



UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA AGROALIMENTAR
UNIDADE ACADÊMICA DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA AMBIENTAL
CURSO DE ENGENHARIA AMBIENTAL

LÍGIA REJANE ARAÚJO ALVES

**O IMPACTO DO EL NIÑO SOBRE AS PRECIPITAÇÕES
DE MUNICÍPIOS DO SERTÃO PARAÍBANO**

Pombal - PB
2016

LIGIA REJANE ARAÚJO ALVES

**O IMPACTO DO EL NIÑO SOBRE AS PRECIPITAÇÕES
DE MUNICÍPIOS DO SERTÃO PARAÍBANO**

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao curso de Engenharia Ambiental da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Ambiental.

Orientadora: Prof.^a Dra. Virgínia de Fátima Bezerra Nogueira

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA BIBLIOTECA CENTRAL DA UFCG

A474i Alves, Ligia Rejane Araújo.
O impacto do El Niño sobre as precipitações de municípios do
Sertão Paraibano / Ligia Rejane Araújo Alves. – Pombal, 2016.
46f. : il. color.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia
Ambiental) – Universidade Federal de Campina Grande, Centro de
Ciências e Tecnologia Agroalimentar, 2016.

"Orientação: Profa. Dra. Virgínia de Fátima Bezerra Nogueira".
Referências.

1. Engenharia Ambiental. 2. Precipitações (Sertão-PB). 3. El
Niño (Climatologia). 4. Secas (Variabilidade Interanual). I.
Nogueira, Virgínia de Fátima Bezerra. II. Universidade Federal de
Campina Grande, Pombal (PB). III. Título.

CDU 62:504(043)

LÍGIA REJANE ARAÚJO ALVES

**O IMPACTO DO EL NIÑO SOBRE AS PRECIPITAÇÕES DE
MUNICÍPIOS DO SERTÃO PARAÍBANO**

BANCA EXAMINADORA

Prof^ª. Dra. Virgínia de Fátima Bezerra Nogueira
UFCG/UACTA

Prof^ª. Dr^ª. Aline Costa Ferreira
UFCG/UACTA

Dr. Valner da Silva Nogueira
Campina Geotec

Pombal-PB, 28 de Setembro de 2016.

Dedico este trabalho primeiramente a DEUS, pelo o fôlego de vida, sem o qual nada seria possível. Por ter me permitido chegar até aqui e ter me ajudado em todos os momentos, a minha família pelo apoio e todos os professores, em especial Prof^a. Dra. Virgínia de Fátima Bezerra Nogueira.

Mas aqueles que esperam no Senhor renovarão as suas forças e subirão com asas como águia; correrão e não se cansarão; caminharão e não se fatigarão.

Isaías 40:31

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a DEUS por ter me proporcionado a oportunidade de ingressar numa universidade e me permitir chegar a conclusão deste curso, por seu o meu maior encorajador, que todo o aprendizado, lutas e vitórias sejam pra glória do teu santo nome.

Ao meu pai *in memoriam*, pelo exemplo que me deixou, pela paciência e dedicação e por sempre incentivar na minha educação, que apesar de não está ao meu lado nesse momento tão importante, contribuiu grandemente para que ele se realizasse.

A minha mãe que me ensinou a beleza das palavras quando ainda não sabia ler, pelo exemplo de mulher guerreira, pelo incentivo, cuidado nas horas difíceis e de cansaço e por estar sempre ao meu lado.

A todos os meus irmãos pelo companheirismo e pelo apoio, em especial a minha irmã Maria por estar sempre ao meu lado, por ser além de irmã, uma amiga a qual tenho imensa admiração e amor.

A todos os meus amigos e colegas, em especial Jessica, Joelma, Kellyanne, Silvana e Maysa.

A minha orientadora, Dra. Virgínia de Fátima Bezerra Nogueira e a todos da banca examinadora.

A todos os professores pela transmissão de conhecimento, a todas as pessoas que fazem parte da coordenação e direção do CCTA-UFCG.

A todos aqueles que direta ou indiretamente contribuíram para a realização desse sonho.

RESUMO

A presente pesquisa teve como objetivo analisar se existe correlação entre a TSM do oceano pacífico equatorial e a precipitação de diferentes municípios do sertão da Paraíba. Utilizou-se dados de precipitação de 1994 a 2015 de 19 estações. Foi realizada uma climatologia com os 22 anos e determinou-se os períodos chuvoso e seco e foi obtida a correlação entre os dados de precipitação e os valores de TSM das áreas dos Niño's. Os principais resultados encontrados foram que o período chuvoso na maioria das estações compreende os meses de janeiro a maio e em anos de eventos El Niño as precipitações tendem a ser abaixo da média e a área do oceano pacífico equatorial que mais se correlaciona com as chuvas do sertão é a do Niño 4.

Palavras-chave: Secas, Variabilidade Interanual, Correlação simultânea.

ABSTRACT

The present research aimed to assess whether there is correlation between the equatorial Pacific SST and precipitation in different municipalities of the sertão of Paraíba. Precipitation data was used from 1994 to 2015 of 19 seasons. It was performed a climatology with 22 years and it was rainy and dry periods and correlation was obtained between the data of precipitation and SST values of the areas of the Niño's. The main findings were that the rainy season in most stations covers the months from January to may and in years of El Niño events, precipitation tend to be below average and the area of the equatorial Pacific Ocean that most correlates with the rains of the Outback is Niño 4.

Keywords: drought, Interannual Variability, simultaneous Correlation.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Representação esquemática do oceano e da atmosfera na região do Pacífico	18
Figura 2 - Localização do estado da Paraíba	21
Figura 3 - Postos pluviométricos selecionados.....	22
Figura 4 – Regiões dos Niños no Pacífico Equatorial	24
Figura 5 - Postos pluviométricos: (A) Água Branca, (B) Aguiar, (C) Brejo do Cruz, (D) Cajazeiras.....	26
Figura 6 - Postos pluviométricos: (A) Catolé do Rocha (B) Condado (C) Emas (D) Imaculada.....	27
Figura 7 - Postos pluviométricos: (A) Itaporanga (B) Lagoa (C) Malta (D) Manaíra ...	27
Figura 8 - Postos pluviométricos: (A) Mãe D'água (B) Passagem (C) Princesa Isabel (D) Santa Terezinha	28
Figura 9 - Postos pluviométricos: (A) Santana de Mangueira (B) São José de Piranhas (C) Uiraúna	28
Figura 10 - Anomalias de precipitação do posto pluviométrico de Cajazeiras	32
Figura 11 - Anomalias de precipitação do posto pluviométrico de Condado	33
Figura 12 - Anomalia de precipitação do posto pluviométrico de Itaporanga	33
Figura 13 - Anomalia de precipitação do posto pluviométrico de Malta	34
Figura 14 - Anomalia de precipitação do posto pluviométrico de Manaíra	35
Figura 15 - Anomalias de precipitação do posto pluviométrico de Princesa Isabel.....	35
Figura 16 - Anomalia de Precipitação do posto pluviométrico de Santana de Mangueira	36
Figura 17 - Anomalias de precipitação do posto pluviométrico de São José de Piranhas	36

LISTAS DE TABELAS

Tabela 1 - Dados dos postos pluviométricos	22
Tabela 2 – Precipitação média mensal do período chuvoso (1994 a 2015)	30
Tabela 3 – Contribuição percentual (%) média dos 22 anos das estações para o total anual	31
Tabela 4 – Anos que apresentaram eventos do El Niño	31
Tabela 5 – Anomalias de precipitação de 1994 a 2015.	38
Tabela 6 – Correlações e áreas dos Niños	39
Tabela 7 – Estatística dos dados de Manaíra	39

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	11
2 OBJETIVOS	13
2.1 GERAL	13
2.2 ESPECÍFICOS	13
3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	14
3.1 VARIABILIDADE DA PRECIPITAÇÃO NO NORDESTE DO BRASIL	14
3.2 SISTEMAS ATMOSFÉRICOS QUE AFETAM A PRECIPITAÇÃO NA PARAÍBA	15
3.2.1 Zona de Convergência Intertropical	16
3.2.2 Ondas de Leste	16
3.2.3 Vórtices Ciclones de Ar Superior	17
3.3 VARIABILIDADE INTERANUAL DA PRECIPITAÇÃO NO NEB	18
3.4 TÉCNICAS DE COMBATE AOS EFEITOS DAS SECAS	19
4 MATERIAL E MÉTODOS	21
4.1 LOCALIZAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	21
4.2 ORIGEM DOS DADOS	21
4.3 METODOLOGIA	23
4.3.1 Determinação do Período Chuvoso	23
4.3.2 Variabilidade Interanual da Precipitação	23
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	26
5.1 DETERMINAÇÃO DO PERÍODO CHUVOSO	26
5.2 REGIME PLUVIOMÉTRICO E VARIABILIDADE DA PRECIPITAÇÃO	31
5.3 ANÁLISE ESTATÍSTICA DA CORRELAÇÃO DA PRECIPITAÇÃO COM AS REGIÕES DO EL NIÑO	38
6 CONCLUSÕES	40

SUGESTÕES PARA FUTUROS TRABALHOS	41
REFERENCIAS	42

1 INTRODUÇÃO

O ciclo anual das chuvas no Nordeste do Brasil (NEB) é marcado pelo movimento migratório latitudinal da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) sobre o Atlântico Equatorial. A ZCIT tem influência primordial no clima de várias regiões nos trópicos, incluindo o norte do NEB.

A posição da ZCIT em um dado mês está relacionada a fatores de grande escala. (COELHO; GAN; CONFORTE, 2004). Essa variação na posição da ZCIT pode resultar em períodos de estiagem ou de chuvas intensas sobre o sertão nordestino durante a estação chuvosa. (PEREIRA; CAVALCANTI, 2014).

Grandes secas e anos mais chuvosos estão associados na maioria das vezes a eventos atmosférico-oceânicos como o El Niño e o La Niña. Esses fenômenos modulam a precipitação em parte das Regiões Norte, Nordeste e Sul do Brasil. (SANTOS et al., 2012).

Um estudo pioneiro realizado por Walker (1928) indicou a possível relação entre o aquecimento anômalo das águas superficiais no Pacífico equatorial e as secas do Nordeste do Brasil (NEB), (ANDREOLI; KAYANO, 2007). A partir daí vários estudos tem sugerido que sob condições de El Niño a circulação de Walker é deslocada para leste e seu ramo descendente localiza-se sobre o NEB e Atlântico Tropical (AT) inibindo a convecção. (KOUSKY et al., 1984; REIS, 2006).

As caracterizações desses eventos se referem ao aquecimento e resfriamento das águas do Oceano Pacífico Equatorial. O El Niño é uma anomalia positiva da temperatura da superfície do Oceano Pacífico. (MOLION, 2002). Em condições contrárias a esse evento, quando as águas do Oceano Pacífico se resfriam fora do normal em média de 2 a 3 °C, essa condição é definida como La Niña e aumenta a precipitação pluvial da região. (MARENGO, 2006).

Os impactos sociais e econômicos associados às secas severas no NEB foi objeto de estudo de vários trabalhos que relacionaram à ocorrência do El Niño. Devido ao fato que em alguns anos de El Niño (fortes ou moderados) ocorreram secas severas no NEB (ANDREOLI et al., 2004). Entretanto, há discordância entre a existência de uma relação direta entre as ocorrências de El Niño e as secas no NEB (SILVA; SOUZA; KAYANO, 2009; REIS, 2006). Reis (2006) mostrou que dos 46 El Niños (fortes e moderados) do período de 1849-1992, somente 21 (45%) estiveram associados a secas severas em Fortaleza-CE.

Além disso, existem quatro áreas diferentes sobre a superfície do mar do Oceano Pacífico que quando anormalmente aquecidas resultam em El Niño's (1+2, 3, 4 e 3.4) que podem ter relações diferenciadas com estações do NEB.

De acordo com o INPE (2013) os pesquisadores responsáveis pela observação da Temperatura da Superfície do Mar (TSM) no ano de 2015 perceberam que o aquecimento do Oceano Pacífico Equatorial estava se comportando de uma forma bem semelhante a que aconteceu em 1998, um dos eventos mais forte já registrados na história.

Nesse último evento os impactos estão sendo alarmantes, o nível dos reservatórios ficaram abaixo da capacidade em várias localidades, como por exemplo, o açude Coremas Mãe d'Água que chegou a setembro de 2016 com 4% de sua capacidade, a produção de alimentos também foi afetada devido as perdas agrícolas e a gestão de desastres em geral é a mais crítica de todo o século (CPTEC, 2016).

O desenvolvimento de trabalhos que trate das questões relacionadas com os efeitos do El Niño associados as secas é de grande importância, visto que, essas informações podem ajudar a população a se preparar para enfrentar períodos de estiagens. Nesse sentido, essa pesquisa tem grande relevância pois serve de informação aos órgãos públicos e população em geral.

Diante do exposto, o presente trabalho visa analisar a correlação da precipitação do período chuvoso de estações do semiárido paraibano com a TSM do Oceano Pacífico Equatorial.

2 OBJETIVOS

2.1 Geral

Analisar o sinal do El Niño sobre a precipitação de diferentes municípios do sertão da Paraíba.

2.2 Específicos

- Determinar a climatologia de precipitação, visando apontar o período chuvoso e a contribuição da precipitação nas estações (verão, outono, inverno e primavera) para o total anual;
- Analisar as flutuações no campo de precipitação do período chuvoso usando eventos extremos de El Niño;
- Analisar a correlação entre a precipitação do período chuvoso com a TSM do Oceano Pacífico Equatorial.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 Variabilidade da precipitação no Nordeste do Brasil

Na região NEB a variabilidade espacial da precipitação é a característica mais marcante do clima. Como por exemplos há regiões que apresentam precipitação acumulada inferior a 350 mm/ano, a exemplo do Cariri paraibano, e outras com totais superiores a 1700 mm/ano como o Litoral da Paraíba. (MENEZES, 2006).

Há pelo menos três regimes de precipitação para três áreas distintas da região Nordeste: uma área mais ao norte, onde as precipitações significativas ocorrem no bimestre março-abril; a faixa litorânea leste que se estende desde o Rio Grande do Norte até o sul da Bahia, com período chuvoso entre maio-julho; uma terceira região que abrange grande parte da Bahia e que tem máximos de precipitação nos meses de novembro e dezembro. (ALVES et al., 2001).

Vários estudos foram desenvolvidos para analisar a variabilidade climática no NEB, entre eles o de Silva (2004) que observou tendências significativamente decrescentes em várias localidades desta região, e sugeriu que tal variabilidade pode estar relacionada com mudanças climáticas no NEB, que atinge não apenas o semiárido da região, mas, também, a área litorânea.

Silva et al. (2011) apontaram que o NEB é conhecido como uma região seca, em que a maioria da população sobrevive da agricultura de sequeiro. Ainda descreveram que a precipitação pluvial pode variar consideravelmente, até mesmo dentro de alguns quilômetros de distância e em escalas de tempo diferentes, tornando as colheitas das culturas imprevisíveis.

A Região NEB apresenta uma marcante variabilidade interanual da pluviometria associadas a baixos totais anuais. Além disso, há ocorrência de eventos denominados de “secas”, as quais são caracterizadas por acentuada redução do total pluviométrico. Essa variabilidade está associada a variações de padrões de Temperatura da Superfície do Mar (TSM) sobre os oceanos tropicais equatoriais, os quais afetam a posição e a ZCIT sobre o Oceano Atlântico, contribuindo substancialmente para a ocorrência de chuvas no norte do Nordeste. (NOBRE; MELO, 2006).

As altas pressões subtropicais fornecem calor e umidade para a ZCIT, e em algumas situações podem bloquear seu deslocamento para sul, no período entre os meses de Fevereiro e Maio, produzindo chuvas abaixo da média no norte do Nordeste. Assim é

importante mencionar que eventos de ENOS (El Niño), foram responsáveis até hoje por apenas 30% das secas observadas nessa região, e que existem outros fatores como os citados anteriormente, que interferem no clima do semiárido, dificultando o clima local, e tornando as previsões para essa região ainda passíveis de considerável erro. É importante também lembrar que anos de El Niño de intensidade fraca e moderada, não são necessariamente secos, a condição de seca pela influência desse fenômeno, é observada em anos cuja sua intensidade é forte. (LIMEIRA, 2008).

3.2 Sistemas atmosféricos que afetam a precipitação na Paraíba

Os fenômenos atmosféricos que afetam a variabilidade intrasazonal das chuvas sobre o Nordeste são os sistemas transientes como Oscilações de 30-60 dias (REIS, 2006), Vórtices Ciclônicos de Ar Superior, Distúrbios Ondulatórios de Leste, Linhas de Instabilidade associadas à Brisa Marítima, assim como instabilidades termodinâmicas locais induzidas por aquecimento diferencial da superfície, convergência de umidade e convecção. (NOBRE; MELO; BEZERRA, 2000). Além desses, está a ZCIT que é o principal sistema causador de precipitação nas Regiões Norte e Nordeste. (BEZERRA; CAVALCANTI, 2008). Tais fenômenos contribuem para modular a distribuição temporal da pluviometria sobre a região NEB, ocasionando períodos de estiagem intercalados por ocorrências de precipitações mais abundantes. (LIMEIRA, 2008).

Além disso, a ZCIT, cujo posicionamento latitudinal guarda estreita relação com o gradiente meridional de TSM sobre o Atlântico Tropical (LIMEIRA, 2008) e Pacífico Equatorial, também parece apresentar flutuações nas escalas de tempo intrasazonal. (LIMEIRA, 2008).

Como citado anteriormente, vários são os eventos atmosféricos que interferem nas chuvas do NEB (SILVA; ARAUJO; PINHEIRO, 2007). De forma geral, os Vórtices Ciclônicos de Ar Superior, Ondas de Leste e a Zona de Convergência Intertropical constituem os principais sistemas meteorológicos a causar alterações nas condições do tempo nas microrregiões que compõem o Estado da Paraíba. (LIMEIRA, 2008). Uma explanação mais detalhada sobre as características desses sistemas de tempo será apresentada a seguir:

3.2.1 Zona de Convergência Intertropical

A ZCIT é o sistema meteorológico mais importante na determinação de quão abundante ou deficiente serão as chuvas no setor norte do Nordeste do Brasil. Ela está inserida numa região onde ocorre à interação de características marcantes atmosféricas e oceânicas:

- a) Zona de Confluência dos Alísios (ZCA);
- b) Zona do Cavado Equatorial;
- c) Zona de Máxima Temperatura da Superfície do Mar;
- d) Zona de Máxima Convergência de Massa; e

e) Zona da Banda de Máxima Cobertura de Nuvens Convectivas, todas interagindo próximas à faixa equatorial. Apesar dessa interação as características não se apresentam, necessariamente, ao mesmo tempo, sobre a mesma latitude. A quantidade e qualidade de chuvas produzidas por esse sistema dependem de inúmeros fatores meteorológicos, como: a posição e intensificação das altas pressões subtropicais, a TSM dos Oceanos Atlântico e Pacífico e o aquecimento produzido pela radiação solar. Todos esses fatores atuando em conjunto determinam o comportamento da estação chuvosa em todo setor norte do semiárido nordestino, e especificamente no Estado da Paraíba. (LIMEIRA, 2008).

Dessa forma em anos de El Niño, há uma redução da velocidade dos alísios, tendo como consequência à diminuição do fornecimento de umidade para a ZCIT, que conseqüentemente produz chuvas mais irregulares e em menor quantidade que em anos normais sob o norte do nordeste brasileiro.

3.2.2 Ondas de Leste

As Ondas de Leste são ondas que se formam no campo de pressão atmosférica, na faixa tropical do globo terrestre, na área de influência dos ventos alísios, e se deslocam de oeste para leste, ou seja, desde a costa da África até o Litoral leste do Brasil. (VIANELLO; ALVES, 2000).

Na América do Sul, as Ondas de Leste ocorrem na faixa tropical do Atlântico e deslocam-se para oeste provocando chuvas principalmente no Litoral e Zona da Mata, que se estende desde o Recôncavo Baiano até o Litoral do Rio Grande do Norte. Como essa região é dominada pela massa de ar tropical marítima e pelo Anticiclone do Atlântico

Sul, que provoca subsidência e a consequente inversão dos alísios. O ar úmido é injetado pela circulação anticiclônica e a zona de convergência, associada ao cavado, provoca a ascensão desse ar, favorecendo a formação de nuvens de grande extensão vertical. Imediatamente após a passagem da onda, o nível de inversão dos alísios volta a baixar. (VIANELLO; ALVES, 2000).

3.2.3 Vórtices Ciclones de Ar Superior

Os Vórtices Ciclônicos de Ar Superior constituem um dos principais sistemas meteorológicos precipitantes a produzir chuvas na Região Nordeste. Dessa forma, produzem precipitação na porção norte da referida região, e bom tempo nas porções sul e central. Originam-se entre as latitudes de 0 a 28°S e 20°W e 45°W. Apresentam um núcleo frio (alta pressão) em relação à periferia, e subsidência que inibe a nebulosidade. (LIMEIRA, 2008).

Na periferia há alta nebulosidade e chuvas intensas. Os vórtices se deslocam para o oceano ou para o continente. Associado ao vórtice existe uma Frente Fria que produz chuva na zona frontal e bom tempo na retaguarda. Quando a configuração vórtice-frente permanece por vários dias, então se tem a situação de Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS). (SILVA et al 2003).

A escala de tempo de atuação desses sistemas é de dias, podendo durar algumas horas ou até mesmo mais de duas semanas. (LIMEIRA, 2008).

Os Vórtices Ciclones surgem em altos níveis da atmosfera (12 km) de altitude, esses sistemas se caracterizam pela ascensão de ar quente e úmido na periferia, e subsidência de ar frio e seco em seu centro. (LIMEIRA, 2008).

Os Vórtices Ciclônicos que atuam no Nordeste são observados na primavera, Outono e Verão, com máxima ocorrência em janeiro. Causam precipitação na costa norte da referida região e nos estados do Piauí e oeste de Pernambuco, mantendo céu limpo na Bahia. (GAN; KOUSKY, 1986).

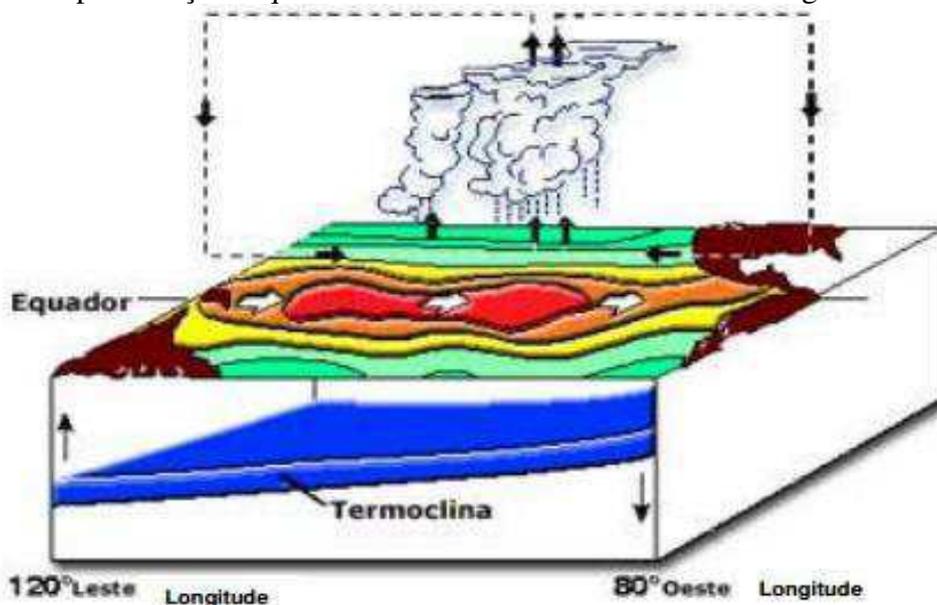
No Estado da Paraíba a atuação de Vórtices Ciclônicos de Ar Superior se dá principalmente nos meses de dezembro, janeiro, fevereiro e março, sendo nos dois primeiros meses citados anteriormente, o principal sistema meteorológico a produzir chuvas no referido estado. Há registros de períodos chuvosos produzidos por vórtices na Paraíba em diversos anos, dentre os quais vale mencionar: 1977, 1984, 1985, 1986, 1989, 1992, 1994, 2001 e 2004, sendo este último o mais chuvoso e longo, com as chuvas

perdurando por quase todo o mês de janeiro, e distribuindo-se de forma intensa em quase toda a Região Nordeste. (LIMEIRA, 2008).

3.3 Variabilidade Interanual da Precipitação no NEB

O El Niño se caracteriza pelo o aquecimento anormal das águas superficiais e sub-superficiais das águas do oceano pacífico equatorial. Representado esquematicamente na figura 1. Foi assim denominado em virtude do aquecimento das águas do oceano que ocorriam anualmente nas águas da costa norte do Peru na época do natal. Então os pescadores do Peru e Equador relacionou esse fato com o nascimento de menino Jesus. (CPTEC, 2016).

Figura 1 - Representação esquemática do oceano e da atmosfera na região do Pacífico



Fonte: CPTEC/INPE, (2016).

Esse fenômeno trata-se de uma alteração da dinâmica normal da Célula de Walker. Segundo Mendonça (2007), “a célula de Walker, ou célula do Pacífico, está relacionada à variação da pressão atmosférica entre as porções leste e oeste do oceano Pacífico, o que promove uma circulação celular zonal na região equatorial. As circulações zonais do tipo Walker são marcadas pelas zonas de ascendência acima dos continentes e na porção oeste dos oceanos (fonte quente), e pelas zonas de subsidência acima das partes orientais dos oceanos (fonte fria)”.

As variações do campo de pressão atmosférica da célula de Walker sobre o Pacífico em associação com a variação térmica da superfície oceânica originam fenômenos conhecidos como El Niño, La Niña e Oscilação Sul. (PARIZOTTO, 2008).

O fato de o El Niño ser mais conhecido popularmente como um fenômeno climático decorre da forte influência das condições oceânicas no clima, donde se fala da interação oceano-atmosfera e, particularmente nesse caso, de ENOS (El Niño/Oscilação Sul). As águas superficiais do Pacífico interagem com a atmosfera e geram uma espécie de gangorra barométrica entre as porções leste (Taiti e Polinésia Francesa) e oeste (Darwin, Austrália) do oceano Pacífico, denominada oscilação sul. O El Niño está associado ao enfraquecimento da alta subtropical do Pacífico Sul (pressões anormalmente baixas) e ao enfraquecimento do sistema de baixa pressão na porção oeste do Pacífico (pressões anormalmente baixas). (MENDONÇA, 2007).

Há uma grande influência de ENOS no Sul do Brasil (SALINI, 2011) principalmente na primavera, provocando anomalias positivas de precipitação durante El Niño e negativas durante La Niña. Anomalias positivas de precipitação aparecem também no outono e inverno do ano seguinte a episódios de El Niño, principalmente quando estes episódios se estendem por mais tempo.

O fenômeno climático El Niño consiste no aumento TSM do Oceano Pacífico Equatorial, normalmente, ocorre em intervalos médios de 4 anos e persiste de 6 a 15 meses. Esse aumento na TSM diminui a intensidade dos ventos Alísios, que sopram de leste para oeste, na faixa equatorial do Pacífico. O aquecimento e o enfraquecimento dos ventos provocam mudanças na circulação dos altos e baixos níveis da atmosfera, estabelecendo mudanças nos padrões de transporte de umidade e, portanto, variações na distribuição das chuvas em regiões tropicais e de latitudes médias e altas. (INPE, 2013).

3.4 Técnicas de combate aos efeitos das Secas

Além de provocar efeitos de grandes magnitudes, o ser humano nada pode fazer para impedir o acontecimento desse fenômeno porque ele é natural, a não ser o desenvolvimento de tecnologias voltadas para o combate aos efeitos das secas, como por exemplos, aquelas voltadas para a obtenção de água para o consumo humano e para alimentação dos rebanhos nos períodos de seca. (CUNHA et al., 2011).

Com a presença do El Niño em períodos próximos, as secas se prolongam e a disponibilidade de água diminui, necessitando de alternativas urgentes. A mais segura é

o uso racional da água, pois se enquadram o reuso industrial, doméstico e o uso sustentável. Metodologia semelhante é indicada por Mendes (2006).

O governo criou várias ações emergenciais como a distribuição de cisternas rurais para a captação de água de chuva pelo Programa Água Para Todos, incluindo a perfuração de poços artesianos e a abertura de pequenos barreiros. O desenvolvimento de projetos estruturantes como os de infraestrutura hídrica e de irrigação. Essas técnicas foram avaliadas como as primordiais no trabalho de Cavalcanti et al. (2002).

De acordo com Carli (2013), várias outras tecnologias são indicadas, a abertura de lavas no solo, a exemplos açudes de trincheiras; a construção de açudes médios e grandes; o uso de dessalinizadores de água; o desenvolvimento de barragens subterrâneas e para manter os animais alimentados as mais comuns são a plantação do capim, da maniçoba e da leucema.

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Localização e Caracterização da Área de Estudo

O estudo foi realizado no sertão do Estado da Paraíba, no qual está localizado na região nordeste do Brasil com uma área 56.372 Km², e cerca de 3. 600. 000 habitantes distribuídos em quatro microrregiões: Sertão, Agreste, Borborema e Zona da Mata.

O estado tem o seu posicionamento entre os paralelos 6° 02'12" e 8° 19'18" de latitude sul e entre os meridianos de 34° 45'54" e 38° 45'45" de longitude oeste. Ao norte limita-se com o Estado do Rio Grande do Norte; a leste, com o Oceano Atlântico; a oeste, com o Estado do Ceará; e ao sul, com o Estado de Pernambuco.

Grande parte do território citado, estar inserido na faixa semiárida, sendo, dessa forma, afetado por longas e graves secas.

Figura 2 - Localização do estado da Paraíba



Fonte: Autoria própria.

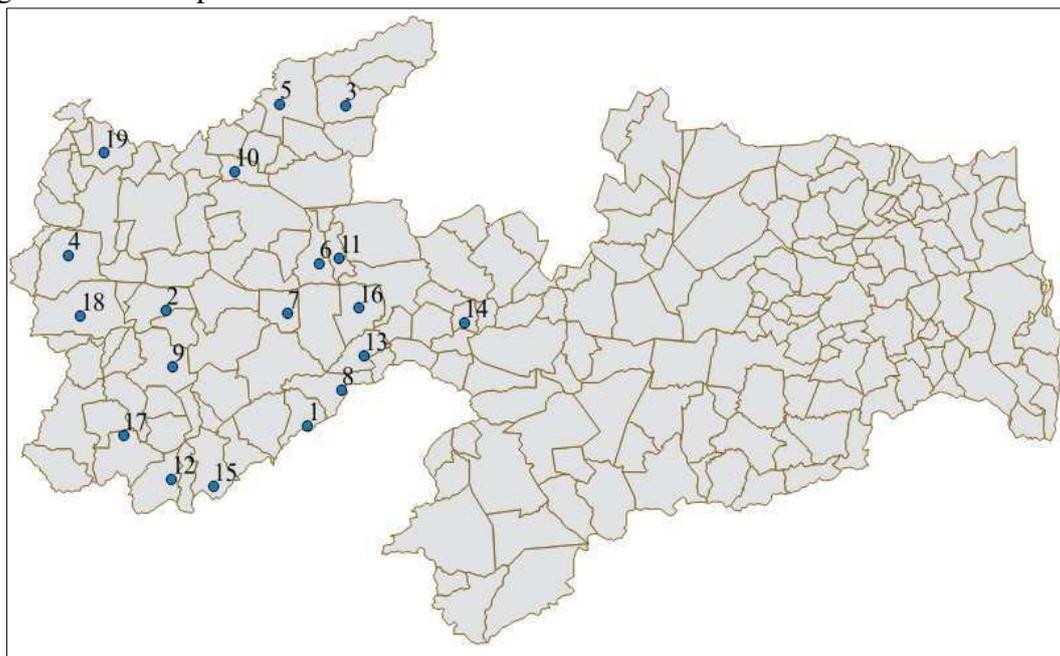
4.2 Origem dos dados

Os dados foram obtidos da Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba (AESA).

Utilizou-se dados de precipitação compreendendo o período de 1994 a 2015.

Foram utilizados 19 postos pluviométricos, Figura 3, listados na tabela 1.

Figura 3 - Postos pluviométricos selecionados



Fonte: Autoria própria.

Tabela 1 - Dados dos postos pluviométricos

Ordem	Postos Pluviométricos	Latitude	Longitude
1	Água Branca	-7,51189	-37,636694
2	Aguiar	-7,0933	-38,1733
3	Brejo do Cruz	-6,3483	-37,4997
4	Cajazeiras	-6,8942	-38,5444
5	Catolé do Rocha	-6,3439	-37,7467
6	Condado	-6,9231	-37,5947
7	Emas	-7,1058	-37,7153
8	Imaculada	-7,3822	-37,5094
9	Itaporanga	-7,3	-38,15
10	Lagoa	-6,5894	-37,915
11	Malta	-6,9033	-37,5197
12	Manaíra	-7,7069	-38,1525
13	Mãe D'Água	-7,2572	-37,4253
14	Passagem	-7,1364	-37,0475
15	Princesa Isabel	-7,7331	-37,9944
16	Santa Teresinha	-7,0842	-37,445
17	Santana de Mangueira	-7,5503	-38,3353
18	São José de Piranhas	-7,1156	-38,4967
19	Uiraúna	-6,5231	-38,4092

Fonte: Autoria própria.

Os dados de TSM foram obtidos na página do NCEP/NOAA (National Centers for Environmental Prediction/National Oceanic and Atmospheric Administration).

4.3 Metodologia

4.3.1 Determinação do Período Chuvoso

- Início e fim do período chuvoso

Realizou-se médias mensais e o desvio padrão dos dados. Ressalta-se que para realizar a climatologia é necessário que se tenha 30 anos ou mais de dados, mas devido a falhas nas séries foi realizado uma média com os valores de precipitação com base em 22 anos, simulando a climatologia.

- Contribuição percentual da precipitação para as estações do ano

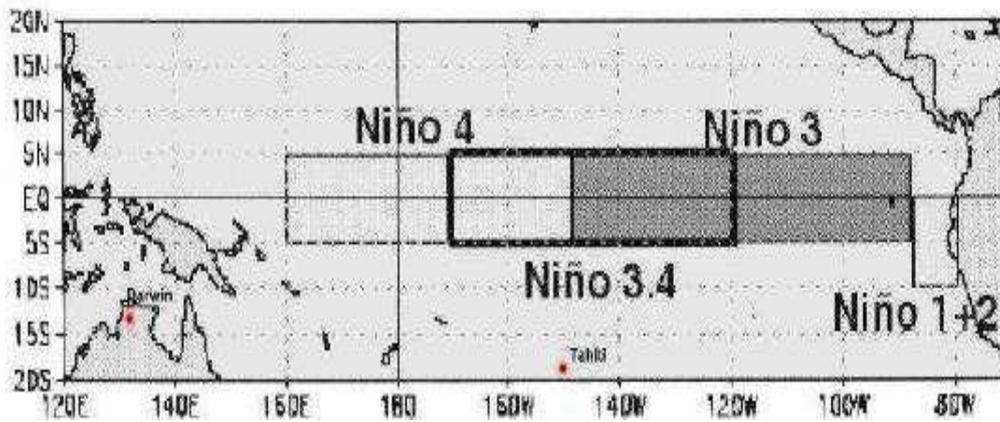
Calculou-se o total anual para cada posto pluviométrico e foi feito a média dos totais, em seguida fez-se a soma dos três meses consecutivos correspondentes a cada estação do ano, e as médias dessa soma, após isso dividiu-se a média desse total sazonal por a do total anual e multiplicou-se o valor encontrado por 100. Obteve-se desta forma, a contribuição percentual média da precipitação para as estações de verão, de outono, de inverno e de primavera.

4.3.2 Variabilidade Interanual da Precipitação

- Correlação da precipitação e da TSM

Foram utilizados dados de TSM das áreas de maior influência na precipitação do Nordeste Brasileiro (NEB). As regiões são as seguintes:

Figura 4 – Regiões dos Niños no Pacífico Equatorial



Fonte: (Minuzzi, 2003).

As anomalias de precipitação e TSM foram obtidas de acordo com as seguintes equações:

$$ANP = \frac{(p_i - \bar{p})}{\sigma} \quad (1)$$

Onde:

ANP = Anomalia Normalizada de Precipitação;

p_i = Precipitação mensal do período chuvoso;

\bar{p} = Média mensal climatológica do período chuvoso;

σ = Desvio padrão.

$$ANTSM = \frac{(TSM - \bar{TSM})}{\sigma} \quad (2)$$

Onde:

ANTSM = Anomalia Normalizada de TSM;

TSM = Temperatura mensal de TSM;

\bar{TSM} = Média mensal de TSM;

σ = Desvio padrão.

- Análise estatística

Os coeficientes de correlação linear foram calculados de acordo com a metodologia de Pearson e utilizou-se o teste *t-student* para verificar a significância estatística da mesma pela equação abaixo equação (3):

$$t = r \cdot \frac{(\sqrt{n-2})}{\sqrt{1-r^2}} \quad (3)$$

Foi adotado 90% como o nível de significância para as estações que apresentaram período chuvoso de janeiro a maio e 95% para as estações que apresentaram período chuvoso de dezembro a maio.

- Estudo de caso:

Para os postos pluviométricos que apresentaram correlação significativa entre as ANTSM e ANP foram utilizados estudos de caso para realizar as anomalias.

Calculou-se as anomalias de precipitação desses postos pluviométricos de acordo com a equação (4), para os anos de eventos extremos de El Niño.

$$AP = xi - \bar{x} \quad (4)$$

Na qual:

AP = anomalia de precipitação do posto pluviométrico;

XI = valor mensal de precipitação do posto pluviométrico;

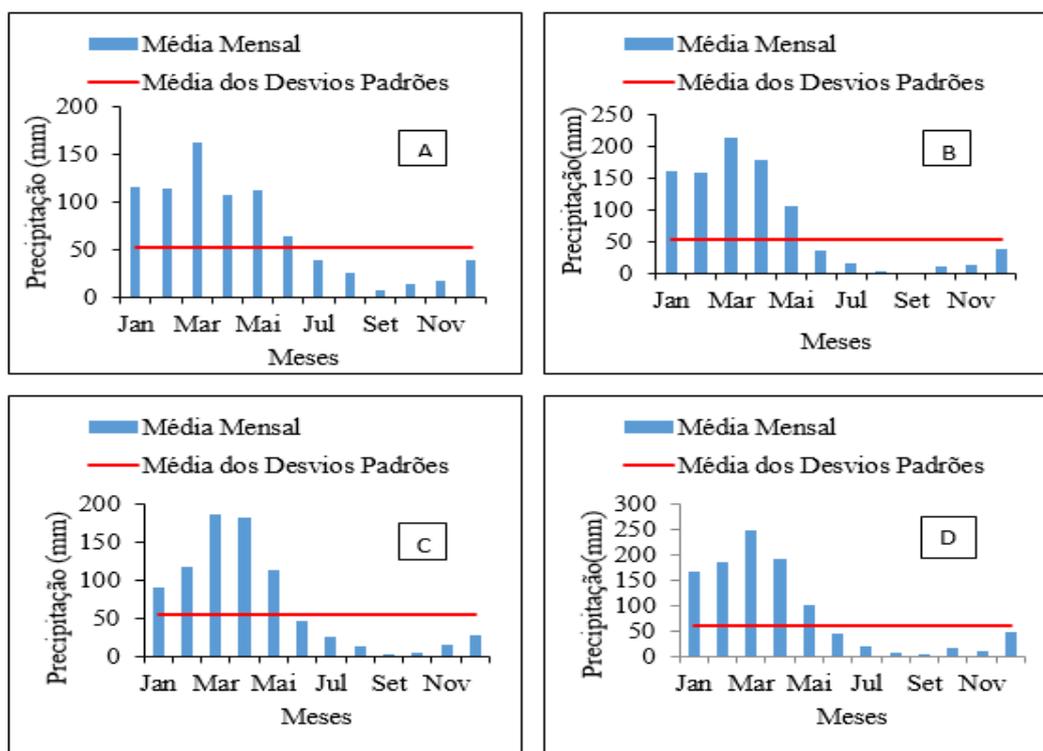
\bar{XI} = valor médio mensal de precipitação do posto pluviométrico.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Determinação do Período Chuvoso

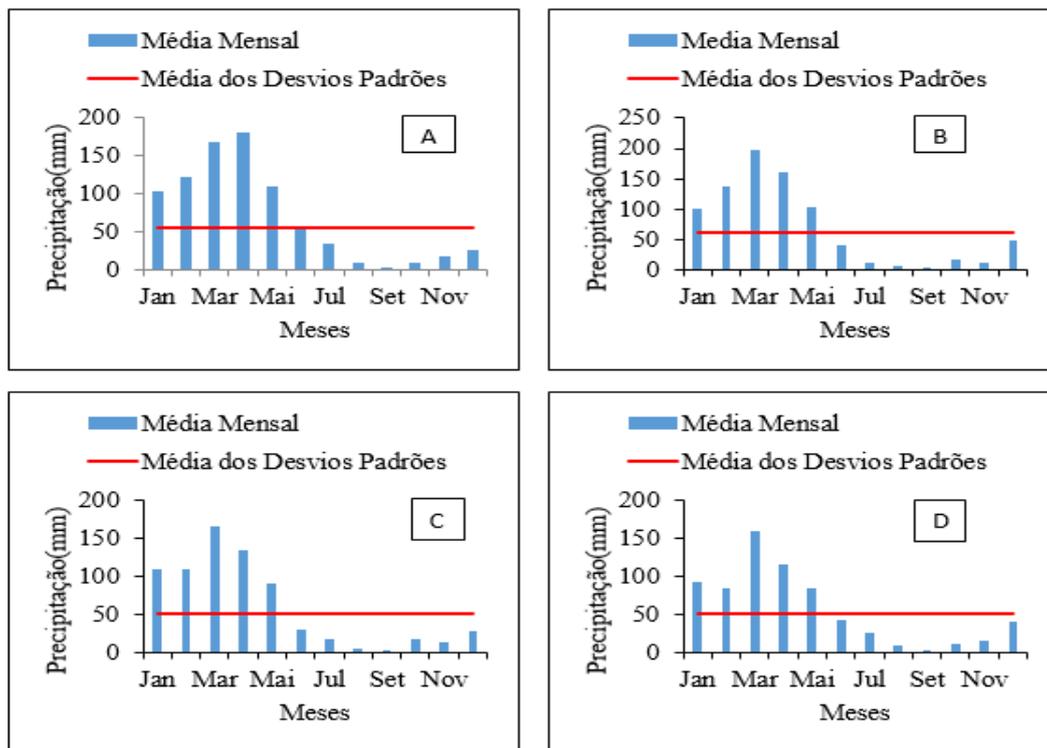
Foi obtida a média das precipitações dos vinte e dois anos dos dezenove postos pluviométricos. A partir dessas médias e da média dos desvios padrões inferiu-se sobre qual seria os períodos chuvoso e seco do ano, o que ficou abaixo da média do desvio padrão foi considerado período seco e o que ficou acima foi considerado período chuvoso. Dentre os dezenove postos pluviométricos, quinze apresentaram o período chuvoso compreendendo o período de janeiro a maio. Tais resultados são compatíveis com os encontrados por Santos (2012) onde verificou que o período chuvoso do sertão paraibano se concentra nos primeiros cinco meses do ano. Nas figuras abaixo apresentam-se as médias de precipitação mensal dos vinte e dois anos para cada posto pluviométrico.

Figura 5 - Postos pluviométricos: (A) Água Branca, (B) Aguiar, (C) Brejo do Cruz, (D) Cajazeiras



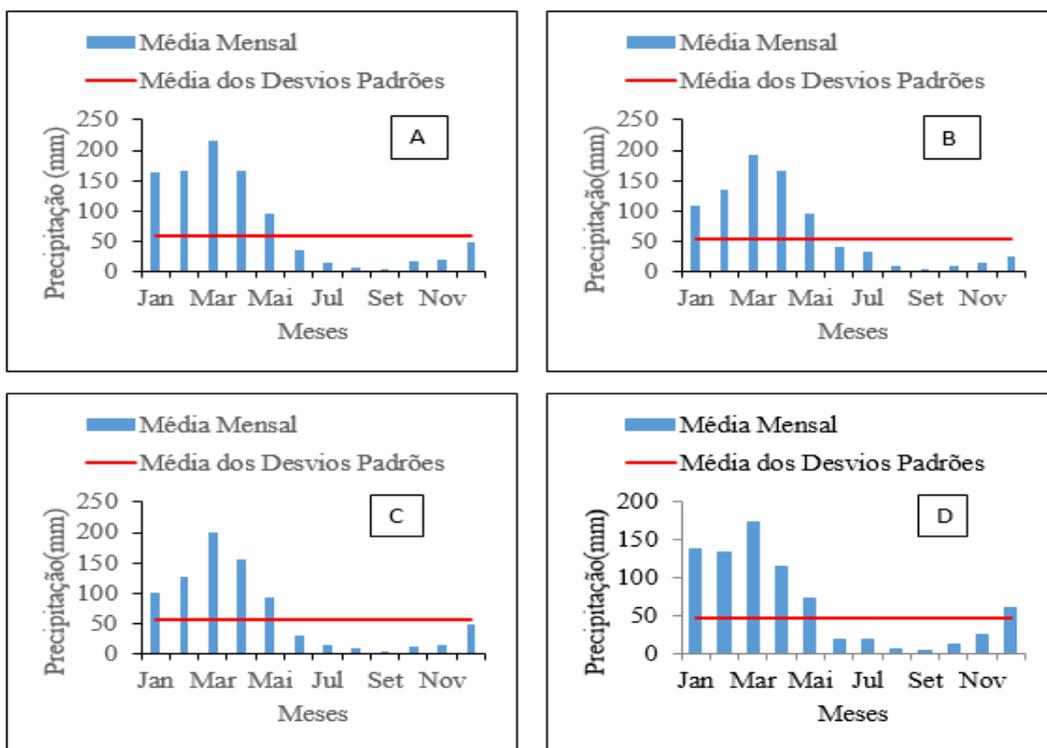
Fonte: Autoria própria.

Figura 6 - Postos pluviométricos: (A) Catolé do Rocha (B) Condado (C) Emas (D) Imaculada



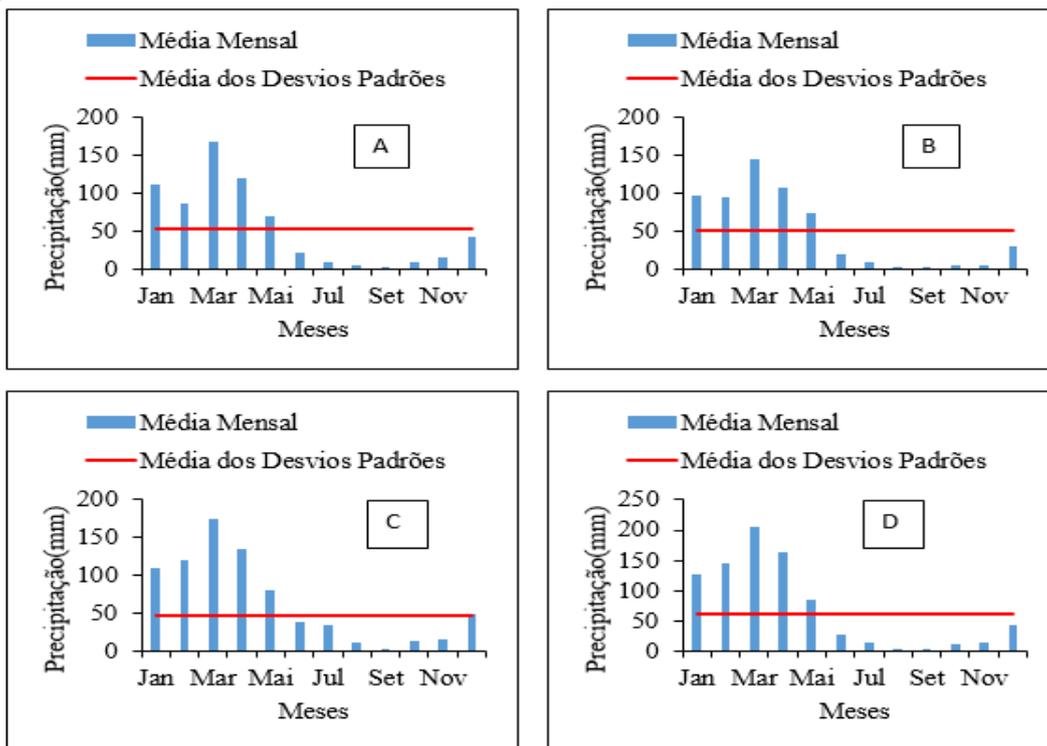
Fonte: Autoria própria.

Figura 7 - Postos pluviométricos: (A) Itaporanga (B) Lagoa (C) Malta (D) Manaíra



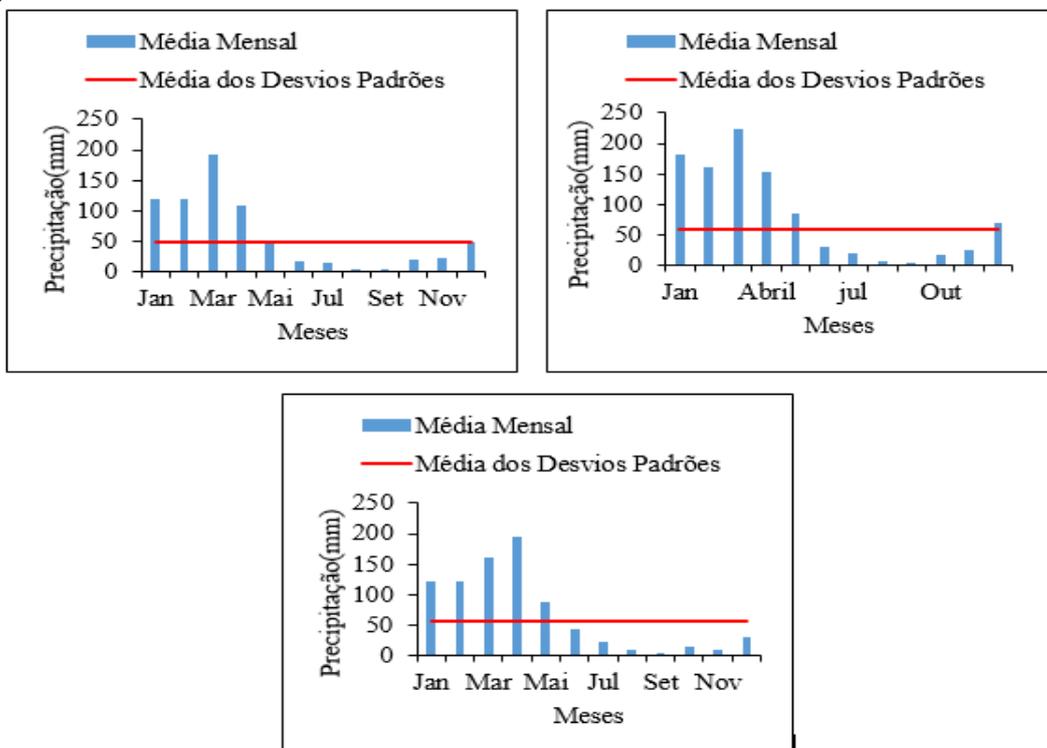
Fonte: Autoria própria.

Figura 8 - Postos pluviométricos: (A) Mãe D'água (B) Passagem (C) Princesa Isabel (D) Santa Terezinha



Fonte: Autoria própria.

Figura 9 - Postos pluviométricos: (A) Santana de Mangueira (B) São José de Piranhas (C) Uiraúna



Fonte: Autoria própria.

Diferentemente das demais, os postos pluviométricos de Manaíra, Princesa Isabel, Santana de Mangueira e São José de Piranhas apresentaram o período chuvoso de dezembro a maio. E o posto de Água Branca apresentou o mês de junho também como período chuvoso. Tais condições mostram que a distribuição pluviométrica é irregular e bem concentrada. Resultados semelhantes foram encontrados por Francisco et al. (2015) onde perceberam que o comportamento da precipitação no semiárido da Paraíba apresenta variações na pluviometria.

Em geral, o período chuvoso na maior parte dos postos pluviométricos se concentrou de janeiro a maio, e em quatro postos ocorreu uma pré-estação chuvosa em dezembro. Essa situação não indica a presença de dois períodos chuvosos para o sertão, mas sim a irregularidade pluviométrica, condições locais e além disso, não foram utilizados 30 anos de dados.

O período chuvoso da série histórica apresentou média variando de 248,62 mm na estação de Cajazeiras a 50,85 mm em Princesa Isabel e o desvio padrão médio foi de 62,29 mm na estação de Condado e 45,82 mm na estação de Princesa Isabel.

Do total de 19 postos pluviométricos, 17 apresentaram março como o mês de maior pico de precipitação, o que corresponde a 89,47% das estações. Santos (2012) também encontrou máximos de precipitação em março para a mesorregião do sertão na Paraíba. Os altos índices de chuva no mês de março, segundo Araújo et al. (2008) podem estar associados a eventos de meso e grande escalas, a exemplos dos VCAS's e a ZCIT.

Tabela 2 – Precipitação média mensal do período chuvoso (1994 a 2015)

Postos Pluviométricos	Jan	Fev	Mar	Abril	Maio	Dez	DPméd	Total
Água Branca	115,73	114,5	161,7	107,7	112,8		53,09	612,43
Aguiar	161,06	158,82	213,6	179,18	107,55		55,04	820,21
Brejo dos Santos	90,39	118,25	186,78	182,68	113,28		56,11	691,38
Cajazeiras	169,06	186,13	248,62	191,73	102,93		60,04	898,47
Catolé do Rocha	104,04	121,26	168,08	181,22	110,4		55,91	685
Condado	100,38	138,35	196,55	159,88	102,06		62,3	697,22
Emas	109,05	110,16	167,03	135,82	90,71		51,67	612,77
Imaculada	92	83,45	159,85	116,3	85,2		50,21	536,8
Itaporanga	162,52	165,2	215,59	166,61	95,95		58,03	805,87
Lagoa	107,23	133,9	192,41	165,12	95,02		54,43	693,68
Malta	100,02	126,29	198,95	154,75	93,15		56,61	673,16
Manaíra	138,86	133,57	174,66	115,51	72,69	59,3	47,59	694,59
Mãe d'água	112,55	87,25	169,43	120,66	70,81		52,58	560,7
Passagem	96,89	95,24	144,67	106,99	73,29		49,97	517,08
Princesa Isabel	109,75	119,78	174,38	135,08	81,11	50,85	45,82	670,95
Santa Teresinha	125,85	145,57	206,43	163,05	84,37		61,72	725,27
Santana de Mangueira	119,01	118,2	192,17	108,47	51,28		47,04	589,13
São José de Piranhas	181,19	161,43	224,52	151,84	83,74	71,66	59,6	874,38
Uiraúna	120,8	120,05	161,01	194,1	86,26		56,53	682,22

Fonte: Autoria própria.

- Contribuição percentual média da precipitação para as estações do ano

Analisando as contribuições percentuais das estações para a precipitação total anual, observa-se que a estação do outono é a mais chuvosa, pois respondem com mais de 50% do total anual. O verão é a segunda mais chuvosa. Isso ocorreu em todos os postos pluviométricos. Tais resultados para a estação do outono e do verão segundo a AESA (2016) são devido a atuação de sistemas transientes, tais como os Vórtices Ciclônicos nos altos níveis da atmosfera e a contribuição as oscilações intra-sazonais (Oscilações de 30-60 dias) e principalmente da ZCIT que poderão induzir a ocorrência de chuvas de intensidade moderada a forte.

Estão apresentadas na tabela 3 a contribuição percentual média para o total anual de todos os postos pluviométricos.

Tabela 3 – Contribuição percentual (%) média dos 22 anos das estações para o total anual

Estação	Verão (%)	Outono (%)	Inverno (%)	Primavera (%)
Água Branca	32,7	46,6	15,7	4,9
Aguiar	38,1	53,2	6	2,7
Brejo do Cruz	28,3	58,6	10,1	2,7
Cajazeiras	38	52	6,6	2,9
Catolé do Rocha	29,9	55,2	11,6	3,2
Condado	34,2	55,1	6,8	3,7
Emas	33,9	54,5	7,1	4,3
Imaculada	31,4	52,8	11,3	4,4
Itaporanga	39,6	50,5	5,6	4,1
Lagoa	32,1	54,9	9,9	3
Malta	34,2	56	6,5	3,2
Manaíra	42,3	46,7	5,6	5
Mãe D'água	36,3	54,4	5,3	3,8
Passagem	37,3	55	5,3	2,2
Princesa Isabel	35,3	49,6	10,8	4,2
Santa Teresinha	37,4	54,2	5,4	2,9
Santana de Mangueira	39,9	49,1	4,4	6,2
São José de Piranhas	42,6	47,6	4,8	4,4
Uiraúna	33,4	54,5	8	2,9

Fonte: Autoria própria.

5.2 Regime pluviométrico e variabilidade da precipitação

A análise da variabilidade da precipitação foi observada conforme os anos de eventos de El Niño entre o período de 1994 a 2015, o início e término do evento, bem como a sua intensidade de acordo com a tabela 4:

Tabela 4 – Anos que apresentaram eventos do El Niño

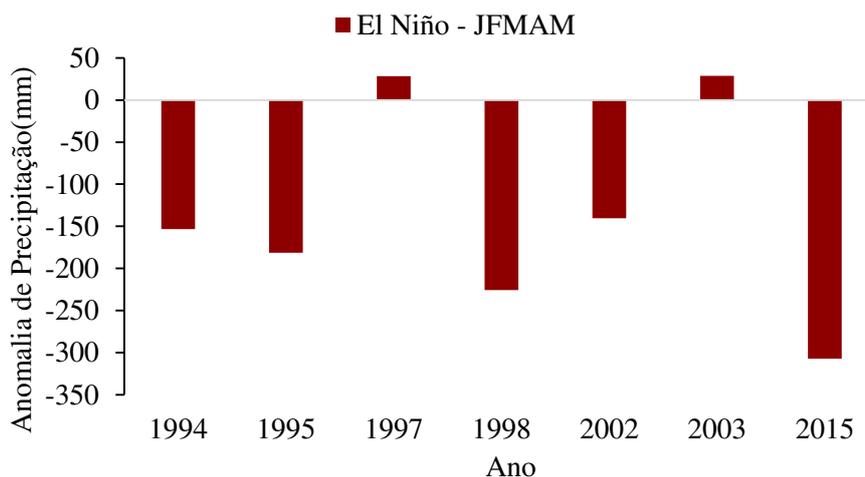
Ocorrência do El Niño	Início	Término	Intensidade
1994 - 1995	Set/94	Mar/95	Moderado
1997 - 1998	Mai/97	Abr/98	Forte
2002 - 2003	Mai/02	Fev/03	Moderado
2015 - 2016	Mai/15	Jan/16	Forte

Fonte: Adaptado do CPTEC/INPE (2013).

Na figura 10 observa-se o comportamento das anomalias de precipitação para o posto pluviométrico de Cajazeiras. Nota-se que nos anos de 1994, 1995, 1998, 2002 e

2015 as anomalias foram negativas e se relacionaram-se com o El Niño. Em 1997 e 2003 as anomalias foram positivas, isso explica pelo início e término do El Niño, pois em 1997 o fenômeno teve início após o período chuvoso da região e 2003 o evento terminou em fevereiro, favorecendo chuvas em março, abril e maio, conforme o CPTEC/INPE (2013).

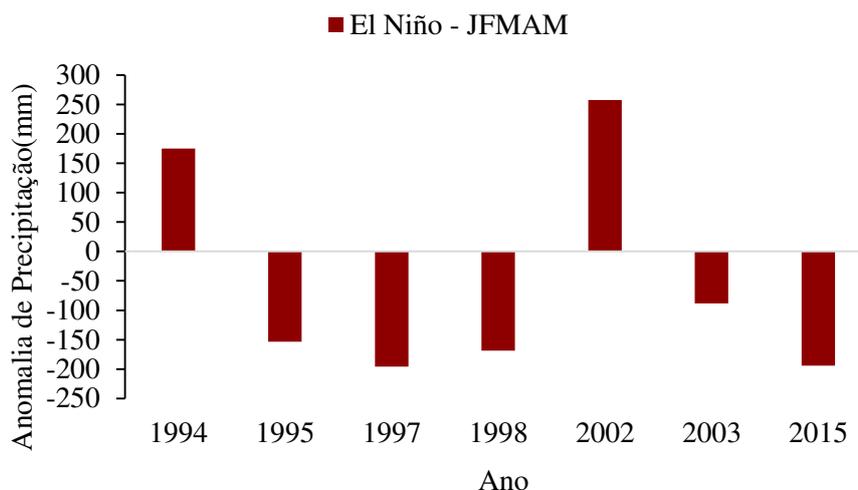
Figura 10 - Anomalias de precipitação do posto pluviométrico de Cajazeiras



Fonte: Autoria própria.

Na figura 11 estão representados os dados das anomalias de precipitação do posto pluviométrico de Condado. Em 1994 e 2002 as anomalias foram positivas. Esse fato pode estar relacionado com as anomalias do Atlântico Sul, que de acordo com Neto, Barbosa e Araújo (2007) foram positivas de janeiro a julho desse ano onde a ZCIT permaneceu mais tempo neste hemisfério, o que pode ter provocado um ligeiro aumento nas precipitações registrado por essas outras estações. Esses resultados também podem estarem associados ao término do El Niño, pois em 1994 iniciou em setembro e 2002 já no final do período chuvoso. Em 1995, 1997, 1998, 2003 e 2015 foram registradas anomalias negativas.

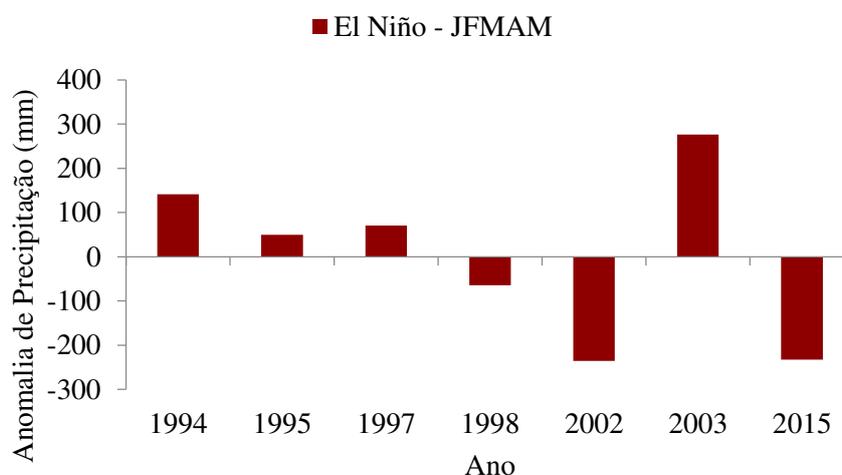
Figura 11 - Anomalias de precipitação do posto pluviométrico de Condado



Fonte: Autoria própria.

Os dados das anomalias de precipitação do posto de Itaporanga estão representados na figura 12. Nos anos de 1994, 1995, 1997 e 2003 as anomalias foram positivas. Esses resultados mostram que a atuação dentro e fora do período chuvoso interfere nos valores de precipitação. Em 1994, 1997 e 2003 começou fora do período chuvoso e 1995 teve início em março, depois de 2 meses chuvosos. O evento de 2002-2003 foi um evento moderado, mas as anomalias foram positivas, não só para Itaporanga como também para mais 4 estações, segundo boletim do Infoclima (CPTEC/INPE) as chuvas ficaram acima da média devido a atuação de vórtices ciclônicos de ar superior. Em 1998, 2002 e 2015 foram negativas.

Figura 12 - Anomalia de precipitação do posto pluviométrico de Itaporanga

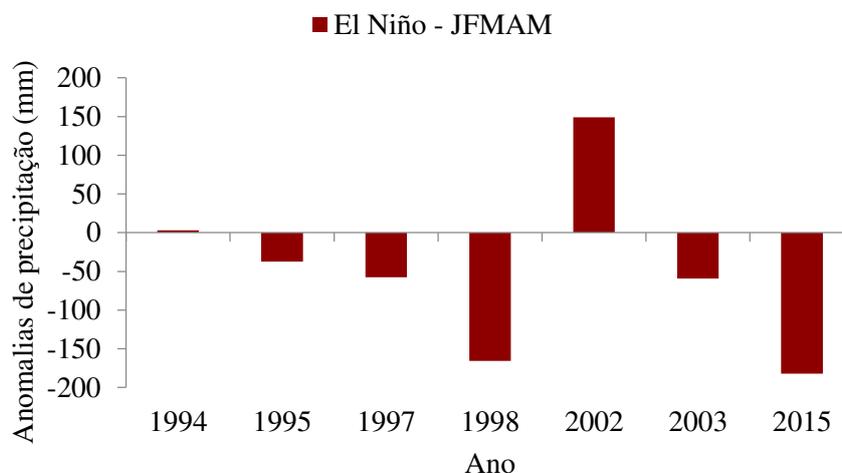


Fonte: Autoria própria.

Verifica-se na Figura 13, que em Malta as anomalias de precipitação foram negativas em praticamente todos os eventos, com exceção do ano de 1994 que o El Niño teve início em setembro e não afetou o período chuvoso e 2002, que já citado acima foi ano de Dipolo do Atlântico.

Nos boletins do Infoclima nestes anos há relatos da atuação de VCAS. A diferença entre Malta e Manaíra é marcante, percebe-se que atuação dos vórtices ciclônicos de ar superior atuaram nessas localidades de forma diferenciada.

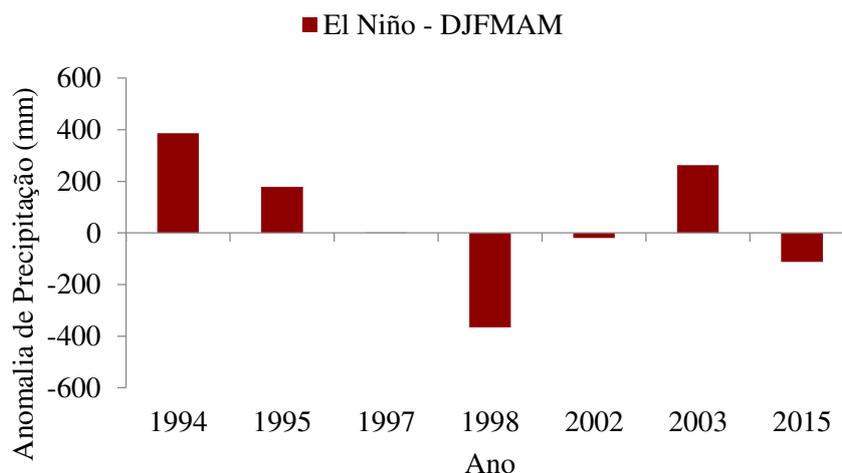
Figura 13 - Anomalia de precipitação do posto pluviométrico de Malta



Fonte: Autoria própria.

Na Figura 14 observam-se as anomalias de precipitação de Manaíra associadas aos eventos. As anomalias positivas de 1994, 1995, 1997 e 2003 se justificam, pois o evento ainda não estava atuando. Além disso, em 94 e 95, assim como no ano de 2003 foram anos de Dipolo do Atlântico negativo o que favorece as chuvas no NEB.

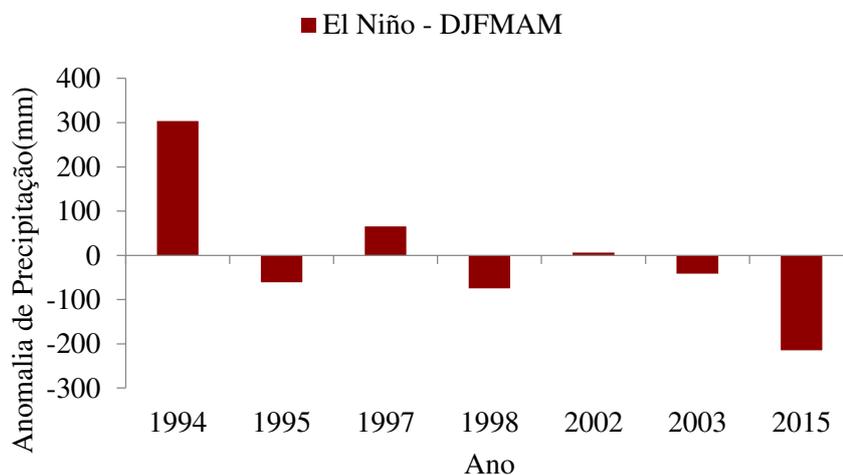
Figura 14 - Anomalia de precipitação do posto pluviométrico de Manaíra



Fonte: Autoria própria.

Os dados de Princesa Isabel (figura 15) mostraram que as anomalias positivas foram em 1994, 1997 e 2002. Resultados são justificados de acordo com os já citados acima. Os demais anos apresentaram anomalias negativas, mostrando serem influenciadas pelo o El Niño.

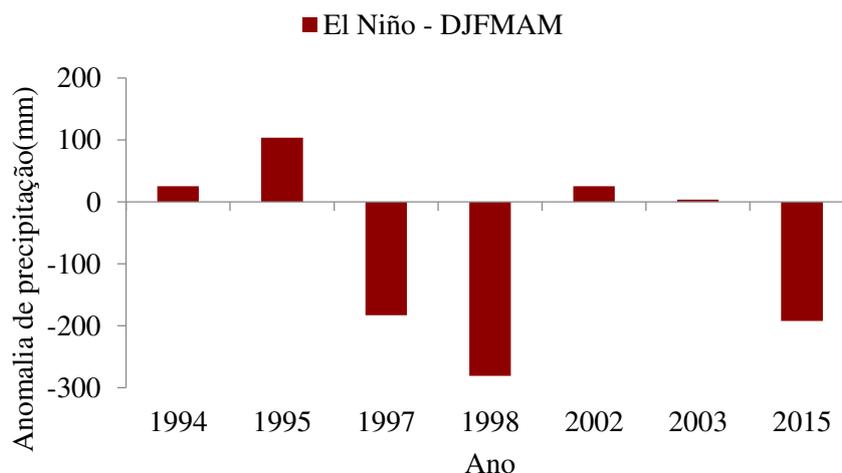
Figura 15 - Anomalias de precipitação do posto pluviométrico de Princesa Isabel



Fonte: Autoria própria.

Os resultados abaixo (figura 16) mostram o comportamento da anomalia de precipitação para o posto pluviométrico de Santana de Mangueira. O posto pluviométrico apresentou anomalia positiva em 1994, 1995, 2002 e 2003. As anomalias negativas foram em 1997, 1998 e 2015.

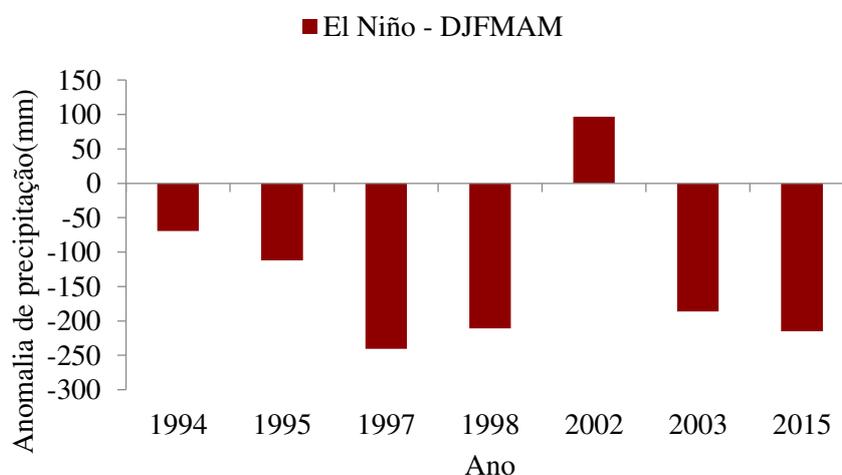
Figura 16 - Anomalia de Precipitação do posto pluviométrico de Santana de Mangueira



Fonte: Autoria própria.

O posto de São José de Piranhas (figura 17) se mostrou mais influenciado pelo El Niño, todos os anos apresentaram anomalias negativas com exceção de 2002 que foi ano de dipolo como já citado acima (CPTEC/INPE, 2013).

Figura 17 - Anomalias de precipitação do posto pluviométrico de São José de Piranhas



Fonte: Autoria própria.

Analisando de forma geral, resultados mostram que o El Niño intenso provoca precipitação abaixo da média na parte do semiárido, apresentando, inclusive, no ano de 1998 o menor total pluviométrico de toda a série histórica. Isso ocorre porque o aumento dos fluxos de calor sensível e de vapor d'água para a atmosfera, ocasionado pela elevação da temperatura das águas superficiais do Oceano Pacífico Equatorial, provoca mudanças na circulação atmosférica e na precipitação em escala regional e global, que, por sua vez,

provocam mudanças nas condições meteorológicas e climáticas e em várias partes do mundo. (FUNCEME, 2009).

Comparando os eventos de 1998 com o de 2015: Silva, Maciel e Guedes (1998) relataram que a ocorrência do fenômeno forte de 1998 foi o mais severo do que o de 1983 e um dos maiores do século, onde as anomalias da TSM do oceano Pacífico superaram 6 °C.

No ano de 1998, todas as estações apresentaram anomalias negativas. Esse fato explica pela magnitude do fenômeno nesse ano ser de grande intensidade, o que contribuiu para que a média pluviométrica ficasse abaixo da média para todos os postos pluviométricos. (OLIVEIRA; SATYAMURTY, 1998).

As anomalias negativas da TSM no oceano Pacífico Equatorial ocorridas no biênio de 1997/1998 provocaram consequências desastrosas para agricultura e pecuária do semiárido paraibano.

Já o evento de 2015, também apresentou anomalias negativas em cinco postos pluviométricos. Segundo Fepagro (2015) esse evento foi considerado o mais forte dos últimos 15 anos.

Segundo Patzert (2016), quando analisou os dois episódios, afirmou que o El Niño de 2015-2016 poderá ser comparado ao que muitos chamaram de "fenômeno monstruoso" de 18 anos atrás (o evento de 1998). Relatou que esse evento periódico, que tende a elevar temperaturas globais e alterar padrões climáticos, ajudou o ano de 2015 a bater o recorde de ano mais quente da história.

Pode-se avaliar o impacto desses eventos nas estações da mesorregião do sertão da Paraíba comparando as anomalias de precipitação na Tabela 5. O fenômeno de 1998 no total apresentou maiores déficits na precipitação que o ano de 2015.

Tabela 5 – Anomalias de precipitação de 1994 a 2015

Estações	1998	2015
Cajazeiras	-225,6	-306,9
Condado	-168,6	-194,4
Itaporanga	- 64,0	-232,4
Malta	- 165,4	- 159,4
Manaíra	-365,9	-112,0
Princesa Isabel	- 74,4	- 214,3
Santana de Mangueira	- 280,5	- 192,3
São José de Piranhas	- 210,7	- 215,0
Total	-1555,1	-1451,7

Fonte: Autoria própria.

5.3 Análise estatística da correlação da precipitação com as regiões do El Niño

Dos 19 postos pluviométricos, 8 apresentaram correlações com as áreas do Oceano Pacífico Equatorial. A região que mais se correlacionou a precipitação foi a do Niño 1+2. Tal resultado também foi encontrado por Oliveira e Satyamurty (1998), onde encontrou maior correlação da TSM com as precipitações da região leste e centro-oeste amazônica e NEB. A segunda região que mais se correlacionou foi a do Niño 4, e a que menos se correlacionou foi a do Niño 3, esse resultado para esta última região está de acordo com os encontrados por Nóbrega (2012) onde apontou que a região do Niño 3 apresenta pouca correlação com as precipitações do sertão da Paraíba.

As maiores correlações se encontram disponibilizadas na tabela abaixo. Na região do Niño 4, metade dos postos pluviométricos tiveram maiores correlações com a precipitação registrada, o que significa dizer que essa área do Niño 4 mais influenciou negativamente nas precipitações dos postos analisados. Observa-se que três estações tiveram maiores correlações com as áreas do Niño 3.4 e apenas 1 com maior correlação na área do Niño 1+2. Resultados semelhantes foram encontrados no trabalho de Menezes et al. (2008) para região do Niño 1+2.

Tabela 6 – Correlações e áreas dos Niño's

Postos Pluviométricos	Correlações	Áreas dos Niño's
Cajazeiras	-0,33	Niño 4
Condado	-0,22	Niño 4
Itaporanga	-0,23	Niño 4
Malta	-0,20	Niño 4
Manaíra	-0,25	Niño 3.4
Princesa Isabel	0,16	Niño 1+2
Santana de Mangueira	-0,24	Niño 3.4
São José de Piranhas	-0,36	Niño 3.4

Fonte: Autoria própria.

Embora as correlações tenham sido baixas foram avaliadas ao nível de significância de 90% para as que apresentaram o período chuvoso de janeiro a maio e 95% com o período chuvoso de dezembro a maio. Moura et al. (2000) também encontraram valores baixos de correlações entre as regiões do Pacífico Equatorial e a precipitação de estações na Paraíba.

Tabela 7 – Estatística dos dados de Manaíra

Áreas	Coefficiente de correlação	Coefficiente de determinação (r^2)	r^2 (%)	$t_{cal.}$
Niño 1+2	0,21	0,0475	4,75	2,55
Niño 3	-0,02	0,0006	0,06	-28
Niño 4	-0,20	0,0424	4,24	-2,40
Niño 3.4	-0,17	0,0297	2,97	-2,003

Fonte: Autoria própria.

6 CONCLUSÕES

- O período chuvoso da maioria dos postos pluviométricos se estende de Janeiro a Maio, com maiores valores de médias de precipitação no mês de março, mas em três postos pluviométricos a estação chuvosa inicia em dezembro;

- As estações mais chuvosas são o outono e verão, ambas juntas respondem por mais de 80% do total anual;

- Resultados comprovam que na presença do fenômeno El Niño a precipitação pluviométrica do sertão paraibano é abaixo da média;

- As maiores correlações lineares encontradas entre a precipitação e a TSM do Pacífico Equatorial foram com a região de Niño 4.

SUGESTÕES PARA FUTUROS TRABALHOS

Recomendam-se a partir desta pesquisa os seguintes trabalhos a serem desenvolvidos:

Como na pesquisa foi realizado um estudo dos impactos do El Niño sobre as precipitações de municípios do sertão da Paraíba, estender essa mesma metodologia para todo o estado, bem como para outros.

Investigar com a mesma metodologia as ações simultâneas do El Niño com VCAS, dipolo do Atlântico e Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS).

REFERENCIAS

AESA - Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba. João Pessoa, 2016. Disponível em <http://www.aesa.pb.gov.br/>. Acesso: 13 de outubro 2016.

ALVES, J. M.; TEIXEIRA, R. F. B.; FERREIRA, A. G. Um Intenso Sistema Convectivo de Mesoescala no Setor Leste do Nordeste: O Caso de 20 a 21 de maio de 1999. **Revista Brasileira de Meteorologia**, São Paulo, vol. 16, n. 1, p. 19-31, 2001.

ANDREOLI, R.V.; KAYANO. A importância relativa do Atlântico Tropical Sul e Pacífico Leste na variabilidade de precipitação do Nordeste do Brasil. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 22, n.1, 63-74, 2007.

ANDREOLI, R. V.; KAYANO, M.T.; GUEDES, R.L.; OYAMA, M.D.; ALVES, M.A.S. A influência da temperatura da superfície do mar dos Oceanos Pacífico e Atlântico na variabilidade de precipitação em Fortaleza. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v.19, n.3, 337-344, 2004.

ARAÚJO, L. E. O. de; SOUSA, F. de A. S. de; RIBEIRO, M. A. de F. M.; SANTOS, A. S. dos; MEDEIROS, P. C. Análise estatística de chuvas intensas na bacia hidrográfica do rio Paraíba. **Revista Brasileira de Meteorologia**, São Paulo, v.23, n.2, 162-169, abr. 2008.

BEZERRA, E.A; CAVALCANTI, E.P. **Correlação entre anomalias de TSM e teor d'água na atmosfera sobre a América do Sul**. In: XV congresso Brasileiro de Meteorologia, 2008, São Paulo. Anais, v.15, 2008.

CALVACANTI, N. de B.; RESENDE, G. M.; OLIVEIRA, C. A. V. de; BRITO, L. T. de L. AS Tecnologias inovadoras e os pequenos agricultores do nordeste semiárido. In: Congresso brasileiro de economia e sociologia rural, 40, 2002, Passo Fundo (RS). **Anais...** Passo Fundo (RS): SOBER, 2002. (CD-ROM)

CARLI, L. N.; CONTO, S. M.; BEAL, L. L.; PESSIN, N. Racionalização do Uso da Água em uma Instituição de Ensino Superior Estudo de Caso da Universidade de Caxias do Sul. **Revista de Gestão Ambiental e Sustentabilidade**. GeAS, São Paulo, v. 2, n. 1, p. 143 165, set. 2013.

COELHO, M. S.; GAN, M. A.; CONFORTE J. C. Estudo da variabilidade da posição e da nebulosidade associada à ZCIT do Atlântico, durante a estação chuvosa de 1998 e 1999 no Nordeste do Brasil. **Revista Brasileira de Meteorologia**, 19, p. 23-34, 2004.

COLLISCHONN, B. **Uso de precipitação estimada pelo satélite TRMM em modelo hidrológico distribuído**. 2006. 131 fls. Programa de Pós Graduação em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental. (Mestrado em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental). Porto Alegre. RS. 2006.

COLLISCHONN, W.; TASSI, R. **Introduzindo Hidrologia**. IPH – UFRGS, Instituto de Pesquisas Hidráulicas da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2005.

CPC/NCEP/NOAA. Disponível em: <http://www.cpc.ncep.noaa.gov/>, acessado em 11 de setembro de 2016.

CPTEC. Centro de Pesquisas Espaciais. Disponível em: (http://enos.cptec.inpe.br/saiba/Oque_el-nino.shtml). Acesso em 26 de julho de 2016.

CPTEC/INPE. **Centro de Pesquisas Espaciais/Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais**. Disponível em: <http://www.cptec.inpe.br/enos/>, acessado em 11 de setembro de 2016.

CUNHA, G. R. da; PIRES, J. L. F.; DALMAGO, G. A.; SANTI, A.; PASINATO, A.; SILVA, A. A. G. da; ASSAD, E. D. El Niño/La Niña - Oscilação Sul e seus impactos na agricultura brasileira: fatos, especulações e aplicações. **Revista Plantio Direto**, Passo Fundo, RS v. 121, n. 12, p. 180-183, maio. 2011

FEPAGRO, N. **El Niño se intensificará e será o terceiro mais forte da história**. 2015. Disponível em: <http://www.fepagro.rs.gov.br/>. Acesso em 24 de set de 2016.

FERNANDEZ, F. A. dos S. **O poema imperfeito**: crônicas de Biologia, conservação da natureza, e seus heróis. 2. ed. Curitiba: UFPR, 2004.

FRANCISCO, P. R. M.; MEDEIROS, R. M. de; MATOS, R. M. DE; SANTOS, D. **Oscilações pluviométricas e temperatura média do ar em seis regiões homogêneas do estado da Paraíba**. In: Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia – CONTECC. 2015, Ceará – Fortaleza.

FUNCEME. Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos. **Sistemas atmosféricos atuantes no Nordeste do Brasil**. 2009. Disponível em: <<http://www4.funceme.br/funceme/categoria1/tempo-e-clima/sistemasatmosfericosatuantes-sobre-o-nordeste>> Acesso em: 11 setembro de 2016.

GAN, M. A.; KOUSKY, V. E. Vórtices ciclônicos da alta troposfera no Oceano Atlântico Sul. **Revista Brasileira de Meteorologia**, São Paulo v. 1, p. 19-28, abr. 1986.

INPE- **Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais**. Disponível em: <http://www.inpe.br/acessoainformacao/node/399>. Acesso em: 12/07/2013.

KOUSKY, V.E.; CAVALCANTI I. F. A. Eventos oscilação do sul- El Niño: características, evolução e anomalias de precipitação. **Ciência e Cultura**, São Paulo, v. 36 n. 11 p.188-189, nov. 1984.

LIMEIRA, R. C. **Variabilidade e tendência das chuvas no estado da Paraíba**. 2008. 122 fls. Dissertação (Mestrado em meteorologia) – Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande. 2008.

MARENGO, J. A. **Mudanças climáticas globais e seus efeitos sobre a biodiversidade**: caracterização do clima atual e definição das alterações climáticas para o território

brasileiro ao longo do século XXI. Brasília, DF: MMA, 2006. 202 p. il. (Biodiversidade, 26).

MENDES, C. F. **Estudo exploratório de programas de uso racional de água em instituições de ensino superior e a pré-implantação no anel viário do campus do vale da Universidade Federal do Rio Grande do Sul.** 2006.157f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) - Programa de Pós Graduação em Engenharia Civil. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

MENDONÇA, F; DANNI-OLIVEIRA, I. M. **Climatologia noções básicas e climas do Brasil.** São Paulo: Oficina de Textos, 2007.206p.

MENEZES, H. E. A.; BRITO, J. I. B.; SANTOS, C. A. C.; SILVA, L. L. A relação entre a temperatura da superfície dos oceanos tropicais e a duração dos veranicos no estado da Paraíba. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v.23, p. 152-161, 2008.

MENEZES, H. E. A. **Influência da Temperatura da Superfície dos Oceanos Tropicais na Ocorrência de Veranicos no Estado da Paraíba.** 2006. 99fls. Dissertação de Mestrado em Meteorologia, UFCG, Campina Grande – PB, 2006.

MINUZZI, R. B. **Influência dos fenômenos El Niño e La niña nos veranicos do estado de Minas Gerais.** 2003. Doutorado (Meteorologia agrícola) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2003.

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

MOURA, G. B. de A.; ARAGÃO, J. O. R. de; LACERDA, F. F.; PASSAVANTE, J. Z. de O. Relação entre a precipitação no setor leste do nordeste do Brasil e a temperatura da superfície nos oceanos atlântico e pacífico. In: **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, PB, DEAg/UFPB. v.4, n.2, p.247-251, 2000.

NERY, J.T.; STIVARI, S.M.S.; MARTINS, M.L.O.F.; SILVA, E.S.; SOUSA, P. Estudo da precipitação do Estado do Paraná e sua associação à temperatura da superfície do Oceano Pacífico. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v.13, n.1, p.164-171, 2005.

NETO, J. M.; BARBOSA, M. P.; DE ARAÚJO, A. E. Efeito dos eventos ENOS e das TSM na variação pluviométrica do semiárido paraibano. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola Ambiental**, v. 11, n. 1, p. 61-66, 2007.

NOBRE, P., A. B. C. de. MELO, e P. C. BEZERRA. **Oscilações intrasazonais nos Trópicos e variações pluviométricas sobre o Nordeste do Brasil em 1999.** In: XI Congresso Brasileiro de Meteorologia, SBMET, Rio de Janeiro, 1, 1135-1141. 2000

NOBRE, P.; MELO, A.B. C. de. **Variabilidade Climática Intrasazonal sobre o Nordeste do Brasil em 1998-2000.** 2006. Disponível em: http://www.cptec.inpe.br/products/climanalise/artigos/artigo_variabilidade_dez01.pdf. Acesso em: 15 de set. de 2016.

NOBREGA, J. N. da. **Eventos extremos de precipitação nas mesorregiões do estado da Paraíba e suas relações com a TSM dos oceanos atlântico e pacífico.** 2012. 98 fls. Dissertação (Mestrado em Meteorologia) – Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2012.

NÓBREGA, J. N. da; SANTOS, C. A. C. dos; GOMES, O. M.; BEZERRA, B. G.; BRITO, J. I. B. de. Eventos extremos de precipitação nas mesorregiões da Paraíba e suas relações com a TSM dos oceanos tropicais. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v.29, n.2, 197 - 208, 2014.

OLIVEIRA, G. S.; SATYAMURTY, P. O El Niño de 1997/1998: evolução e impactos no Brasil. In: X Congresso Brasileiro de Meteorologia, 10, 1998, Brasília, DF. **Anais**. Brasília: Sociedade Brasileira de Meteorologia, 1998.1 CD-ROM.

PARIZOTTO, T. M. **Análise da precipitação pluvial na bacia do Paranapanema.** 2008. 75fls. Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Geografia) - Universidade Estadual Paulista, Ourinhos. 2008.

PATZERT, W. **El Niño trará impactos enormes em 2016, alertam cientistas.**

Disponível em:

http://www.bbc.com/portuguese/noticias/2016/01/160102_el_nino_alerta_mv. Acesso em: 25 de set. de 2016.

PEREIRA, R. C. G.; CAVALCANTI, E. P.; Regimes pluviométricos da região NE do Brasil: uma análise dos dados climatológicos de 1961 a 1990 utilizando ACP. **Revista de Geografia** (UFPE) V. 31, No. 2, 2014.

REIS, T. G. **Impactos dos eventos extremos de ENOS nas precipitações sazonais do nordeste brasileiro.** 2006. 127 fls. Dissertação de Mestrado do Curso de Pós-Graduação em Meteorologia – São José dos Campos: INPE, 2006.

ROVANI, M. C. **Impactos dos fenômenos El Niño e La Niña nas séries hidrológicas: Estudo de caso na Bacia do Rio Uruguai.** 2012. 119 fls. Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Engenharia Ambiental) - Faculdade de Engenharia e Arquitetura da Universidade de Passo Fundo, Passo Fundo. 2012.

SALINI, M. F. **A influência do fenômeno El Niño Oscilação Sul – ENOS (La Niña e El Niño) na ocorrência de inundações no vale de Taquari-RS.** 2011. 59 fls. Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Engenharia Ambiental) – Centro Universitário Univates, Lajeado. 2011.

SANCHES, R. A. **Avaliação de Impacto Ambiental e as Normas de Gestão Ambiental da Série ISO 14000:** características técnicas e subsídios à integração. 2011. 270f. Dissertação (Mestrado), Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo. São Carlos.

SANTOS, E. A. **Variabilidade no regime pluvial nas microrregiões do sertão da Paraíba nos anos de El Niño oscilação sul.** 2012. 98 fls. Trabalho de conclusão de curso (Graduação em geografia) – Universidade Estadual da Paraíba, Campina Grande, 2012.

SANTOS, E.; MATOS, H.; ALVARENGA, J.; SALES, M. C. L. A seca no nordeste no ano de 2012: relato sobre a estiagem na região e o exemplo de prática de convivência com o semiárido no distrito de Iguaçú/Canindé-CE. **Revista Geonorte**, Edição Especial 2, V.1, N.5, p.819 – 830, 2012.

SILVA, V. P. R.; PEREIRA, E. R. R.; AZEVEDO, P. V.; SOUSA, F. A. S.; SOUSA, I. F. Análise da pluviometria e dias chuvosos na região Nordeste do Brasil. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 15, n. 2, p. 131–138, 2011.

SILVA, D. F. da; SOUSA, F. de A. S. de; KAYANO, M. T. Uso de IAC e ondeletas para análise da influência das multiescalas temporais na precipitação da bacia do rio Mundaú. **Revista de Engenharia Ambiental**, Espírito Santo do Pinhal, v. 6, n. 1, p. 180-195, jan/abr 2009.

SILVA, A. C. da; ARAUJO, M.; PINHEIRO, L. de S. Caracterização hidrográfica da plataforma continental do maranhão a partir de dados oceanográficos medidos, remotos e modelados. **Revista Brasileira de Geografia**, v. 25 n.3 São Paulo p. 90-107, 2007.

SILVA, M. C. L. **Uso da Técnica dos Quantis para Monitoramento do Clima do Estado da Paraíba**. 2004, 33fls. Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação em Meteorologia – Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande. 2004.

SILVA, V. P. R.; CAVALCANTI, E. P.; NASCIMENTO, M. G.; CAMPOS, J. H. B. C. Análises da precipitação pluvial no Estado da Paraíba com base na teoria da entropia. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.7, n.2, p.269-274, 2003.

SILVA, R. DA, V.P., MACIEL, G.F.; GUEDES, M.J.F. Influência dos eventos fortes do fenômeno El Niño na precipitação pluvial do Nordeste do Brasil. In: Congresso Brasileiro de Meteorologia, 10, e Congresso da FLISMET, 8, 1998, Brasília, **Anais...** Brasília: Sociedade Brasileira de Meteorologia, 1998, CD Rom.

VIANELLO, R. L.; ALVES, A. R. **Meteorologia Básica e Aplicações**. Viçosa: UFV, 2000.