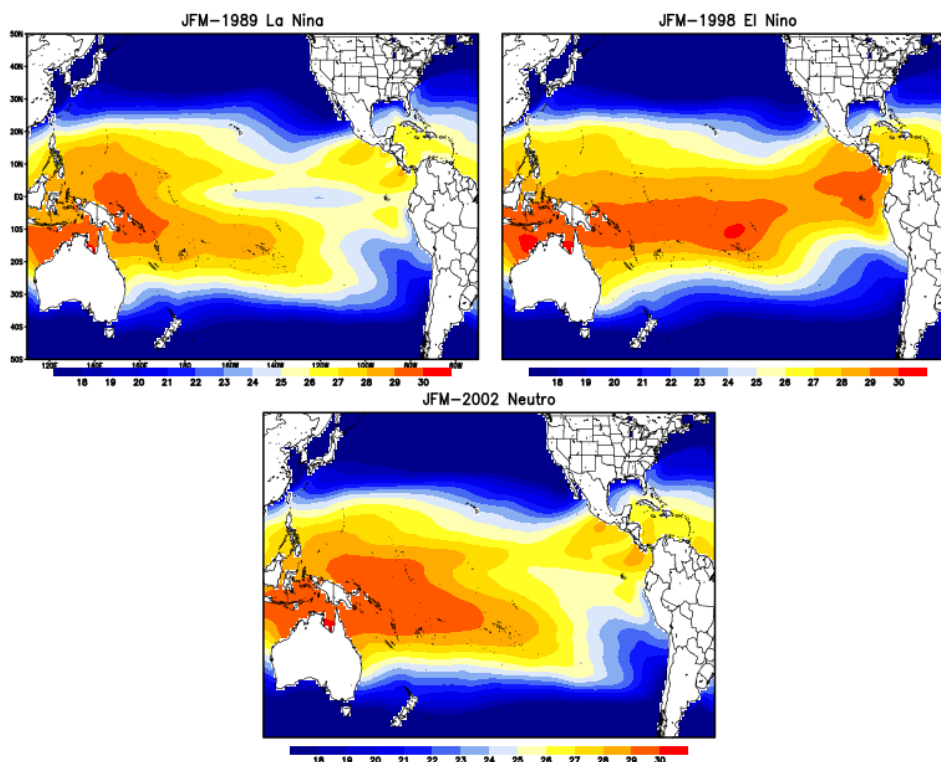
Fonte: Adaptado do ENOS-blog

No Brasil a atuação do ENOS, em suas diversas fases, provoca uma alteração na distribuição da precipitação, como uma redução na precipitação em parte do nordeste e na região mais extrema do norte do Brasil em contrapartida a região central e sul do Brasil apresentam um aumento na precipitação (COELHO, UVO e AMBRIZZI, 2002).

De acordo com (PARKER et al., 2014), períodos irregulares em padrões de oscilação são analisados na circulação atmosférica global e são nomeados modos de variabilidade, sendo um deles o ENOS, sendo este um fenômeno oceano-atmosférico de grande escala, com sua ocorrência se encontrando no período entre 2 e 7 anos, sendo a componente oceânica dividida em duas partes, EN e LN, já a componente atmosférica é a Oscilação Sul (OS).

Em 1969 Bjerknes propôs uma relação física entre as variáveis oceanográficas e meteorológicas no pacífico tropical, relação entre a oscilação sul e o El Niño (Philander, 1990) Ele explica que o motivo para a TSM mudar está relacionado com a OS, sendo suposto que ela seja um resultado do oceano as variações dos ventos em superfície. Em um evento de LN, os ventos alísios intensos levam as águas mais aquecidas da superfície do oceano pacífico rumo a parte oeste do oceano em questão, (Figura 4) resultado disso é a ressurgência de águas frias na parte central e leste do oceano Pacífico, resultando em temperaturas da superfície do mar abaixo do esperado.

Figura 4: Exemplo do comportamento de um período neutro, El Niño e La Niña, período médio entre janeiro e março.



Fonte: Elaborado pelo autor, 2022.

No evento de LN nota-se que as águas mais aquecidas da superfície se encontram a oeste do oceano pacífico e estão mais concentradas a oeste deste oceano, essa característica ocorre pela forte atuação dos ventos alísios que carregam essas águas mais aquecidas para essa direção. Já o evento de EN se dá pelo enfraquecimento desses ventos e uma posterior inversão na direção dos ventos, fazendo com que as águas mais aquecidas se dirijam para o Pacífico Central e Leste (MEDEIROS; OLIVEIRA, 2021) Em uma condição normal, temos as águas mais voltadas para o oeste do Oceano Pacífico, mas diferente de um evento de LN, os ventos não se encontram tão atuantes ao ponto de levar essas águas para mais oeste do Oceano Pacífico.

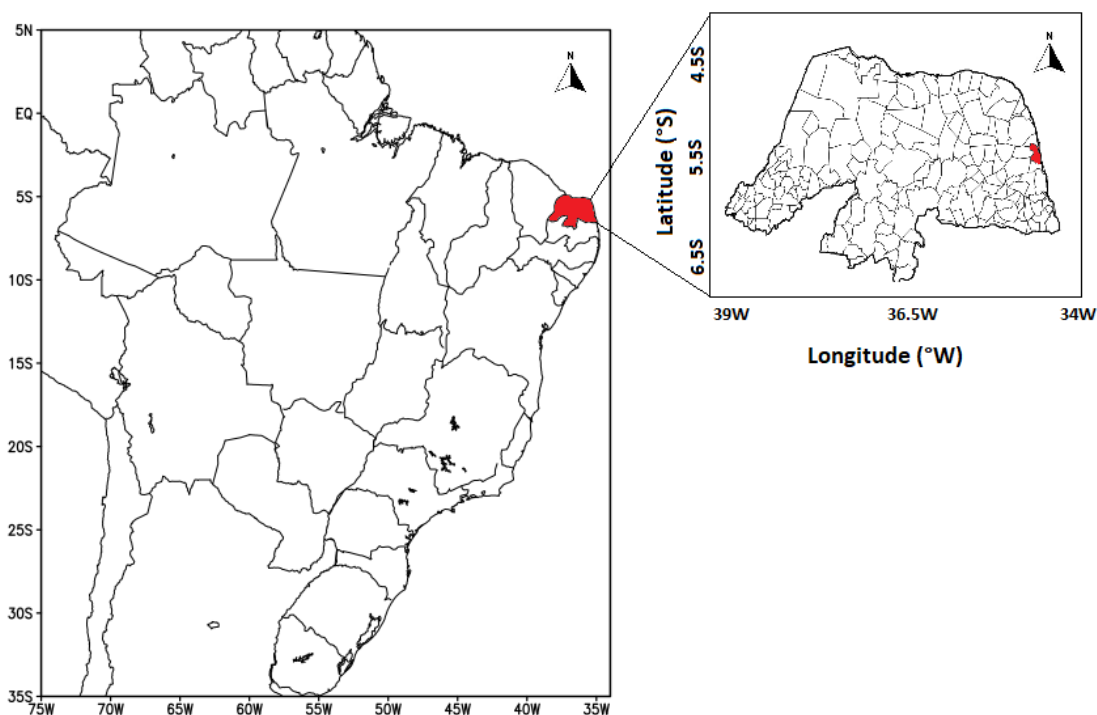
4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Área de estudo

Com área territorial de 167,401 km², Natal com uma população estimada para o ano de 2020 em 890.480 habitantes, segundo o Instituto brasileiro de geografia e estatística (IBGE) com uma densidade demográfica de 4.805,24 hab/km² para o ano de 2010.

Segundo Barros et al. (2013) o clima de Natal é do tipo As', segundo a classificação de Köppen, classificado como tropical chuvoso, sendo da classe quente e úmido, verão seco e seu inverno intenso.

Figura 5: Área de estudo, estado do Rio Grande do Norte com uma análise na capital, Natal (destacada em vermelho).



Fonte: Elaborado pelo autor, 2022.

4.2 MATERIAL

Para analisar o posicionamento da ZCIT será utilizado campos diários de radiação de onda longa emergente (ROLE) servindo assim para analisar durante o período de seca (2012-2016) que afetou o nordeste brasileiro.

Os dados empregados neste trabalho são de precipitação total mensal acumulada do período de 1986-2019, para cidade de Natal, a estação de código 82598 se encontra na latitude -5.83722221 e longitude -35.20777777 com altitude de 47.68 metros a nível do mar. Os quais são disponibilizados pelo Instituto nacional de meteorologia (INMET). Esses dados são obtidos através de coletas das estações convencionais. Para realizar as análises estatísticas e geração dos gráficos foi utilizado o software estatístico R e Excel, para a geração das tabelas foi utilizado o Excel, para elaboração das imagens espaciais foi utilizado o Grid Analysis and Display System (Grads).

O conjunto de dados utilizados para investigar o comportamento climatológico da precipitação e do evento de seca 2012-2016 no estado do Rio Grande do Norte é proveniente do (XAVIER; KING; SCANLON, 2016). Sendo utilizada a variável de precipitação. Os dados utilizados foram de duas fontes, o sistema de informações hidrológicas Hidroweb e do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) onde os dados originalmente estão em milímetros de chuva por dia ou hora (mm/dia ou mm/hora) O número de pluviômetros da Hidroweb e INMET foram de 8515 e 744 totalizando 9259. Nesses dados foram empregados métodos de interpolação e validação cruzada, os dados dispõem de uma grade $0,25^\circ$ de latitude x $0,25^\circ$ de longitude.

Para a análise do posicionamento da ZCIT foi utilizado campos de ROLE dispostos numa grade regular interpolada de $2,5^\circ$ de latitude x $2,5^\circ$ de longitude, os quais são disponibilizados pelo “*Earth System Research Laboratory – Physical Sciences Division*”, os dados estão hospedados no FTP (<ftp.cpc.ncep.noaa.gov>). Esses dados são obtidos diretamente das informações coletadas pelos satélites em órbita polar NOAA 12, NOAA 14 e NOAA 16 e passam por uma etapa de análise, de consistência e de interpolação espacial (ver detalhes em Liebmann e Smith, 1996).

4.2.1 Índice Niño Oceânico

O índice em questão, Índice Niño Oceânico (INO) é feito através da anomalia de TSM do oceano pacífico, em uma das quatro regiões monitoradas, a que atende pelas coordenadas (5°N - 5°S e 120° - 170°W) é a região do Niño 3.4 sendo utilizada para a identificação das fases do ENOS. (NOAA,2022). Valores de temperatura positivos são indicativos de aquecimento das águas do oceano, em contrapartida valores negativos estão associados ao resfriamento das águas. Existem três classificações quando se analisa os valores de temperatura das águas oceânicas, EL, LA e neutralidade. Para classificação de

um evento de EN ou LA é necessário que a anomalia de temperatura +/- 0,5°C por um período mínimo de cinco meses corridos. 0,5°C para evento de EN, -0,5°C para evento de LA entre -0,4°C e 0,4°C neutralidade.

Tabela 1: Classificação dos anos de ocorrência do evento El Niño e La Niña, em azul referente ao La Niña e em vermelho referente ao El Niño, valores em preto representam anos neutros.

Year	DJF	JFM	FMA	MAM	AMJ	MJJ	JJA	JAS	ASO	SON	OND	NDJ
1986	-0,5	-0,5	-0,3	-0,2	-0,1	0	0,2	0,4	0,7	0,9	1,1	1,2
1987	1,2	1,2	1,1	0,9	1	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
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
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	0,1
1994	0,1	0,1	0,2	0,3	0,4	0,4	0,4	0,4	0,6	0,7	1	1,1
1995	1	0,7	0,5	0,3	0,1	0	-0,2	-0,5	-0,8	-1	-1	-1
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	0,5	-0,1	-0,8	-1,1	-1,3	-1,4	-1,5	-1,6
1999	-1,5	-1,3	-1,1	-1	-1	-1	-1,1	-1,1	-1,2	-1,3	-1,5	-1,7
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	0,1	0,2	0,4	0,7	0,8	0,9	1	1,2	1,3	1,1
2003	0,9	0,6	0,4	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	0,1	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	-0,8	-0,6	-0,6	-0,4	-0,2	-0,4	-0,6	-0,7
2009	-0,8	-0,8	-0,6	-0,3	0	0,3	0,5	0,6	0,7	1	1,4	1,6
2010	1,5	1,2	0,8	0,4	-0,2	-0,7	-1	-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	-1,1	-1
2012	-0,9	-0,7	-0,6	-0,5	-0,3	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	0,2	0,2	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
2017	-0,3	-0,2	0,1	0,2	0,3	0,3	0,1	-0,1	-0,4	-0,7	-0,8	-1
2018	-0,9	-0,9	-0,7	-0,5	-0,2	0	0,1	0,2	0,5	0,8	0,9	0,8
2019	0,7	0,7	0,7	0,7	0,5	0,5	0,3	0,1	0,2	0,3	0,5	0,5

Fonte: NOAA (2022).

4.3 METODOLOGIA

A média climatológica foi calculada a partir de 34 anos de dados de precipitação acumulada mensal (1986-2019), para a cidade de Natal, análise da média de precipitação para o período chuvoso da região (abril, maio, junho, julho) e análise da anomalia, onde foi feita uma série temporal mensal da mesma onde será avaliado os valores positivos e negativos da anomalia para garantir uma avaliação mais precisa dos dados, e uma tabela do déficit de precipitação em comparação com a média do período chuvoso, em anos de EN, na qual foram escolhidos os anos de 1990, 1993, 1997, 2002, 2010, 2015, 2016, anos que segundo o Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos (CPTEC) e a

National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA) foram anos da ocorrência desse sistema meteorológico.

Foi utilizado elementos da estatística descritiva, como a tabela de frequência, neste trabalho foi empregada a tabela de frequência absoluta simples, que consiste em mostrar quantas vezes um determinado valor x_i foi observado no banco de dados, amostra estudada, designada por n_i .

Frequência absoluta acumulada (índice i), apresenta-se como a soma das frequências absolutas equivalente aos valores da variável a partir do primeiro valor até o valor de ordem i , onde se representa por N_i , para um K observado se tem

$$N_1 = n_1$$

$$N_2 = n_1 + n_2 = N_1 + n_2$$

$$N_3 = n_1 + n_2 + n_3 = N_2 + n_3$$

$$N_K = n_1 + n_2 + \dots + n_k = N_{k-1} + n_k$$

$$N = \sum_{i=1}^k n_i$$

Para a distribuição de frequências em classes é utilizado os seguintes elementos.

- Amplitude total (At): No conjunto de dados em questão é definida a diferença entre o maior e o menor valor do conjunto.
- Número de classes (C): Corresponde à quantidade de classes, nos quais serão agrupados os elementos do rol. Para essa determinação é utilizado a fórmula de Sturges:

$$C = 1 + (10/3) * \log(n)$$

- Amplitude ou intervalo de classe (i): Utilizando intervalos iguais ou intervalos obtidos através da fórmula.

$$i = At/c$$

A classificação qualitativa adotada nesse estudo (muito seco, seco, normal, chuvoso, muito chuvoso, extremamente chuvoso) advém da amplitude de classe, essa amplitude determina os intervalos, para uma melhor maneira de se referir a determinado ano foi adotado esse modo de classificação.

A identificação da posição do eixo da ZCIT será feita por meio dos valores mínimos de ROLE sobre o setor equatorial do Atlântico, todo o setor tropical norte e parte do setor tropical sul (50°W-5°E; 15°S-25°N). Ao selecionar a área do Atlântico Tropical garante-se que os valores mínimos de ROLE estarão necessariamente associados à cobertura de nuvens convectivas tropicais. Dentro do Atlântico Tropical se faz mais uma nova seleção de área, a qual necessariamente deverá conter a banda de convecção profunda associada a ZCIT.

Fez-se uma varredura em todas as longitudes, de oeste para leste, buscando um valor mínimo de ROLE, este valor associará o meridiano a um paralelo. Assim, ao término deste procedimento tem-se uma curva que associa cada ponto de longitude a uma latitude. Na Figura 9 é apresentado um exemplo deste procedimento, na localização de uma pântada. Nessa figura destacam-se os valores de ROLE inferiores a 230 W/m². Os valores de ROLE superiores a esta magnitude não são associados às nuvens convectivas, porém parece não haver um consenso na literatura especializada quanto ao valor mais apropriado para associar ROLE a nuvens convectivas. Liebmann et al. (1999), estudando a Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS), utiliza como parâmetro o valor de 220 W/m². Machado et al. (1998), procurando identificar sistemas convectivos, utilizam limiares que variam de 130 a 200 W/m². Jones e Horel (1990), estudando a atividade convectiva associada à Alta da Bolívia, também utilizam 220 W/m² como limiar do campo de ROLE para nuvens convectivas. Por outro lado, Kousky (1988), analisando séries pentadais de ROLE, preferiu utilizar o valor de 240 W/m².

Os dados utilizados para a precipitação são provenientes do (XAVIER; KING; SCANLON, 2016), dispõe de uma resolução espacial de 0,1° x 0,1° de latitude/longitude, apresentando uma disposição diária, em unidade de milímetro/dia, para todo o território brasileiro com período temporal de 1961 a 2020.

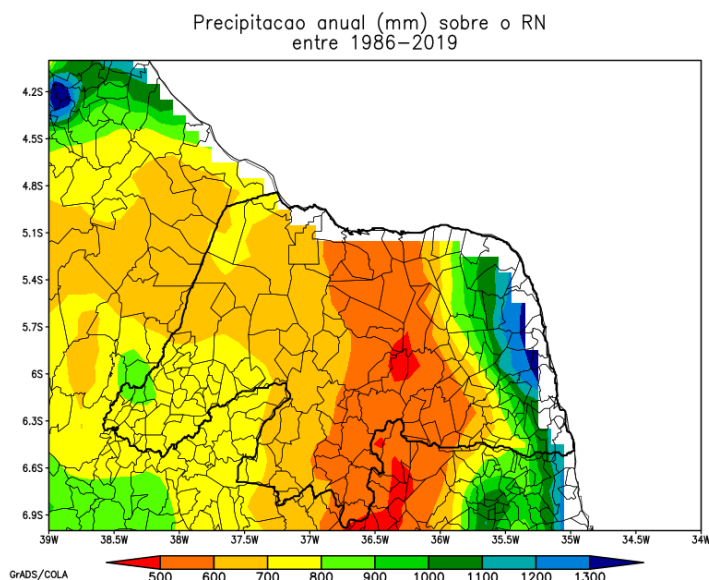
5.RESULTADOS

5.1 - Distribuição Espacial da Precipitação sobre o RN

Através do acumulado de precipitação (Figura 6) anual sobre o estado do RN, podemos observar que os maiores totais foram observados sobre o litoral leste do estado, superando os 1300 mm. Ao se deslocar para oeste do estado observa-se a diminuição das magnitudes dos totais acumulados anuais. Os menores valores se concentram no centro do estado, mais especificamente

a região do agreste potiguar, atingindo valores entre 500 e 600 mm, a região do oeste potiguar apresenta acumulados entre 700 e 800 mm.

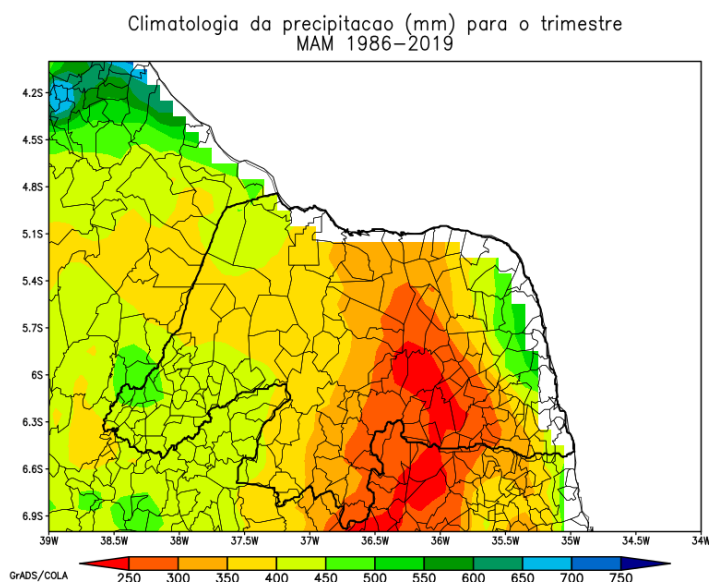
Figura 6: Climatologia (1986-2019) do acumulado anual de precipitação sobre o estado do Rio Grande do Norte.



Fonte: Elaborado pelo autor, 2022.

A estação chuvosa, climatológica, do estado do RN se concentra nos meses de março, abril e maio (MAM) (Figura 7). Ao analisar a Figura 7 podemos observar que a distribuição de chuva durante a estação chuvosa reflete o padrão observado durante o acumulado anual (Figura 6), ou seja, o litoral leste com os totais mais significativos, a região central/agreste mais seca (250 mm) e o oeste potiguar ligeiramente mais úmido.

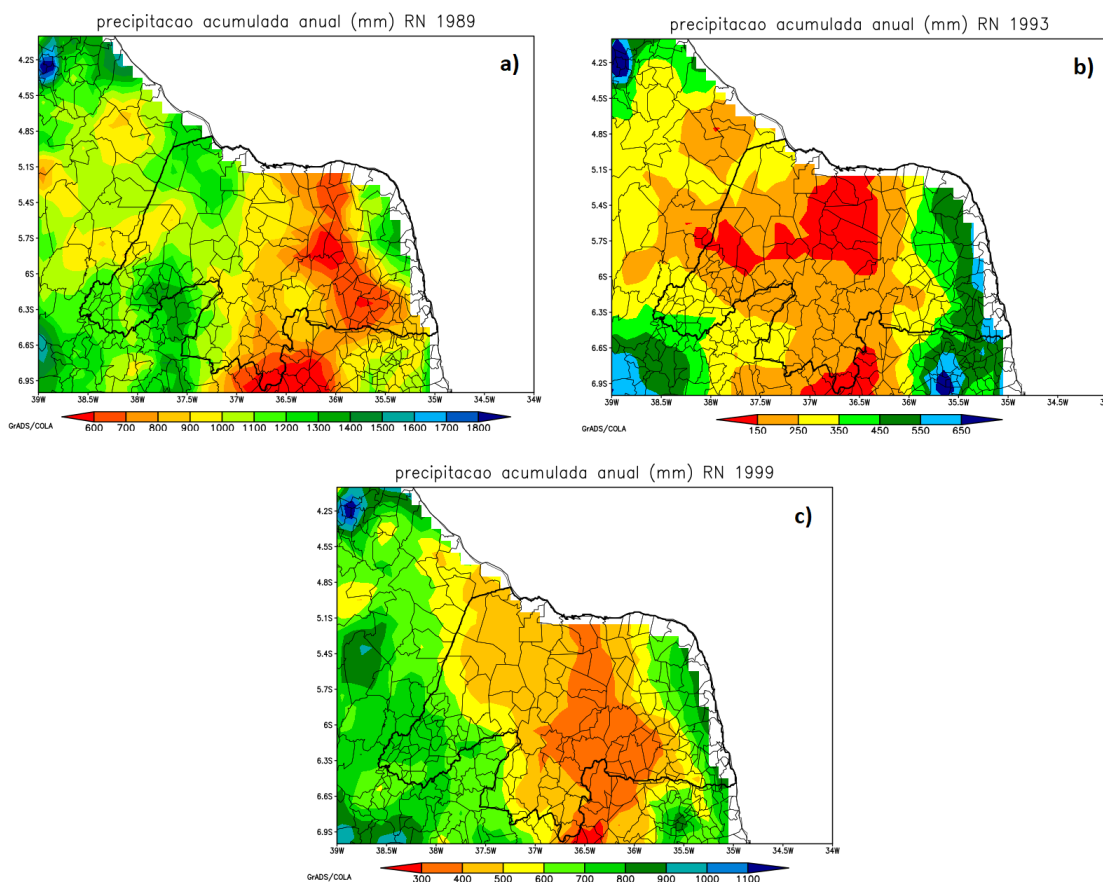
Figura 7: Climatologia para o trimestre (MAM) para o período de 1986-2019.



Fonte: Elaborado pelo autor, 2022.

Através da classificação (tabela 3) os anos de 1989,1993,1999 foram classificados no estudo como “Muito seco”, porém esperava-se que estes anos fossem classificados como anos de EN. No entanto, como observado o ano de 1989 e 1993 foram anos considerados neutros e o ano de 1999 é um ano de LN, ver tabela 1.

Figura 8: Precipitação acumulada anual dos anos de 1989,1993,1999 os quais são classificados como anos muito secos.



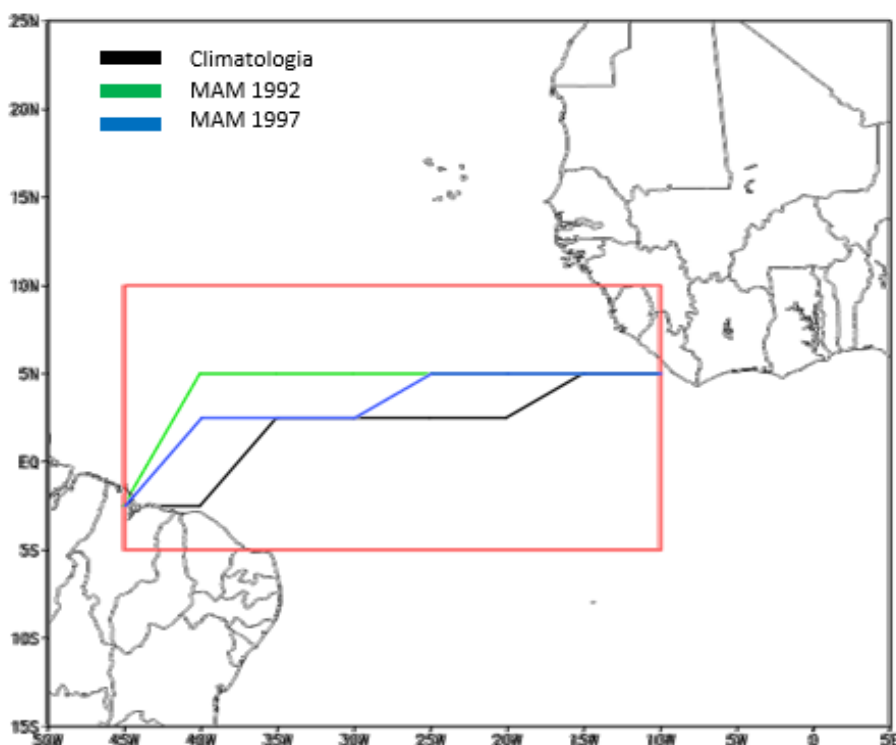
Fonte: Elaborado pelo autor, 2022.

No ano de 1989, Figura 8 (a), a distribuição de precipitação na região litorânea apresentou diminuição no seu acumulado anual, porém em outras localidades do estado tiveram valores acima da média no acumulado anual. Neste ano, cerca de metade do seu período se caracteriza por evento de LN e o restante por um período neutro. No ano de 1993 são observados baixíssimos valores de precipitação acumulada anual para todo o estado, onde os menores valores, cerca de 150 mm, são vistos na região central norte do RN. O ano de 1999, de acordo com a tabela 1, foi um ano que durante todo seu período passou por um evento de LN, entretanto apresenta valores acumulados anuais de precipitação

abaixo da média em quase todo o território quando comparamos com a climatologia da Figura 6.

Nos anos de 1992 e 1997 temos que a posição da ZCIT se encontra ao norte da sua posição climatológica (figura 9) e houve um déficit de precipitação no período chuvoso do estado (Figura 10).

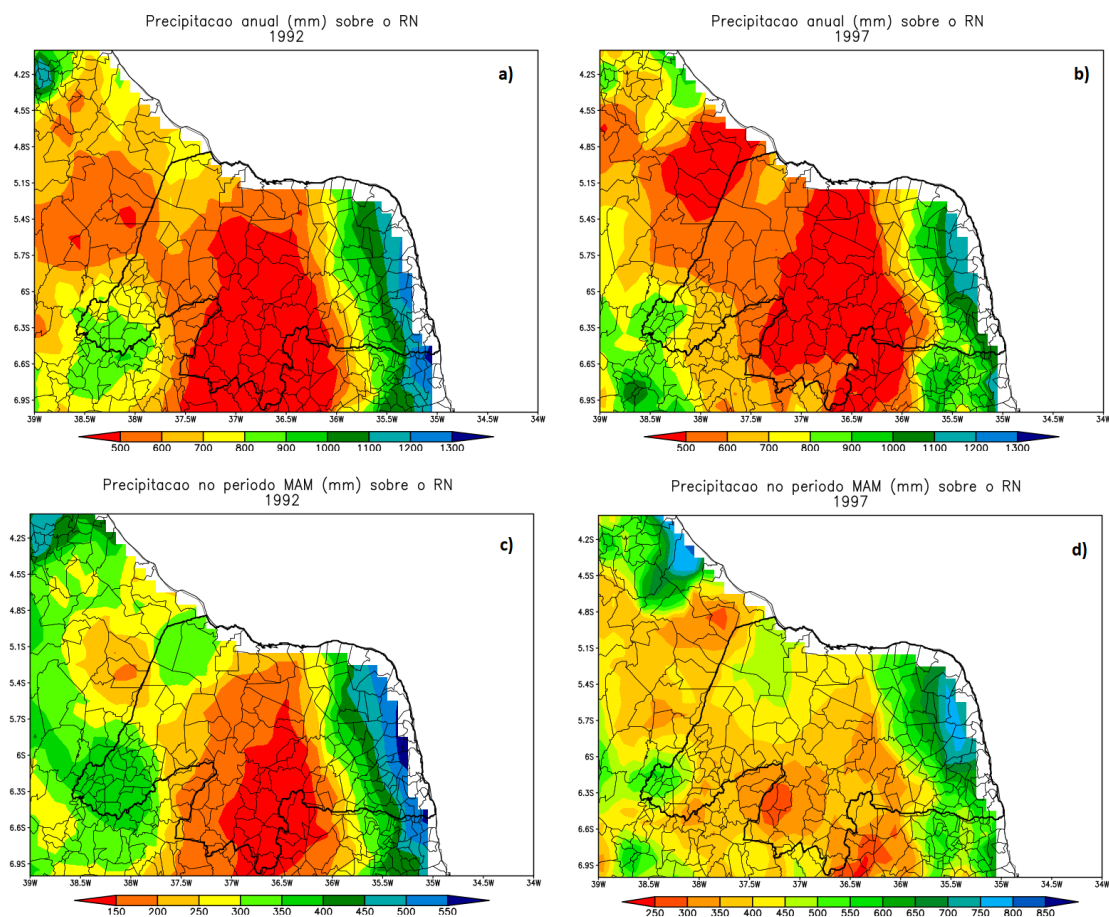
Figura 9: Posição do eixo da ZCIT no período chuvoso em evento de El Niño.



Fonte: Elaborado pelo autor, 2022.

Os anos em questão, 1992 e 1997, apresentam a posição da ZCIT mais ao norte em comparação com a sua climatologia, podendo indicar que a sua atuação na região nordeste não esteja ocorrendo, mais precisamente sobre o estado do RN. Apesar disso não afetou o acumulado anual de precipitação para o ano de 1992, ver imagem 10 (a), tratando-se do litoral. Mas em outras localidades do estado ocorre um déficit. O seu período chuvoso apresenta um déficit no acumulado trimestral se comparamos a climatologia trimestral na Figura 7. O Ano de 1997, ver imagem 10 (b), apresenta um comportamento semelhante a 1992 no acumulado anual e na distribuição dessa precipitação, porém diverge na distribuição e no trimestre MAM.

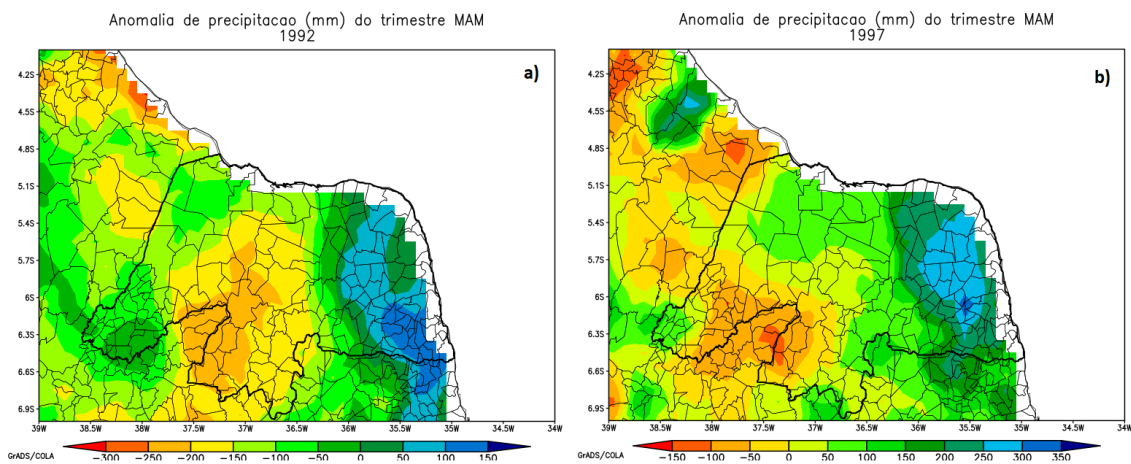
Figura 10: Precipitação anual nos anos de a) 1992 e b) 1997 e acumulado de precipitação no período chuvoso c) MMA 1992 e d) MAM 1997 para o estado do RN.



Fonte: Elaborado pelo autor, 2022.

Esses anos são marcados por um longo período de EN que influenciam na precipitação na região central e oeste do estado. Na Figura 11 temos a anomalia de precipitação dos anos de 1992 e 1997, em comparação com a climatologia para o trimestre (MAM) apresentada na Figura 7, como pode-se observar.

Figura 11: Anomalia de precipitação trimestral (MAM) no ano de a) 1992 e b) 1997.

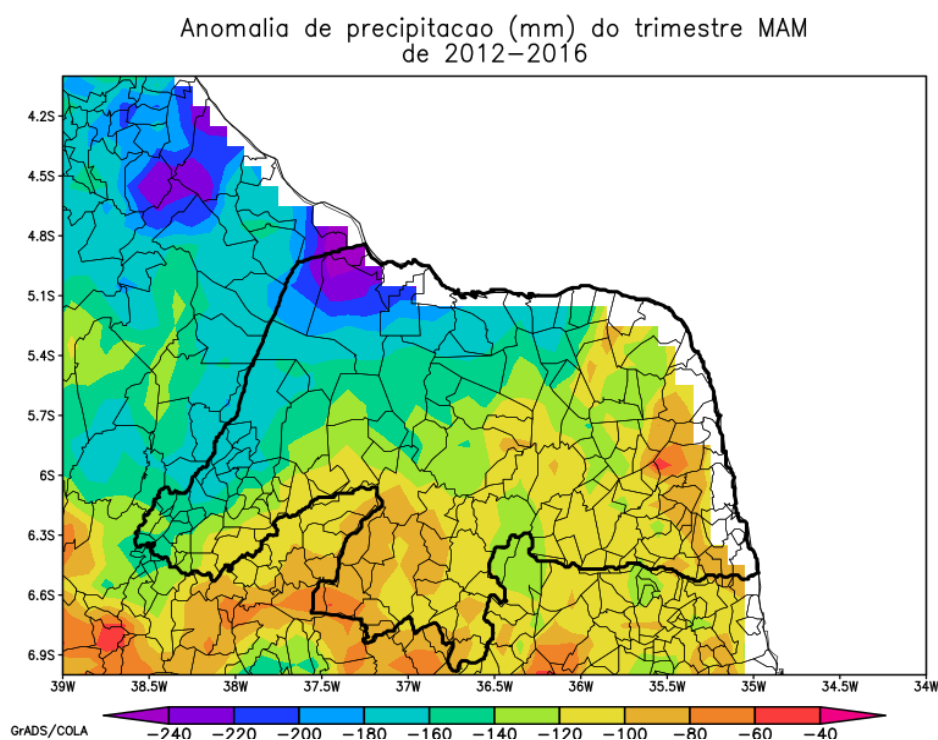


Fonte: Elaborado pelo autor, 2022.

5.1.1 Estudo de caso 2012-2016.

A Figura 12 apresenta o período de seca 2012-2016 que penalizou a região norte do nordeste do Brasil. Será analisado o comportamento da anomalia do estado do RN. Neste período de seca é perceptível que nessa faixa temporal todo o estado sofreu com anomalias negativas em seu acumulado de precipitação no período considerado chuvoso para o estado (MAM) chegando a -240 mm na região Noroeste do estado, mais precisamente o norte da cidade de Mossoró e Baraúna, e a cidade de Tibau. O litoral leste sofreu menos, apresentando valores de cerca de -100 mm.

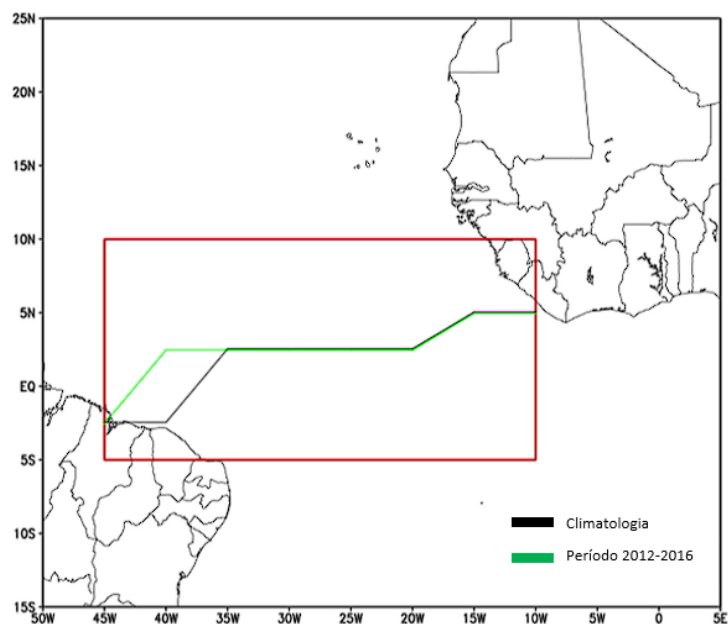
Figura 12: Anomalia para o período considerado seco de 2012-2016.



Fonte: Elaborado pelo autor, 2022.

Avaliando o comportamento da ZCIT na Figura 13, onde temos a sua posição climatológica para o período de MAM e a posição da mesma durante o período de 2012-2016, nota-se que ela se encontra mais ao norte da sua posição climatológica na faixa entre 35°W a 45°W, sendo um dos fatores que podem contribuir para a seca que atingiu a região nordeste. Quando observamos as condições oceânicas de acordo com o INO no período entre 2012-2016, nota-se que temos dois comportamentos, entre 2012-2014 tem-se uma fase neutra e entre 2015-2016 e uma fase de ENOS positiva, conforme também documentado por MEDEIROS; OLIVEIRA; TORRES (2020).

Figura 13: Comparativo das posições climatológicas para o período de MAM do eixo da ZCIT e do período de seca entre 2012-2016.



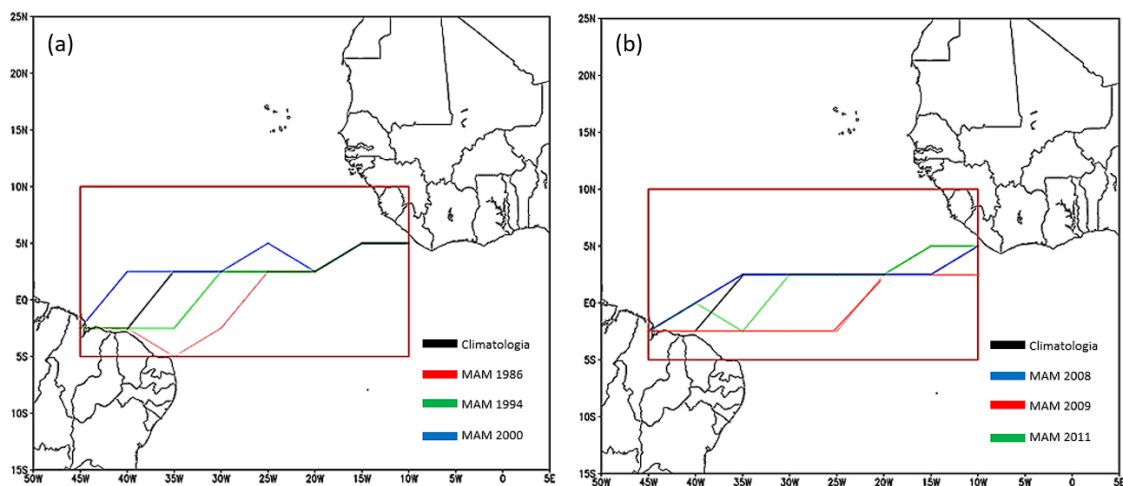
Fonte: Elaborado pelo autor, 2022.

Avaliando o período entre 2012 a 2014, foram influenciados devido às circunstâncias adversas no Oceano Atlântico relacionadas a TSM. Com a influência de anomalias negativas do Atlântico Tropical Sul resultou em uma impossibilidade do deslocamento da ZCIT para o sul. Tendo nesse período sua posição mais ao norte de sua posição climatológica. Já em 2015-2016 foi um período de ocorrência de EN forte onde o evento de EN esteve relacionado com o período de seca juntamente com o Oceano Atlântico Tropical influenciando esses dois anos (MEDEIROS, F. J., 2019).

Analisando as imagens da Figura 14 (a) e (b) podemos ver como estava o eixo da ZCIT se comportando nesses anos em comparação com seu eixo climatológico. Na imagem 14 (a) o período MAM de 1986 apresenta-se muito próximo ao continente, atingindo valores de 5° S, isso pode explicar porque o ano de 1986 foi o que apresentou maior acumulado de precipitação no período 1986-2019. Já o ano de 1994 o eixo atingiu valores de 2,5°S também mais próximo ao continente brasileiro e mais abaixo de sua posição climatológica, em contrapartida o ano de 2000 apresenta seu ponto mais ao sul mais afastado para oeste entre 45°W e 40°W, onde climatologicamente fica entre 40°W e 35°W.

Na imagem 14 (b) temos os anos de 2008, 2009 e 2011. No ano de 2009 temos uma faixa longa do eixo da ZCIT que vai de 45°W a 25°W, se posicionando a 2,5°S, para 2011 o sistema encontra-se mais ao sul de sua climatologia, porém o ano de 2008 encontra-se um pouco mais voltada para o oeste.

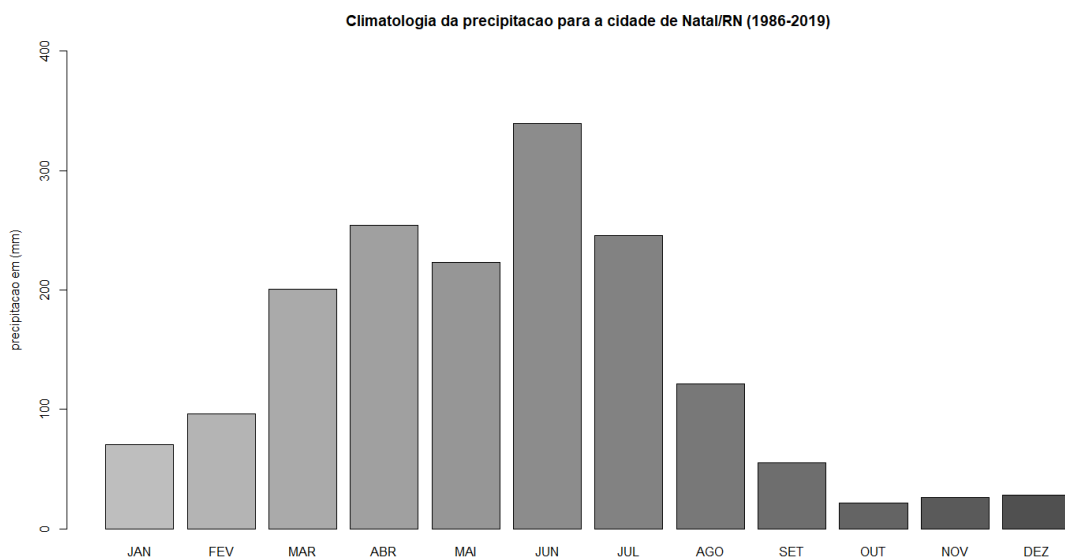
Figura 14: Comparativo das posições climatológicas para o período de MAM do eixo da ZCIT para os anos de 1986,1994,2000 (a) e (b) 2008,2009,2011.



5.2 Análise de extremos de precipitação sobre Natal.

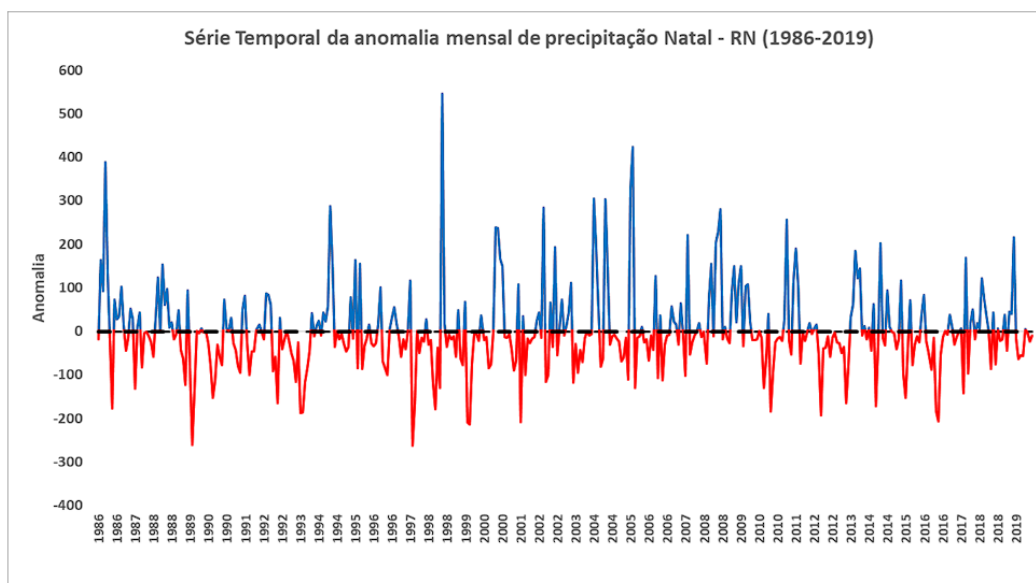
A análise climática do período de 1986 a 2019 apresenta uma distribuição de precipitação bem marcada para a região, com uma média climatologia de precipitação de 1673 mm, como visto na Figura 15, onde seu período mais chuvoso ocorre entre abril a julho e é responsável por 63,03% (1054,5 mm média climatológica para o período chuvoso) de todo o acumulado anual de precipitação.

Figura 15: Média climatológica da precipitação para a cidade de Natal – RN.



Avaliando a série temporal para a cidade de Natal, Figura 16, nota-se que há mais eventos de anomalia de precipitação positivas em relação a precipitação, podendo atingir valores próximos aos 600 mm, essas anomalias positivas ocorrendo dentro do período chuvoso (AMJJ) para a cidade de Natal.

Figura 16: Série temporal da anomalia de precipitação.



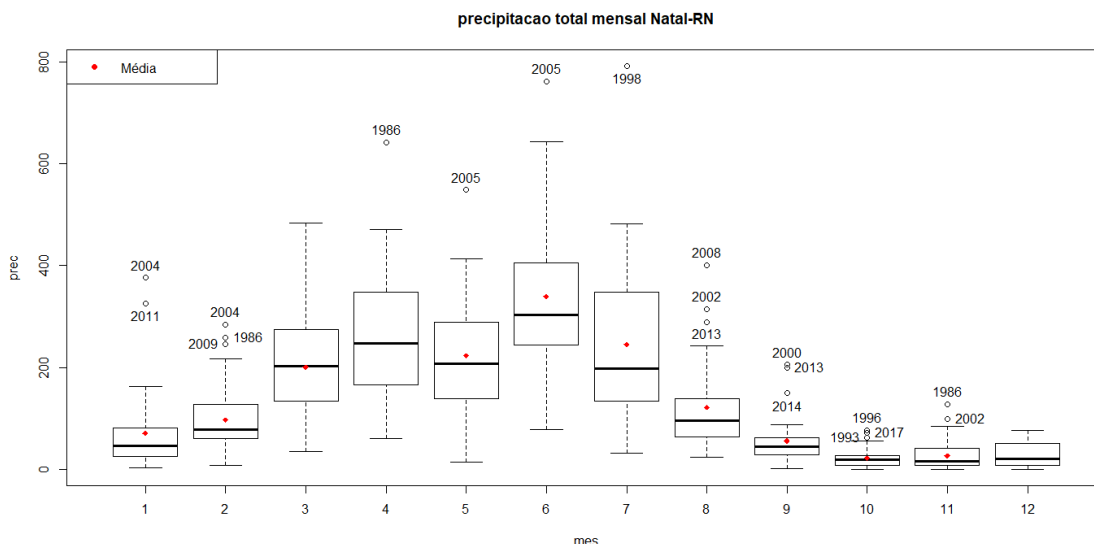
O estudo também mostrou que 24 das 34 observações (cerca de 70,59% do período) a região de Natal classifica sua precipitação entre normal a extremamente chuvoso, dentre as 24 observações 5 são classificadas como “extremamente chuvoso”. Já as 10 observações restantes (29,41%) se classificam entre o restante muito seco e seco.

Tabela 2: Frequência absoluta, acumulada e relativa em % de chuva anual para a cidade de Natal – RN dividida em categorias (1986-2019).

CLASSIFICAÇÃO	PRECIPITAÇÃO (mm)	FREQUÊNCIA ABSOLUTA		FREQUÊNCIA ACUMULADA	
		VALOR	%	VALOR	%
muito seco	849,0 - 1121,8	3	8,82	3	8,82
seco	1121,8 - 1394,6	7	20,59	10	29,41
normal	1394,6 - 1667,5	8	23,53	18	52,94
chuvoso	1667,5 - 1940,3	7	20,59	25	73,53
muito chuvoso	1940,3 - 2213,1	4	11,76	29	85,29
extremamente chuvoso	2213,1 - 2485,9	5	14,71	34	100,00
TOTAL		34	100,00		

Na Figura 17 no boxplot podemos notar vários outliers, 20 no total, podemos assim ver quais foram os anos em que ocorreram precipitações acima da média, como esperado de pontos outliers, no período considerado chuvoso (AMJJ) é visto uma grande variabilidade, como por exemplo no mês mais chuvoso, o mês de junho, apresentando valor mínimo de 77,2 mm e valor máximo de 643,4 mm, desconsiderando o outlier de 762,3 mm.

Figura 17: Boxplot da precipitação com outliers (valores atípicos), onde os pontos em vermelho são a média.



Observando a tabela 3, com destaque para o ano de 1986, quando apresenta-se o maior acúmulo de precipitação anual, atingindo 2485,9 mm, seguido do ano de 2008, apresentando 2485,1 mm. No ano de 1993, temos o menor acumulado de precipitação anual do período, apresentando 849 mm, sendo considerado na classificação apresentada na tabela 2 como muito seco e tendo anomalias negativas de precipitação para o período chuvoso AMJJ de -506,4 mm. Dentre as 4 observações consideradas “muito chuvoso” o ano de 2002, com 2018,1 mm de acúmulo de precipitação, apresenta uma anomalia negativa de -178,6 mm e é classificado como um ano de El Niño, partindo pelo caminho oposto ao esperado, também na tabela 3 foram registrados 21 eventos neutros, 7 eventos de El Niño e 6 eventos de La Niña (Tendo em vista que só foi levado em consideração o período em questão AMJJ, o período de interesse para o estudo). De acordo com a tabela 3 os anos de 1986, 1994, 2000, 2008, 2009, 2011 foram anos nos quais a precipitação anual na cidade de Natal apresentou valores muito acima de sua média, valores acima de dois mil milímetros de precipitação.

Tabela 3: Tabela discriminando cada ano, com seus respectivos acumulados de precipitação no período chuvoso (abril a julho) para a cidade de Natal, total anual de precipitação para cada ano, anomalia de precipitação, classificação da intensidade de sua precipitação e em qual período do ENOS a estação chuvosa (AMJJ) se encontra.

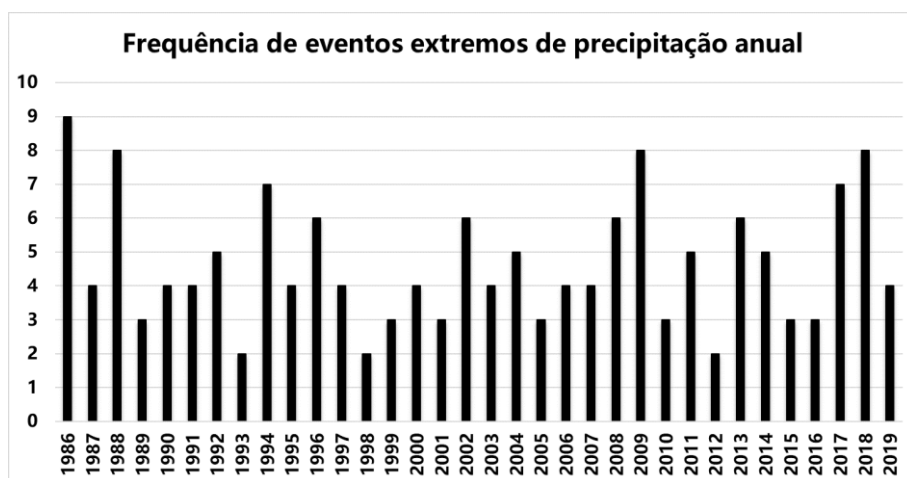
Ano	Total(AMJJ)	Total Anual	Anomalia (AMJJ)	Classificação	ENOS
1986	1381,6	2485,9	327,1	Extremamente Chuvoso	Neutro
1987	1008,5	1496,2	-46,0	Normal	El Niño
1988	1118,1	1884,7	63,6	Chuvoso	La Niña
1989	675,4	1039,4	-379,1	Muito Seco	Neutro
1990	781,3	1226,4	-273,2	Seco	Neutro
1991	1065,6	1364,2	11,1	seco	El Niño
1992	807,7	1527,3	-246,8	Normal	El Niño
1993	548,1	849	-506,4	Muito Seco	Neutro
1994	1581,6	2171,8	527,1	Muito Chuvoso	Neutro
1995	1278,6	1743,6	224,1	Chuvoso	Neutro
1996	910,8	1584,7	-143,7	Normal	Neutro
1997	750,6	1193,4	-303,9	Seco	El Niño
1998	1260,9	1655	206,4	Normal	Neutro
1999	627,9	1105	-426,6	Muito Seco	La Niña
2000	1459,5	2246,1	405,0	Extremamente Chuvoso	La Niña
2001	894,5	1266,6	-160,0	Seco	Neutro
2002	875,9	2018,1	-178,6	Muito Chuvoso	El Niño
2003	777,8	1463,8	-276,7	Normal	Neutro
2004	1370,7	2447	316,2	Extremamente Chuvoso	Neutro
2005	1569,8	1988,4	515,3	Muito Chuvoso	Neutro
2006	1004,9	1536,2	-49,6	Normal	Neutro
2007	1120,9	1761,7	66,4	Chuvoso	La Niña
2008	1637,2	2485,1	582,7	Extremamente Chuvoso	La Niña
2009	1389,2	2340,4	334,7	Extremamente Chuvoso	Neutro
2010	760,3	1183,4	-294,2	Seco	La Niña
2011	1400,4	2188,5	345,9	Muito Chuvoso	Neutro
2012	782,1	1241,2	-272,4	Seco	Neutro
2013	1260,2	1877,1	205,7	Chuvoso	Neutro
2014	1044,7	1756	-9,8	Chuvoso	Neutro
2015	843,4	1414,2	-211,1	Normal	El Niño
2016	569,2	1167	-485,3	Seco	Neutro
2017	1095,5	1654,6	41,0	Normal	Neutro
2018	1055,4	1803,6	0,9	Chuvoso	Neutro
2019	1143,5	1715,3	89,0	Chuvoso	El Niño

Tabela 4: Tabela discriminando cada ano e meses apresentados os valores de precipitação acumulado mensal em cada mês e o acumulado anual, juntamente com as médias pluviométricas de cada mês.

Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Total
1986	52,5	259	292,1	642,4	354,2	317,1	67,9	194,4	82,3	54,8	128	41,2	2485,9
1987	26,4	80,9	251,9	281,4	90,7	347,5	288,9	38,9	50,8	20,7	15,5	2,6	1496,2
1988	12,9	127,8	323,5	NA	375,4	400,4	342,3	128,4	75,3	3,5	19,6	75,6	1884,7
1989	28,1	35	76,9	348,1	138	77,9	111,4	122,1	50,5	27,4	24	NA	1039,4
1990	43,2	17,9	47,1	141,2	192,1	280,7	167,3	194,4	62,1	22,7	56,5	1,2	1226,4
1991	27,1	16,4	106,1	304,3	304,9	311,7	144,7	74,9	9,4	23,6	41,1	NA	1364,2
1992	51,8	182,3	283	315,3	131,7	280,3	80,4	151,5	14,5	3,9	26,7	5,9	1527,3
1993	21,6	29,6	85	229,4	34,9	154	129,8	35,8	10,9	62,2	15,5	40,3	849,0
1994	94,5	87	242,6	275,7	279,1	627,2	399,6	85,1	57,2	3,8	19,9	0,1	2171,8
1995	24,6	60,7	277,4	237,4	386,4	254,4	400,4	34,8	21,6	4,2	41,3	0,4	1743,6
1996	36,7	69,7	216,2	355,5	154,5	255	145,8	125,4	86,9	76,9	44,9	17,2	1584,7
1997	12,3	78,2	160,1	255,7	339	77,2	78,7	122,4	5,3	6	2,7	55,8	1193,4
1998	39,5	76,3	81,4	74,7	185,4	209	791,8	138,7	19	13,7	8,5	17	1655,0
1999	12,6	143,6	139,2	175,8	289,5	131,5	31,1	46,5	50,8	14,5	5,4	64,5	1105,0
2000	50	84	114,9	177,4	222,4	577,4	482,3	288,8	205,1	8,7	12,1	23	2246,1
2001	30,1	6,8	133,8	360,9	14,4	373,8	145,4	104,4	28,4	4,7	12,7	51,2	1266,6
2002	113,9	82,3	483,8	137,7	122,9	405,6	209,7	314,4	1	29,2	98,2	19,4	2018,1
2003	84,1	139,9	312	136,8	194,4	244,3	202,3	51,2	38,5	21,7	16,1	22,5	1463,8
2004	376,3	284,2	252	172,5	160,9	643,4	393,9	90,1	44,4	14,4	10,1	4,8	2447,0
2005	2	36,4	186,3	144	548,3	762,3	115,2	106,8	43,9	31,6	1,2	10,4	1988,4
2006	4,2	87,2	157,4	380,7	115,3	375,5	133,4	90,5	45,2	13,4	83,5	49,9	1536,2
2007	86,3	66	265	247,7	120,9	560,5	191,8	95,8	46,3	20,2	45,2	16	1761,7
2008	69,2	22,4	275,5	409,3	212,3	542,3	473,3	401,3	37,8	31,8	9,5	0,4	2485,1
2009	162,1	245,4	220,6	364,3	372,3	304,7	347,9	229,2	76,7	1	6,7	9,5	2340,4
2010	70,9	81,4	69,9	191	262,6	155,2	151,5	95,3	38,5	8,2	4,2	54,7	1183,4
2011	326,1	76,5	146,7	371,6	413	445,4	170,4	118,8	33,3	20,8	44	21,9	2188,5
2012	76,5	110,9	146,2	60,7	184,4	302,1	234,9	63,4	41,6	18,4	0,7	1,4	1241,2
2013	20,2	59,8	35,1	175,6	254,9	399,1	430,6	242	200	11,1	38,6	10,1	1877,1
2014	79	52,1	262,1	81,9	191	540,4	231,4	89,7	149	30,7	24,8	23,9	1756,0
2015	30,3	77,7	317	156,1	69,6	301,2	316,5	43,1	24,4	10,8	0,4	67,1	1414,2
2016	153,9	73,8	152,6	166,4	207,9	156,3	38,6	68,6	42,2	22,7	19	65	1167,0
2017	80,6	65	187,2	254,1	229,4	197,7	414,3	24,3	74,4	71,8	8,9	46,9	1654,6
2018	76,6	217,2	274,4	290,2	223,3	252,8	289,1	45	61,2	0	7,5	66,3	1803,6
2019	25,4	141,5	239,7	470,7	206,7	275,6	190,5	64,7	60,4	19,6	2,6	17,9	1715,3
Média	70,63	96,32	200,4	254,1	223	339,40	245,39	121,20	55,56	21,43	26,34	28,25	1673,0

Fonte: Elaborador pelo autor, 2022.

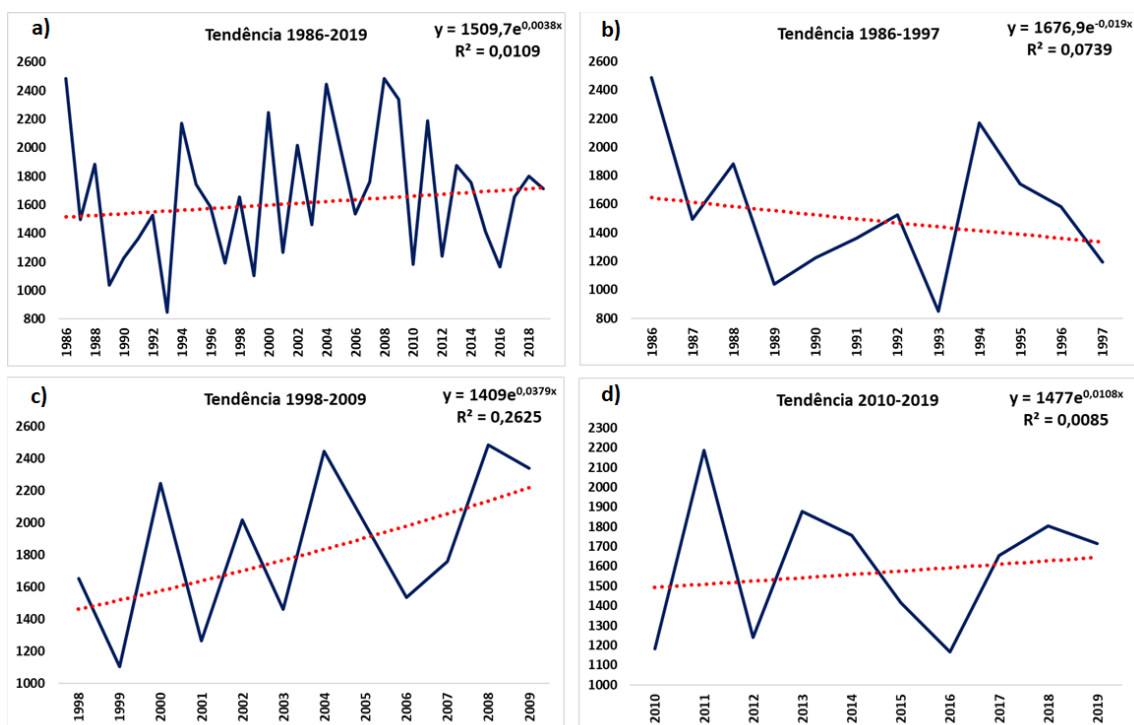
Figura 18: Gráfico da frequência de eventos extremos de precipitação anual.



Fonte: Elaborado pelo autor, 2022.

Fazendo a utilização do gráfico da Figura 18 junto com a tabela 3 e 4 teremos uma conclusão mais clara que os anos que são classificados como “chuvoso, muito chuvoso e extremamente chuvoso” apresentam maiores frequências de meses onde o acumulado de precipitação se mostrou acima da média climatológica, e com o auxílio da tabela 4 pode-se ver quais foram os meses onde os valores acumulados de precipitação mensal ultrapassaram a média climatológica do mês em questão. O ano de 1986 apresentou 9 meses onde a precipitação foi acima da média, fevereiro a maio e de agosto a dezembro, começando antes do período chuvoso e seguindo no período seco da cidade de Natal. Os anos de 1988, 2009 e 2018 apresentam 8 meses com esse comportamento. O ano de 1988 tem sua concentração iniciando em maio e seguindo até setembro, dentro da estação chuvosa e estendendo-se até o período seco, em contrapartida 2009 e 2018 apresentam essa concentração fora do período chuvoso, iniciando em janeiro e seguindo até maio. Os anos de 1994 e 2017 com 7 meses. 1994 tendo sua maior concentração nos meses de março a julho, ou seja, tendo sua estação chuvosa marcado por valores acima da climatologia.

Figura 19: Tendência do comportamento da precipitação na cidade de Natal - RN.



Fonte: Elaborado pelo autor, 2022.

Temos uma tendência de aumento nos eventos de precipitação classificados como “chuvoso, muito chuvoso e extremamente chuvoso”. No período entre 1986 a 1997 temos mais períodos de EN na estação chuvosa, sendo 4 eventos nos anos de 1987, 1991, 1992, 1997 e dentro desse período temos 5 anos que são eles 1989, 1990, 1991, 1993, 1997 que estão na classificação entre “Muito seco e Seco”. Para o período de 1998 a 2009 temos 4 eventos de LN sendo eles

os anos de 1999, 2000, 2007, 2008, e 7 anos que estão classificados como “chuvoso, muito chuvoso e extremamente chuvoso” que são os anos 2000, 2002, 2004, 2005, 2007, 2008, 2009. E para o período de 2010 a 2019 predomina a neutralidade, 7 anos considerados neutros, porém 5 anos estão como chuvoso, muito chuvoso e extremamente chuvoso, 2011, 2013, 2014, 2018, 2019.

6. CONCLUSÕES

Levando em consideração os resultados adquiridos durante o estudo, pode-se afirmar que o ENOS tem influência significativa na precipitação acumulada anual no estado do Rio Grande do Norte, conforme também destacado por MEDEIROS et al., (2022) quando se avalia o macro. E quando avaliamos a capital também se nota uma influência, pôr a cidade de Natal se encontrar na região litorânea do estado. A outros fatores que também influenciam na precipitação, salientando que avaliar o regime de precipitação de uma região não está atrelado a um único sistema meteorológico. Em anos considerados extremamente chuvoso, muito chuvoso e chuvoso parte deles a ocorrência de eventos de ENOS ocorreu durante todo o ano ou em grande parte dele, exemplo o ano de 2000, onde todo ele foi marcado por um período de LN, que se iniciou em JJA de 1998. o Ano de 2008 onde grande parte do ano é marcado também pelo mesmo evento e 2011 que também segue o mesmo padrão. Em relação a posição do eixo da ZCIT os anos de 1986 e 1994 mostram que para o período chuvoso MAM, avaliados pelo Xavier, o eixo convectivo se encontrava abaixo da sua climatologia, ou seja, mais próximo da região nordeste do que de costume, podendo assim explicar o motivo do acumulado anual de precipitação ter sido muito elevado nesses anos em questão. Quando avaliasse os anos considerados muito secos, como 1989, 1993 e 1999 não é vista uma relação esperada com o ENOS, como visto em 1999 onde todo o ano foi considerado LN. Tratando-se do ano de 1989 avaliando a distribuição de precipitação no RN a região litorânea sofreu com uma diminuição no seu acumulado anual em contrapartida as demais regiões, agreste, central e oeste, tiveram seus valores acima da média anual.

Quando verificamos os valores do (INO) para o período seco, que ocorreu entre 2012-2016 só o ano de 2015 apresenta em todo o seu período um evento de EN, quando avaliamos o período chuvoso da cidade de natal e do estado do RN, vemos que para a cidade de Natal, somente o ano de 2013 não apresentou déficit de precipitação em seu período chuvoso e quando olhamos para o RN, temos que durante todo o período de chuva para o estado temos a presença de um déficit de precipitação. Outra variável avaliada foram os valores de radiação de onda longa, que utilizamos dentre um de vários métodos, para definir o posicionamento da ZCIT, e temos que nesse período ela se encontrou acima da sua posição climatológica.

Em períodos de ocorrência de EN na temporada chuvosa do estado, o comportamento da posição da ZCIT se apresenta mais ao norte em relação a sua climatologia, afetando a qualidade chuvosa do estado.

A avaliação da precipitação na cidade de Natal, foi vista uma tendência no aumento dos eventos classificados como “chuvoso, muito chuvoso e extremamente chuvoso”. A cidade apresenta mais de 70% de seu período climatológico com valores de precipitação na média ou acima da média. Apresentando uma média de 1673 mm, tendo seu período chuvoso ocorrendo entre abril a julho, sendo este responsável por 63,03% de todo o acumulado anual de precipitação, o período entre abril a julho é responsável por 1054,5 mm, sendo este valor a média climatológica para o período chuvoso.

REFERÊNCIAS

- ACEITUANO, P. On the functioning of the southern oscillation in the South American sector - part I: surface climate. **Monthly Weather Review**, v. 116, n. 3, p. 505-524, 1988.
- ALVARES, C.A.; STAPE, J.L.; SENTELHAS, C.; GONÇALVES, J.L.M. & SPAROVEK, G. 2013. Köppen's climate classification map for Brazil, *Meteorologische Zeitschrift*, 22(6):711-728. DOI 10.1127/0941-2948/2013/0507.
- BARROS, J.D.; FURTADO, M.L.S.; COSTA, A.M.B.; MARINHO, G.S.; SILVA, F.M. Sazonalidade do vento na cidade de Natal–RN pela distribuição de weibull. *Sociedade e Território*, Natal, v. 25, n. 2, ed. esp., p. 78-92, jul./dez. 2013.
- BJERKNES, J. Atmospheric Teleconnections from the Equatorial Pacific. **Monthly Weather Review**, v. 97, n.3, march 1969.
- CITEAU, J; BERGÉS, J. C.; DEMARCQ, H.; MAHÉ, G., 1988a. Position de la Zone de Convergence a 28 N et température de surface de l'océan. **Veille Climatique Satellitaire**.
- CITEAU, J; BERGÉS, J. C.; DEMARCQ, H.; MAHÉ, G., 1988b. The watch of ITCZ migrations over tropical Atlantic as an indicator in drought forecast over Sahelian area. **Ocean-Atmosphere Newsletter**.
- COELHO, C. A. S.; UVO, C. B.; AMBRIZZI, T. Exploring the impacts of the tropical Pacific SST on the precipitation patterns over South America during ENSO periods. **Theoretical and applied climatology**, v. 71, n. 3-4, p. 185-197, 2002.
- FERREIRA, N. S. Zona de convergência intertropical. **Boletim do Climanálise Especial - Comemoração dos 10 anos, São Paulo - 1996**. Disponibilizado em: http://climanalise.cptec.inpe.br/~rclimanl/boletim/cliesp10a/zcit_1.html Acesso em: 31 ago. 2022.
- FOLLAND, C. K. et al. Predictability of northeast Brazil rainfall and real-time forecast skill, 1987 – 98. **Journal of Climate**, v. 14, p. 1937–1958, 2001.
- GREISCHAR, L.; HASTENRATH, S. The rainy seasons of the 1990s in northeast Brazil: Real-time forecasts and verification. **J. Climate**, v.13, p.3821-3826. 2000.
- GU, G.; ADLER, R. F. Interannual variability of boreal summer rainfall in the equatorial Atlantic. **International Journal of Climatology**, v. 29, p. 175-184, 2009
- HASTENRATH, S; Heller, L., 1977. Dynamics of climatic hazards in Northeast Brazil. **Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society**. Oceans. University of Wisconsin Press, 177 p.

HASTENRATH, S. Climate and circulations on the tropics. Dordrecht: D. Reidel Publishing Company, 1985, 455 p.

HASTENRATH, S., 1984: Interannual variability and annual cycle: mechanisms of circulation and climate in the tropical Atlantic. *Mon. Wea. Rev.*, 112, 1097-1107.

HARZALLAH, A., ROCHA DE ARAGÃO, J.O. and SADOURNY, R. (1996), INTERANNUAL RAINFALL VARIABILITY IN NORTH-EAST BRAZIL: OBSERVATION AND MODEL SIMULATION. *Int. J. Climatol.*, 16: 861-878. [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1097-0088\(199608\)16:8<861::AID-JOC59>3.0.CO;2-D](https://doi.org/10.1002/(SICI)1097-0088(199608)16:8<861::AID-JOC59>3.0.CO;2-D)

KAYANO, M.T.; ANDREOLI, R.V. Clima da região Nordeste do Brasil. In: Tempo e clima no Brasil. Cavalcanti, I. F. de A. (Org). São Paulo: **Oficina de Textos**, Acesso em: 08 out. 2022., 2009

LAMB, P. Large-scale tropical Atlantic circulations patterns associated with Subsaharan weather anomalies. *Tellus*, 30(3):240-251, 1978b.

LUCENA, R. L., CABRAL JÚNIOR, J. B., & STEINKE, E. T. (2018). Comportamento Hidroclimatológico do Estado do Rio Grande do Norte e do Município de Caicó. *Revista Brasileira de Meteorologia*, 33, 485-496. <https://doi.org/10.1590/0102-7786333008>

MEDEIROS, T.H.L. **Evolução geomorfológica (des)caracterização e formas de uso das lagoas da cidade do Natal - RN**. Dissertação (mestrado Geodinâmica e Geofísica) - Centro de Ciências exatas e da Terra - Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, p.18.2003.

OLIVEIRA, P. T.; SANTOS E SILVA, C. M.; LIMA, K. C.. Climatology and trend analysis of extreme precipitation in subregions of Northeast Brazil. **Theoretical and Applied Climatology**, [S.l.], v. 130, n. 1-2, p. 77-90, Oct. 2017.

MEDEIROS, F. J.; LIMA, K. C.; CAETANO, D. A.; SILVA, F. J. O.. Impacto da Variabilidade Interanual da Precipitação nos Reservatórios do Semiárido do Nordeste do Brasil. **Anuário do Instituto de Geociências**, Rio de Janeiro, RJ, v. 41, n. 3, p. 731-741, 2018.

MEDEIROS, Felipe Jeferson de. **Aspectos dinâmicos da atmosfera associados a seca de 2012- 2016 no Nordeste do Brasil**. 2019. 100f. Dissertação (Mestrado em Ciências Climáticas) - Centro de Ciências Exatas e da Terra, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2019.

MEDEIROS et al., (2020) - Numerical simulation of the circulation and tropical teleconnection mechanisms of a severe drought event (2012-2016) in Northeastern Brazil. **Clim. Dyn.** 54, 4043-4057. <https://doi:10.1007/s00382-020-05213-6>

MEDEIROS; OLIVEIRA (2021) - Dynamical aspects of the recent strong El Niño events and its climate impacts in Northeast Brazil. **Pure Appl Geophys** 178:2315-2332. <https://doi.org/10.1007/s00024-021-02758-3>

MEDEIROS et al., (2021) - Hydrometeorological conditions in the semiarid and east coast regions of Northeast Brazil in the 2012–2017 period. **An Acad Bra Cienc** 93:e20200198. <https://doi.org/10.1590/0001-3765202120200198>

MEDEIROS, Tásia Hortêncio de Lima. Evolução **geomorfológica, (des)caracterização e formas de uso das Lagoas da cidade do Natal-RN. 2001**. 105 f. Dissertação (Mestrado em Geodinâmica; Geofísica) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2001.

Medeiros, F.J., Oliveira, C.P., Torres, R.R., 2020. Climatic aspects and vertical structure circulation associated with the severe drought in Northeast Brazil (2012-2016). **Clim. Dyn.** 55, 2327-2341. <https://doi.org/10.1007/s00382-020-05385-1>

Mendes, David & Veiga, José & Moura, Rildo & Gondim, Mariglaudio & Ceballos, Juan. (2000). Monitoramento da zona de convergência intertropical (ZCIT) através de dados de temperatura de brilho e radiação de onda longa (ROL) - **Scientific Figure on ResearchGate**. Available from: https://www.researchgate.net/figure/Oscilacao-media-diaria-da-ZCIT-comparada-com-a-media-climatologica-para-quatro-pontos_fig3_37679604 [accessed 26 Nov, 2022]

MOURA, A. D.; SHUKLA, J., 1981. On the dynamics of the droughts in Northeast Brazil: Observations, theory and numerical experiments with a general circulations model. **Journal of the Atmospheric Science**, 38(12):2653-2673.

MOLION, L.C.B.; BERNARDO, S.O. Uma revisão da dinâmica das chuvas no Nordeste brasileiro. **Revista Brasileira de Meteorologia**, vol. 17, n. 1, p. 1-10, 2002.

NÓBREGA, R.S.; SANTIAGO, G.A.C.F. Tendência de temperatura na superfície do mar nos oceanos Atlântico e Pacífico e variabilidade de precipitação em Pernambuco. *Mercator*, v. 13, n. 1, p. 107-118, 2014.

PARKER, TERESA & BERRY, GARETH & REEDER, MICHAEL & NICHOLLS, NEVILLE. (2014). Modes of Climate Variability and Heat Waves in Victoria, Southeastern Australia. **Geophysical Research Letters**. 41. 10.1002/2014GL061736

PHILANDER S. El Niño, La Niña, and the Southern Oscillation. Volume 46 de International geophysics series, ISSN 0074-6142. Academic Press, 1990.

PHILANDER, S. El Niño Southern Oscillation phenomena. *Nature* **302**, 295–301 (1983). <https://doi.org/10.1038/302295a0>

TEDESCHI, R.G.; GRIMM, A.M.; CAVALCANTI, I.F.A. Influence of Central and East ENSO on extreme events of precipitation in South America during austral

spring and summer. **International Journal of Climatology**, v. 35, p. 2045- 2064, 2014.

UVO, C. B. **A Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) e sua relação com a precipitação da Região Norte do Nordeste Brasileiro. 1989.** 81 f. Dissertação (Mestrado em Meteorologia) – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos. (INPE-4887 - TDL/378).

VALADÃO, C.E.A.; LUCIO, P.S.; CHAVES, R.R.; CARVALHO, L.M.V. MJO Modulation of Station Rainfall in the Semiarid Seridó, Northeast Brazil. **Atmospheric and Climate Sciences**, n. 5, p. 408-417, 2015.

VAREJÃO-SILVAM M. A. **Meteorologia e climatologia: versão digital 2.** Recife: 2006.

WALKER, GT. Ceará (Brazil) famines and the general air movement. **Beitrag zur Physik der freien Atmosphere**, 1928; vol.14, p.88-93.

XAVIER, A. C.; KING, C. W.; SCANLON, B. R. Daily gridded meteorological variables in Brazil (1980-2013). **ANAIS DO SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO**, 2017.
<http://urlib.net/ibi/8JMKD3MGP6W34M/3PS44GC>