



Universidade Federal de Pernambuco
Centro de Filosofia e Ciências Humanas
Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente

LUANA DE OLIVEIRA RODRIGUES

**INFLUÊNCIA DOS OCEANOS PACÍFICO E ATLÂNTICO NO REGIME DE
PRECIPITAÇÃO DO AGRESTE PERNAMBUCANO E A VULNERABILIDADE DA
POPULAÇÃO FRENTE ÀS VARIABILIDADES CLIMÁTICAS**

RECIFE

2018

LUANA DE OLIVEIRA RODRIGUES

**INFLUÊNCIA DOS OCEANOS PACÍFICO E ATLÂNTICO NO REGIME DE
PRECIPITAÇÃO DO AGRESTE PERNAMBUCANO E A VULNERABILIDADE DA
POPULAÇÃO FRENTE ÀS VARIABILIDADES CLIMÁTICAS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente da Universidade Federal de Pernambuco, como requisito final para obtenção do título de Mestre em Desenvolvimento e Meio Ambiente.

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Werônica Meira de Souza

Coorientadora: Prof^a. Dr^a. Josiclêda Dominicano Galvínio

RECIFE

2018

Catálogo na fonte
Bibliotecário Rodrigo Fernando Galvão de Siqueira, CRB4-1689

R696i Rodrigues, Luana de Oliveira.
 Influência dos oceanos Pacífico e Atlântico no regime de precipitação do
 Agreste pernambucano e a vulnerabilidade da população frente às variabilidades
 climáticas / Luana de Oliveira Rodrigues. – 2018.
 115 f. : il. ; 30 cm.

 Orientadora: Prof^a. Dr^a. Werônica Meira de Souza.
 Coorientadora: Prof^a. Dr^a. Josiclêda Dominicano Galvício.
 Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Pernambuco, CFCH.
 Programa de Pós-graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente, Recife, 2018.
 Inclui referências e anexos.

 1. Gestão ambiental. 2. Mudanças climáticas. 3. Precipitação (Meteorologia)
 Variabilidade. I. Souza, Werônica Meira de (Orientadora). II. Galvício, Josiclêda
 Dominicano (Coorientadora). III. Título

363.7 CDD (22. ed.)

UFPE (BCFCH2018-148)

LUANA DE OLIVEIRA RODRIGUES

**INFLUÊNCIA DOS OCEANOS PACÍFICO E ATLÂNTICO NO REGIME DE
PRECIPITAÇÃO DO AGRESTE PERNAMBUCANO E A VULNERABILIDADE DA
POPULAÇÃO FRENTE ÀS VARIABILIDADES CLIMÁTICAS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente da Universidade Federal de Pernambuco, como requisito final para obtenção do título de Mestre em Desenvolvimento e Meio Ambiente.

Aprovada em: 27/04/2018.

BANCA EXAMINADORA:

Profa. Dra. Werônica Meira de Souza

Orientadora - Universidade Federal Rural de Pernambuco/Unidade Acadêmica de Garanhuns

Profa. Dra. Josiclêda Domiciano Galvício

Co-orientadora - Universidade Federal de Pernambuco

Dra. Valéria Sandra de Oliveira Costa

Examinador Interno - Universidade Federal de Pernambuco

Dra. Janaina Maria Oliveira de Assis

Examinador Externo - Universidade Federal de Pernambuco

Dra. Zilurdes Fonseca Lopes

Examinador Externo - Agência Pernambucana de Águas e Clima

RESUMO

O Nordeste apresenta grande variabilidade e irregularidade de chuvas, uma vez que esta também é associada às oscilações das temperaturas dos oceanos Pacífico e Atlântico. Diante desta problemática, a presente pesquisa teve por objetivo analisar a influência desses oceanos sobre o regime de chuvas no Agreste de Pernambuco e identificar a vulnerabilidade da população frente às variabilidades climáticas. Foram utilizados dados mensais de precipitação pluviométrica de 30 estações localizadas no Agreste no período de 1963 a 2016, fornecidos pela Agência Pernambucana de Águas e Clima (APAC), dados mensais das anomalias de Temperatura da Superfície do Mar (TSM) do Oceano Pacífico Equatorial nas regiões de Niño 1+2, Niño 3, Niño 3.4 e Niño 4, e Índices do oceanos Atlântico Norte e Atlântico Sul oriundos do National Centers for Environmental Prediction (NCEP) e a National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA) dos Estados Unidos da América (EUA). Para identificar a vulnerabilidade foram utilizados oito indicadores socioeconômicos: Densidade Demográfica, Renda Média, População Total, Índice de Desenvolvimento Humano Municipal (IDH-M) e suas dimensões (IDHM-Longevidade, IDHM-Educação, IDHM-Renda) e Condições de Habitabilidade, disponibilizados no Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) referente ao censo de 2010 dos 71 municípios do Agreste. Primeiramente foi realizada a climatologia mensal e anual da região para identificar os períodos úmidos e secos. Em seguida, os eventos de El Niño e La Niña foram identificados e classificados de acordo com a intensidade dos fenômenos (Muito Forte, Forte, Moderado e Fraco), baseado nos valores do ION, e relacionados com a precipitação total anual. Posteriormente, índices oceânicos do Pacífico e Atlântico foram correlacionados com a precipitação pluviométrica trimestral, a partir do método de Pearson para identificar a influência sazonal. Verificou-se que o período chuvoso da região corresponde aos meses de março a julho, e o período seco de agosto a fevereiro. Identificou-se dois padrões climáticos, um considerado úmido com maior número de anos chuvosos até o final da década de 80, e o segundo com aumento da frequência de anos secos a partir da década de 90. Dos 20 eventos de El Niño com intensidades variadas, 55% corresponderam a anos secos no Agreste; e dos 18 episódios La Niña, 56% estiveram associados a anos com chuvas acima da média na região. Os eventos de El Niño com intensidades variadas não explicam sozinhos os anos secos, assim como os eventos de La Niña não estão associados, necessariamente, a anos chuvosos. A interação desses fenômenos com os sistemas meteorológicos e o Dipolo do Atlântico é que são determinantes no regime de chuvas. Na

análise sazonal, constatou-se que o fenômeno El Niño influencia na redução das chuvas da região, principalmente durante seu período chuvoso. Em relação à vulnerabilidade da população, observou-se alto grau de vulnerabilidade social e econômica, evidenciando a marcante desigualdade socioespacial nas diferentes regiões do Agreste. Diante do quadro climático e de vulnerabilidade apresentado, entende-se a necessidade do planejamento estratégico e ações que visem mitigar os efeitos da variabilidade climática sobre região do Agreste e sua respectiva população.

Palavras-chave: Variabilidade climática. Agreste. Índices oceânicos. Vulnerabilidade.

ABSTRACT

The Northeast presents great variability and irregularity of rains, since this is associated to the oscillations of the temperatures of the Pacific and Atlantic oceans. In view of this problem, the present research had the objective of analyzing the influence of these oceans on the rainfall regime in the Agreste of Pernambuco and to identify the vulnerability of the population to the climatic variabilities. Monthly rainfall data were collected from 30 stations located in the Agreste from 1963 to 2016, provided by the Pernambucan Agency of Waters and Climate (APAC), monthly data of Sea Surface Temperature (SST) anomalies from the Equatorial Pacific Ocean in the regions of Niño 1+2, Niño 3, Niño 3.4 e Niño 4, and North Atlantic and South Atlantic from the National Centers for Environmental Prediction (NCEP) and the National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA) of the United States of America (USA). In order to identify the vulnerability, eight socioeconomic indicators were used: Demographic Density, Average Income, Total Population, Municipal Human Development Index (IDHM) and their Dimensions (IDHM-Longevity, IDHM-Education, IDHM-income and Habitability Conditions, available at the Brazilian Institute of Geography and Statistics (IBGE) census of 2010 for 71 countys that composes the Agreste. First the monthly and annual climatology of the region was carried out to identify the wet and dry periods. Then, El Niño and La Niña events were identified and classified according to the intensity of the phenomena (Very Strong, Strong, Moderate and Weak), based on ION values, and related to the total annual precipitation. Subsequently, Pacific and Atlantic oceanic indexes were correlated with quarterly rainfall, using the Pearson method to identify seasonal influence. It was verified that the rainy period of the region corresponds to the months of March to July, and the dry period of August to February. It was identified two climatic patterns, one considered to be wet with the highest number of rainy years up to the end of the 1980s, and the second with increasing frequency of dry years since the 1990s. Of the 20 El Niño events, 55% corresponded to dry years in the Agreste; and of the 18 La Niña episodes, 56% were associated with years with above-average rainfall in the region. El Niño events with varying intensities do not explain the dry years alone, just as La Niña events are not necessarily associated with rainy years. The interaction of these phenomena with the meteorological systems and the Atlantic Dipole is that they are determinants in the rainfall regime. In the seasonal analysis, it was verified that the phenomenon El Niño influence the reduction of rainfall in the region. In relation to the vulnerability of the population, a high degree of social and economic vulnerability was

observed, evidencing the marked socio-spatial inequality in the different regions of the Agreste. In view of the climate and vulnerability framework presented, it is understood the need for strategic planning and actions to mitigate the effects of climatic variability on the Agreste region and its respective population.

Keywords: Climate variability. Agreste. Oceanic indices. Vulnerability

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 -	Mapa de localização do Agreste de Pernambuco	39
Figura 2 -	Climatologia da precipitação mensal (mm) do Agreste	41
Figura 3 -	Mapa da distribuição hídrica de Pernambuco.	44
Figura 4 -	Localização dos postos pluviométricos do Agreste Pernambuco	45
Figura 5 -	Localização das regiões do Niño 1+2, Niño 3, Niño 3.4 e Niño 4 no oceano Pacífico e TNAI e TSAI no oceano Atlântico	46
Figura 6 -	Gráfico da climatologia anual de precipitação pluviométrica (mm) do Agreste	53
Figura 7 -	(a) Distribuição espacial das médias de precipitação do Agreste entre 1963 e 2016 (b) Precipitação média durante o período chuvoso (c) Precipitação média durante o período seco	55
Figura 8 -	Representação espacial da topografia (m) no estado de Pernambuco	56
Figura 9 -	Correlações trimestrais do ION com a precipitação pluviométrica	62
Figura 10 -	Correlações trimestrais do Niño 1+2 com a precipitação pluviométrica	66
Figura 11 -	Correlações trimestrais do Niño 3 com a precipitação pluviométrica	71
Figura 12 -	Correlações trimestrais do Niño 3.4 com a precipitação pluviométrica	75
Figura 13 -	Correlações trimestrais do Niño 4 com a precipitação pluviométrica	79
Figura 14 -	Correlações trimestrais do TNAI com a precipitação pluviométrica	84
Figura 15 -	Correlações trimestrais do TSAI com a precipitação pluviométrica	87
Figura 16 -	(a) Distribuição espacial da população (b) residente densidade demográfica (c) renda média do Agreste	92

Figura 17 -	(a) Distribuição espacial do índice de desenvolvimento humano municipal (b) índice de desenvolvimento humano municipal - Educação (c) índice de desenvolvimento humano municipal - longevidade (d) índice de desenvolvimento humano municipal - renda no Agreste	94
Figura 18 -	Distribuição espacial do índice de vulnerabilidade	96

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 -	Relação dos municípios componentes das RD's Agreste Setentrional, Central e Meridional de Pernambuco	39
Quadro 2 -	Tipos climáticos que caracterizam o Agreste Pernambucano	40
Quadro 3 -	Localização dos índices nas respectivas regiões oceânicas	47
Quadro 4 -	Relação dos dados trimestrais dos índices oceânicos e da precipitação pluviométrica para a correlação	51

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 -	Critérios de classificação de intensidade dos fenômenos El Niño (La Niña)	49
Tabela 2 -	Registro dos anos com ocorrência dos eventos de El Niño e La Niña, intensidade do episódio, precipitação pluviométrica anual do Agreste referente ao final de cada evento e desvio relativo das chuvas.	58
Tabela 3 -	Percentual de significância dos coeficientes de correlações trimestrais do ION com a precipitação pluviométrica.	64
Tabela 4 -	Percentual de significância dos coeficientes de correlações trimestrais das anomalias de TSM do Niño 1+2 com a precipitação pluviométrica.	68
Tabela 5 -	Percentual de significância dos coeficientes de correlações trimestrais das anomalias de TSM do Niño 3 com a precipitação pluviométrica.	73
Tabela 6 -	Percentual de significância dos coeficientes de correlações trimestrais das anomalias de TSM do Niño 3.4 com a precipitação pluviométrica.	77
Tabela 7 -	Percentual de significância dos coeficientes de correlações trimestrais das anomalias de TSM do Niño 4 com a precipitação pluviométrica.	81
Tabela 8 -	Percentual de significância dos coeficientes de correlações trimestrais do TNAI com a precipitação pluviométrica.	86
Tabela 9 -	Percentual de significância dos coeficientes de correlações trimestrais do TSAI com a precipitação pluviométrica.	89
Tabela 10 -	Classificação do Índice de Desenvolvimento Humano	95
Tabela 11 -	Classificação do índice de Vulnerabilidade	96

LISTA DE SIGLAS E ABREVIações

APAC	Agência Pernambucana de Águas e Clima
CDC	Centro de Diagnóstico do Clima
CLAM	Camada Limite Atmosférica Marinha
DD	Densidade Demográfica
DOLs	Distúrbios Ondulatórios de Leste
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
ENOS	El Niño-Oscilação Sul
EUA	Estados Unidos da América
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IDH-E	Índice de Desenvolvimento Humano – Educação
IDH-L	Índice de Desenvolvimento Humano – Longevidade
IDH -M	Índice de Desenvolvimento Humano Municipal
IDH-R	Índice de Desenvolvimento Humano – Renda
IDW	Inverse Distance Weighting
INPE	Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
ION	Índice Oceânico do Niño
IOS	Índice Oscilação Sul
IPCC	Intergovernmental Panel on Climate Change
NEB	Nordeste do Brasil
NOAA	National Oceanic and Atmospheric Administration
OS	Oscilação Sul
PNUD	Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento
PT	População Total
RM	Renda Média
SPSS	Statistical Package for Social Science
TNAI	Índice do Atlântico Tropical Norte
TSAI	Índice do Atlântico Tropical Sul
TSM	Temperatura de superfície do mar
ZCIT	Zona de Convergência Intertropical

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	15
1.1	Objetivo geral	17
2	REVISÃO DE LITERATURA	19
2.1	Variabilidade climática da precipitação pluviométrica.....	19
2.2	Interação Oceano-Atmosfera: Influência dos oceanos Pacífico e Atlântico no comportamento da precipitação pluviométrica	23
2.3	Extremos de precipitação pluviométrica no Nordeste do Brasil	29
2.4	Vulnerabilidade da população frente aos extremos da precipitação pluviométrica	34
3	MATERIAL E MÉTODOS	38
3.1	Delimitação e caracterização fisiográfica da área de estudo	38
3.1.1	Localização	38
3.1.2	Clima	40
3.1.3	Geologia e geomorfologia	42
3.1.4	Vegetação	43
3.1.5	Hidrografia	43
3.2	Dados	45
3.2.1	Precipitação Pluviométrica	45
3.2.2	Anomalias de Temperatura da Superfície do Mar (TSM) e Índices Oceânicos ...	46
3.2.3	Índices Socioeconômicos	47
3.3	Procedimentos metodológicos	47
3.3.1	Variabilidade temporal e espacial da precipitação	47
3.3.2	Ocorrência temporal e intensidade dos fenômenos oceano-atmosféricos El Niño, La Niña e Neutralidade Climática e sua influência na variabilidade interanual de precipitação pluviométrica	48
3.3.3	Influência dos oceanos Pacífico e Atlântico no regime de precipitação	49
3.3.4	Mapeamento dos índices socioeconômicos e do índice de vulnerabilidade	52
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	53
4.1	Variabilidade temporal e espacial da precipitação pluviométrica no Agreste de Pernambuco	53

4.2	Ocorrência temporal e intensidade dos fenômenos oceano-atmosféricos El Niño, La Niña e Neutralidade Climática e sua influência na variabilidade interanual de precipitação pluviométrica	57
4.3	Influência das anomalias de temperatura de superfície do mar dos oceanos Pacífico e Atlântico no regime de precipitação pluviométrica	60
4.3.1	Análise dos índices oceânicos no Pacífico	60
4.3.2	Análise dos índices oceânicos no Atlântico Tropical	83
4.4	Vulnerabilidade socioeconômica das populações frente à variabilidade da precipitação pluviométrica	90
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS	98
	REFERÊNCIAS	100
	ANEXO A - CLASSIFICAÇÃO DO ION MENSAL DURANTE OS ANOS DE 1963 A 2016	112
	ANEXO B - VALORES MÉDIOS NO PERÍODO DE TRÊS MESES DO ION E CLASSIFICAÇÃO NO PERÍODO DE 1963 A 2016.....	114

1 INTRODUÇÃO

O estudo atmosférico é um dos mais complexos das esferas (litosfera, atmosfera, hidrosfera e biosfera) que compõem nosso planeta. Considerando o clima como parte integrante e ativa do ambiente, seus elementos são extremamente importantes e essenciais para a dinâmica espacial, uma vez que interferem diretamente nas questões de ordem social, econômica e política, assim como no planejamento e gestão (urbano e ambiental) estabelecendo uma inter-relação complexa e indissociável, onde os elementos e fenômenos físico-naturais influenciam a sociedade, da mesma forma que a organização social implica na dinâmica dos sistemas naturais (BELIZÁRIO, 2014).

As variabilidades e mudanças climáticas têm afetado todas as regiões do globo em diferentes magnitudes ao longo da história evolutiva. Nas últimas décadas tem se observado a crescente preocupação da comunidade científica e da maioria dos países com essas temáticas em especial, considerando que os impactos causados por essas variações do clima, seja sobre os sistemas naturais ou humanos, causam graves problemas, como por exemplo, impactos sobre os ecossistemas naturais, agricultura e recursos hídricos em diferentes escalas (global, regional e local) (OBSERVATÓRIO DO CLIMA, 2009). Essa é uma realidade que envolve à todos, tornando-se dessa forma uma questão global a busca por soluções e alternativas que garantam que a civilização tenha um presente e futuro prósperos.

De acordo com o Quarto Relatório de Avaliação das Mudanças Climáticas do Planeta, elaborado pelo Intergovernmental Panel on Climate Change - IPCC (2007), chamado de IPCC-AR4, as regiões áridas e semiáridas são consideradas as mais vulneráveis em relação aos impactos da variabilidade e mudanças climáticas, uma vez que essas áreas já têm histórico de carência no âmbito dos recursos hídricos e apresentam tendência à diminuição dos índices pluviométricos para um futuro próximo, com possibilidades de existência de um cenário onde será mais recorrente as secas intensas e com períodos de duração mais extensos.

Nesse contexto, a região semiárida do Nordeste do Brasil (NEB) é considerada uma das mais sensíveis aos impactos das variações climáticas na América Latina, considerando que está submetida em maior ou menor grau a precipitações extremas e períodos secos (alta variabilidade espacial e temporal de chuvas), apresenta um ecossistema frágil, com alto potencial para evaporação da água, em função da grande disponibilidade de energia solar, das temperaturas elevadas e da baixa umidade do ar (ASSIS; SOUZA; SOBRAL, 2015), onde os impactos acabam sendo percebidos de forma mais intensa, principalmente quando estão

atrelados às ações de cunho antrópico (desmatamento da flora, uso não sustentável dos recursos naturais e uso inadequado do solo) (SANTOS; BRITO, 2007).

Além dos fatores físico-naturais, também influenciam nessa sensibilidade da região semiárida, os fatores socioeconômicos e demográficos, que representam as especificidades de cada área, refletindo a realidade delas. A maior parte das populações que habitam essa grande área encontram-se inseridas em condições de carência, com baixos indicadores sociais, econômicos e de saúde, que tornam as capacidades adaptativas mais limitadas, assim como mais dependentes dos recursos sensíveis ao clima, como a oferta local de água e alimento.

Vale ressaltar que o Agreste de Pernambuco tem grande parte de sua economia baseada na agricultura e produção de gado leiteiro, atividades que são essencialmente dependentes do recurso hídrico para se desenvolver e prosperar. Dessa forma, essa região ao apresentar esse fator econômico que a caracteriza como forte dependente dos fatores climáticos, torna-a mais uma vez sensível à variações e mudanças do clima.

Quando vários desses fatores aqui citados são combinados, o grau de vulnerabilidade dessas regiões aumenta (MARENGO, 2009). Relacionado à vulnerabilidade das cidades que se encontram nessa região, pode-se dizer que a falta de planejamento urbano e a existência do elevado índice de pobreza, em conjunto com a má administração pública e práticas não sustentáveis contribuem para o agravamento da situação climática e aumento da vulnerabilidade frente às variabilidades do clima (MOURA, 2014). Dessa forma entende-se a necessidade de estudos e propostas mais eficazes, integrados e sustentáveis para solucionar os desafios causados por esses impactos que afetam o ambiente e a sociedade em toda sua complexidade.

Diante dessa questão, o conhecimento sobre o comportamento da precipitação pluviométrica se faz imprescindível quando se trata de compreender e analisar a variabilidade climática que caracteriza o NEB, em especial o semiárido e o Agreste, uma vez que seus extremos podem ocasionar desastres naturais, como inundações e severas secas. Esses desastres têm potencial para alterar substancialmente as características ambientais da região atingidas por eles, afetando a dinâmica do meio físico-natural, além de causar inúmeros transtornos socioeconômicos para as populações, o que contribui para o aumento da vulnerabilidade das comunidades expostas aos impactos desses desastres.

O NEB tem sua variabilidade climática associada à padrões de variação em escala planetária. Tais padrões estão associados às oscilações das temperaturas dos oceanos Pacífico e Atlântico (Araújo; Brito, 2011). No oceano Pacífico, a ocorrência do fenômeno El Niño altera o padrão normal de circulação atmosférica do planeta, ao gerar variações e flutuações periódicas em escalas sazonais e interanuais nas precipitações. Por sua vez, o oceano Atlântico tropical é

caracterizado por um forte ciclo sazonal que se manifesta principalmente pelo deslocamento meridional da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT).

Menezes et al. (2008) acrescentaram que a junção do El Niño - Oscilação Sul (ENOS) e o Dipolo do Atlântico Tropical afetam diretamente o posicionamento da ZCIT, que por sua vez influencia a distribuição das chuvas nessa região.

Ferreira e Mello (2005) consideram que o El Niño é um dos responsáveis por anos considerados secos ou muito secos no NEB, principalmente quando acontece conjuntamente com o dipolo positivo do Atlântico que é desfavorável às chuvas. O fenômeno La Niña conjuntamente com dipolo negativo do Atlântico é normalmente favorável à anos considerados normais, chuvosos ou muito chuvosos na região. Os fenômenos El Niño e La Niña exercem um papel relevante nas anomalias de distribuição temporal de precipitação pluviométrica ocasionando, respectivamente, diminuição ou aumento da precipitação em períodos de variação acentuada na temperatura média do oceano Pacífico equatorial (MARCUIZZO; ROMERO, 2013).

Apesar dessa temática ser altamente relevante, existe uma considerada deficiência de pesquisas e estudos que investigam a relação da vulnerabilidade das populações com a variabilidade climática do NEB, em especial na região do Agreste pernambucano. Tendo em vista a importância dessa mesorregião no cenário estadual (bacia leiteira), ações mitigatórias são necessárias a fim de evitar grandes perdas socioeconômicas e ambientais, sendo de fundamental importância estudar a relação da variabilidade da precipitação pluviométrica com os oceanos e a vulnerabilidade da população associada à essa mesma variabilidade.

1.1 Objetivo geral

Analisar a influência dos oceanos Pacífico e Atlântico sobre o regime de precipitação pluviométrica do Agreste de Pernambuco

Objetivos específicos

1. Identificar e analisar a variabilidade temporal e espacial da precipitação pluviométrica da região estudada a partir dos dados observados;
2. Determinar a influência do oceano Pacífico no regime de precipitação do Agreste de Pernambuco;

3. Determinar a influência do oceano Atlântico no regime de precipitação do Agreste de Pernambuco;
4. Determinar e mapear a vulnerabilidade da população residente na área.

2 REVISÃO DA LITERATURA

Este capítulo dedica-se à fundamentação teórica da pesquisa, contendo uma diversificada revisão literária que foi consultada durante a produção da dissertação, de forma a abordar os principais componentes que constituem o estudo.

2.1 Variabilidade climática da precipitação pluviométrica

Dentre os elementos climáticos, a precipitação pluviométrica destaca-se nos estudos do clima devido sua importância para todos os seres vivos. Tendo em vista que é responsável pelo abastecimento dos recursos hídricos, a precipitação influencia de forma bastante direta a dinâmica dos diferentes ecossistemas e toda a biodiversidade do planeta, assim como interfere na produção de alimentos e disponibilidade de água para abastecimento das comunidades rurais e urbanas. Dessa forma, entende-se que essa variável norteia eixos que permeiam do econômico ao ambiental, tornando-se assim extremamente importante o acompanhamento da conduta do padrão (ou não) da precipitação pluviométrica afim de determinar o comportamento e tendências de variações climáticas das diferentes regiões.

Ao discorrer sobre variabilidade climática é prudente diferenciá-la de mudança climática. Segundo Confalonieri (2003) a variabilidade climática é responsável por oscilações naturais nos padrões climáticos, que podem ser observados nas escalas local, regional e global, é considerada uma propriedade inerente ao sistema climático. Enquanto mudanças climáticas, de acordo com o IPCC (2007), órgão das Nações Unidas responsável pela produção de informações científicas sobre os efeitos das mudanças do clima, estão associadas tanto às variações naturais estatisticamente relevantes nas médias climatológicas quanto às oscilações originadas por razões antropogênicas.

Ressalta-se que para determinar a ocorrência de mudança no clima é necessário identificar a priori se está ocorrendo alteração na variabilidade natural do mesmo. Uma vez que, as variações no clima ocorrem em um período de tempo inferior a uma década, sob efeito de algum evento, após o término, o clima retorna aos padrões anteriores. Por outro lado, quando ocorre mudança climática, o clima não retorna aos seus valores anteriores, apresenta-se com novas características (SOUZA, 2011).

No NEB e em particular na região semiárida é grande a variabilidade espaço-temporal da precipitação. A irregularidade presente na distribuição das chuvas nessa região é causada pela interação e atuação de diversos fenômenos atmosféricos de diferentes escalas (sazonal,

anual, decadal, dentre outras) que associam-se e determinam o tempo e o clima da região. Segundo Andrade (2009), o regime de precipitação pluviométrica do NEB, em particular o de Pernambuco é influenciado principalmente pelos sistemas atmosféricos: Zona de Convergência Intertropical (ZCIT); Distúrbios Ondulatórios de Leste (DOLs); Sistemas Frontais; Vórtices Ciclônicos de Ar Superior (VCAS); brisas terrestre e marítima

Zona de Convergência Intertropical – ZCIT

A ZCIT é um dos sistema meteorológicos que integram a circulação atmosférica global, sendo conhecida por apresentar a mais alta taxa de precipitação do mundo. Esse sistema localiza-se no ramo ascendente da célula de Hadley, sendo condicionada pela confluência dos ventos alísios do hemisfério norte (ventos de nordeste) com os alísios do hemisfério sul (ventos de sudeste) e atua transferindo calor e umidade dos níveis mais baixos da atmosfera das regiões tropicais para os níveis superiores da troposfera e para médias e altas latitudes (SILVA et al., 2017).

Sua atuação nos trópicos é extremamente importante na produção (inibição) de chuvas, principalmente na região semiárida do Nordeste do Brasil, considerando seu deslocamento geográfico ao longo do ano, no sentido meridional, que está associado ao gradiente de TSM entre os oceanos Atlântico Tropical norte e sul. Durante os meses de agosto e setembro, esse sistema encontra-se localizado mais ao norte de sua posição habitual, sendo essa variação na latitude associada à redução das precipitações no Nordeste. Por outro lado, quando esse sistema localiza-se mais ao sul de seu eixo médio, nos meses de março e abril, evidenciam-se chuvas acima da média de forma geral no NEB (CAVIEDES, 1972; FERREIRA; MELLO, 2005; SOUZA, 2011).

Distúrbios Ondulatórios de Leste – DOLs

Os Distúrbios Ondulatórios de Leste, conhecidos também como Ondas de Leste, são sistemas de escala sinótica que ocorrem na baixa Troposfera Tropical, que ocorrem no meio da massa de ar Tépidia Kaalariana e se deslocam sobre o Oceano Atlântico equatorial de leste para oeste, por isso tem essa designação.

Esse sistema sofre grande influência da TSM, do cisalhamento meridional do vento, e da circulação troposférica no Atlântico tropical, sendo sua frequência e intensidade modulados por estes (ARAGÃO, 2006). Intensificam-se ao se aproximar do litoral e da Zona da Mata do NEB, causando umidificação da camada da média troposfera, aumento de nebulosidade e precipitação (CHOU, 1990), sendo caracterizado como o principal sistema atmosférico

provocador de chuva do litoral leste do NEB, principalmente no período de abril a agosto (ALVES; TEIXEIRA; FERREIRA, 2001).

Sistemas Frontais

O sistema frontal é formado pelo encontro de massas de ar com propriedades distintas (temperatura, pressão e umidade). Normalmente esses sistemas são formados por uma frente fria, uma frente quente e um centro de baixa pressão na superfície, que denomina-se ciclone.

Esse ciclone tem sua fase de desenvolvimento a partir de uma pequena perturbação em uma frente quasi-estacionária que espaça o ar frio do ar quente, direcionando o ar frio para a região fronteira entre as duas massas, gerando diminuição de pressão nessa região. A ascensão do ar quente causa convergência em baixos níveis e formação de circulação ciclônica. A frente fria avança sobre a frente quente formando a região denominada frente oclusa. Com o aumento da região de oclusão o sistema frontal atinge seu estado terminal, o ciclone aumenta seu tamanho e transforma-se num vórtice frio na baixa troposfera (ANDRADE; LINS 2005).

Vórtices Ciclônicos de Ar Superior – VCAS

Segundo Costa (2009), esse sistema é extremamente importante e exerce forte influência na variabilidade de precipitação sobre as regiões tropicais, principalmente no NEB. Kousky e Gan (1981) e Gan (1982) definiram esse sistema sendo de baixa pressão de escala sinótica, formados na alta troposfera com circulação ciclônica fechada, que possuem o centro mais frio do que a periferia.

De acordo com Santos (2015), são sistemas ambíguos, pois dependendo da localidade que determinada região se encontra sob o sistema, ele pode favorecer ou inibir a precipitação. A região que se encontra sob influência da borda do sistema geralmente é favorecida pelas chuvas, enquanto aquelas que se encontram sob influência do seu centro, devido ao movimento subsidente, têm a precipitação inibida.

O período preferencial de formação dos VCAS no NEB é na estação do verão, podendo permanecer atuando durante semanas, porém mesmo sendo considerados sistemas atuantes na estação que antecede o período chuvoso nessa região, não necessariamente ocorrerá chuvas, já que devido ao seu movimento vertical, esses sistemas também podem causar inibição de precipitação (KOUSKY; GAN, 1981; PAIXÃO; GANDU, 2000). No caso de ocorrer oscilação de uma a três semanas de ocorrência do VCAS, os períodos de estiagens nas áreas abaixo do seu centro são denominados veranicos (SOUZA, 2011).

Brisas terrestre e marítima

As brisas são a parte superficial de uma circulação térmica resultante do aquecimento e resfriamento diferenciais que se estabelecem entre os oceanos e a superfície terrestre (FEDOROVA, 1999). Durante o período da noite, o continente perde calor de forma mais rápida que o oceano e assim este último fica com temperaturas mais elevadas (menor pressão) se comparadas com as do continente, dessa forma o vento superficial sopra da região de maior pressão (continente) para menor pressão (oceano), processo que caracteriza a brisa terrestre. Por outro lado, a brisa marítima acontece durante o período diurno, onde o continente se aquece mais rapidamente que o oceano e assim a pressão sobre o continente é menor, e o vento superficial sopra do oceano para o continente (FERREIRA e MELLO, 2005).

As brisas marítimas ocorrem em quase todos os meses do ano, na faixa costeira de todo o Nordeste, e seus efeitos podem ser sentidos até 100 km dentro do continente. Geralmente produzem chuvas de intensidade variando entre fraca e moderada, atingindo seu máximo quando existe uma diferença grande entre a temperatura da superfície do mar e a temperatura da superfície terrestre, fato que ocorre durante os meses de maio a julho (SOUZA, 2011).

De acordo com Conti e Furlan (2009), variáveis como altitude, bacias hidrográficas, características pedológicas, continentalidade, efeitos das correntes marítimas, estações do ano, rotação da Terra e vegetação também são responsáveis pela variabilidade das precipitações, adicionam-se como condicionantes externas dessa variabilidade, os fluxos de energia (MONTEIRO, 1991). Dessa forma evidencia-se que a partir de todas essas inter-relações de variáveis e componentes verticais e horizontais da atmosfera, dos oceanos e do continente que se definem todo o complexo conjunto de sistemas de circulação de ar que moldam o clima e o tempo nas diferentes regiões do globo.

No estado de Pernambuco, a mesorregião do Agreste destaca-se por apresentar configurações físico-naturais diferenciadas, um regime pluviométrico característico de áreas transitórias, uma vez que localiza-se entre os climas úmido da Zona da Mata e semiárido do interior do Nordeste, razões que lhe confere grande variabilidade espacial e temporal de precipitações. Por conta disso, diversos são os trabalhos e estudos direcionados à investigação dos fatores e interações que produzem a irregularidade tão marcante no regime de chuvas dessa região. Essa questão será trabalhada com maior profundidade nos próximos capítulos.

Esta breve explanação sobre os sistemas atmosféricos atuantes no NEB e em Pernambuco confirma a complexidade existente em estudar o clima ao demonstrar que a variabilidade das precipitações pluviais são resultado de diferentes combinações entre

mecanismos e processos climáticos, que lhe conferem variações quanto à duração, frequência e intensidade, assim como interferem na sua distribuição no espaço e tempo.

2.2 Interação Oceano-Atmosfera: Influência dos oceanos Pacífico e Atlântico no comportamento da precipitação pluviométrica

Os processos que ocorrem através das interações na interface entre o oceano e a atmosfera são bastante complexos e têm forte influência na variabilidade climática em diferentes escalas geográficas.

As trocas de momentum, energia e gases entre os sistemas atmosférico e oceânico se processam na região entre a superfície do mar e a Camada Limite Atmosférica Marinha (CLAM). A atmosfera é suprida por vapor d'água e energia proveniente do oceano, elementos que influenciam o ciclo hidrológico e o balanço energético da atmosfera. Em troca, a atmosfera fornece aos oceanos água sob forma de precipitação pluviométrica que influencia a origem das massas d'água, de momentum e energia calorífica, que força as ondas, as correntes geradas pelo vento e a circulação termohalina global (PEZZI; SOUZA; QUADRO 2016).

A temperatura da superfície do mar (TSM) apresenta essencial papel na manutenção do clima global, tendo em vista sua significativa importância no controle do balanço de calor entre oceano e atmosfera, sendo através dela que ocorre a troca de energia entre os dois sistemas em forma de fluxos de calor. A TSM apresenta íntima relação com a CLAM, sendo responsável por sua modulação, ressalta-se que mesmo pequenas variações na TSM podem gerar grandes variações nos fluxos de calor entre os sistemas oceânico e atmosférico, podem também provocar consideráveis impactos no escoamento atmosférico e consequentemente modular os sistemas meteorológicos (PEZZI; CAVALCANTI, 2001).

Além da atuação dos fenômenos de mesoescala que conferem à região do Nordeste, características climáticas peculiares, fenômenos de grande escala, resultantes da interação entre a atmosfera e os oceanos tropicais também exercem influência na grande variabilidade interanual da precipitação pluviométrica que caracteriza essa região, propiciando a ocorrência de anos extremos, com estiagens prolongadas (secas) ou chuvas intensas. De forma geral, as flutuações nos valores de TSM do oceano Pacífico Equatorial e do Atlântico Tropical são responsáveis por alterações no padrão geral de circulação atmosférica global, gerando consequentes variações nas distribuições espaciais e temporais das precipitações por toda superfície terrestre, inclusive no território do NEB (LACERDA et al., 2010).

No Pacífico Equatorial, como resultado da interação entre a atmosfera, os fenômenos El Niño e La Niña causam variações e flutuações periódicas na precipitação em escalas sazonais e interanuais. Por sua vez, segundo Menezes et al. (2008), as variações térmicas que ocorrem no oceano Atlântico causam o deslocamento meridional da ZCIT, quando o Atlântico norte fica mais quente que o Atlântico Sul (dipolo positivo), normalmente, a ZCIT, durante nos meses março e abril, fica mais ao sul da sua posição climatológica influenciando diretamente na distribuição de precipitação na região Nordeste e em destaque Pernambuco.

El Niño Oscilação Sul – ENOS

O El Niño Oscilação Sul é um fenômeno de grande escala, que representa de forma bem marcante a interação existente entre os sistemas oceânico e atmosférico, sendo formado pelo componente oceânico El Niño e o componente atmosférico Oscilação Sul (OS), onde a variação irregular que ocorre em torno das condições normais dessas duas componentes revela duas fases extremas do fenômeno ENOS (STEINKE, 2004).

A fase quente ou positiva do ENOS é representada pelas condições do El Niño e caracterizada pelo aumento da temperatura das águas superficiais em conjunto com a diminuição da pressão atmosférica no oceano Pacífico Equatorial centro-leste. A fase fria ou negativa desse fenômeno expressa-se pelas condições da La Niña, onde ocorre o resfriamento das águas e aumento da pressão atmosférica na região centro-leste do Pacífico Equatorial, sendo essas componentes oceânicas monitoradas através da TSM (BERLATO; FONTANA, 2003; MINUZZI et al., 2007).

O componente atmosférico do ENOS expressa a correlação inversa que existe entre a pressão atmosférica nos extremos leste e oeste do Pacífico, sendo que quando a pressão é alta a leste, normalmente é baixa a oeste e vice-versa. O monitoramento da OS é realizado através do Índice de Oscilação Sul (IOS), sendo determinado pela diferença entre os desvios das normais de pressão na superfície entre as regiões do Taiti, localizado na Polinésia Francesa e Darwin, no norte da Austrália, ambas localizadas no Oceano Pacífico (GLANDZ, 2001).

Dessa forma se ocorrer condições de El Niño, o IOS é negativo e a anomalia de TSM no Pacífico Equatorial é positiva, enquanto se houver condições de La Niña, o IOS é positivo e a anomalia criada na TSM do Pacífico Equatorial é negativa (BERLATO; FONTANA, 2003).

Os efeitos causados pelo fenômeno ENOS na circulação atmosférica global e regional são bastante expressivos, provocando alterações que culminam em anomalias climáticas por todo o globo terrestre, afetando diretamente a temperatura do ar e alterando o regime de

precipitação pluviométrica em diferentes regiões do Brasil e do mundo (BERLATO; FONTANA, 2003).

Entre os meses de dezembro e fevereiro, o ENOS causa secas nas regiões Norte e Nordeste do Brasil, sudeste da África e norte da Austrália, enquanto nas regiões sudeste e noroeste do continente sul-americano, observa-se períodos de chuvas intensas, e nas regiões leste e oeste da América do Norte e leste da Ásia ocorre aumento nas médias de temperatura. Nos meses de junho a agosto, nas regiões sudeste e nordeste do Brasil observam-se aumento nas médias de temperatura e precipitação, na costa oeste da América do Sul o tempo fica mais quente e mais ao sul observa-se condições acima da média de precipitação. Já na América Central as condições climatológicas tornam-se mais quentes e secas, a região oeste da América do Norte sofre com chuvas mais intensas e no centro-leste da Austrália o tempo fica mais seco (CPTEC, 2017).

El Niño

O El Niño é um fenômeno atmosférico-oceânico caracterizado pelo aquecimento anormal das águas superficiais do oceano Pacífico Equatorial. Em condições habituais, os ventos alísios se direcionam de leste para oeste ao longo do Equador, de forma a gerar um acúmulo de água quente na camada superficial do Oceano Pacífico na área próxima da Austrália e Indonésia, que por apresentar águas mais quentes mantém a atmosfera aquecida e propensa a condições favoráveis de convecção e precipitação. Já nos níveis superiores da atmosfera, os ventos deslocam-se de oeste para leste completando a circulação atmosférica da célula de Walker (CLARKE; CHURCH; GOULD, 2001; CPTEC, 2017).

Em anos de El Niño, as águas superficiais do Oceano Pacífico centro-leste tornam-se mais quentes e são acompanhadas pelas condições de convecção e precipitação, gerando chuvas em níveis acima do padrão no norte do Peru, Equador e outras regiões tropicais desse continente. Ocorre efeito inverso no oeste do Oceano Pacífico, onde os eventos de precipitação são interrompidos, causando episódios de secas na Austrália e Indonésia (CLARKE; CHURCH; GOULD, 2001; FERREIRA, 2005; FUNCEME, 2009).

Em anos de El Niño muito forte, os ventos mudam seu sentido e passam a direcionar-se de oeste para leste, ocorrendo um deslocamento da região onde se concentram as formações de nuvens e ocorre a bipartição da Célula de Walker. Na região equatorial do Oceano Pacífico pode ser observado a presença de águas quentes por quase toda sua extensão e devido ao enfraquecimento dos ventos alísios, a termoclina aprofunda-se mais à costa oeste da América do Sul (SALINI, 2011).

Durante a ocorrência de um episódio de El Niño, a atmosfera é aquecida por meses pelas águas oceânicas superficiais quentes e em resposta à essa condição, passa a comportar-se de acordo com um padrão que se alterna entre sistemas de baixa e alta pressão, que por consequência afetam de forma bastante significativa a direção do vento local e interferem nas condições do tempo de regiões até mesmo afastadas do desenvolvimento desses episódios que ocorrem no Pacífico Equatorial.

Pelo Brasil ocorrem efeitos distintos desse fenômeno, a região Sul do país é marcada durante esse fenômeno, por ocorrências de precipitações abundantes durante os meses de setembro a dezembro e fortes chuvas de maio a junho, adiciona-se à essas condições, o aumento das temperaturas médias. Enquanto nas regiões Norte e Nordeste, observa-se a diminuição dos episódios de precipitação e ocorrência de eventos de estiagens e até secas, criando condições para maior ocorrência de casos de incêndios em áreas naturais, além de causar deficiência hídrica nessas áreas, afetando enorme parcela da população dessas regiões, causando prejuízos ambientais, econômicos e sociais (FERREIRA, 2005).

Diversas são as pesquisas que investigam a relação do El Niño com a variabilidade sazonal e interanual das precipitações na região Nordeste, principalmente no semiárido. Num estudo elaborado por Assis (2016), onde investigou-se a variabilidade climática e cenários futuros de mudanças climáticas numa região localizada no semiárido nordestino, constatou-se que as precipitações com tendências negativas são mais influenciadas pelas variações da Temperatura da Superfície do Mar (TSM) no oceano Pacífico em relação às variações no oceano Atlântico, evidenciando que o fenômeno El Niño influencia na redução das chuvas na região estudada.

Em um estudo ainda mais recente, Ferreira et al. (2017), fizeram uma avaliação da tendência espaço-temporal da precipitação pluviométrica em um região semiárida de Pernambuco e evidenciou-se que as precipitações com tendências negativas são influenciadas pelas variações da TSM nos oceanos Pacífico e Atlântico, mostrando que o El Niño influencia na redução das chuvas na região, assim como o Dipolo do Atlântico.

Para identificar a ocorrência do El Niño utiliza-se o Índice Oceânico do Niño (ION), que identifica as anomalias de TSM através de uma média móvel de três meses. Esses dados de anomalias são coletados em quatro regiões do Oceano Pacífico Equatorial:

- **Niño 1+2** (0-10°S, 90°W-80°W)

Região que geralmente se aquece primeiro quando o El Niño se desenvolve.

- **Niño 3** (5°N-5°S, 150°W-90°W)

Região que apresenta maior variabilidade de TSM na escala temporal do El Niño.

- **Niño 3.4** (5°N-5°S, 170°W-120°W)

Região mais usada para pesquisas e monitoramentos das águas oceânicas do Pacífico Equatorial, uma vez que a grande variabilidade da TSM que a caracteriza, leva a um forte deslocamento da precipitação da região oeste do Pacífico, de forma a modificar a localização da fonte de aquecimento que modula a circulação atmosférica global.

- **Niño 4** (5°N-5°S, 160°E-150°W)

Região onde as variações na TSM chegam a valores próximos a 27,5 °C, considerado um forte fator condicionante das precipitações.

La Niña

A La Niña é um fenômeno caracterizado pela diminuição da temperatura das águas superficiais do Oceano Pacífico Equatorial ocasionada pelo aumento da força dos ventos alísios. Com o aumento da intensidade desses ventos ocorre a intensificação da ressurgência das águas da região leste do Pacífico Equatorial, que é o afloramento das águas profundas do oceano, apresentando-se com maior número de nutrientes e mais frias, e dessa forma ocorre a diminuição da temperatura da superfície do mar (BERLATO; FONTANA, 2003)

Nos últimos anos, estudos têm demonstrado diminuição da ocorrência do fenômeno La Niña em relação ao El Niño, assim como tem se observado que os valores de anomalias de TSM tem sido menores nos eventos de La Niña, chegando no máximo 4°C abaixo da média, enquanto nos episódios de El Niño, os desvios apresentam-se com valor de até 4,5°C acima da média (INPE/CPTEC, 2016).

Os efeitos da La Niña na América do Sul expressam-se com o aumento da precipitação na Colômbia, no oeste do Chile e da Argentina ocorre o oposto, a precipitação diminui durante a primavera, no Uruguai e Peru as chuvas também diminuem, podendo provocar secas severas (CPTEC, 2017).

No Brasil, os impactos da ocorrência da La Niña diferenciam-se do El Niño, causando aumento de precipitação na região Norte, que se expressa de forma mais marcante nas regiões norte e leste da Amazônia. No Sudeste, as temperaturas não sofrem alterações muito perceptíveis, mantendo-se próximas à média climatológica ou um pouco abaixo da média durante as estações do inverno e verão. (MARCUIZZO; ROMERO, 2013).

Neutralidade Climática

A neutralidade climática é caracterizada como o espaço de tempo onde não há ocorrência dos fenômenos El Niño e La Niña, ou seja, a interação do oceano com a atmosfera encontra-se em condição normal, nesse período encontram-se os anos neutros (INPE/CPTEC, 2017).

Nos anos de ocorrência de neutralidade, os ventos alísios de baixos níveis da atmosfera sopram da direção de leste - oeste na Zona Equatorial, soprando de nordeste no hemisfério Norte e sudeste no hemisfério Sul e contribuem para a formação da ZCIT. Dessa forma condiciona a concentração de águas mais quentes na região oeste do Pacífico Equatorial. Já na região Pacífico Equatorial Leste, próxima a costa oeste do continente Sul-Americano verifica-se águas mais frias e pressões atmosféricas mais altas (INPE/CPTEC, 2017).

Dipolo do Atlântico Tropical

O Dipolo do Atlântico Tropical é um fenômeno oceânico – atmosférico caracterizado por um gradiente na TSM entre os hemisférios Norte e Sul, envolvendo variações de fases opostas na TSM em cada hemisfério em diferentes escalas de tempo (MELICE; SERVAIN, 2003).

A Fase Positiva do Dipolo ocorre quando as águas da região norte do Atlântico Tropical estão mais quentes que ao sul e isso faz com que a ZCIT posicione-se mais ao norte de sua posição habitual, inibindo a formação de nuvens e diminuindo a precipitação, podendo ocasionar episódios de estiagens e secas nessas regiões. Ao contrário, a Fase Negativa do Dipolo ocorre quando a ZCIT localiza-se mais ao sul de seu eixo médio devido as águas do Atlântico Tropical Sul encontrarem-se mais quentes que ao norte, levando ao aumento dos movimentos ascendentes sobre estas mesmas regiões do NEB, levando à intensificação da formação de nuvens e ocasionando o aumento dos totais pluviométricos (ARAGÃO, 1998; NOBRE; SHUKLA, 1996; WAINER; SOARES, 1997).

As anomalias de TSM no oceano Atlântico Tropical são identificadas através da utilização do Índice do Atlântico Tropical Norte (TNAI) e Índice do Atlântico Tropical Sul (TSAI). Segundo um estudo realizado por Pezzi e Cavalcanti (2001), as precipitações de toda a região do NEB ficam abaixo da média, resultando na redução das precipitações quando ocorrem condições de El Niño em conjunto com a fase positiva do Dipolo do Atlântico, onde as anomalias de TSM são positivas no Atlântico Tropical Norte. Por outro lado quando ocorrem condições de El Niño com o Dipolo negativo, onde as anomalias de Atlântico Tropical Sul são positivas ocorre aumento das médias pluviométricas no norte do NEB e abaixo da média nas

demais regiões, porém em anos de ocorrência de El Niño forte esse quadro pode ser diferente. Nesse mesmo estudo, os autores afirmam que em condições de La Niña e fase negativa do Dipolo observa-se aumento nas médias de precipitação, enquanto em conjunto com o Dipolo positivo, as médias de chuvas encontram-se abaixo da média em toda a região do NEB, sendo a influência do Dipolo do Atlântico Tropical mais evidente nos períodos de ocorrência da La Niña do que nos de El Niño.

Os fenômenos ENOS, El Niño, La Niña e o Dipolo do Atlântico têm sido estudados por pesquisadores de todo o mundo devido sua forte influência na dinâmica climática global. Trabalhos recentes como os de Galvêncio e Sousa (2012), Souza (2013), Nóbrega, Farias e Santos (2015) e Salgueiro et al. (2016), dentre outros, abordaram a questão da variabilidade das precipitações associada à esses fenômenos oceânicos-atmosféricos numa escala regional, contribuindo de forma extremamente importante para o conhecimento do comportamento dessa variável nas diferentes regiões de Pernambuco.

Esses estudos podem servir de subsídio para tomada de decisões no âmbito do planejamento urbano e elaboração de políticas públicas que visem contribuir com a gestão para mitigação dos impactos associados aos eventos extremos de precipitação, que são influenciados pela atuação e interação dos sistemas atmosféricos apresentados acima, que assolam profundamente a vida das comunidades e o desenvolvimento das atividades econômicas, além causar impactos negativos sobre o ambiente natural, alterando a dinâmica da flora e fauna local.

2.3 Extremos de precipitação pluviométrica no Nordeste do Brasil

Os eventos extremos são causados por flutuações climáticas que agem na maioria das vezes de forma danosa aos sistemas naturais e humanos. Os eventos extremos ocorrem sob forma de chuvas intensas, que levam à enchentes e inundações; déficit de chuvas, culminando em estiagens e secas; ondas de calor; tornados e tufões. Eventos meteorológicos e climatológicos extremos apresentam uma relação intrínseca com a variabilidade climática, com possibilidade de sua frequência e intensidade se alterarem de acordo com mudanças no clima (MARENGO, 2009). De acordo com o Quinto Relatório Científico do IPCC (IPCC, 2014) existem evidências de que as mudanças climáticas podem afetar significativamente os extremos climáticos, sendo considerado de moderado a alto o nível dos riscos relacionados aos eventos extremos, com aumento de 1°C de aquecimento.

O IPCC (2014) aponta que a ocorrência de um evento extremo (seca ou inundações) pode não ser considerado extremo quando acontece de forma individual, mas quando ocorre sendo

resultado de uma acumulação de eventos pode tornar-se extremo. Por outro lado, eventos meteorológicos ou climatológicos, mesmo não sendo classificados estatisticamente como extremos, podem causar impactos ou induzir condições extremas, ao ultrapassar limites do quadro socioeconômico e/ou ecológico da região onde atuar.

Nas últimas décadas observou-se o aumento de pesquisas direcionadas para investigações sobre variabilidades, tendências, mudanças climáticas e desastres naturais na região Nordeste do Brasil, inclusive para a região específica do semiárido, que de acordo com IBGE (2010), apresenta extensão territorial de 982.563,3 km², sendo 89,5% dessa área localizada no nordeste do país. Tendo em vista que em Pernambuco, aproximadamente 64% dos municípios do Estado e 3,2 milhões de pessoas residem no semiárido (IBGE, 2010), estudos recentes como os de Lacerda, Melo e Soares (2009), Lacerda et al. (2010), Assis et al. (2011); Assis, Lacerda e Sobral (2012) e Nóbrega, Farias e Santos (2015), dentre outros, são de fundamental importância para compreender o comportamento do tempo e do clima nessa grande região. Essas pesquisas podem servir como base de informações científicas à gestão dos recursos naturais (principalmente os hídricos), planejamento urbano e das atividades produtivas em geral, assim como pensar planos e ações que possam minimizar os impactos dos extremos climáticos sobre o ambiente e as populações.

Segundo Marengo (2009), os eventos extremos podem variar numa escala temporal de dias até milênios, porém para as atividades antrópicas os mais importantes devido ao potencial de impactos negativos são os eventos meteorológicos extremos que ocorrem a curto prazo e os eventos climatológicos extremos que ocorrem a médio prazo. A região semiárida do NEB apresenta um longo histórico de estiagens e secas, com registros de ocorrência das mesmas datadas do século 16, mas também não é raro o registro de enchentes e inundações que assolaram essa região.

Antes de abordar os principais episódios de extremos de precipitação que culminaram em períodos prolongados de estiagens, culminando em secas severas no semiárido nordestino e sua relação com os fenômenos oceano-atmosféricos que ocorreram nas últimas décadas, é importante expor o conceito da mesma.

Pesquisadores afirmam que definir universalmente o conceito de seca é uma tarefa difícil, considerando que a mesma está relacionada com o ponto de vista do observador (pesquisador), pois pode ser percebida de distintas maneiras em diferentes regiões, que por sua vez apresentam características climáticas variadas, assim como também deve ser considerado os diferentes usos da água (FERNANDES et al., 2009). Porém, a causa elementar e comum a todas as definições sobre esse fenômeno está na insuficiência e variabilidade espaço-temporal

da precipitação pluviométrica (CAMPOS; STUDART, 2001), considerando que todos os estudos que investigam a seca, relacionam esse fenômeno com situações de escassez de água resultado de precipitação insuficiente, elevada evapotranspiração e demasiada exploração dos recursos hídricos ou de uma combinação destes parâmetros (FERNANDES et al., 2009).

De acordo com diversos autores (BYUN; WILHITE, 1999; MCKEE; DOESKEN; KLEIST, 1993; WILHITE; GLANTZ, 1987) existem quatro tipos de secas que fazem parte de um processo em cadeia, são elas: meteorológica, agrícola, hidrológica e socioeconômica. A seca meteorológica está relacionada com a variabilidade espacial e temporal do regime pluviométrico. A seca agrícola ou edáfica está atrelada à capacidade de retenção de umidade por parte dos solos e pelo tipo de cultura desenvolvida na área. A seca social é um efeito da seca edáfica, uma vez que a redução da produção agrícola causada por esta última pode gerar grandes perdas econômicas e severos problemas sociais, como fome, migração para as cidades mais próximas, desagregação de famílias, dentre outras consequências. Já a seca hidrológica é causada pela deficiência no escoamento dos cursos d'água e/ou pelo gerenciamento ineficaz das disponibilidades hídricas, levando a possíveis situações em que o racionamento de água seja necessário ou num quadro mais grave ocorre o colapso dos sistemas de abastecimento desse recurso nas cidades e nas áreas rurais (irrigação e consumo animal) (CAMPOS, 1994).

Os eventos extremos só são considerados desastres quando afetam de forma direta ou indireta o homem e suas atividades, causando danos e prejuízos de caráter socioeconômico, num recorte temporal e espacial definido (KOBAYAMA et al., 2006). A conceituação de desastre divulgada pela UN-ISDR (2002), o considera como resultado de eventos que podem ser de caráter natural e/ou provocados pelo homem sobre um espaço vulnerável, causando perturbação ao funcionamento habitual da vida de comunidades, de forma a ultrapassar os limites da capacidade das mesmas de lidar ou superar o impacto sofrido através de meios próprios.

Nesse contexto, os desastres naturais devem ser analisados como problemas geoambientais, ou seja, devem ser analisados através de diagnósticos integrados, que considerem a interação entre os elementos de um sistema ou mais sistemas que compõem o espaço geográfico atingido pelos impactos dos desastres, compreendendo as variáveis e suas conexões dentro da totalidade (MAGALHÃES; SILVA; ZANELLA, 2010; ROSS, 2006; SOUZA; CARVALHO, 2009).

Existe uma gama de trabalhos que abordam a temática dos extremos de precipitação no semiárido nordestino. Sob a ótica da geografia física temos pesquisas como a de Nóbrega, Farias e Santos (2015), que ao fazerem um estudo sobre a variabilidade temporal e espacial da

precipitação pluviométrica no estado de Pernambuco através de índices de extremos climáticos, concluíram que existe uma tendência à concentração de chuvas em poucos dias ao longo do ano na região do Sertão e Agreste, sendo que a região do Sertão apresenta maior quantidade de episódios extremamente secos e grande quantidade de eventos extremamente chuvosos concentrados na estação chuvosa dessa região, enquanto para o Agreste foi observado predominância de episódios extremamente secos.

Pereira et al. (2017), trabalharam a questão da variabilidade climática no Agreste de Pernambuco visando caracterizar a severidade dos anos secos e chuvosos através do Índice de Anomalia de Chuva (IAC) e dentre os resultados obtidos observaram que a partir da década de 1990 houve diminuição da frequência dos anos Muito Úmidos e aumento dos anos Muito Secos em relação aos anos chuvosos, demonstrando modificação no padrão da precipitação, com anos secos predominando no clima dessa região.

Ao investigar sobre tendências de temperatura, precipitação e cenários de mudanças climáticas no NEB, Lacerda (2015) aponta através de suas análises, diminuição das precipitações pluviométricas no Sertão e no Agreste, ressaltando que as maiores tendências de redução da precipitação, de 2010 até 2040, são previstas para o Agreste e Litoral de Pernambuco.

Principais episódios de secas nas últimas décadas no Nordeste

De acordo com Marengo, Cunha e Alves (2016), as secas tem sido reladas no Nordeste desde o século 16 e a história desses episódios tem sido retratadas por diversos pesquisadores como Araújo (1982), Magalhães et al. (1988), Gutierrez et al. (2014) e Wilhite e Glantz (2014). Considerando as secas que ocorrem a partir dos anos de 1960, temos os anos: 1966, 1970, 1976, 1979-1981, 1982-1983, 1992-1993, 1997-1998, 2001-2002, 2005, 2007, 2010 e 2012-2015 marcados pela extrema redução nos totais pluviométricos.

Segundo Costa (2012), o fenômeno ENOS apresenta historicamente uma longa relação de causa e efeito com períodos secos (estiagens) que se prolongam além do normal culminando em secas intensas na região semiárida do Nordeste e inundações de grandes proporções que assolaram as regiões sul e sudeste do país. Quando o fenômeno do El Niño está configurado por completo, ocorre a mudança anômala na circulação da atmosfera superior e traz como consequência alteração na dinâmica dos centros de altas e baixas pressões, assim como modificação das células do ar atmosférico, e esses mecanismos são alguns dos responsáveis

pela ocorrência das grandes secas no NEB, principalmente sobre o setor norte (durante a estação chuvosa).

Em seu estudo, Aragão (2002) relaciona os anos 1965, 1970, 1982, 1993 e 1999, classificados como anos secos, onde ocorreram secas, com a atuação do ENOS. Considera-se que o El Niño que atuou entre 1982-1983 foi o mais forte e impactante do século, considerando que foi registrada excepcional anomalia da temperatura da superfície do mar no Pacífico Equatorial, além do fato desse evento não ter sido previsto e nem reconhecido pelos pesquisadores na fase inicial de seu desenvolvimento. Esse episódio provocou intensas modificações climáticas no Brasil, na região Nordeste foram sentidos os impactos de forma bastante severa sobre o ambiente e as populações, causando diversos transtornos socioeconômicos, foi considerada a estiagem mais longa e rigorosa da história nordestina, com elevado número de óbitos, o quadro foi avaliado como de calamidade pública (SANTOS et al., 2012).

Ainda no século XX, na última década, o ano de 1993 foi registrado como extremamente seco, causando uma forte seca, não só influenciada pela atuação do El Niño, mas também agravada pela ocorrência do dipolo positivo do Atlântico Tropical, que é desfavorável às chuvas no NEB (SOUZA; ALVES; XAVIER, 1999). A forte estiagem registrada em 1998 e 1999, ocorreu devido à um El Niño que teve início em 1997 e intensificou-se em 1998, considerado um dos episódios mais intensos desse século. Segundo Aragão (1998), em Pernambuco foi registrada a redução em cerca de 70% das precipitações, de forma similar às outras secas ocorridas na região observou-se como consequência desse quadro de índices de precipitação extremamente baixos, que as reservas de água sofreram forte redução diante do elevado índice de evapotranspiração da região semiárida e isso desencadeou uma série de problemas sociais, econômicos, demográficos e de saúde. De acordo com Maia Gomes (2001), essa estiagem abrangeu espacialmente 1.122 municípios nordestinos, atingindo aproximadamente 10 milhões de moradores das áreas rurais do Semiárido.

A seca mais intensa das últimas 5 décadas aconteceu no século XXI, entre os anos de 2012 e 2015. Segundo Marengo, Cunha e Alves (2016), esse episódio prolongado teve início em 2010 (considerado um ano seco), e entre 2010 e 2015 somente no ano de 2011 foi registrado chuvas acima da média climatológica e logo no ano seguinte (2012) registraram-se déficits de precipitação. As causas climatológicas desse evento mostraram-se diferentes das ocorridas nos anos anteriores, pois teve relação com um episódio de La Niña que se desenvolveu em 2012, tendo a atuação das águas superficiais mais frias que o normal no Pacífico Equatorial gerado, na alta atmosfera, maior divergência sobre a Amazônia e uma maior convergência na região

Nordeste do Brasil, com um movimento ascendente intenso no leste da Amazônia durante o verão austral e subsidência anômala sobre NEB durante o outono austral de 2012. Enquanto no oceano Atlântico Tropical, a atuação da fase positiva do Dipolo em 2011 interagiu com a subsidência induzida pelo forte movimento ascendente na Amazônia, determinando condições de redução chuvas no NEB.

Esse longo período de seca, resultou em consequências severas para a região, segundo Ferreira (2012), somente no primeiro ano de estiagem 500 municípios do semiárido entraram em situação de calamidade em virtude da falta de chuvas. As consequências dos impactos desse desastre natural foram sentidas principalmente no setor da agropecuária e industrial, com perdas bastante significativas na produção, além disso, graves problemas no abastecimento de água foram causados devido aos pequenos e médios reservatórios terem secados. Dessa forma, fica evidente como um desastre dessa proporção pode impactar a vida de grande parcela das populações residentes em áreas afetadas por episódios de estiagens e secas, principalmente dos mais pobres, interferindo nas condições de saúde, assim como na diminuição do rendimento das plantações e cultivos de pequena e média escala, contribuindo para a condição de vulnerabilidade dessas pessoas (DE NYS; ENGLE; MAGALHÃES, 2016).

2.4 Vulnerabilidade da população frente aos extremos da precipitação pluviométrica

Na literatura encontram-se diferentes conceitos para vulnerabilidade, com isso são diversas as possibilidades de entendimento sobre esse termo, que refletem na multidimensionalidade teórico-conceitual do mesmo, uma vez que expressam variadas ideias e abordagens (natural, física, econômica, social, política, ideológica, cultural, educacional, técnica, ambiental, institucional, entre outras) aplicados às mais diferentes ciências (geografia, biologia, sociologia, antropologia, psicologia, entre outras) (CARDONA et al., 2005; SHUMANN, 2014). Esse conceito encontra-se em processo de construção e devido à sua conotação multidisciplinar e interdisciplinar tem sido utilizado nos diferentes campos do saber, considerando que permite o diálogo entre variadas áreas, inclusive no âmbito das políticas públicas (WILCHES – CHAUX, 1993).

Dessa forma, entende-se que a vulnerabilidade incorpora definições específicas de acordo com o objeto e a área de estudo, Shumannn (2014) apresentou cerca de 29 definições diferentes de vulnerabilidade, demonstrando como esse conceito é polissêmico. Porém para o presente estudo, as dimensões que melhor contribuem para a compreensão da vulnerabilidade relacionada às variabilidades do clima são as que permeiam no âmbito social e econômico.

De acordo com o IPCC (2001), vulnerabilidade é definida como “o grau de suscetibilidade de um sistema aos efeitos adversos da mudança climática, ou sua incapacidade de administrar esses efeitos, incluindo variabilidade climática ou extremos. Vulnerabilidade é função do caráter, dimensão e taxa de variação climática ao qual um sistema é exposto, sua sensibilidade e capacidade de adaptação.”

Segundo Blaike et al. (1996), entende-se que a vulnerabilidade é determinada por processos sociais, econômicos e políticos, sendo as populações mais vulneráveis encontradas nas regiões mais pobres, dependentes, desfavorecidas e com menos recursos. De acordo com Beard (1998) e Wood (2003), apesar de pobreza e vulnerabilidade estarem fortemente relacionadas, não são sinônimas, e considerando suas diferenças é importante que as políticas públicas adotadas frente aos desastres naturais sejam direcionadas não somente para as populações que encontram-se em situação de pobreza, mas também para as que estão vulneráveis à ela.

Ainda nessa linha de pensamento, Blaike et al. (1996), argumentam que a vulnerabilidade é considerada essencialmente uma condição humana, uma característica da estrutura social, política e econômica da sociedade. Assim, aqueles que possuem menos recursos serão os que mais dificilmente se adaptarão e, portanto são os mais vulneráveis, pois a capacidade de adaptação é dada pela riqueza, tecnologia, educação, informação, habilidades, infraestrutura, acesso à recursos e capacidade de gestão frente às variabilidades climáticas.

Os processos econômicos, demográficos e políticos são responsáveis pela geração das vulnerabilidades, uma vez que afetam diretamente a destinação e distribuição de recursos entre os diferentes grupos de pessoas que compõe a sociedade, e consequentemente essas ações refletem na distribuição de poder (CARDONA, 2001). Dessa forma, pode-se dizer que a vulnerabilidade consiste num sistema dinâmico, pois é criada a partir da interação de diversos fatores e características mutáveis, considerando que as condições socioeconômicas de determinada população podem ser melhoradas se tiverem investimentos em políticas direcionadas, possibilitando que a comunidade em questão tenha condições de responder adequadamente aos impactos de um desastre natural.

É importante compreender que o risco de ocorrer um desastre natural está associado com as condições socioeconômicas e físico-naturais vulneráveis, uma vez que os sistemas sociais e naturais proporcionam exposições em níveis desiguais ao risco, sendo alguns grupos de pessoas e regiões mais susceptíveis aos riscos do que outros (CANNON, 1994). Sendo assim, nos estudos relacionados à investigação da variabilidade e mudanças no clima, a vulnerabilidade apresenta papel de destaque, pois considera-se que a mesma explica o porquê

dos diferentes níveis de risco que os diferentes grupos estão expostos ao serem submetidos a perigos naturais de mesma intensidade.

Bronzo (2009) relaciona vulnerabilidade com exposição ao risco e capacidade de resposta (material ou simbólica) das populações frente ao risco ou ao impacto (materialização do risco). Ao trabalhar com termos como perigo e risco, também é importante expor suas diferenças conceituais, segundo Nascimento (2011), “perigo é considerado como uma circunstância que pode causar dano, perda ou prejuízo ambiental, humano, material ou financeiro” e o risco refere-se a “probabilidade (ou frequência) esperada de ocorrência dos danos, perdas ou prejuízos consequentes da consumação do perigo”.

Wilches - Chaux (1983), compreende que risco é qualquer fenômeno de origem natural ou humana que modifique o ambiente habitado por determinada população, que seja vulnerável a esse fenômeno. Assim como o conceito de vulnerabilidade, o risco também apresenta caráter multidimensional quando se trata de sua definição. Sendo o risco social, o que mais se adapta a problemática trabalhada nesse estudo, pois pode comprometer a capacidade de uma população garantir sua seguridade social, envolvendo dificuldades de apresentar condições estáveis para enfrentar os impactos de riscos como desemprego, fome, condições precárias de habitação e saneamento básico, doenças e acidentes que podem ser agravados com a ocorrência de um desastre natural, como secas severas ou enchentes e inundações (SHUMANN, 2014).

Para determinar a vulnerabilidade das populações frente aos eventos extremos de precipitação é preciso fazer uso de uma visão geossistêmica, compreendendo que existe relação entre os danos físicos e fatores sociais, organizacionais e institucionais, que estão associadas também ao nível de desenvolvimento das populações (ABREU, 2004). De acordo com PNUD (2008), os riscos à desastres naturais e a vulnerabilidade das comunidades apresentam relação direta com a falta de políticas públicas eficazes, inexistência de estruturas administrativas e sistemas legislativos adequados, em nível local, regional e nacional.

Como já foi discutido anteriormente, o Nordeste e em especial a região semiárida, apresenta grande variabilidade espacial e temporal das precipitações, e historicamente tem um considerado registro de eventos extremos, principalmente períodos prolongados de seca, além disso apresenta os piores índices socioeconômicos do país. Esse conjunto de características torna a região e a população extremamente vulneráveis aos desastres naturais, tornando-se necessária a expansão de estudos sobre vulnerabilidades associadas às variabilidades climáticas no semiárido, com identificação (mapeamento) das regiões mais vulneráveis aos impactos dos eventos extremos. Considerando que esses estudos são importantes ferramentas no auxílio de

formulação de políticas e ações de mitigação e adaptação às variabilidades do clima e os desastres naturais.

3 MATERIAL E MÉTODOS

Este capítulo expõe a delimitação e caracterização da área de estudo, contendo todas as informações pertinentes à pesquisa, tais como localização geográfica, clima, geologia, geomorfologia, vegetação e hidrografia. Num segundo momento, são apresentados os dados que serviram de base para o diagnóstico da pesquisa e os procedimentos metodológicos, descritos de forma detalhada.

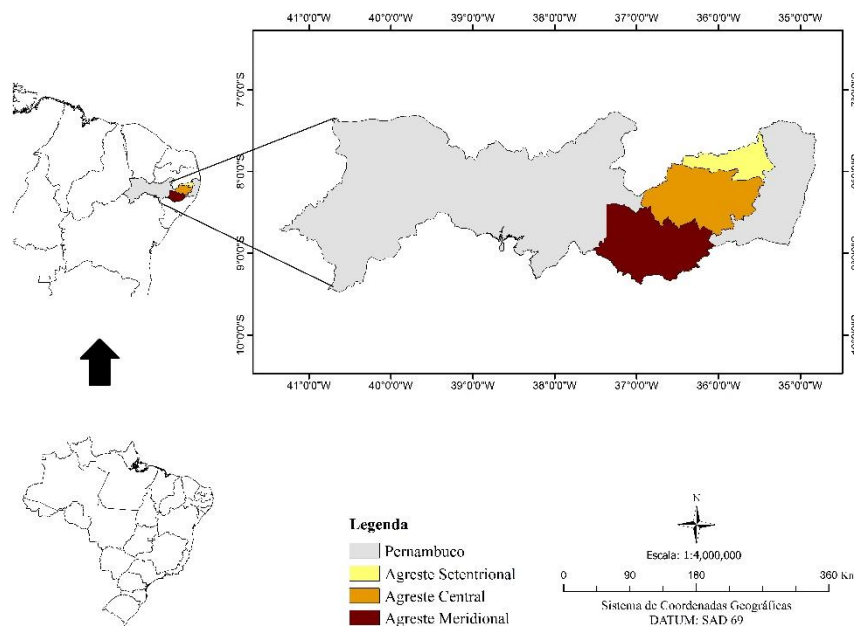
3.1 Delimitação e caracterização fisiográfica da área de estudo

3.1.1 Localização

A região do Agreste de Pernambuco encontra-se localizada no nordeste do Brasil, apresenta extensão de 23.982,8 km², limita-se geograficamente ao norte com o estado da Paraíba, ao sul com Alagoas, a leste com a Zona da Mata pernambucana e oeste com o Sertão pernambucano (IBGE, 2010).

Em 23 de dezembro de 1999, através da Lei Estadual nº 11.725 que dispôs sobre o Plano Plurianual do Estado para o quadriênio 2000-2003, o Governo do Pernambuco dividiu o estado com objetivo de regionalizar as ações de governo, sendo criadas as Regiões de Desenvolvimento (RD's). Assim o Agreste foi subdividido em três Regiões de Desenvolvimento (RD's): Agreste Setentrional, Central e Agreste Meridional, conforme pode ser observado no mapa de localização representado pela Figura 1.

Figura 1 - Mapa de localização do Agreste de Pernambuco.



Fonte: Elaborado pela autora (2017).

Na região do Agreste localizam-se 71 municípios distribuídos entre as RD's, sendo o Agreste Setentrional composto por 19 municípios e o Agreste Central e Meridional composto por 26 municípios cada um, como pode ser observado no Quadro 1.

Quadro 1 – Relação dos municípios componentes das RD's Agreste Setentrional, Central e Meridional de Pernambuco.

Região de Desenvolvimento	Municípios e Distrito Estadual
Agreste Setentrional	Bom Jardim, Casinhas, Cumaru, Feira Nova, Frei Miguelino, João Alfredo, Limoeiro, Machados, Orobó, Passira, Salgadinho, Santa Cruz do Capibaribe, Santa Maria do Cambucá, São Vicente Férrer, Surubim, Taquaritinga do Norte, Toritama, Vertente do Lério e Vertentes.
Agreste Central	Agrestina, Alagoinha, Altinho, Barra de Guabiraba, Belo Jardim, Bezerras, Bonito, Brejo da Madre de Deus, Cachoeirinha, Camocim de São Félix, Caruaru, Cupira, Gravatá, Ibirajuba, Jataúba, Lagoa dos Gatos, Panelas, Pesqueira, Poção, Riacho das Almas, Sairé, Sanharó, São Bento do Una, São Caitano, São Joaquim do Monte e Tacaimbó.

(continuação)

Agreste Meridional	Águas Belas, Angelim, Bom Conselho, Brejão, Buíque, Caetés, Calçado, Canhotinho, Capoeiras, Correntes, Garanhuns, Iati, Itaíba, Jucati, Jupi, Jurema, Lagoa do Ouro, Lajedo, Palmeirinha, Paranatama, Pedra, Saloá, São João, Terezinha, Tupanatinga e venturosa.
---------------------------	---

Fonte: Agência CONDEPE/FIDEM (2011).

3.1.2 Clima

Segundo Ab'Saber (2008), o Agreste de Pernambuco compreende uma região de transição morfoclimática, situa-se entre dois morfoclimas distintos, apresentando trechos quase tão úmidos como no litoral e outros secos como no sertão. De acordo com Andrade (2003, 2009), que utilizou em suas pesquisas a classificação de Köppen e Geiger (1948), no Agreste são identificados três tipos climáticos como observa-se no Quadro 2.

Quadro 2 - Tipos climáticos que caracterizam o Agreste Pernambucano.

Classificação Climática de Köppen-Geiger	Descrição
As'	• Climas megatérmicos • Tropical quente e úmido com estação seca de verão e com chuvas de outono-inverno
BShs'	• Climas das estepes quentes de baixa latitude e altitude • Chuvas de outono-inverno
Cs'a	• Climas mesotérmicos • Verões quentes e chuvas de outono-inverno

Fonte: Köppen e Geiger (1948).

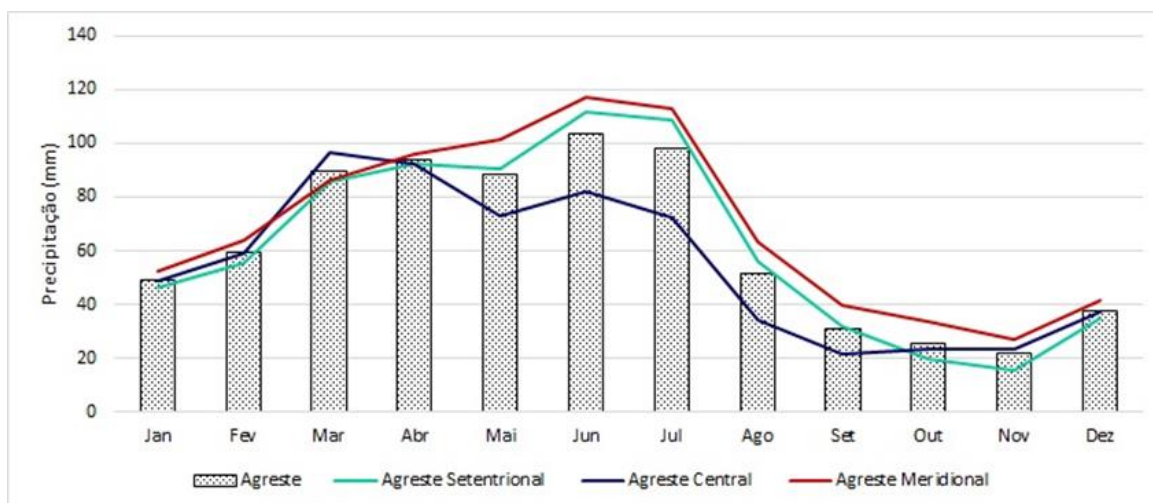
Os climas que predominam nessa região são: tropical quente e seco, tropical quente ou sub-úmido seco, e em algumas pequenas áreas são identificados os climas tropical quente e úmido e tropical de altitude.

De acordo com CONDEPE/FIDEM (2011), o clima tropical quente e seco apresenta alta temperatura do ar, baixa umidade relativa do ar e grande amplitude térmica diária, sendo durante o dia alcançadas as mais altas temperaturas, enquanto à noite as temperaturas

decrecem, apresentam duas estações bem definidas, seca e chuvosa. O clima tropical quente, encontra-se na zona de transição climática, podendo apresentar-se com características referentes ao clima tropical quente e úmido e em outros momentos ao clima tropical quente e seco, mas sem atingir valores extremos desses dois tipos climáticos. O clima tropical de altitude é encontrado em regiões com altitude acima de 1000 m, apresentando duas estações bem definidas, verão (quente e úmido) e inverno (frio e seco). E o clima tropical quente e úmido abrange pequena área do Agreste meridional, apresentando médios e altos valores de umidade relativa do ar.

Com base nos dados dos postos pluviométricos localizados no Agreste, neste presente trabalho foi realizada uma atualização da climatologia mensal com dados observados no período de 1963 a 2016 (Figura 2).

Figura 2 - Climatologia da precipitação mensal (mm) do Agreste.



Fonte: Elaborado pela autora (2017).

No Agreste, de forma geral, verifica-se que o comportamento médio da precipitação pluviométrica demonstra tendência crescente entre os meses de março a julho, representando o período mais chuvoso, atingindo seus valores máximos nos meses de junho (104 mm) e julho (98mm) e o trimestre mais seco encontra-se de setembro a novembro, chegando a valores mínimos de 22mm no mês de novembro. A partir do mês de agosto, fica evidente a tendência de diminuição das médias dessa variável ao longo dos meses subsequentes, prolongando-se até fevereiro. Nas RD's esse quadro apresenta-se um pouco diferente, o Agreste Setentrional e Meridional apresentam a climatologia semelhante à do Agreste, porém com valores de precipitação um pouco superiores referentes ao período mais chuvoso, com destaque para os

meses de junho e julho, exibindo índices acima de 110 mm, enquanto os menor índice da série (15 mm) foi encontrado no mês de novembro no Agreste Setentrional. No Agreste Central nota-se menor expressividade quanto à quantidade de água precipitada em relação ao restante das RD's, apresentando como período mais chuvoso os meses de março (97mm) e abril (96mm) e o menos chuvoso, setembro (21 mm).

Essas condições observadas demonstram a distribuição desigual da precipitação pluviométrica ao longo do ano no Agreste, revelando que durante um período relativamente curto existe a concentração dessa variável, enquanto que o restante dos meses é caracterizado por um significativo déficit hídrico, demarcando praticamente duas estações do ano bem definidas, outono-inverno (chuvoso) e verão-outono (seco).

3.1.3 Geologia e geomorfologia

O subsolo do Agreste de Pernambuco em quase toda sua totalidade é formado por rochas de idade pré-cambriana e pertencem à província estrutural da Borborema, geologicamente, corresponde a porção oeste de uma extensa faixa orogênica Brasileira/Pan-Africana, que estende-se por cerca de 450.000 Km² no território do NEB, formada a partir da convergência dos crátons Amazônico, São Luís-Oeste Africano e São Francisco-Congo (CPRM, 2001; SAMPAIO, 2005).

Litologicamente, no território da área em questão, é marcante a presença de rochas ígneas e metamórficas, com predominância de granitos e rochas gnáissico-migmatíticas de idade paleoproterozóica (Jardim de Sá, 1994), assim como encontram-se terrenos fanerozóicos representados por arenitos grosseiros e formação Tacaratu de idade siluro-devoniano com sedimentos argilo-arenosos (LINS, 1989).

Ainda segundo Lins (1989), a geomorfologia e o relevo do Agreste de Pernambuco compartimenta-se nas seguintes estruturas: Faixa sedimentar costeira; Níveis cristalinos que antecedem a Borborema; Depressão do São Francisco e superfícies de pediplanos com inselbergs e Bacia do Jatobá. O relevo dessa mesorregião foi elaborado ao longo do Cenozóico, e apresenta altitudes que variam ao longo do território de 100 a 1200 m, porém predominam os relevos que apresentam altitudes entre 500 e 800 m. Conhecido como a principal formação geológica de Pernambuco, o planalto da Borborema delimita de forma marcante a transição do litoral para o interior do estado, apresenta blocos falhados, maciços residuais e áreas de dobramentos que foram constituídos ao longo de prolongadas fases erosivas, assim como a escarpa Serra das Russas.

3.1.4 Vegetação

A vegetação primitiva do agreste foi quase totalmente devastada devido a demanda de ocupação do solo por culturas agrícolas, pastagens e abastecimento de indústrias. Essa região era coberta pela caatinga hipoxerófila, composta por formações arbustivas e subarbustivas, que tem como características mais relevantes a adaptação à escassez de água e perda de suas folhas na estação seca. A vegetação primitiva conhecida como “brejos de altitude” encontrados nos municípios de Pesqueira, Brejo da Madre de Deus e Belo Jardim foi substituída em grande parte por gramíneas e por culturas agrícolas (ACOMINE et al., 1973).

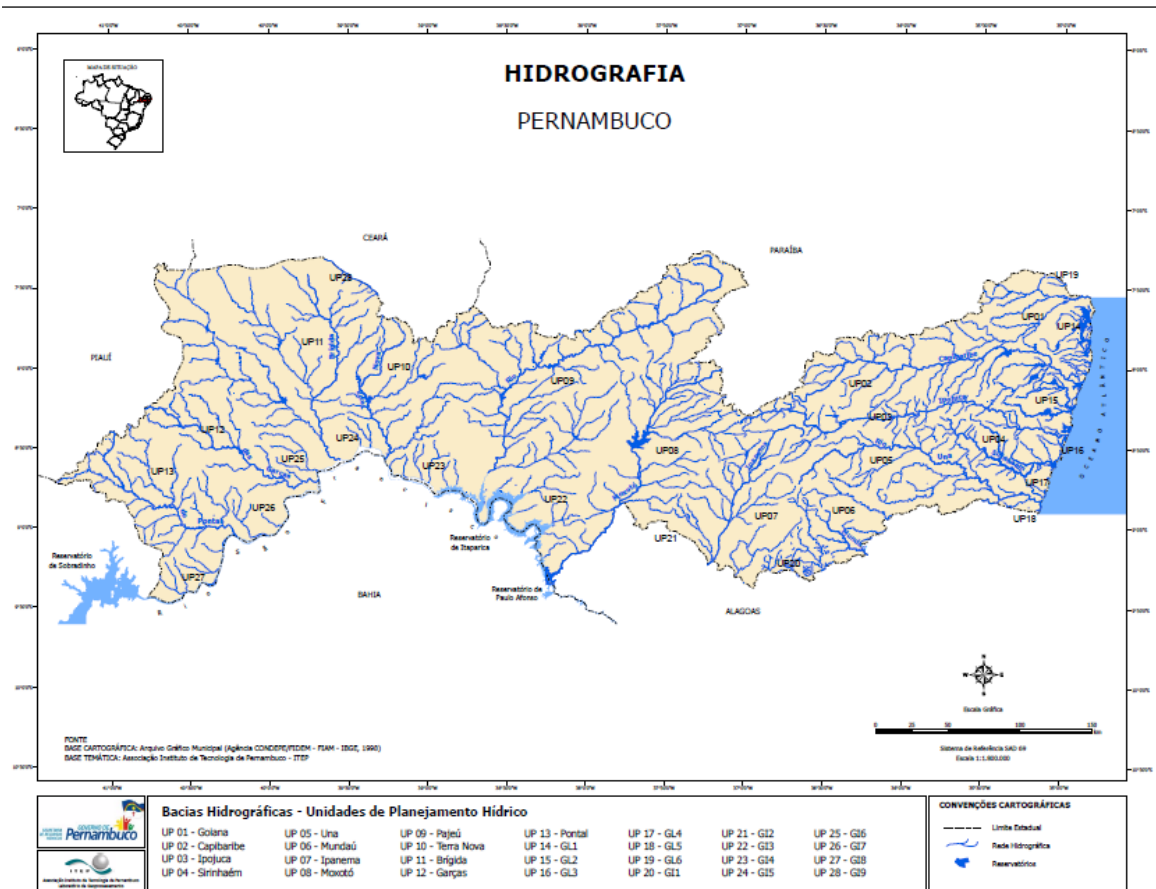
Atualmente a cobertura vegetal que predomina nesta região é a caatinga, que dentre os domínios fitogeográficos brasileiros é um dos mais desvalorizados e menos estudados em relação à flora regional. Apesar de estar bastante alterada devido às atividades antrópicas mal planejadas e insustentáveis, a caatinga contém várias fitofisionomias que levam espécies endêmicas para este domínio. No Agreste, a caatinga é caracterizada por plantas xerófilas, lenhosas, decíduais, espinhosas, suculentas e bromélias que habitam o solo pedregoso e extrato herbáceo estacional (LINS, 1989).

Na região, ainda encontram-se remanescentes da floresta subcaducifólias, vegetação também conhecida como “mata seca”, que é uma formação arbórea de grande porte, chegando até 20m e tem como característica importante, a perda de folhas no período seco, essa formação vegetal foi quase totalmente substituída por culturas agrícolas. Também ainda encontra-se presente a caatinga hiperxerófila, representada por formação arbórea e arbustiva, que apresenta características de adaptação à falta de água (ANDRADE, 2003, 2009).

3.1.5 Hidrografia

Segundo o Plano Estadual de Recursos Hídricos de Pernambuco (PERH –PE), bacia hidrográfica pode ser definida como unidade geográfica utilizada para planejar, avaliar e controlar os recursos hídricos. Dessa forma, o território de Pernambuco foi dividido em 29 Unidades de Planejamento (UP), das quais 6 bacias apresentam maior expressividade no contexto hídrico da mesorregião do Agreste, são elas: a do rio Capibaribe, Ipojuca, Una, Mundaú, Ipanema e Sirinhaém (Figura 3). Esses rios têm seu escoamento realizado no sentido oeste –leste e desaguam diretamente no Oceano Atlântico, são denominados rios litorâneos (CONDEPE/FIDEM, 2005).

Figura 3 – Mapa da distribuição hídrica de Pernambuco.



Fonte: SRHE (2006).

Os corpos hídricos (rios e riachos) dessa região apresentam um regime fluvial sazonal intermitente, a característica de intermitência é imposta devido as concentrações de chuvas durante um determinado período do ano, uma vez que o Agreste apresenta duas estações bem definidas (verão/seco e inverno/chuvoso), durante o período chuvoso, que compreende os meses de março a julho, os rios recebem grande quantidade de água, porém rapidamente sofre evaporação, infiltra-se no solo ou desloca-se superficialmente em direção ao oceano (ANDRADE, 2003).

O regime fluvial dos rios do Agreste, além de apresentar as características de intermitência imposta pelo regime de precipitação pluviométrica, também recebe influência da temperatura através da evaporação, da constituição geológica e pedológica do solo e subsolo, do relevo e da cobertura vegetal. Os fatores fisiográficos que mais influenciam no escoamento superficial são a área e a forma da bacia hidrográfica, a capacidade de infiltração e permeabilidade do solo, e a topografia da bacia. O Agreste está localizado nas zonas de permeabilidade P¹ (zona impermeável) que corresponde aos terrenos localizados no complexo cristalino e P³H (zona heterogênea com permeabilidade média elevada) encontram-se em

terrenos sedimentares (LINS, 1989), de acordo com a classificação de permeabilidade estabelecida por Nouvelot (1974).

3.2 Dados

3.2.1 Precipitação Pluviométrica

Para a execução da pesquisa foram utilizados dados de precipitação pluviométrica mensal registrados em 30 postos pluviométricos distribuídos nas três Mesorregiões do Agreste pernambucano (Figura 3) no período entre 1963 e 2016, obtidos através do banco de dados online da Agência Pernambucana de Águas e Clima (APAC), disponível no endereço: <http://www.apac.pe.gov.br/meteorologia/monitoramento-pluvio.php>.

Figura 4 - Localização dos postos pluviométricos do Agreste de Pernambuco.



Fonte: Elaborado pela autora (2017).

Inicialmente, foram coletados dados de precipitação mensal de todos os 71 municípios que compõe o Agreste, porém na maior parte dos mesmos, as séries apresentaram grandes falhas e/ou ausência de dados para o determinado período selecionado para a pesquisa, chegando

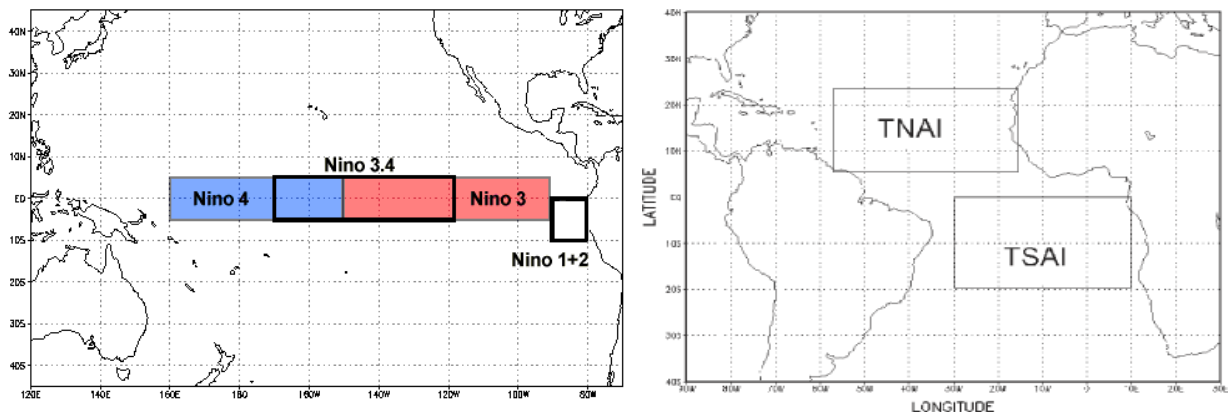
alguns municípios a um déficit de informação de até uma década. Dessa forma, com o intuito de evitar a indução à equívocos durante o processamento dos dados e análises, o preenchimento das falhas não foi considerado o melhor procedimento e optou-se pela seleção de dados dos postos que apresentaram dados completos, representando a precipitação da região com maior confiabilidade.

3.2.2 Anomalias de Temperatura da Superfície do Mar (TSM) e Índices Oceânicos

Os dados mensais das anomalias de TSM do oceano Pacífico Equatorial nas regiões de Niño 1+2, Niño 3, Niño 3.4 e Niño 4, e Índices dos oceanos Atlântico Norte (TNAI) e Atlântico Sul (TSAI) no período de 1963 a 2016 são oriundos da base de dados do National Centers for Environmental Prediction (NCEP) e da National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA) dos Estados Unidos da América (EUA).

Foram também utilizados índices oceânicos medidos no Pacífico e no Atlântico (Figura 4), nas regiões de Niño 1+2 (0-10°S, 90°W-80°W), Niño 3 (5°N-5°S, 150°W-90°W), Niño 3.4 (5°N-5°S, 170°W-120°W) e Niño 4 (5°N-5°S, 160°E-150°W), Índice mensal do Atlântico TNAI, que é a anomalia de TSM na área compreendida entre 5°N-23,5°N e 15°W-57,5°W e TSAI, que é a anomalia de TSM na área compreendida entre 0-20°S e 10°E-30°W. Ressalta-se que as áreas do TNAI e TSAI correspondem à região associada ao padrão de Dipolo do Atlântico Tropical (MOURA; SHUKLA,1981; SERVAIN, 1991).

Figura 5 - Localização das regiões do Niño 1+2, Niño 3, Niño 3.4 e Niño 4 no oceano Pacífico e TNAI e TSAI no oceano Atlântico.



Fonte: NOAA (2015) - <<https://www.ncdc.noaa.gov/teleconnections/enso/indicators/sst.php>>

Os sete índices utilizados e suas regiões oceânicas estão descritos no Quadro 3:

Quadro 3 - Localização dos índices nas respectivas regiões oceânicas.

Áreas dos Niños e Índices Oceânicos	Localização
Niño 1+2	Porção leste do oceano Pacífico equatorial próxima à costa do Peru na América do Sul.
Niño 3	Entre as regiões Niño 1+2 e Niño 3.4 no oceano Pacífico equatorial.
Niño 3.4	Porção central do oceano Pacífico equatorial entre a América do Sul e o continente australiano.
Niño 4	Porção oeste do oceano Pacífico equatorial próxima ao continente australiano.
Índice Oceânico Niño (ION)	Região Niño 3.4 do oceano Pacífico equatorial.
Índice Atlântico Tropical Norte (TNAI)	Porção norte do oceano Atlântico ou acima da linha do equador
Índice Atlântico Tropical Sul (TSAI)	Porção sul do oceano Atlântico ou abaixo da linha do equador.

Fonte: Elaborado pela autora (2017).

3.2.3 Índices socioeconômicos

Para o desenvolvimento da pesquisa, também foram utilizados oito indicadores socioeconômicos: Densidade Demográfica; Renda Média; População Total; Índice de Desenvolvimento Humano e suas dimensões Longevidade (IDH-L); Educação (IDH-E) e Renda (IDH-R); Condições de Habitabilidade (incluem dados sobre esgotamento sanitário, abastecimento de água e destinação de lixo), disponibilizado no Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) referente ao censo de 2010 dos 71 municípios que compõe o Agreste.

3.3 Procedimentos metodológicos

3.3.1 Variabilidade temporal e espacial da precipitação

Primeiramente foi realizada a climatologia mensal e anual da precipitação pluviométrica das 30 estações pluviométricas distribuídas no Agreste, subdivididas nas regiões: Setentrional

(6), Central (10) e Meridional (14) no período de 53 anos (1963 a 2016), por meio da média aritmética (equação 1), para identificar o período chuvoso e seco da região.

$$\bar{x} = \frac{\sum xi}{n} \quad (1)$$

Em que:

$\bar{x}$ = média aritmética; $\sum xi$ = somatório de x na amostra; n = tamanho da amostra.

Após identificação da climatologia, verificou-se a distribuição temporal da precipitação total anual no período de 1953 a 2016, realizada no software Microsoft Excel 2016, para avaliar a variabilidade temporal das chuvas no período analisado. Posteriormente para identificar a distribuição espacial da precipitação total anual e os períodos secos e chuvosos, elaborou-se mapas com as médias aritméticas da precipitação pluviométrica através do software ArcGis 10.4, utilizando o método de Interpolação pela Ponderação do Inverso da Distância (IDW).

3.3.2 Ocorrência temporal e intensidade dos fenômenos oceano-atmosféricos El Niño, La Niña e Neutralidade Climática e sua influência na variabilidade interanual de precipitação pluviométrica

Para identificar e classificar a intensidade dos fenômenos El Niño (La Niña) utilizou-se os critérios estabelecidos na Tabela 1. Quando o valor do ION for maior que +0,5 °C por, no mínimo, cinco meses consecutivos, é caracterizado um El Niño; quando for menor que -0,5 °C por, no mínimo, cinco meses consecutivos, é caracterizado uma La Niña; e entre -0,4°C e 0,4°C é Neutralidade Climática. A intensidade do fenômeno ENOS foi classificada em classes fraca, moderada e forte, usando-se a média do ION e de acordo com os critérios de classificação apresentados na Tabela 1. O dados mensais e trimestrais do ION estão no ANEXO 1.

Tabela 1 - Critérios de classificação de intensidade dos fenômenos El Niño (La Niña).

EVENTO	VALOR DO ION	INTENSIDADE
El Niño	0,5 a 0,9	Fraca
	1,0 a 1,4	Moderada
	$\geq 1,5$	Forte
La Niña	-0,5 a -0,9	Fraca
	-1,0 a -1,4	Moderada
	$\leq -1,5$	Forte

Fonte: Golden Gate Weather Services (2008).

Posteriormente, a fim de avaliar de a influência do índice oceânico Niño sobre o regime da precipitação pluviométrica anual do Agreste, contabilizou-se o registro dos anos com ocorrência dos eventos de El Niño e La Niña (com duração dos meses e anos inicial e final), intensidade do episódio, precipitação pluviométrica anual do Agreste referente ao final de cada evento e desvio relativo das chuvas, os quais foram apresentados na Tabela 2.

3.3.3 Influência dos oceanos Pacífico e Atlântico no regime de precipitação

Para analisar a influência dos oceanos Pacífico e Atlântico sobre a variabilidade da precipitação pluviométrica do Agreste, primeiramente foram elaboradas tabelas utilizando o Excel contendo informações das médias trimestrais dos sete índices oceânicos (Quadro 3) e da precipitação pluviométrica do Agreste pernambucano. Em seguida foi realizada a correlação de Pearson das variáveis oceânicas (utilizando três meses de atraso) com a precipitação pluviométrica. Como exemplo, os índices oceânicos no trimestre de DJF (dezembro, janeiro e fevereiro) foram correlacionados com a precipitação no trimestre MAM (março, abril e maio), e assim por diante, pressupondo que as anomalias de TSM e os índices oceânicos apenas provocam alguma modificação na dinâmica atmosférica três meses após sua ocorrência, de acordo com Neale, Richter e Jochum (2008) e Wang et al. (2012).

- Correlação

Para correlacionar os índices oceânicos com a precipitação pluviométrica foi utilizado o Método de Pearson, também conhecido como Coeficiente de Correlação do Momento Produto (FIGUEIREDO FILHO; SILVA JÚNIOR, 2009). O coeficiente de correlação populacional (parâmetro) ρ e sua estimativa amostral estão intimamente relacionados com a distribuição normal bivariada, cuja função densidade de probabilidade é dada pela equação 2:

$$f_{X,Y}(X,Y) = \frac{1}{2\pi\sigma_X\sigma_Y\sqrt{1-\rho^2}} \exp \left\{ -\frac{1}{2(1-\rho^2)} \left[\left(\frac{X-\mu_X}{\sigma_X} \right) - 2\rho \left(\frac{Y-\mu_Y}{\sigma_Y} \right) + \left(\frac{Y-\mu_Y}{\sigma_Y} \right)^2 \right] \right\} \quad (2)$$

Em que $\rho_{X,Y} = \rho = \frac{COV(X,Y)}{\sigma_X\sigma_Y} = \frac{\sigma_{X,Y}}{\sigma_X\sigma_Y}$ o parâmetro populacional onde:

$COV(X,Y)$ é a covariância entre X e Y;

σ_X é o desvio padrão de X;

σ_Y é o desvio padrão de Y.

O Estimador de Máxima Verossimilhança é dado pela equação 3:

$$\hat{\rho}_{X,Y} = \hat{\rho} = \frac{\frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})(Y_i - \bar{Y})}{n}}{\sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}{n}} \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (Y_i - \bar{Y})^2}{n}}} = \frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})(Y_i - \bar{Y})}{n\hat{\sigma}_X\hat{\sigma}_Y} \quad (3)$$

Em que:

n é o número de observações da amostra; X é a média aritmética de X_i ; Y é a média aritmética de Y_i .

O coeficiente de correlação também pode ser interpretado em termos de $\rho^2=R^2$, denominado coeficiente de determinação ou de explicação. Quando multiplicado por 100, o $\rho^2=R^2$ fornece a percentagem da variação em Y (variável dependente), que pode ser explicada pela variação em X (variável independente), ou seja, o quanto de variação é comum às duas variáveis. O coeficiente de determinação é a relação entre a variação explicada pelo modelo linear ($Y \cong \alpha + \beta X$, em que α e β são constantes) e a variação total.

A significância do coeficiente de correlação será avaliada a partir do teste de hipótese t-Student, para os níveis de significância de 1%, 5% e 10% e graus de liberdade de (n-2). As rejeições às hipóteses nulas H_0 irão identificar a existência de correlação linear entre as combinações realizadas. Para testar a hipótese de que o coeficiente de correlação linear é igual a zero, tem-se que: $H_0: \rho=0$ e $H_1: \rho \neq 0$, conforme a equação 4:

$$t = \frac{\hat{\rho}\sqrt{n-2}}{\sqrt{1-\hat{\rho}^2}} \sim t_{n-2} \quad (4)$$

Em que:

t_0 é a estatística do teste; n é o tamanho da amostra; r é a estimativa do coeficiente de correlação linear.

Sob o pressuposto da hipótese nula $H_0: \rho=0$. A hipótese nula é rejeitada se (equação 5):

$$|t_0| > t_{\alpha/2(n-2)} \quad (5)$$

Para fins de esclarecimentos, o Quadro 4 apresenta a relação dos meses utilizados para a correlação dos índices oceânicos com a precipitação pluviométrica. Após a correlação foram elaborados os mapas trimestrais com identificação dos locais que apresentaram significância estatística, considerado os níveis de 1% e 5%, por meio do software ArcGis 10.4 utilizando o método IDW de interpolação de dados.

Quadro 4 - Relação dos dados trimestrais dos índices oceânicos e da precipitação pluviométrica para a correlação.

Correlação Trimestral	
Índices oceânicos	Precipitação
JFM	AMJ
FMA	MJJ
MAM	JJA
AMJ	JAS
MJJ	ASO
JJA	SON
JAS	OND
ASO	NDJ
SON	DJF
OND	JFM
NDJ	FMA
DJF	MAM

Fonte: Elaborado pela Autora (2017).

Para aplicação do método de Pearson utilizou-se o Statistical Package for Social Science for Windows (SPSS), que é um software de análise estatística de dados, que permite realizar cálculos complexos.

3.3.4 Mapeamento dos índices socioeconômicos e do índice de vulnerabilidade

Para o mapeamento dos índices socioeconômicos foram plotados no ArcGis os dados referentes aos indicadores socioeconômicos: Densidade Demográfica, Renda Média, População Total, Índice de Desenvolvimento Humano e suas dimensões Longevidade (IDH-L), Educação (IDH-E) e Renda (IDH-R) do censo do IBGE (2010) para os 71 municípios que compõem o Agreste. Ressalta-se que esses indicadores são instrumentos essenciais na definição de ações para implementação de políticas públicas que visam o desenvolvimento de ações que contribuam para a diminuição das desigualdades sociais e para determinação da vulnerabilidade de uma região.

A vulnerabilidade é determinada pelas condições de um sistema social, econômico, político, entre outras variáveis. O International Strategy for Disaster Reduction-ISDR (2004) propôs um índice de vulnerabilidade, aplicado por Marcelino, Nunes e Kobayana (2006) levando em consideração apenas população idosa e por Souza et al. (2014) que levou em consideração a população total de uma região. Nesse trabalho, para determinar o índice de vulnerabilidade utilizou-se a equação (6) definida por Souza (2011) e Souza et al. (2014).

$$V = DD + RM + PT + H \quad (6)$$

Em que:

V = é vulnerabilidade; DD é a densidade demográfica, que é obtido a partir da razão entre a população residente total e a área do município (hab/km²); RM é a renda per capita média do município; PT é a população total existente; H são as condições de habitabilidade (incluindo o acesso das pessoas a serviços básicos nos municípios).

Após plotados os indicadores socioeconômicos e o índice de vulnerabilidade para os 71 municípios do Agreste de Pernambuco, por meio do software ArcGis 10.4 utilizando o método IDW de interpolação de dados, todas as variáveis e parâmetros foram escalonados entre 0 (valor mínimo) e 1 (valor máximo), conforme Marcelino, Nunes e Kobayana (2006) e Souza et al. (2014). Este escalonamento foi realizado através da seguinte equação (7):

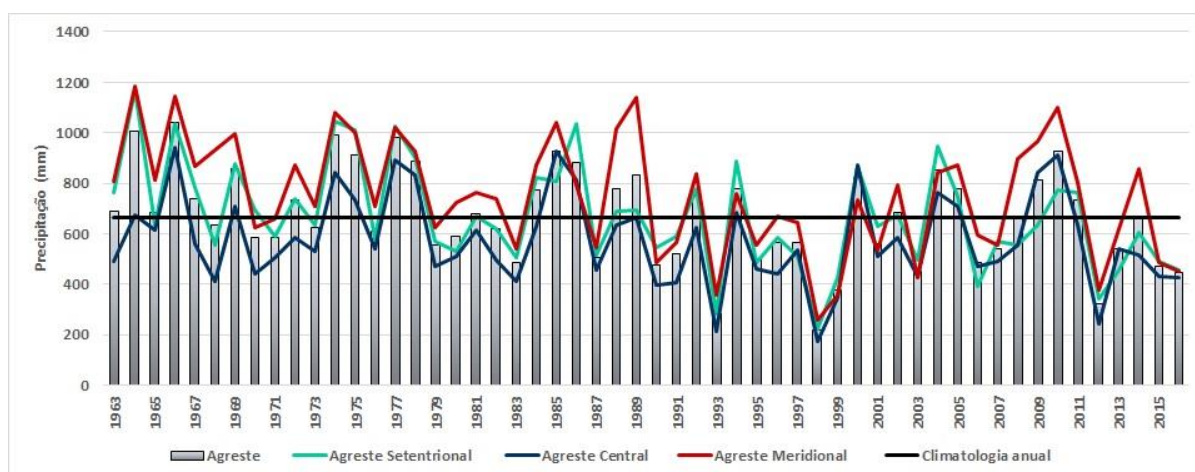
$$\text{Índice} = \frac{(V_{\text{observado}} - V_{\text{mínimo}})}{(V_{\text{máximo}} - V_{\text{mínimo}})} \quad (7)$$

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Variabilidade temporal e espacial da precipitação pluviométrica no Agreste de Pernambuco

Ao analisar a série de dados de 53 anos (1963 a 2016) exposta na Figura 6 verificou-se significativa oscilação no regime de precipitação pluviométrica interanual do Agreste, acompanhada por uma sutil tendência linear decrescente nos valores dessa variável ao longo dos anos. Observa-se que além da má distribuição das chuvas durante os meses do ano detectada através das médias mensais (Figura 2), o Agreste também é caracterizado pela grande irregularidade de chuvas entre os anos analisados.

Figura 6 - Gráfico da climatologia anual de precipitação pluviométrica (mm) do Agreste.



Fonte: Elaborado pela autora (2017).

Ao observar a Figura 6 nota-se a existência de dois padrões climáticos, um considerado úmido com maior número de anos acima da climatologia até o final da década de 80 e o segundo a partir da década de 90, com aumento da frequência de anos secos. Esse padrão está associado à atuação e interação de diferentes fenômenos meteorológicos e oceânicos-atmosféricos, inclusive o El Niño (La Niña), e possivelmente às mudanças climáticas, concordando com Pereira et al. (2017).

Os totais anuais de precipitação do Agreste de Pernambuco apresentam-se relativamente baixos se comparados com outras regiões do Brasil, variando de 219 a 1041 mm no período analisado. Os maiores totais anuais da mesorregião foram nos anos de 1964 (1008 mm) e 1966 (1041mm) e os menores em 1993 (285 mm), 1998 (219 mm) e 2012 (321 mm), dados que

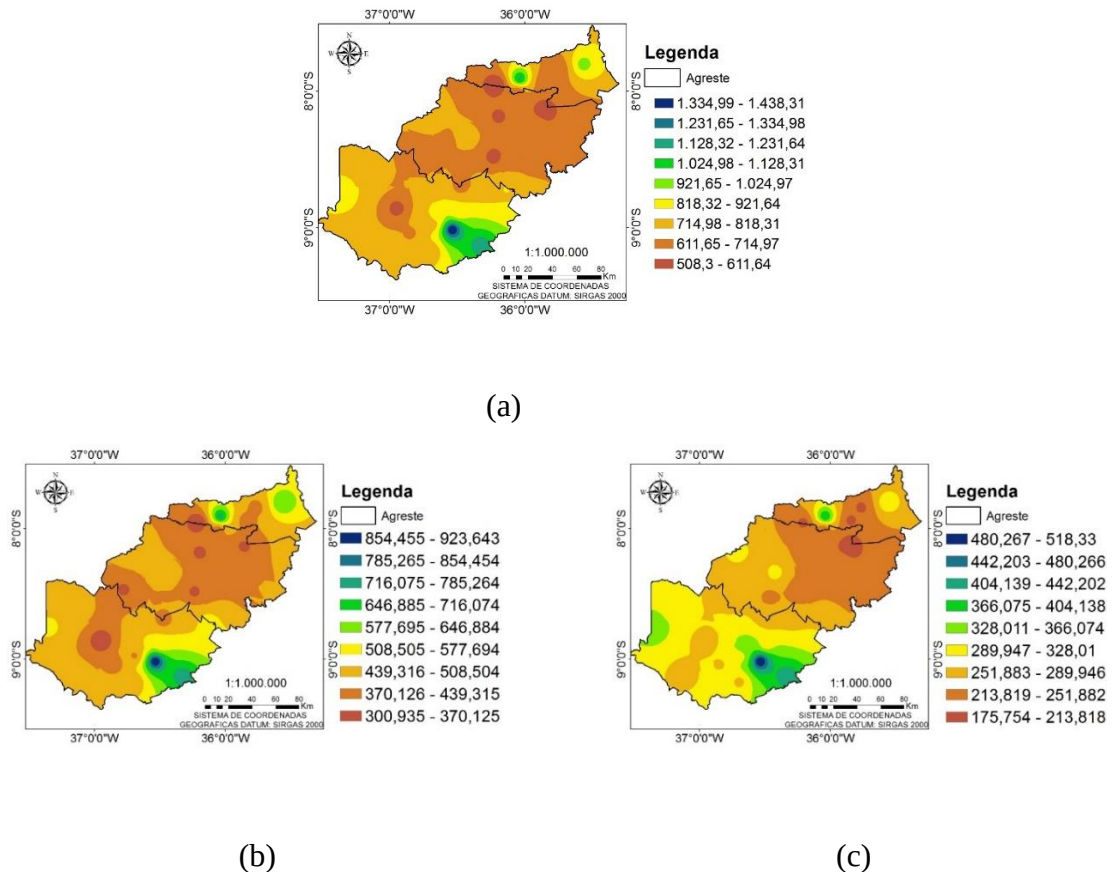
corroboram a linha de tendência decrescente da precipitação, ocasionando grandes impactos na agricultura e recursos hídricos. Os anos mais secos da região foram 1993, 1998 e 2012 com chuvas inferiores a 300mm, coincidindo com os anos mais secos classificados por Pereira et al. (2017), onde os municípios da região decretaram estado de calamidade pública ocasionados pela seca. Em 1998 a atuação do fenômeno El Niño foi o principal responsável pela seca severa e aumento da temperatura do ar registrado na bacia hidrográfica do rio Pajéu e região Nordeste do Brasil (ASSIS; LACERDA; SOBRAL, 2012).

A tendência de diminuição da precipitação pluviométrica observada nas últimas décadas da série exposta atenta para situações que podem se agravar em anos considerados extremamente secos. A redução de chuvas pode levar ao aumento da ocorrência de impactos ambientais e socioeconômicos que relacionam-se entre si, a redução dos índices pluviométricos podem levar à significativa diminuição da disponibilidade de recursos hídricos, em virtude do assoreamento de rios e reservatórios, assim como alterações nas propriedades físico-químicas dos solos, gerando consequentemente déficits na capacidade produtiva, redução da renda agropecuária e segurança alimentar, assim como deterioração das condições de vida das populações mais vulneráveis dessa região (SAMPAIO; ARAÚJO; SAMPAIO, 2005).

A Figura 7 (a), (b) e (c) traz os mapas que representam a distribuição espacial da precipitação total dos últimos 53 anos para as três mesorregiões que compõem o Agreste. Na Figura 7 (a) verificou-se que no Agreste Meridional (microrregião de Garanhuns e do Vale do Ipanema) e Agreste Setentrional (microrregião do Médio Capibaribe e do Alto Capibaribe) encontram-se totais pluviométricos variando entre 818,32 a 1.438,31 mm. Observou-se que os totais anuais entre 714,98 a 818,31 mm são encontradas no restante do território do Agreste Meridional e no Agreste Central. Os menores totais de precipitação (508,3 mm a 714,97 mm) foram registrados no Agreste Meridional (Vale do Ipanema) e no restante do território do Agreste Central.

Evidenciou-se que o período mais chuvoso da mesorregião do Agreste resume-se à 5 meses do ano (março à julho), que em média representa 63,14% de todo o volume de chuva no ano, enquanto o período mais seco concentra-se em sete meses (agosto à fevereiro), representando 36,86% do total anual. Porém devido à variabilidade de precipitação interanual e mensal entre os municípios do Agreste, essa porcentagem pode aumentar ou diminuir consideravelmente.

Figura 7 - (a) Distribuição espacial das médias de precipitação do Agreste entre 1963 e 2016 (b) Precipitação média durante o período chuvoso (c) Precipitação média durante o período seco.

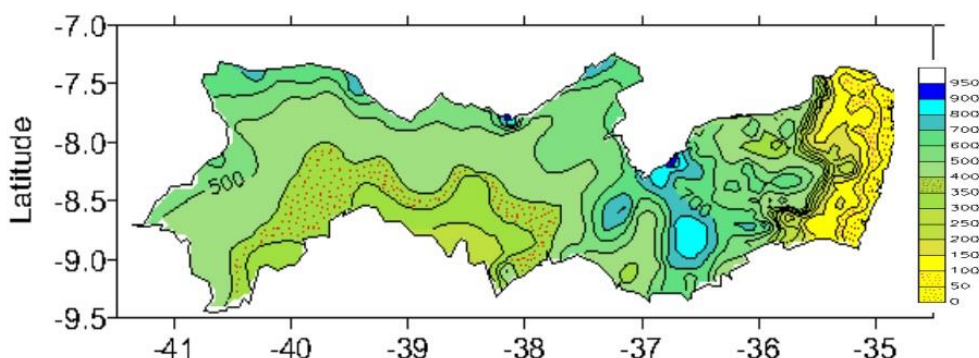


Fonte: Elaborado pela Autora (2017).

A climatologia da precipitação total do período úmido (março a julho) oscila, em média, entre 300 e 600 mm (Figura 6a), com os maiores valores observados nas regiões do Agreste Meridional e Setentrional, destacando-se as áreas com altitude mais elevada onde as chuvas são superiores a 600 mm. No período seco (agosto a fevereiro) são inferiores a 300 mm, excetuando-se áreas de microclima (Figura 7b). A grande variabilidade regional é causada principalmente pelas características de transição morfoclimática entre os climas úmido da Zona da Mata e o clima semiárido do Sertão, assim como a geomorfologia do terreno que também apresenta sua parcela de influência no regime de chuvas. Sendo a maior parte do Agreste formada pelo Planalto da Borborema e o Pediplano do Baixo São Francisco, as superfícies de níveis mais elevados sobressaem pequenos setores onde a altitude e disposição geográfica influenciam sobre o clima (ANDRADE, 2005).

No período úmido nota-se que ocorrem mais chuvas no Agreste Meridional, na microrregião de Garanhuns, próxima a Zona da Mata, e no Agreste Setentrional, refletindo, de acordo com Wanderley et al. (2016), a atuação significativa de sistemas atmosféricos como a ZCIT, que durante os meses de março a junho encontra-se mais ao sul da sua posição climatológica e atua sobre a região semiárida entre os meses de fevereiro à maio e dos Distúrbios Ondulatórios de Leste, que atuam de maio à agosto, favorecendo o aumento de chuvas nesse período. De acordo com Vasconcelos e Pinto (2004), para as regiões do Agreste mais próximas da Zona da Mata, as contribuições dos sistemas de leste são muito mais importantes do que as da ZCIT. Observou-se também, que essas regiões apresentam elevadas altitudes (700 a 900 m) como demonstra a Figura 8, fator que pode influenciar na concentração de precipitações nessas áreas. Por outro lado, os menores totais pluviométricos (300 à 500 mm), para o mesmo período, são encontrados no Agreste Central e no Agreste Meridional (norte e centro-oeste).

Figura 8 - Representação espacial da topografia (m) no estado de Pernambuco.



Fonte: Melo et al. (2012).

Regionalizando o período seco, que se estende de agosto a fevereiro, observa-se que a amplitude pluviométrica regional chega a mais de 300 mm de diferença. Esse período segue a mesma lógica de distribuição de precipitação do período úmido, com as maiores cotas pluviométricas ocorrendo nas áreas de maior elevação do relevo, porém observa-se que os valores são bastante baixos, chegando ao máximo de 500 mm em média. Em algumas regiões do Agreste Central, os totais anuais de precipitação encontraram-se em torno de 250 mm, assim como em boa parte do território do Agreste Setentrional.

Em relação à distribuição espacial da precipitação, o Agreste mostra-se bastante heterogêneo, apresentando grande variabilidade pluviométrica temporal (interanual e intra-anual) e espacial (regional), essa característica deve-se à associação de diversos elementos,

dentre eles, os sistemas meteorológicos atuantes na região e a disposição do relevo, responsáveis pela geração de diferentes tipos climáticos para essa grande área, que aumentam a diferença entre as regiões de maior e menor pluviosidade. Constitui-se assim, a principal característica do regime de precipitação da região estudada.

4.2 Ocorrência temporal e intensidade dos fenômenos oceano-atmosféricos El Niño, La Niña e Neutralidade Climática e sua influência na variabilidade interanual de precipitação pluviométrica

O registro dos anos com ocorrência dos eventos de El Niño e La Niña, intensidade do episódio, precipitação pluviométrica anual do Agreste referente ao final de cada evento e desvio relativo das chuvas está discriminado na Tabela 2. No período analisado ocorreram 20 eventos de El Niño, sendo três com intensidade Muito Forte, quatro Forte, seis Moderado e sete Fraco. Em relação aos eventos La Niña foi constatado a ocorrência de 18 episódios, sendo sete com intensidade Forte, três Moderado e oito classificado Fraco.

Dentre os 20 eventos de El Niño, 55% corresponderam a anos secos (chuvas abaixo da média) no Agreste pernambucano e 45% apresentaram chuvas acima da média. Ressalta-se que os três eventos classificados com intensidade Muito Forte, as chuvas estiveram abaixo da média. Com relação aos episódios La Niña, 56% dos eventos estiveram associados a anos com chuvas acima da média na região. Os fenômenos de seca em Pernambuco e na região Nordeste vêm sendo atribuídos principalmente a ocorrência de El Niños, embora a relação entre as fases positivas do Pacífico e a ocorrência de secas no Nordeste não tenha sido identificada. Andreoli et al. (2004) destaca que os eventos de El Niño não são capazes, sozinhos, de explicar os extremos negativos de precipitação na região. A hipótese é reforçada a partir da contabilização realizada por Kane (1997) no passado, que mostrou entre 1849 a 1992 ocorreram 46 eventos de El Niños classificados como moderados e fortes. Destes, apenas 45% realmente coincidiram com períodos em que a cidade Fortaleza, por exemplo, foi assolada por secas de intensidade variada.

Tabela 2 - Registro dos anos com ocorrência dos eventos de El Niño e La Niña, intensidade do episódio, precipitação pluviométrica anual do Agreste referente ao final de cada evento e desvio relativo das chuvas.

ANOS	EVENTO	MESES	INTENSIDADE	PRECIPITAÇÃO (mm)	DR (%)
1963/1964	El Niño	8 (jul-fev)	Moderado	1008,02	48,90
1964/1965	La Niña	7(jul-jan)	Fraco	686,72	1,44
1965/1966	El Niño	10 (jul-abr)	Forte	1041,48	53,84
1968/1969	El Niño	7 (nov-maio)	Moderado	858,91	26,87
1969/1970	El Niño	6 (ago-jan)	Fraco	587,74	-13,18
1970/1971	La Niña	12 (jul-jun)	Moderado	584,99	-13,59
1971/1972	La Niña	7 (jul-jan)	Fraco	732,26	8,16
1972/ 1973	El Niño	11 (maio-mar)	Forte	624,68	-7,73
1973/1974	La Niña	12(jun-jul)	Forte	990,99	46,38
1974/1975	La Niña	10(out-jun)	Fraco	914,50	35,08
1975/1976	La Niña	9(jul-mar)	Forte	611,20	-9,72
1976/1977	El Niño	6 (set-fev)	Fraco	980,78	44,87
1977/1978	El Niño	6 (set-fev)	Fraco	888,00	31,17
1979/1980	El Niño	5 (out-fev)	Fraco	588,23	-13,11
1982/1983	El Niño	12 (jul-jun)	Muito Forte	487,42	-28,00
1983/1984	La Niña	3 (out-dez)	Fraco	774,26	14,37
1984/1985	La Niña	9 (out-jun)	Fraco	924,79	36,60
1986/1987	El Niño	10 (set-jun)	Moderado	505,52	-25,33
1987/1988	El Niño	7 (Jul-Jan)	Forte	780,40	15,27
1988/1989	La Niña	11 (jul-maio)	Forte	834,06	23,20
1991/1992	El Niño	12 (jul-jun)	Forte	747,46	10,41
1994/1995	El Niño	5 (out-fev)	Moderado	499,41	-26,23
1995/1996	La Niña	7 (set-mar)	Moderado	566,96	-16,25
1997/1998	El Niño	10 (jul-abr)	Muito Forte	219,00	-67,65
1998/1999	La Niña	12 (jul-jun)	Forte	377,92	-44,18
1999/2000	La Niña	13 (jul-jun)	Forte	824,70	21,82
2000/2001	La Niña	6 (jul-jan)	Fraco	559,82	-17,31
2002/2003	El Niño	8 (jul-fev)	Moderado	452,03	-33,23
2004/2005	El Niño	8 (ago-mar)	Fraco	777,23	14,80
2005/2006	La Niña	5 (nov-mar)	Fraco	486,83	-28,09
2006/2007	El Niño	5(set-jan)	Fraco	540,33	-20,19
2007/2008	La Niña	11 (ago-jun)	Forte	670,38	-0,98
2008/2009	La Niña	5 (out-fev)	Fraco	814,41	20,30
2009/2010	El Niño	8 (ago-mar)	Moderado	928,01	37,08
2010/2011	La Niña	10 (jul-abr)	Forte	735,35	8,62
2011/2012	La Niña	7 (ago-fev)	Moderado	320,80	-52,61
2014/2015	El Niño	8(nov-jun)	Fraco	471,11	-30,41

2015/2016	El Niño	11 (jul-mai)	Muito Forte	445,12	-34,25
2016	La Niña	5 (ago-dez)	Fraco	-	-

Fonte: Elaborado pela Autora (2017).

Analisando de forma mais detalhada a influência do ION sobre o regime pluviométrico da região, contabilizou-se por década o número de eventos El Niño, a saber: 1960 (4), 1970 (4), 1980 (3), 1990 (3), 2000 (3) e 2010 (2), sendo que as últimas três décadas foram as mais secas, com uma redução da precipitação de 20%, 4% e 28% respectivamente. Ressalta-se que em 1998 e 1999 as chuvas ficaram em torno de 70% e 44% abaixo da média, os quais estiveram associados a atuação do fenômeno El Niño 1997/1998 com intensidade Muito Forte, influenciando até a estação chuvosa de 1999. Com relação aos eventos de La Niña por década, contabilizou-se: 1960 (1), 1970 (5), 1980 (3), 1990 (3), 2000 (4) e 2010 (3), sendo as mais chuvosas as de 60, 70 e 80 respectivamente. O impacto causado pelo fenômeno El Niño (La Niña), dependendo da sua intensidade pode resultar em secas (inundações) severas, interferindo de forma significativa nas atividades econômicas do NEB, aumentando a vulnerabilidade da população (SOUSA et al., 2015).

Durante as cinco décadas analisadas nesse estudo, apesar da atuação de 55% dos episódios El Niño corresponderem a redução das chuvas no Agreste, verificou-se em alguns períodos o registro de ocorrência de El Niño não necessariamente refletiu em períodos secos sobre o Agreste. Dos eventos El Niño classificados Muito Fortes analisados no período, 100% influenciaram em chuvas abaixo da média, com os maiores déficits hídricos (precipitação) do período analisado, enquanto os com intensidade Forte, Moderado e Fraco contribuíram com 25%, 50% e 57% na redução da precipitação, respectivamente. As causas desse quadro podem estar relacionadas, principalmente, pela atuação desfavorável do Dipolo do Atlântico Sul e atuação dos sistemas atmosféricos. Como exemplo, em 1977 foi registrado ocorrência da fase negativa do Dipolo (SOUZA; NOBRE, 1998; ANDREOLI; KAYANO, 2007), que interferiu na posição e intensidade da ZCIT mais ao sul e influenciou no aumento dos índices pluviométricos para a região do Nordeste do Brasil (PEZZI; CAVALCANTI, 2001), inclusive o Agreste de Pernambuco, mesmo com a atuação de dois episódios El Niño (1976/1977 e 1977/1978).

Nas décadas analisadas verificou-se que dos 18 episódios La Niña, 56% corresponderam a anos com chuvas acima da climatologia e 46% abaixo do esperado no Agreste pernambucano. Desses 18 episódios, 57% foram com intensidade Forte e 75% classificado Fraco, e influenciaram no aumento das chuvas na região. Assim como observado nos episódios de El

Niño, também identificou-se que a atuação de La Niña não implica necessariamente em anos chuvosos na região.

4.3 Influência das anomalias de temperatura de superfície do mar dos oceanos Pacífico e Atlântico no regime de precipitação pluviométrica

4.3.1 Análise dos índices oceânicos no Pacífico

De forma geral, observou-se existência de correlações significativas com valores negativos, apesar dos coeficientes de Pearson variarem entre -1 e 1 em valores absolutos, evidenciou-se significância estatística dos coeficientes no intervalo de -0,559 a -0,293. Essa ordem de magnitude é considerada dentro do padrão para as correlações das variações térmicas no Pacífico com precipitações do Nordeste, como observado nos trabalhos desenvolvidos por Salgueiro et. al (2016) para Sub-bacia 39, que engloba parte do território da Paraíba, Pernambuco e Alagoas (Litoral, Zona da Mata e Agreste), por Diaz (2016) para a bacia do rio Pajeú, localizada na região semiárida de Pernambuco, por Assis (2016) para o trecho submédio da bacia do rio São Francisco, localizada na porção semiárida de Pernambuco e Bahia e por Araújo e Brito (2011) também para a Bahia e Sergipe.

Através dos mapas de correlação da precipitação com as anomalias de TSM observou-se que no decorrer dos trimestres, as regiões do Agreste afetadas pelas anomalias oceânicas se diferem, assim como grau de influência. Registrou-se maiores percentuais de correlações com significância para as regiões do El Niño mais próximas da América do Sul (Niño 1+2 e Niño 3) do que para as regiões localizadas na área central e oeste do Pacífico Equatorial (Niño 3.4 e Niño 4). Em relação aos valores dos coeficientes, verificou-se que mesmo para as regiões do Niño localizadas mais a oeste do Pacífico, mostraram-se relativamente altos nos trimestres em que registrou-se significância nas correlações.

Em linhas gerais a distribuição temporal (trimestral) e espacial (regional) das correlações entre essas variáveis oceânico-atmosféricas revelaram que as anomalias que ocorrem no Pacífico influenciam na redução de chuvas em diferentes áreas do Agreste, principalmente durante os meses que compreendem a estação chuvosa e início da estação seca.

Nos trimestres que compreendem os meses de março a julho (MAM, AMJ e MJJ), período úmido, observou-se maior influência do El Niño na redução das precipitações para o Agreste, concordando com Xavier (2001) e Xavier et al. (2003), que em seus estudos mostraram

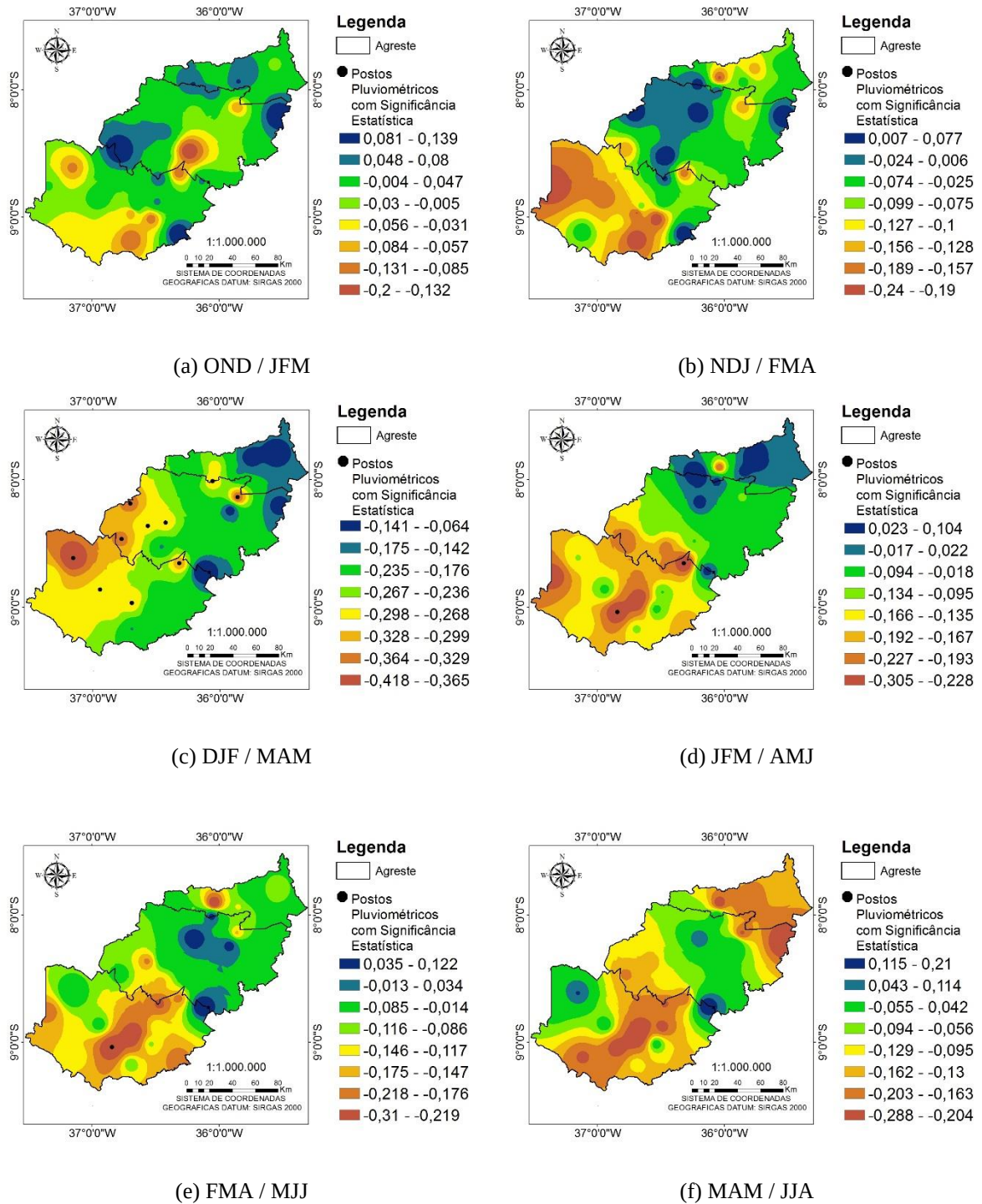
que os episódios desse fenômeno causam impactos sobre a precipitação do Nordeste principalmente na quadra chuvosa. Ressalta-se que esses meses são pertencentes ao período de atuação (fevereiro a maio) da ZCIT na região semiárida do NEB e também estão inclusos no período de atuação das Ondas de Leste.

Sendo assim, supõe-se que apesar de ocorrer influência das variações térmicas do Pacífico Equatorial na pluviometria do Agreste, a posição mais ao sul da ZCIT e outros sistemas meteorológicos parecem ser mais decisivos na caracterização das condições de tempo e clima nessa região, em escala sazonal, ao determinar ocorrência de chuvas mais abundantes para esse período do ano e a causa pode estar relacionada com a localização geográfica da área de estudo, que encontra-se distante das áreas de desenvolvimento do Niño e mais próxima do oceano Atlântico e suas respectivas influências (FREIRE et al., 2011; SALGUEIRO et al., 2016).

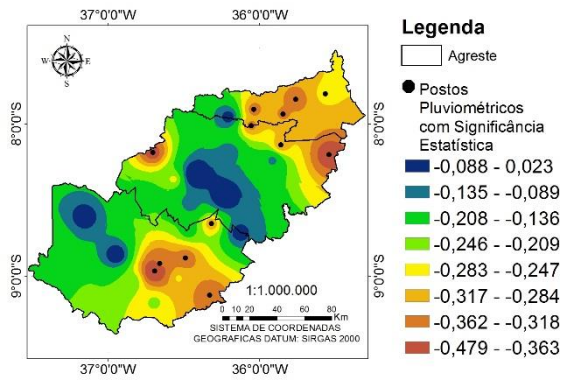
Correlações trimestrais do Índice Oceânico Niño (ION) com a precipitação

A correlação trimestral do ION com a precipitação pluviométrica no período de 1963 a 2016 no Agreste de Pernambuco (Figura 9) apresenta considerada influência sobre a precipitação trimestral no Agreste (Tabela 3), porém não em totalidade, sendo algumas regiões e períodos do ano mais influenciados por essas anomalias de TSM. Nos mapas os valores de correlação variam de valores negativos a positivos, isso significa que quanto maior (menor) o aquecimento das águas dessa região do Pacífico equatorial, menor (maior) serão os acumulados pluviométricos para o trimestre analisado. As correlações que apresentaram significância estatística são observadas na Figuras 9 (c), (d), (e), (g), (h) e (i).

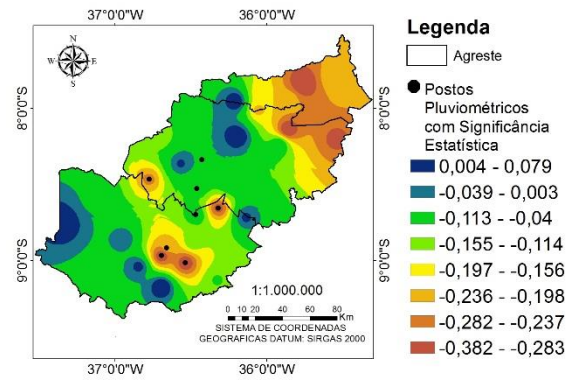
Figura 9 - Correlações trimestrais do ION com a precipitação pluviométrica.



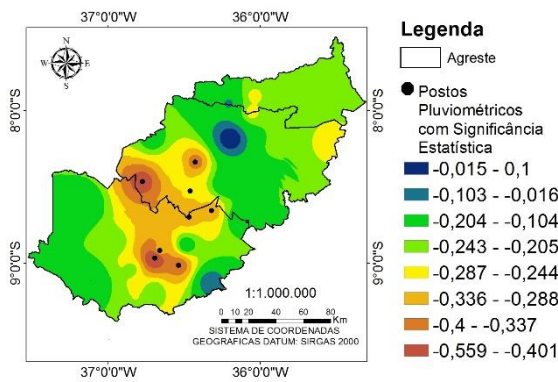
(continuação)



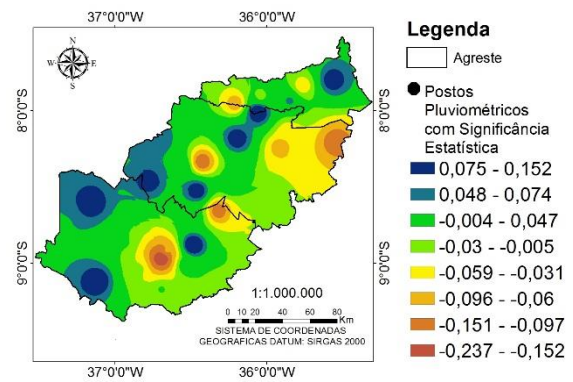
(g) AMJ / JAS



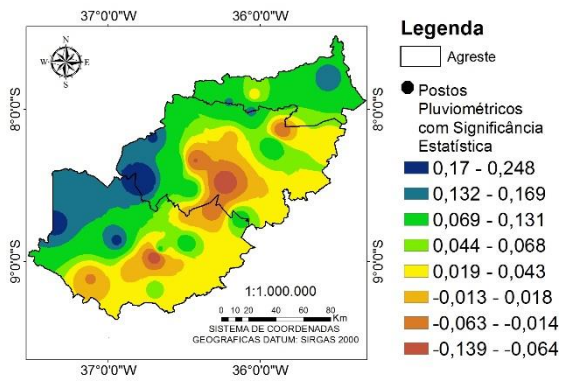
(h) MJJ / ASO



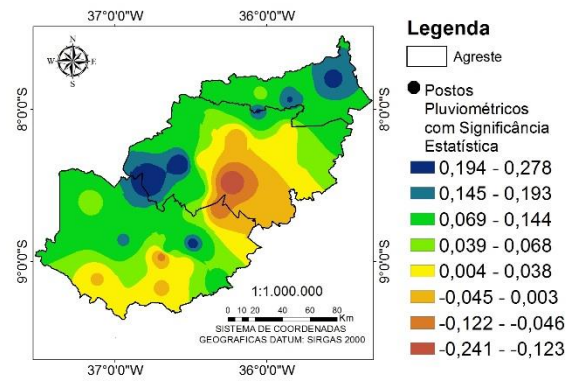
(i) JJA / SON



(j) JAS / OND



(k) ASO / NDJ



(l) SON / DJF

Fonte: Elaborado pela Autora (2017).

Tabela 3 - Percentual de significância dos coeficientes de correlações trimestrais do ION com a precipitação pluviométrica.

Correlação Trimestral		Percentual de Significância	
ION	Precipitação	% com Significância	% sem Significância
OND	JFM	0,00	100,00
NDJ	FMA	0,00	100,00
DJF	MAM	33,33	66,67
JFM	AMJ	6,67	93,33
FMA	MJJ	3,33	96,67
MAM	JJA	0,00	100,00
AMJ	JAS	43,33	56,67
MJJ	ASO	20,00	80,00
JJA	SON	26,67	73,33
JAS	OND	0,00	100,00
ASO	NDJ	0,00	100,00
SON	DJF	0,00	100,00

Fonte: Elaborado pela Autora (2017).

Durante os trimestres de JFM e FMA (Figuras 9a e b) não houve registro de correlações significativas, demonstrando que o comportamento das chuvas nesse período do ano não parece ser influenciado por esse índice oceânico. Por outro lado, em MAM, considerado o primeiro trimestre da estação úmida do Agreste, observou-se 33% de correlações significativas, com valores negativos, variando de -0,418 a -0,268, que indicam redução na pluviometria da região, principalmente para a porção ocidental do Agreste Meridional (noroeste e centro-oeste) e Agreste Central (oeste e sudoeste). Os municípios de Lajedo (norte do Agreste Meridional), Riacho das Almas (norte do Agreste Central) e Santa Cruz do Capibaribe (sul do Agreste Setentrional) também apresentaram correlações significativas.

Observou-se baixos percentuais de significância nas correlações durante os trimestres AMJ e MJJ (Figuras 9d e e), respectivamente 6,67 % e 3,33%, assim como diminuição dos valores dos coeficientes, significando que a influência do ION nas chuvas tende a enfraquecer durante esses meses. Verificou-se que apenas os municípios de Iati e Lajedo, localizados no Agreste Meridional, apresentaram correlações com significância. Durante JJA, Figura 9(f), não houve registro de correlações significativas.

No trimestre JAS (Figura 9g), observou-se aumento nos valores de correlação, assim como no percentual de significância, chegando a 43,33%. Nesse trimestre encontra-se o último mês da estação chuvosa do Agreste (julho), observa-se que as áreas que apresentaram

correlações mais fortes (-0,479 a -0,284) estão localizadas no Agreste Meridional (microrregião de Garanhuns), no Agreste Central (microrregião do Vale do Ipojuca) e no Agreste Setentrional (microrregião do Alto Capibaribe), indicando redução da precipitação para esses meses e localidades.

Considerando que a estação seca do Agreste tem início no trimestre ASO, na Figura 9(h) notou-se que os valores dos coeficientes de correlação diminuíram, passando a variar entre -0,382 e -0,04, demonstrando enfraquecimento do ION sobre as chuvas que ocorrem na região, mas ainda indicando redução de precipitação, principalmente para a região do Agreste Meridional (microrregião de Garanhuns) e Agreste Central (microrregião do Vale do Ipojuca).

De acordo com a climatologia mensal do Agreste, o trimestre SON apresentou os menores índices de precipitação dos últimos 53 anos e ao analisar o mapa da Figura 9(i), observou-se que apesar do percentual de significância nas correlações não ter sido muito elevado (23,67%), os valores dos coeficientes nas regiões que demonstraram ser influenciadas pelo ION variam entre -0,559 e -0,244. Esse período do ano apresentou as correlações negativas mais fortes, indicando redução nos totais pluviométricos.

No restante dos trimestres (OND, NDJ e DJF) não foram observadas correlações significativas, revelando que o ION parece não exercer influência considerável sobre as chuvas no Agreste durante esses meses que compõem a estação seca do Agreste.

Em linhas gerais, durante os meses que representam o período mais seco do Agreste, as correlações do ION com a precipitação não foram significativas, com exceção do trimestre ASO e SON. No período úmido foram observadas as correlações mais fortes, principalmente nos trimestres MAM (33,33%) e JAS (43,33%). Esses resultados revelam que o Índice Oceânico Niño exerce influência significativa sobre o regime pluviométrico na região do Agreste de Pernambuco, principalmente durante os meses mais chuvosos da região.

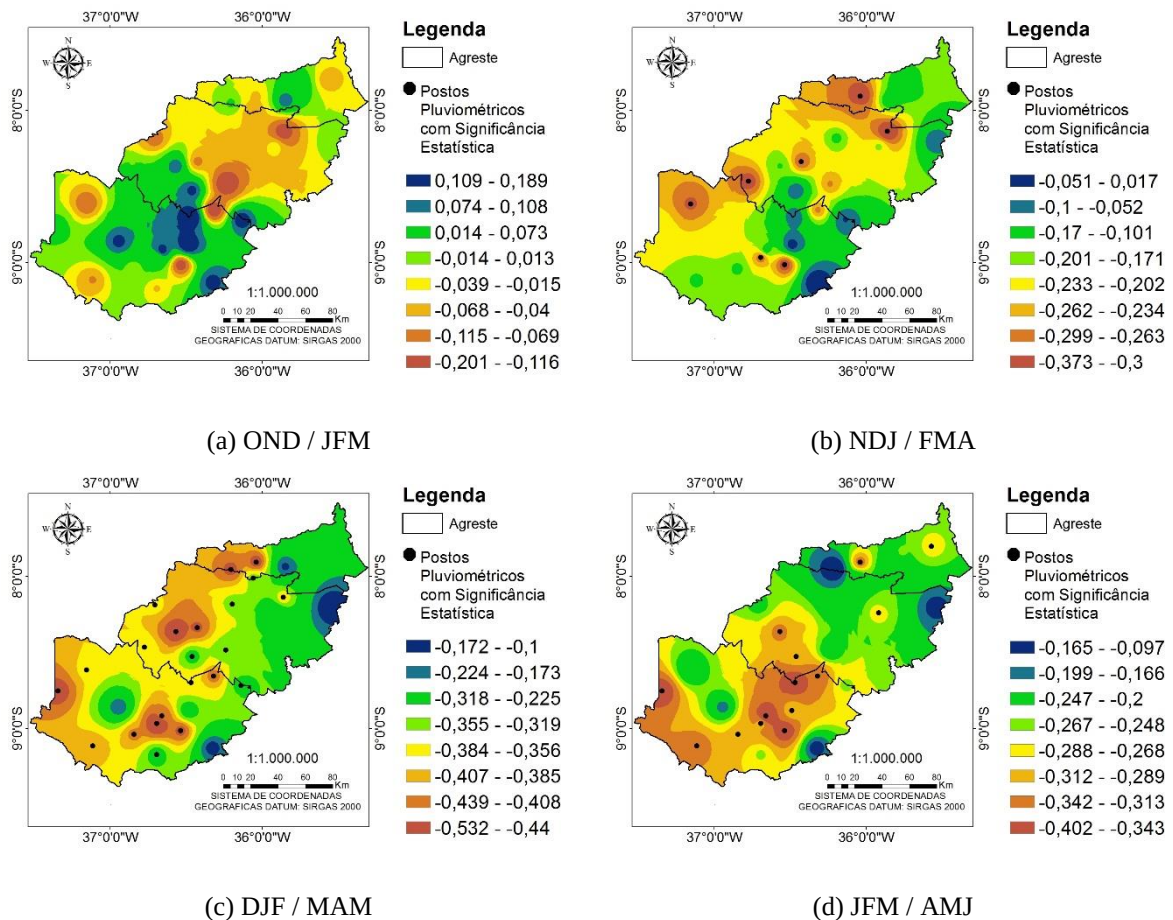
A maioria dos estudos que investigam a relação do ION com as precipitações no NEB, demonstram baixas correlações entre essas variáveis oceânico - atmosféricas. De forma semelhante aos resultados encontrados nesta análise, um estudo desenvolvido por Ferreira et al. (2017), investigou a influência da TSM do Pacífico na variabilidade pluviométrica da região semiárida de Pernambuco e encontrou correlações negativas entre o ION e a precipitação, indicando redução de chuvas para a área estudada, porém com coeficientes relativamente baixos. Por outro lado, Assis (2016), buscando identificar a influência do oceano Pacífico Equatorial no comportamento das chuvas no Submédio São Francisco, correlacionou índices climáticos extremos de precipitação com anomalias de TSM nessa região oceânica, e observou

que o ION não apresentou correlações com significância estatística com nenhum dos índices climáticos estudados.

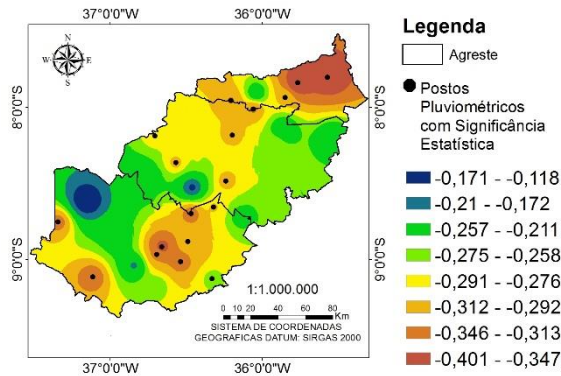
Correlações trimestrais das anomalias de TSM da região do Niño 1+2 com a precipitação

Essa região específica do Pacífico Equatorial apresentou, dentre todos as análises realizadas nessa pesquisa, o resultado mais contundente, demonstrando forte correlação das anomalias de TSM do Niño 1+2 com a pluviometria trimestral do Agreste. Como pode ser observado nos mapas expostos na Figura 10, os valores dos coeficientes das correlações são relativamente altos e negativos, onde 80% dos trimestres demonstraram significância estatística (Tabela 4), indicando redução das precipitações para a região.

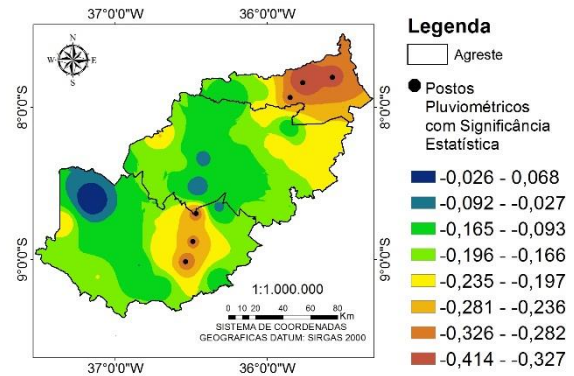
Figura 10 - Correlações trimestrais das anomalias de TSM do Niño 1+2 com a precipitação pluviométrica.



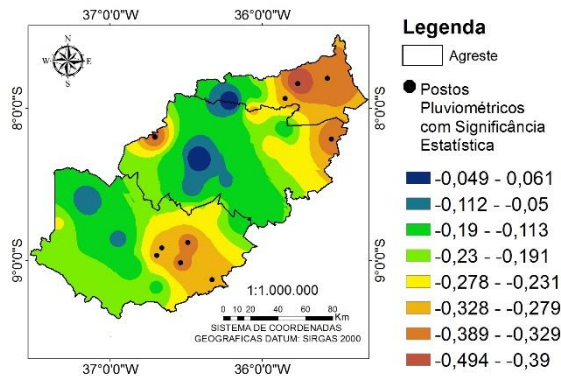
(continuação)



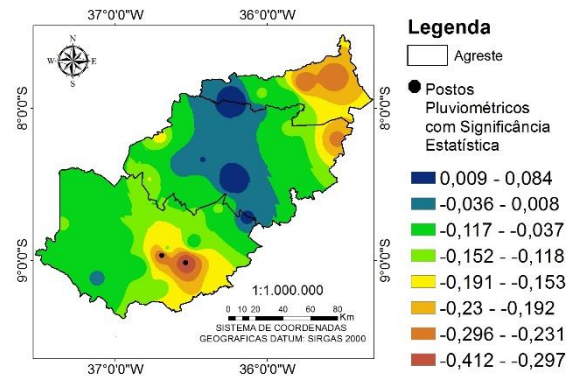
(e) FMA / MJJ



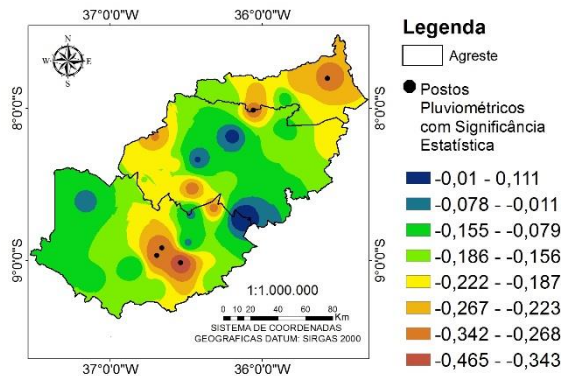
(f) MAM / JJA



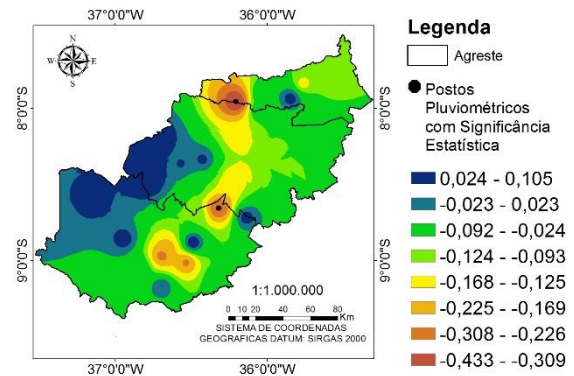
(g) AMJ / JAS



(h) MJJ / ASO

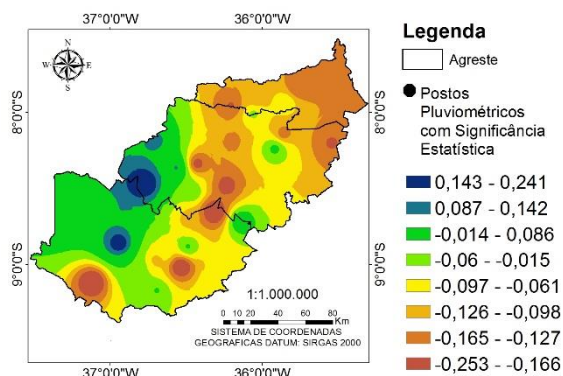


(i) JJA / SON

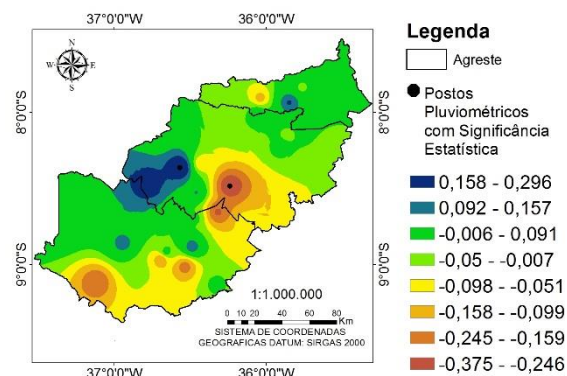


(j) JAS / OND

(continuação)



(k) ASO / NDJ



(l) SON / DJF

Fonte: Elaborado pela Autora (2017).

Tabela 4 - Percentual de significância dos coeficientes de correlações trimestrais das anomalias de TSM do Niño 1+2 com a precipitação pluviométrica.

Correlação Trimestral		Percentual de Significância	
Niño 1+2	Precipitação	% com Significância	% sem Significância
OND	JFM	0,00	100,00
NDJ	FMA	23,33	76,67
DJF	MAM	70,00	30,00
JFM	AMJ	46,67	53,33
FMA	MJJ	60,00	40,00
MAM	JJA	20,00	80,00
AMJ	JAS	36,67	63,33
MJJ	ASO	6,67	93,33
JJA	SON	20,00	80,00
JAS	OND	6,67	93,33
ASO	NDJ	0,00	100,00
SON	DJF	6,67	93,33

Fonte: Elaborado pela Autora (2017).

O primeiro trimestre do ano (JFM) não mostrou correlações com significância estatística, demonstrando que essas anomalias de TSM não parecem afetar a pluviometria do Agreste nesse período. Na Figura 10(b), observa-se um sutil aumento nos valores negativos dos coeficientes, demonstrando 23,33% de significância nas correlações, indicando redução de

chuvas principalmente para a região do Agreste Meridional (porção noroeste e central), no Agreste Central (porção sudoeste, centro-oeste e norte) e no Agreste Setentrional (porção oeste).

Com 70% de significância nas correlações, o trimestre MAM (Figura 10c), apresentou coeficientes consideravelmente elevados, variando entre $-0,532$ e $-0,225$, evidenciando que a pluviometria durante esses meses sofre impacto consistente das anomalias negativas registradas na região do Niño 1+2, no sentido de diminuição das chuvas, principalmente para as áreas localizadas na porção ocidental do Agreste e especificamente em algumas regiões mais ao centro e norte do Agreste Meridional.

Nos trimestres seguintes, AMJ e MJJ, o percentual de correlações significativas ainda mantêm-se elevados, respectivamente 46,67 % e 60%, porém com coeficientes um pouco menores, entre $-0,402$ e $-0,258$. Na Figura 10(d), observou-se que as correlações indicam redução nos totais pluviométricos especialmente no Agreste Meridional (porção oeste, sudoeste, centro e norte), Agreste Central (sudoeste) e em outras três áreas mais isoladas no Agreste (Caruaru, Taquaratinga do Norte e Bom Jardim). No trimestre MJJ (Figura 10e), que representa o final do período úmido, as áreas mais influenciadas foram observadas de forma semelhante à do trimestre anterior para o Agreste Meridional, e também nas regiões do Agreste Central (porção oeste, sul e norte) e no Agreste Setentrional, principalmente mais ao norte (com altos valores de coeficientes).

Durante o trimestre JJA (Figura 10f), apenas 20% das correlações apresentaram significância estatística, sendo os valores mais altos encontrados no Agreste Setentrional (porção oriental) e no Agreste Meridional (centro-leste e norte). Em JAS, esse percentual teve aumento, chegando a 36,67%, observa-se que a distribuição espacial das correlações é bastante semelhante para o mesmo trimestre referente a correlação do ION com a precipitação.

Os mapas de correlação apresentados nas Figuras 10e, f e g indicam que a precipitação do Agreste Setentrional é mais afetada quando o El Niño 1+2 persiste até maio ou quando é mais intenso ou ainda quando influencia os sistemas oriundos de leste, uma vez que impacta na precipitação dos meses de MJJ.

De forma geral, observou-se que as variações térmicas na região do Niño 1+2 melhor correlacionam-se com as precipitações, no sentido de redução das mesmas, durante os trimestres que compõem o período úmido do Agreste. Durante a estação seca, somente o trimestre SON (20%) apresentou correlações fortes ($-0,465$ à $-0,268$).

Diversos trabalhos demonstram que essa região de aquecimento do Pacífico afeta consideravelmente o regime pluviométrico do NEB e de outras regiões do Brasil. Veiga,

Mendes e Yoshida (2000) fizeram um estudo sobre as anomalias de TSM do oceano Pacífico e sua relação com o regime de chuvas da Amazônia e constataram que a região do El Niño 1+2 é a área que parece mais afetar a pluviometria local, principalmente para o trimestre mais úmido da porção setentrional da Amazônia. Assis (2016), em sua pesquisa sobre variabilidade climática no trecho submédio da bacia hidrográfica do Rio São Francisco, também constatou que o aumento das TSM nessa região do Pacífico apresenta considerável influência na redução de chuvas para o recorte espacial de seu estudo.

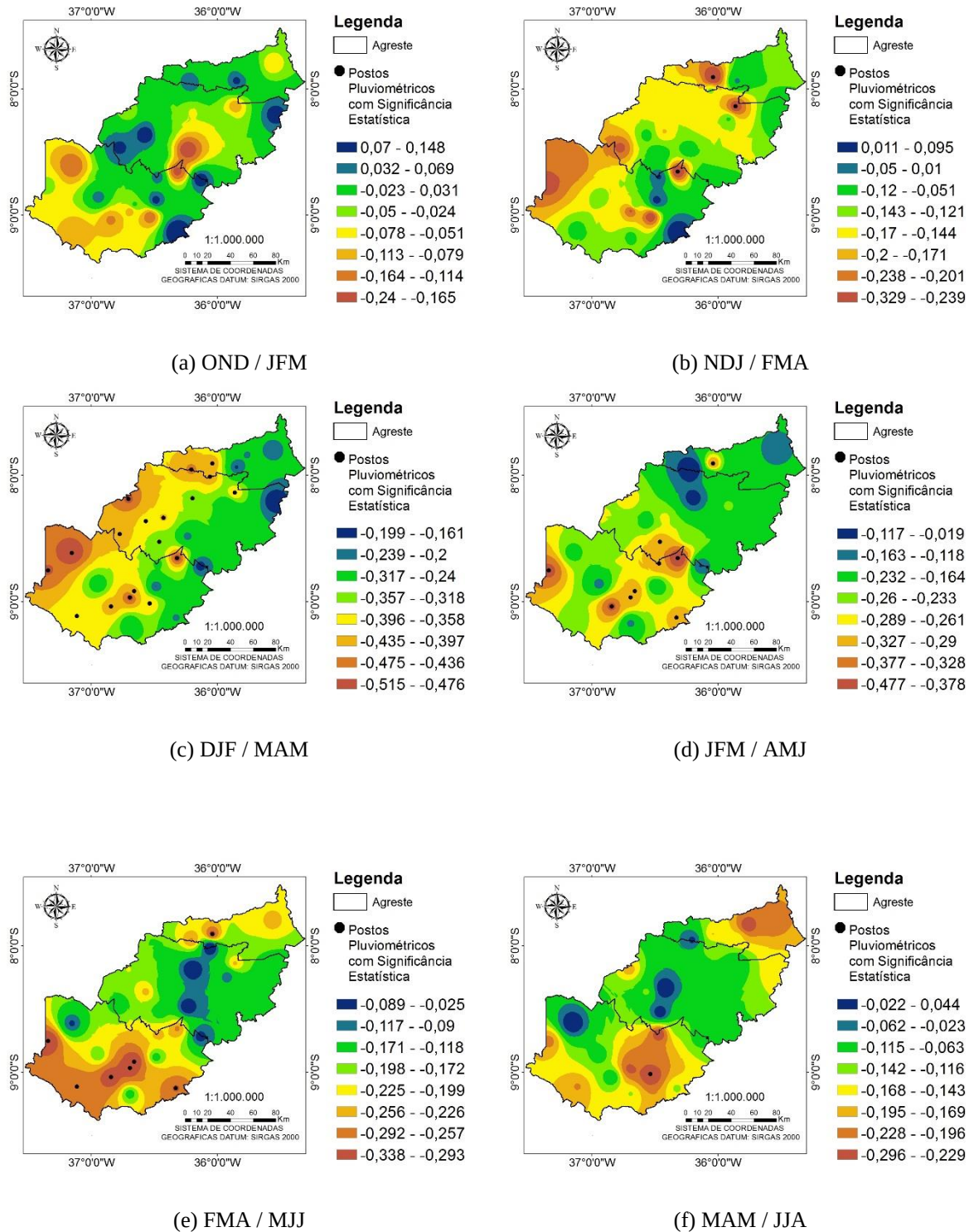
Galvêncio e Sousa (2002), pesquisaram a relação entre o fenômeno do El Niño e os totais mensais precipitados na bacia hidrográfica do Rio São Francisco e identificaram que para os meses de abril a agosto (período chuvoso), as correlações entre as anomalias de TSM da região do Niño 1+2 e as precipitações na bacia indicam, de um modo geral, baixos índices pluviométricos em toda a região.

Sendo assim, na presente análise, o Agreste de Pernambuco pode incluir-se nesse padrão evidenciado em outras pesquisas científicas, ao demonstrar fortes correlações negativas de suas precipitações com as anomalias de TSM dessa região do oceano Pacífico mais próxima da costa oeste da América do Sul, principalmente nos meses da estação chuvosa, evidenciando redução dos totais pluviométricos quando o El Niño atua nessa região.

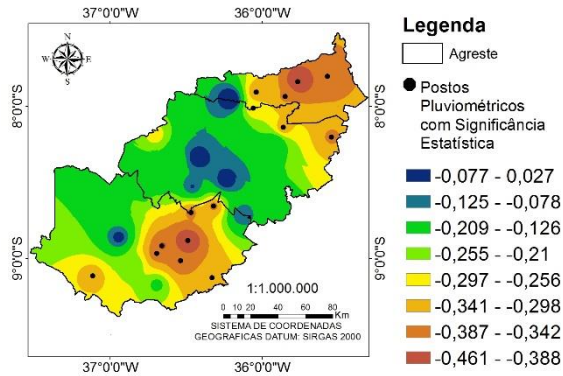
Correlações trimestrais das anomalias de TSM da região do Niño 3 com a precipitação

Nas regiões onde foram identificadas correlações significativas entre a precipitação do Agreste e as anomalias de TSM da área do Niño 3 (Tabela 5), os coeficientes apresentaram-se com valores negativos, evidenciando uma situação de redução da precipitação, como pode ser observado nos mapas da Figura 11.

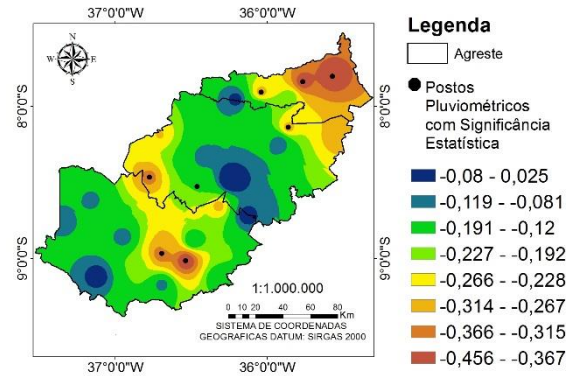
Figura 11 - Correlação trimestral das anomalias de TSM do Niño 3 com a precipitação pluviométrica.



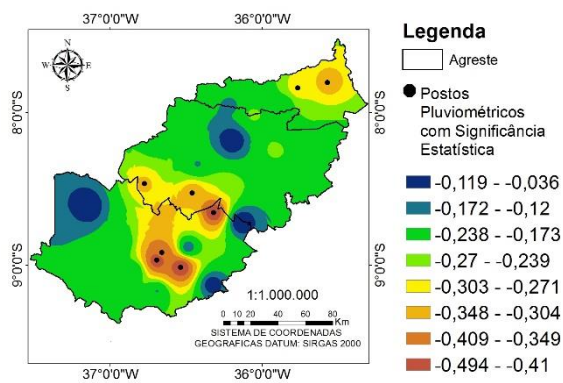
(continuação)



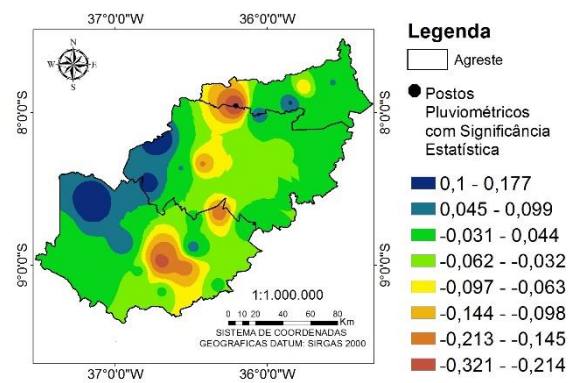
(g) AMJ / JAS



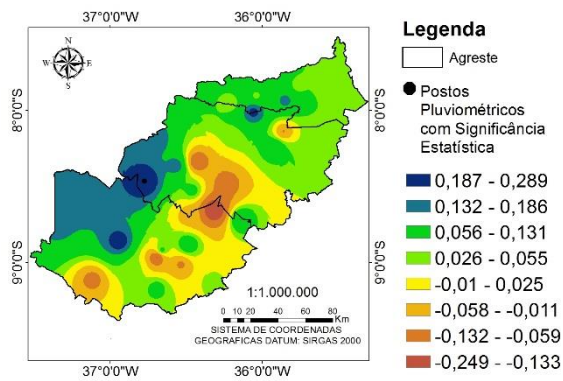
(h) MJJ / ASO



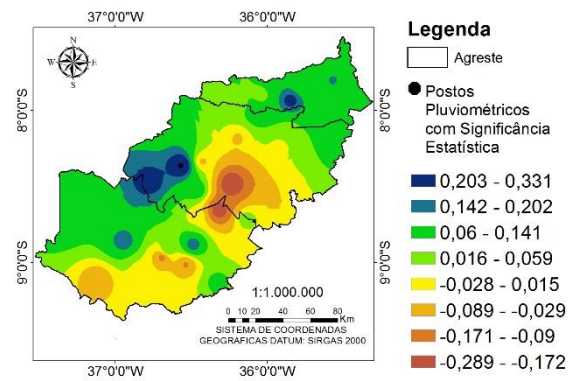
(i) JJA / SON



(j) JAS / OND



(k) ASO / NDJ



(l) SON / DJF

Fonte: Elaborado pela Autora (2017).

Tabela 5 - Percentual de significância dos coeficientes de correlações trimestrais das anomalias de TSM do Niño 3 com a precipitação pluviométrica.

Correlação Trimestral		Percentual de Significância	
Niño 3	Precipitação	% com Significância	% sem Significância
OND	JFM	0,00	100,00
NDJ	FMA	10,00	90,00
DJF	MAM	63,33	36,67
JFM	AMJ	30,00	70,00
FMA	MJJ	23,33	76,67
MAM	JJA	3,33	96,67
AMJ	JAS	50,00	50,00
MJJ	ASO	23,33	76,67
JJA	SON	26,67	73,33
JAS	OND	3,33	96,67
ASO	NDJ	3,33	96,67
SON	DJF	3,33	96,67

Fonte: Elaborado pela Autora (2017).

Seguindo o padrão observado nas análises anteriores, o primeiro trimestre do ano não apresentou correlações significativas. Na Figura 11(b), percebeu-se que a espacialização das correlações durante o trimestre FMA assemelha-se com a do mesmo trimestre para a área do Niño 1+2, porém com apenas 10% de significância nas correlações. De forma similar, em MAM (Figura 11c), as correlações significativas encontram-se em todo setor ocidental do Agreste, demonstrando o mesmo padrão espacial encontrado para esse trimestre referente à análise da região do Niño 1+2, apresentando percentual de 63,33% de significância nas correlações, com coeficientes variando de -0,515 a -0,358, valores altos que indicam diminuição de chuvas para essas áreas.

Nos trimestres consecutivos AMJ e MJJ (Figuras 11d e e), os postos mais bem correlacionados foram observados no Agreste Meridional, porém com diminuição dos valores dos coeficientes. Durante o trimestre JJA, somente 3,33% das correlações apresentaram significância estatística, enquanto em JAS as correlações significativas atingiram o percentual de 50% e observou-se aumento nos coeficientes (-0,461 à -0,298), indicando redução na pluviometria para o Agreste Meridional (sudoeste e setor oriental), Agreste Central (norte e nordeste) e Agreste Setentrional (setor oriental).

Durante ASO (Figura 11g) apesar dos percentual de correlações significativas ter diminuído, chegando a somente 23,33%, os valores dos coeficientes ainda são elevados, variando entre -0,456 e -0,228, refletindo na redução de chuvas para o Agreste Meridional (setor

central-leste), Agreste Central (sudoeste e norte) e Agreste Setentrional (norte e centro-oeste). Durante os meses SON, a distribuição espacial das correlações são semelhantes ao trimestre anterior, concentrando as correlações mais fortes no Agreste Meridional.

No restante dos trimestres, observou-se baixos percentuais de correlações com significância (3,33%) e com valores igualmente baixos se comparados com o restante dos mapas, isso significa que as anomalias que ocorrem nessa região do Pacífico não exercem forte influência no regime de precipitação durante esses trimestres que compõe parte da estação seca.

De forma geral, observou-se presença mais marcante da influência das anomalias de TSM da região do Niño 3 durante os meses do período úmido no Agreste, principalmente em MAM, trimestre que inicia esse período de chuvas abundantes, e em JAS. Esse padrão também foi encontrado anteriormente, na análise da influência do ION na precipitação.

Resultados similares também foram encontrados em outros estudos, como os de Galvêncio e Sousa (2002), que em sua pesquisa evidenciaram redução dos índices pluviométricos durante os meses de março a junho, quando correlacionaram as anomalias de TSM do Niño 3 com as precipitações da região da bacia do Rio São Francisco, na qual fazem parte alguns municípios que também compõem o Agreste.

Diaz (2016), ao investigar a influência das variações térmicas das águas superficiais do Pacífico sobre a precipitação na bacia hidrográfica do rio Pajeú, que localiza-se na região semiárida de Pernambuco, também identificou que a área do Niño 3 exerce forte influência negativa sobre a pluviometria mensal da região estudada.

De acordo com Santos e Brito (2007), a área do Niño 3 é considerada a região de aquecimento do Pacífico que mais impacta a região do semiárido. Esses autores verificaram que no Rio Grande do Norte e Paraíba, as anomalias de temperatura que ocorrem nas águas superficiais dessa região oceânica são capazes de implicar em menor quantidade de dias úmidos durante um ano.

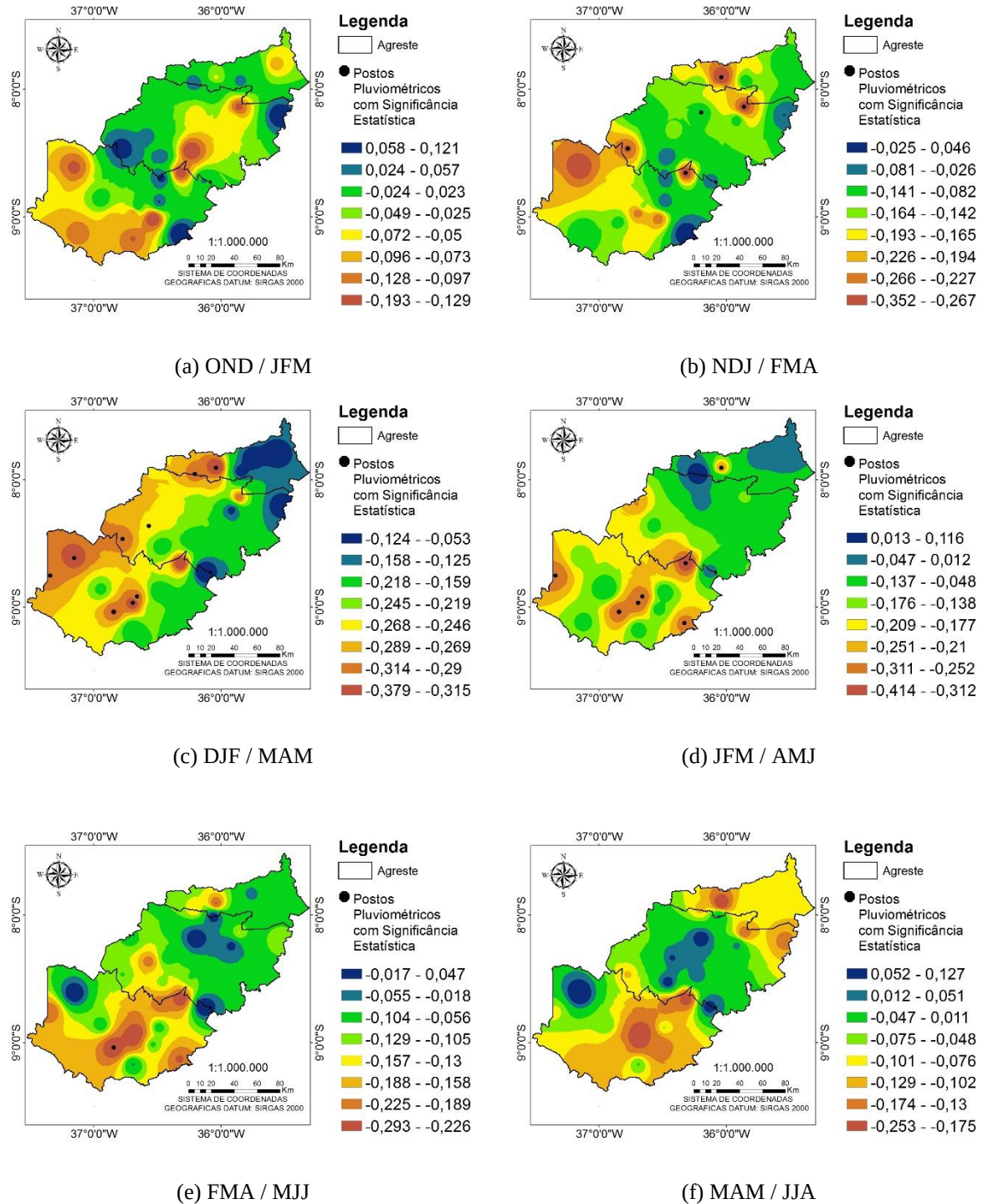
Sendo assim, o Agreste Pernambucano enquadra-se nesse padrão, ao ser evidenciado na presente análise considerável redução dos índices pluviométricos em diferentes áreas do Agreste quando ocorre anomalias de TSM na região do Niño 3.

Correlações trimestrais das anomalias de TSM da região do Niño 3.4 com a precipitação

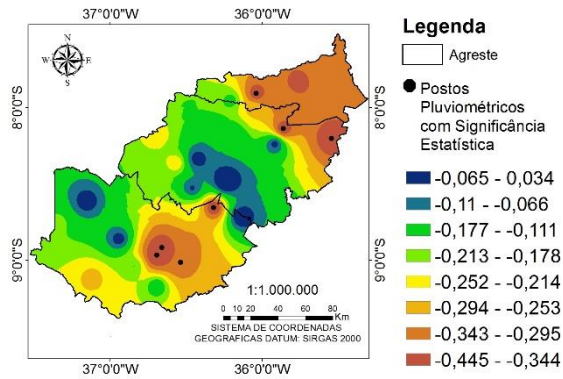
Os resultados das correlações entre as anomalias de TSM da área do Niño 3.4, localizada na região central do oceano Pacífico Equatorial, e a precipitação pluviométrica do Agreste

encontram-se expostos nos mapas da Figura 12 e os percentuais das correlações com significância estatística podem ser observados na Tabela 6.

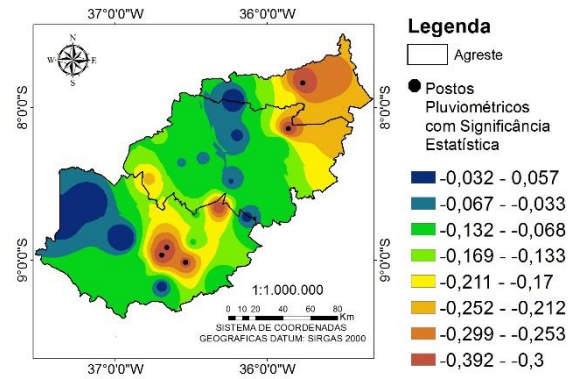
Figura 12 - Correlações trimestrais das anomalias de TSM da região do Niño 3.4 com a precipitação pluviométrica.



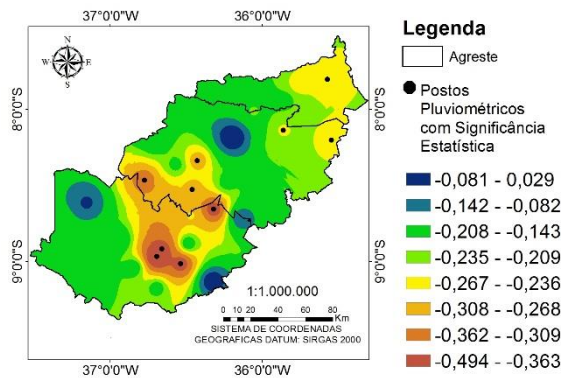
(continuação)



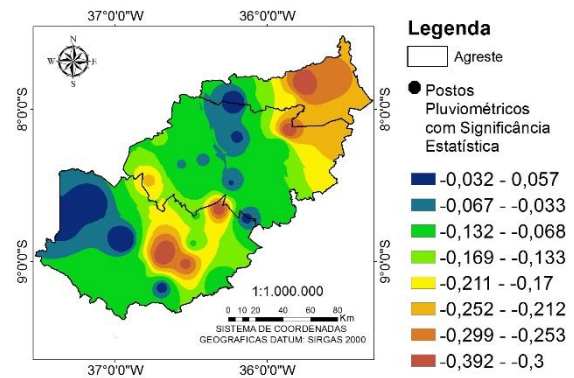
(g) AMJ / JAS



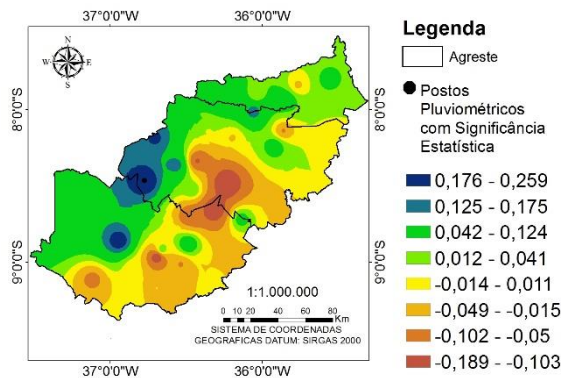
(h) MJJ / ASO



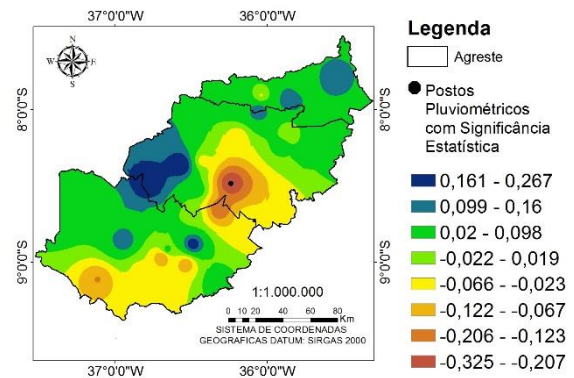
(i) JJA / SON



(j) JAS / OND



(k) ASO / NDJ



(l) SON / DJF

Fonte: Elaborado pela Autora (2017).

Tabela 6 - Percentual de significância dos coeficientes de correlações trimestrais das anomalias de TSM do Niño 3.4 com a precipitação pluviométrica.

Correlação Trimestral		Percentual de Significância	
Niño 3.4	Precipitação	% com Significância	% sem Significância
OND	JFM	0,00	100,00
NDJ	FMA	16,67	83,33
DJF	MAM	30,00	70,00
JFM	AMJ	23,33	76,67
FMA	MJJ	3,33	96,67
MAM	JJA	0,00	100,00
AMJ	JAS	23,33	76,67
MJJ	ASO	16,67	83,33
JJA	SON	33,33	66,67
JAS	OND	0,00	100,00
ASO	NDJ	3,33	96,67
SON	DJF	3,33	96,67

Fonte: Elaborado pela Autora (2017).

Durante o trimestre inicial do ano (JFM) não houve registro de correlações com significância estatística, assim como foi observado nas análises anteriores. Para FMA (Figura 12b), observou-se que apenas 16,67% das correlações mostraram-se significativas, indicando redução das precipitações no Agreste Meridional (nordeste), Agreste Central (sudoeste e norte) e Agreste Setentrional (sudoeste), apesar dos coeficientes não apresentarem valores muito elevados, variando entre - 0,352 e -0,082.

Na Figura 12(c), observa-se que no trimestre MAM, os postos que apresentaram correlações significativas (30%) encontram-se distribuídos pelo setor ocidental do Agreste, evidenciou-se também um sutil aumento nos valores dos coeficientes, que agora encontram-se entre -0,379 e -0,246. Durante AMJ, apesar de ser observado um aumento nos valores dos coeficientes (-0,414 a -0,21), o percentual de correlações com significância sofreu redução (23,33%), concentrando-se na região do Agreste Meridional.

Nos trimestres MJJ e JJA, as correlações foram consideradas insignificantes. Porém para JAS, observou-se aumento nos coeficientes, que passaram a variar entre -0,445 e -0,295 para as correlações com significância estatística. Demonstrando que apesar da porcentagem relativamente baixa (23,33%), as correlações foram fortes para esse período do ano, indicando redução de chuvas principalmente para o Agreste Meridional (centro-leste e nordeste), Agreste Central (norte e nordeste) e Agreste Setentrional (oeste).

Observou-se que as correlações durante ASO foram pouco expressivas, tanto em relação ao percentual (16,67%) como para os valores dos coeficientes, que diminuíram, passando a permear entre -0,392 e -0,253, mas ainda indicando redução na pluviometria. Diferentemente do que foi evidenciado nos mapas de correlações das outras regiões do Pacífico anteriormente analisados, para a área do Niño 3.4, o trimestre SON foi o que apresentou maior percentual de significância nas correlações (33,33%), assim como valores de coeficientes mais elevados (-0,494 a -0,236), demonstrando influenciar na redução das precipitações no Agreste Meridional (centro-leste) e Agreste Central (sudoeste).

No geral, os mapas revelaram que as flutuações térmicas das águas oceânicas superficiais da região do Niño 3.4 influenciam negativamente a pluviometria do Agreste nos trimestres FMA, MAM e AMJ, meses que fazem parte do período úmido dessa região, e durante JAS, ASO e SON, trimestres que compõe a estação que historicamente a climatologia demonstra redução nos totais pluviométricos.

De forma similar aos resultados encontrados nessa análise, Menezes et al. (2008), ao realizarem uma investigação sobre a relação da temperatura da superfície dos oceanos tropicais com a duração dos veranicos na Paraíba, concluíram que a área do Niño 3.4 correlaciona-se fortemente com os veranicos (fenômeno caracteriza-se por períodos de interrupção de precipitação durante a estação chuvosa) da região estudada, principalmente no mês de abril.

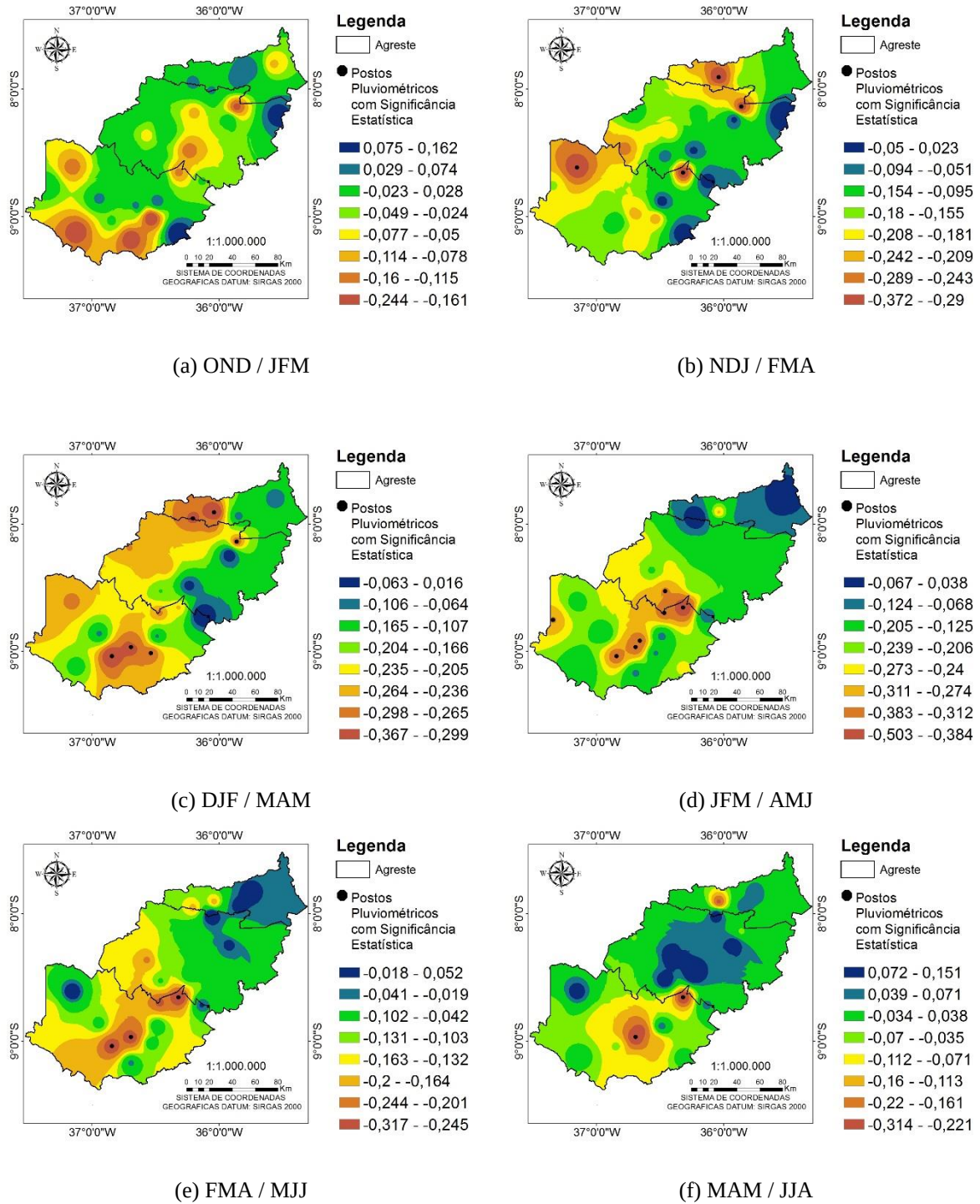
Wanderley et al. (2016) ao pesquisarem a influência das anomalias de TSM na variabilidade climática da bacia leiteira de Pernambuco (Agreste e Sertão), observaram que no trimestre de maio a julho, as anomalias de TSM na área do Niño 3.4 demonstram influenciar negativamente na pluviometria da região foco do estudo, principalmente no Agreste Meridional (que concentra os municípios componentes da bacia leiteira do estado). Evidencia-se que nesse trimestre encontram-se os meses maio e junho, período em que igualmente na presente pesquisa, foram observadas correlações significativas e negativas, também para o Agreste Meridional, indicando redução na precipitação dessa área.

Correlações trimestrais das anomalias de TSM da região do Niño 4 com a precipitação

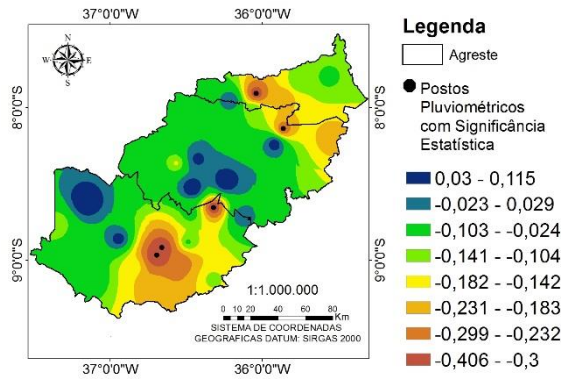
A área do Niño 4, localizada na porção oeste do Oceano Pacífico Equatorial, é a região de desenvolvimento do El Niño mais distante da costa da América do Sul. Apesar da grande distância geográfica entre o Agreste de Pernambuco e essa região oceânica, em alguns trimestres foram observadas correlações negativas com significância estatística (Figura 13),

inclusive com coeficientes altos chegando ao um valor máximo - 0,518, durante os meses de agosto, setembro e outubro.

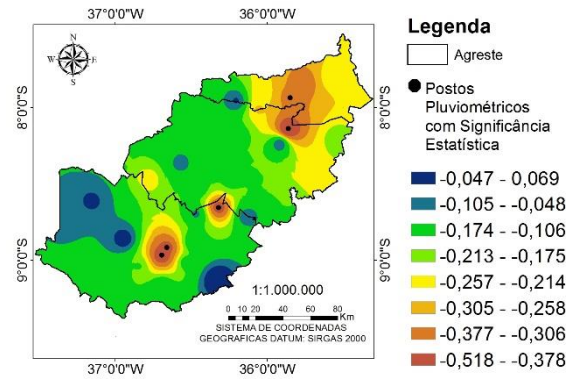
Figura 13 - Correlações trimestrais das anomalias de TSM da região do Niño 4 com a precipitação pluviométrica.



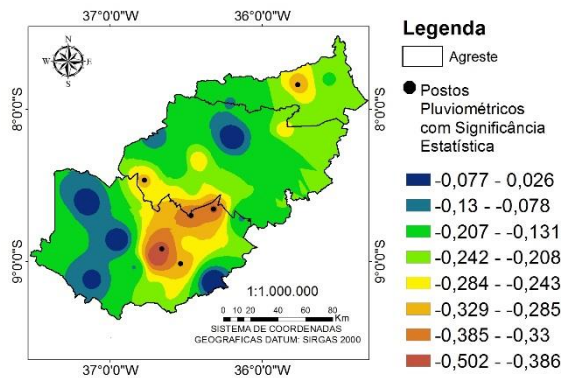
(continuação)



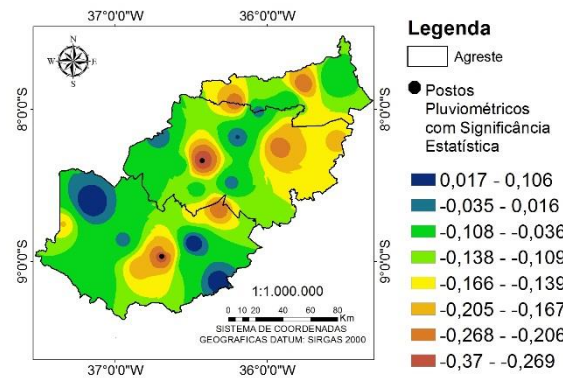
(g) AMJ / JAS



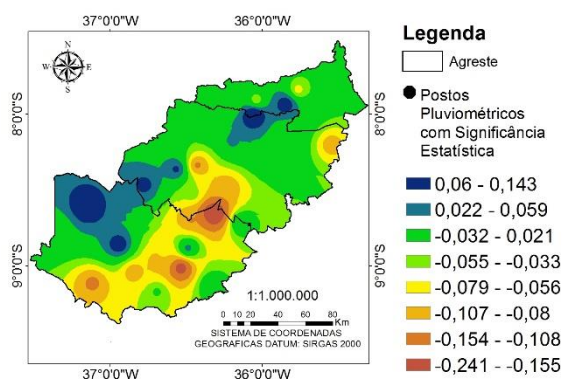
(h) MJJ / ASO



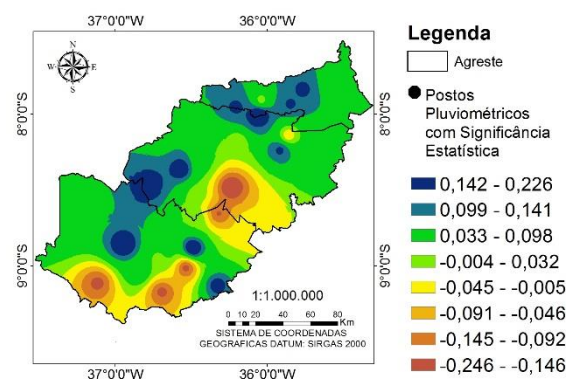
(i) JJA / SON



(j) JAS / OND



(k) ASO / NDJ



(l) SON / DJF

Fonte: Elaborado pela Autora (2017).

Tabela 7 - Percentual de significância dos coeficientes de correlações trimestrais das anomalias de TSM do Niño 4 com a precipitação pluviométrica.

Correlação Trimestral		Percentual de Significância	
Niño 4	Precipitação	% com Significância	% sem Significância
OND	JFM	0,00	100,00
NDJ	FMA	13,33	86,67
DJF	MAM	20,00	80,00
JFM	AMJ	23,33	76,67
FMA	MJJ	10,00	90,00
MAM	JJA	6,67	93,33
AMJ	JAS	16,67	83,33
MJJ	ASO	23,33	76,67
JJA	SON	23,33	76,67
JAS	OND	6,67	93,33
ASO	NDJ	0,00	100,00
SON	DJF	0,00	100,00

Fonte: Elaborado pela Autora (2017).

Assim como observou-se nas análises anteriores, o trimestre JFM não apresentou correlações significativas. Por outro lado, em FMA registrou-se 13,33% de significância nas correlações (Tabela 7). Observou-se também que na Figura 13(b), as regiões que demonstraram ser influenciadas pelas anomalias de TSM do Niño 4 são praticamente as mesmas para o referido trimestre nas análises das regiões do Niño 3 e Niño 3.4.

Na Figura 13(c), observou-se que em MAM, as áreas que correlacionaram-se negativamente e apresentaram significância estatística estão localizadas no Agreste Meridional (setor centro-sul), Agreste Central (Norte) e Agreste Setentrional (porção oeste) com coeficientes de correlação entre -0,367 e -0,236. No trimestre seguinte, evidenciou-se aumento nos valores dos coeficientes, assim como no percentual das correlações com significância. Na Figura 13(d), observou-se que nos meses de abril a junho as áreas mais influenciadas no Agreste (no sentido de redução da pluviometria) são praticamente as mesmas regiões que foram observadas para esse referido trimestre nas correlações com o Niño 3 e Niño 3.4, porém com coeficientes mais altos, variando entre -0,503 e -0,274.

Nos trimestres MJJ e JJA, os coeficientes sofreram redução em seus valores, assim como nas correlações estatisticamente significativas, concentrando-se na região do Agreste Meridional para ambos os trimestres. A diminuição desses parâmetros também foi observada para a área do Niño 3 durante esses mesmos trimestres.

Observou-se que em JAS, ASO e SON, as correlações negativas apresentaram-se mais fortes, indicando diminuição das precipitações no Agreste. A Figura 13(g) mostra que as correlações com significância (-0,406 a -0,232) encontram-se distribuídas no Agreste Meridional (centro e nordeste), Agreste Central (norte) e Agreste Setentrional (oeste). Durante o trimestre ASO (Figura 13h), observou-se que os postos que correlacionaram-se significativamente com as anomalias de TSM são as mesmas do trimestre anterior, com exceção no Agreste Setentrional, porém com coeficientes mais elevados, agora variando entre -0,518 e -0,36. No trimestre SON (Figura 13i), ocorreu sutil redução dos coeficientes de correlação, concentrando os correlações mais fortes na região do Agreste Meridional.

Nos trimestres que restaram (OND, NDJ, DJF) pode ser considerada insipiente a influência das anomalias sobre a precipitação, considerando que demonstra quase nenhuma significância nas correlações, como observa-se na Tabela 7.

Assim como foi discutido nas análises anteriores para as diferentes regiões do Niño, os períodos que apresentaram as correlações mais fortes entre a precipitação e as anomalias de TSM na área do Niño 4 são representados pelos meses da estação úmida e início da seca no Agreste. Observou-se assim a existência de um padrão quando se trata da influência das variações térmicas das águas oceânicas do Pacífico nas precipitações do Agreste.

Concordando em parte com os resultados obtidos na presente pesquisa, o estudo de Galvêncio e Sousa (2002), para a Bacia do São Francisco, investigou a relação entre o El Niño e os totais precipitados na Bacia e os autores identificaram que os valores negativos dos coeficientes de correlação entre a precipitação dessa região e os índices de anomalias de TSM na área do Niño 4, para os meses de abril a julho, indicam redução dos índices pluviométricos, assim como foi observado nas análises para o Agreste. Porém, resultados divergentes foram encontrados nessa mesma pesquisa para os meses de janeiro a março, tendo as correlações indicado altos índices pluviométricos para a Bacia, enquanto que no Agreste as correlações não foram significativas para esse recorte temporal, demonstrando assim pouca ou nenhuma influência dessas variações térmicas oceânicas sobre a precipitação durante esses meses da estação seca.

4.3.2 Análise dos índices oceânicos no Atlântico Tropical

Com intuito de identificar espacialmente a influência das anomalias de TSM do Oceano Atlântico Tropical no regime pluviométrico do Agreste, utilizou-se o Índice do Atlântico Tropical Norte (TNAI) e o Índice do Atlântico Tropical Sul (TSAI) nas correlações trimestrais com a pluviometria.

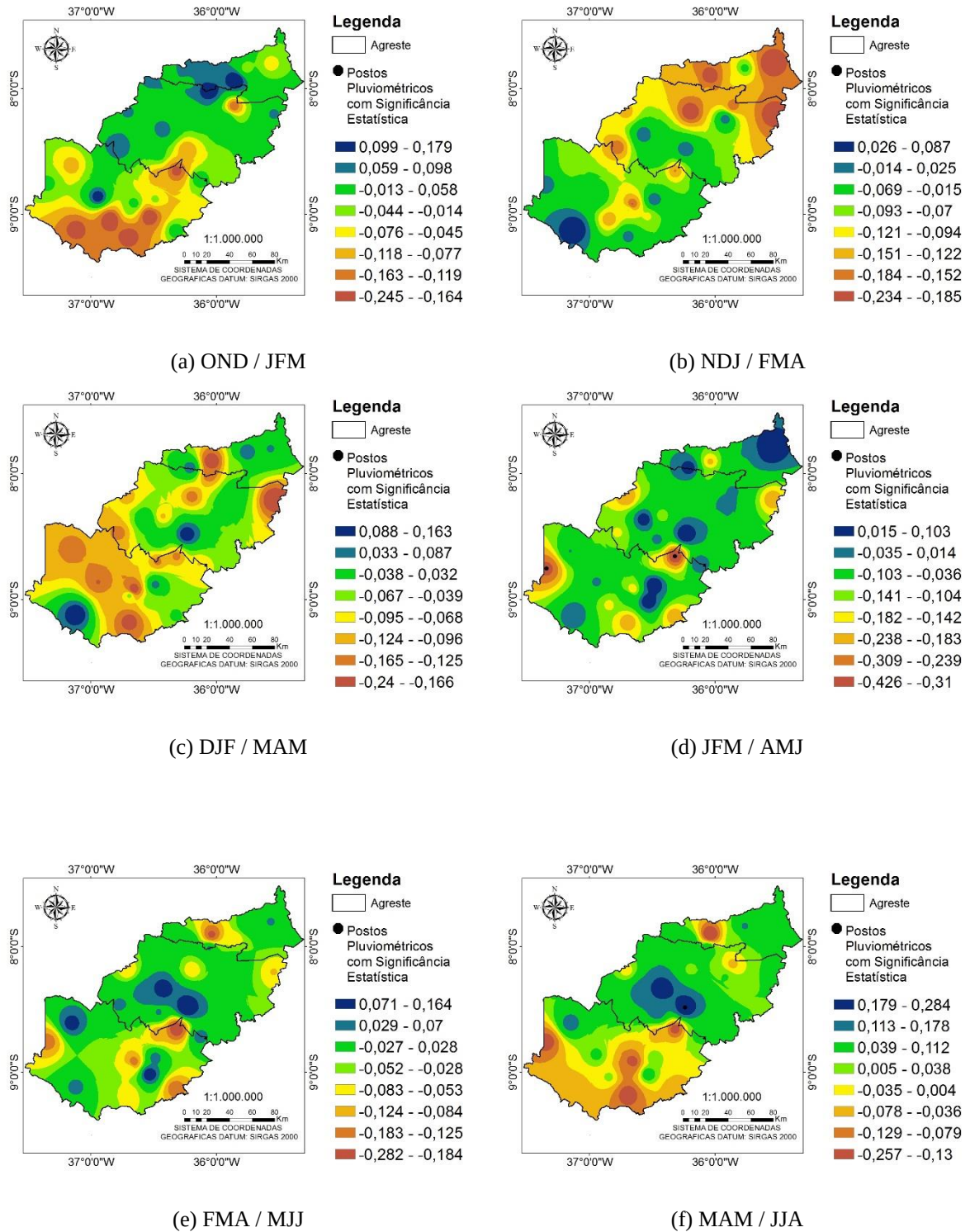
No geral, verificou-se que as anomalias térmicas das águas superficiais do TNA e TSA apresentam grande variabilidade, oscilando entre correlações positivas e negativas. Apesar de demonstrar predominância de correlações significativas negativas, também observou-se significância em correlações positivas, diferenciando-se do que foi evidenciado nas análises das diferentes regiões do Niño no oceano Pacífico Equatorial. Observou-se baixo percentual de significância estatística nas correlações durante os trimestres, tanto para o TNA quanto para o TSA, porém os valores dos coeficientes mostraram-se relativamente elevados.

Pode-se assim dizer, que os oceanos Atlântico Tropical Norte e Atlântico Tropical Sul também influenciam o comportamento da precipitação no Agreste de Pernambuco. Marengo et al. (2011) afirmam que a região semiárida do Brasil está entre as mais influenciadas (significativamente) pelas circulações oceânicas e atmosféricas do Atlântico Tropical, considerando que o padrão do dipolo no Atlântico Tropical favorece a ocorrência de gradientes meridionais de anomalias de TSM, que afetam a posição latitudinal da ZCIT, de forma a modular a distribuição sazonal das precipitações sobre a parte Norte do Nordeste do Brasil. Quando há um aquecimento maior observado no oceano Atlântico Tropical Norte em relação ao Atlântico Sul, a ZCIT passa a posicionar-se mais ao norte da linha do equador e consequentemente influencia na redução da precipitação e quando ocorre o inverso gera aumento nos totais pluviométricos.

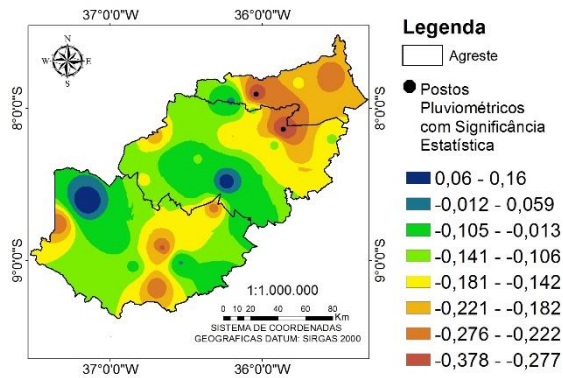
Correlações trimestrais do Índice do Atlântico Tropical Norte (TNAI) com a precipitação

Observou-se que os trimestres iniciais do ano (JFM, FMA e MAM) não apresentaram correlações com significância estatística (Tabela 8). Verificou-se que durante AMJ (Figura 14d) houve aumento nos valores dos coeficientes de correlação, tendo duas regiões no Agreste Meridional (porção oeste e nordeste) apresentado correlações negativas com significância.

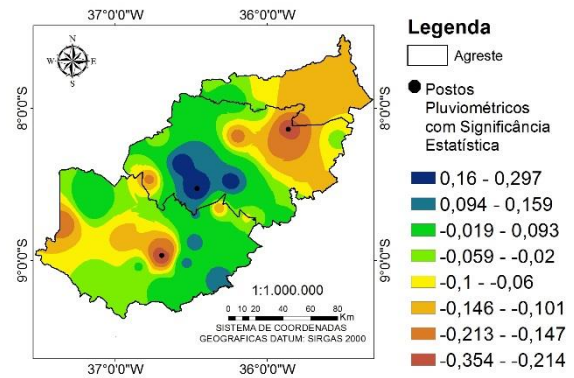
Figura 14 - Correlações trimestrais do TNAI com a precipitação pluviométrica.



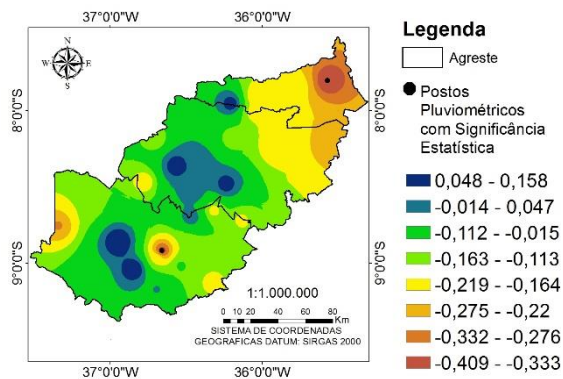
(continuação)



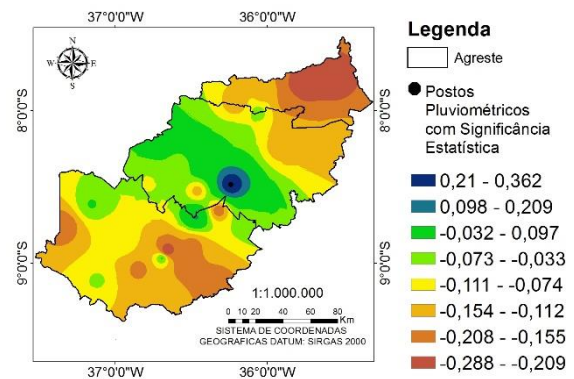
(g) AMJ / JAS



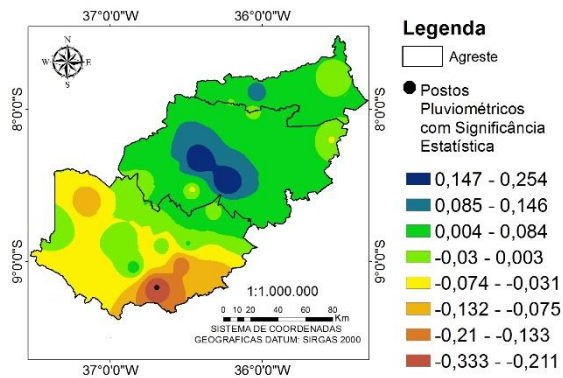
(h) MJJ / ASO



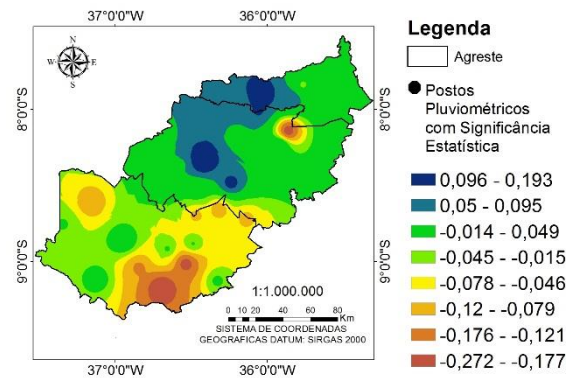
(i) JJA / SON



(j) JAS / OND



(k) ASO / NDJ



(l) SON / DJF

Fonte: Elaborado pela Autora (2017)

Tabela 8 - Percentual de significância dos coeficientes de correlações trimestrais do TNAI com a precipitação pluviométrica.

Correlação Trimestral		Percentual de Significância	
TNAI	Precipitação	% com Significância	% sem Significância
OND	JFM	0,00	100,00
NDJ	FMA	0,00	100,00
DJF	MAM	0,00	100,00
JFM	AMJ	6,67	93,33
FMA	MJJ	0,00	100,00
MAM	JJA	3,33	96,67
AMJ	JAS	6,67	93,33
MJJ	ASO	10,00	90,00
JJA	SON	6,67	93,33
JAS	OND	3,33	96,67
ASO	NDJ	3,33	96,67
SON	DJF	0,00	100,00

Fonte: Elaborado pela Autora (2017).

O trimestre JJA demonstrou um comportamento até então não observado, nesse período verificou-se correlação positiva com significância, coeficiente variando entre 0,179 e 0,284, para uma localidade no sul do Agreste no Central. Em JAS (Figura 14f) observou-se 6,67% de correlações significativas, presentes no Agreste Central (norte) e Agreste Setentrional (oeste). Para o trimestre ASO, observou-se aumento de correlações estatisticamente significativas, atingindo 10%, na região do Agreste Meridional (porção central) observou-se que no município de Saloá a precipitação é influenciada negativamente pelas anomalias dessa porção oceânica, enquanto no Agreste Central observou-se correlações positivas e negativas, em São Bento do Una (0,16 a 0,217) e Riacho das Almas (-0,354 a -0,214).

Em SON, somente duas localidades demonstraram correlações negativas com significância, uma localizada no Agreste Meridional (porção central) e outra no Agreste Setentrional (porção norte). Nesse trimestre apesar do percentual baixo de significância, registrou-se valores relativamente altos nos coeficientes (-0,409 a -0,22). Durante OND, somente uma região no sul do Agreste Central demonstrou correlação significativa e esta foi positiva, com coeficiente permeando entre 0,21 a 0,362. E NDJ foi o último trimestre a demonstrar alguma influência das variações térmicas das águas superficiais do TNA, apresentando correlação significativa negativa no sul do Agreste Meridional.

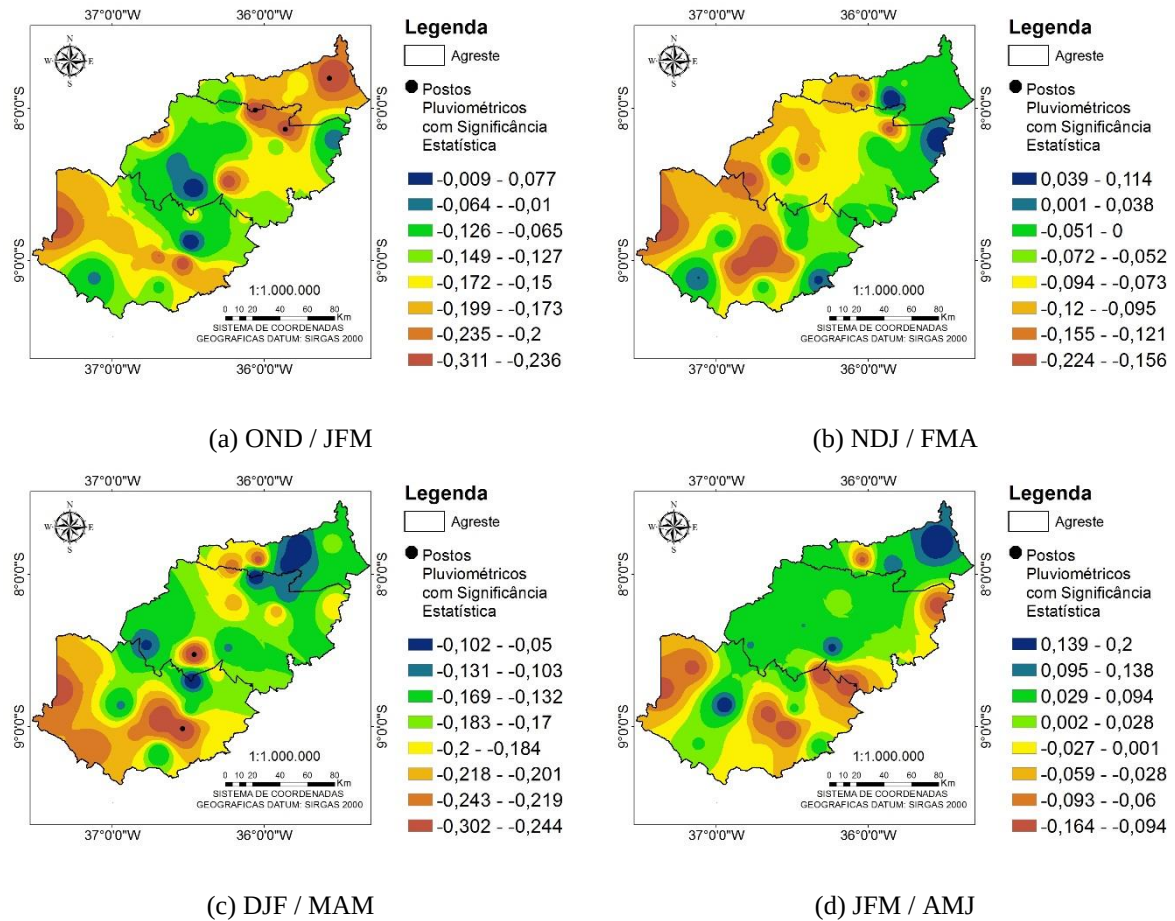
De forma geral evidenciou-se que existe grande variabilidade nas anomalias de TSM na porção Norte do Atlântico Tropical e isso expressa-se na presença de correlações significativas

positivas e negativas com a precipitação do Agreste, de forma a induzir ou inibir as chuvas em diferentes períodos do ano.

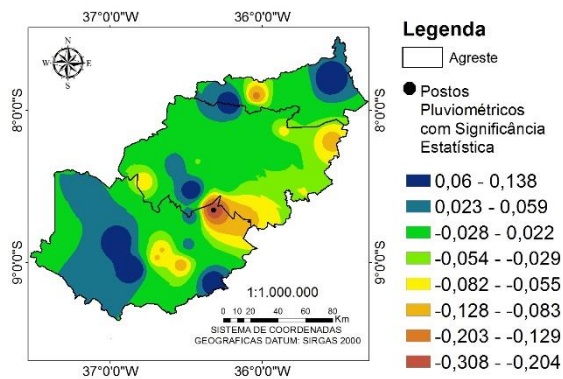
Correlações trimestrais do Índice do Atlântico Tropical Sul (TSAI) com a precipitação

A distribuição espacial das correlações trimestrais do Índice do Atlântico Tropical Sul com as precipitações do Agreste está representada pela Figura 15 e os percentuais das correlações que apresentaram significância estatística são encontrados na Tabela 9.

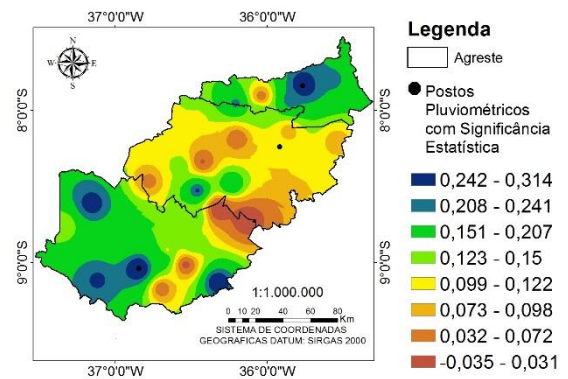
Figura 15 - Correlações trimestrais do TSAI com a precipitação pluviométrica.



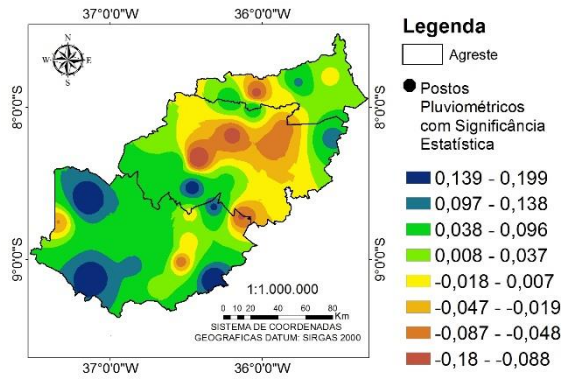
(continuação)



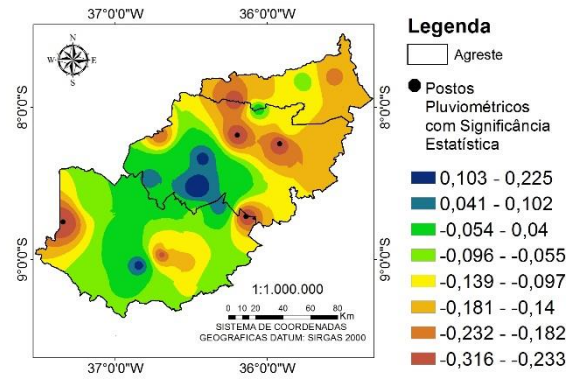
(e) FMA / MJJ



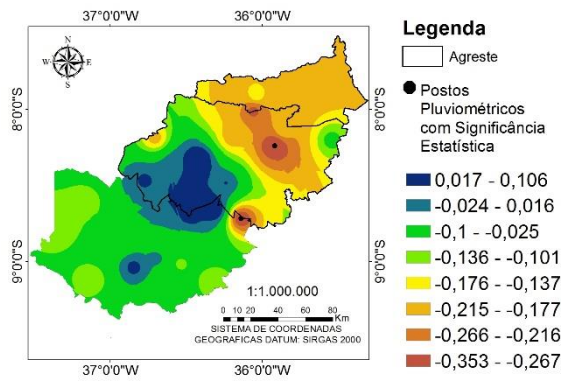
(f) MAM / JJA



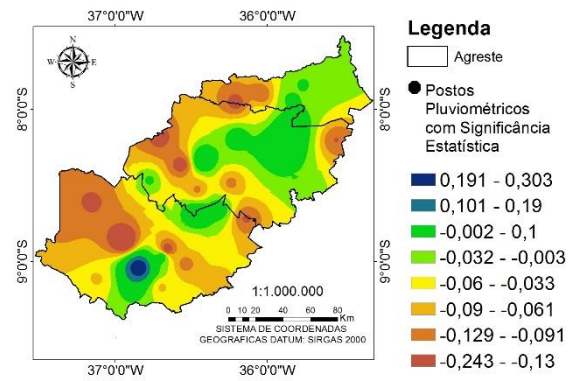
(g) AMJ / JAS



(h) MJJ / ASO

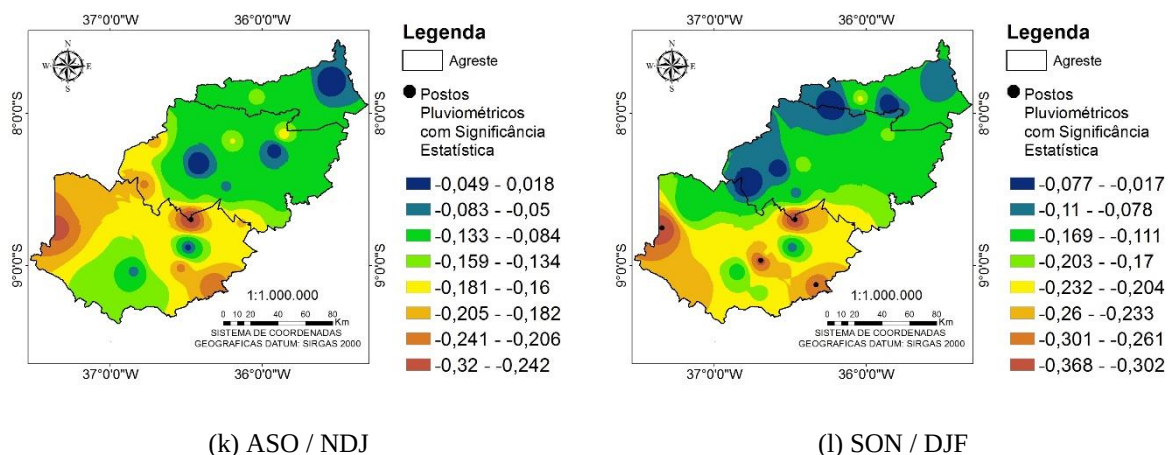


(i) JJA / SON



(j) JAS / OND

(continuação)



Fonte: Elaborado pela Autora (2017).

Tabela 9 - Percentual de significância dos coeficientes de correlações trimestrais do TSAI com a precipitação pluviométrica.

Correlação Trimestral		Percentual de Significância	
TNAI	Precipitação	% com Significância	% sem Significância
OND	JFM	10,00	90,00
NDJ	FMA	0,00	100,00
DJF	MAM	6,67	93,33
JFM	AMJ	0,00	100,00
FMA	MJJ	3,33	96,67
MAM	JJA	10,00	90,00
AMJ	JAS	0,00	100,00
MJJ	ASO	13,33	86,67
JJA	SON	6,67	93,33
JAS	OND	0,00	100,00
ASO	NDJ	3,33	96,67
SON	DJF	13,33	86,67

Fonte: Elaborado pela Autora (2017).

No primeiro trimestre do ano (JFM) observou-se correlações negativas variando entre -0,311 e -0,236 no Agreste Central (porção norte) e Agreste Setentrional (porção norte). No trimestre seguinte foi evidenciada ausência de correlações significativas. Em MAM, somente 6,67% das correlações apresentaram significância estatística, com coeficientes entre -0,302 e -0,244. Para o trimestre MJJ, somente uma localidade Agreste Meridional (nordeste) apresentou significância na correlação, também com valores dos coeficientes negativos. Em JJA, passa para 10% o percentual das correlações significativas, com valores dos coeficientes

positivos, sendo observado no Agreste Meridional e Setentrional coeficientes variando entre 0,242 e 0,314 e no Agreste Central permeando de 0,099 a 0,122.

Por outro lado em ASO, todas as correlações estatisticamente significativas (13,33%) mostraram-se negativas, os valores dos coeficientes variaram entre -0,316 e -0,233 e as áreas mais influenciadas são encontradas no Agreste Meridional (oeste e nordeste) e Agreste Central (centro-norte). Em SON, somente duas regiões, no Agreste Meridional e Agreste Central, apresentaram correlações negativas com significância (-0,353 e -0,267). No trimestre seguinte (OND) somente um município no Agreste Meridional apresentou correlações com significância também com coeficiente negativo. No último trimestre analisado NDJ, observou-se que 13,33% das correlações apresentaram significância estatística principalmente no Agreste Meridional e os coeficientes apresentaram valores entre -0,368 e -0,268.

4.4 Vulnerabilidade socioeconômica das populações frente à variabilidade da precipitação pluviométrica

Na abordagem da vulnerabilidade associada à variabilidade climática, é importante considerar os extremos de precipitação, que são causados pela variabilidade da precipitação e podem por vezes exercer o papel de fenômenos desestabilizadores. Uma vez que esses extremos (chuvas intensas ou redução drástica das mesmas) podem se tornar uma ameaça potencial à vida das pessoas que habitam cidades e áreas rurais, considerando que o impacto que esses extremos pluviométricos podem causar numa região e na sua consequente população é função da exposição ao perigo ou ameaça e da vulnerabilidade socioeconômica (VALVERDE, 2017).

Para compreender a questão da vulnerabilidade da população associada à variabilidade da precipitação é de suma importância que seja realizada a análise dos fatores sociais, econômicos, demográficos, urbanos e de esgotamento sanitário da área de estudo, considerando que esses indicadores podem revelar o nível de exposição, suscetibilidade e capacidade dessas pessoas ante os impactos dos desastres naturais.

Dessa forma, essa seção teve como foco determinar e mapear as vulnerabilidades socioeconômicas dos municípios componentes do Agreste de Pernambuco, com objetivo de entender os fatores que podem influenciar na vulnerabilidade de cada um deles num momento de enfrentamento dos desastres naturais, como as inundações e grandes secas, que são impactos dos eventos climáticos. A análise por município torna-se bastante interessante nessa

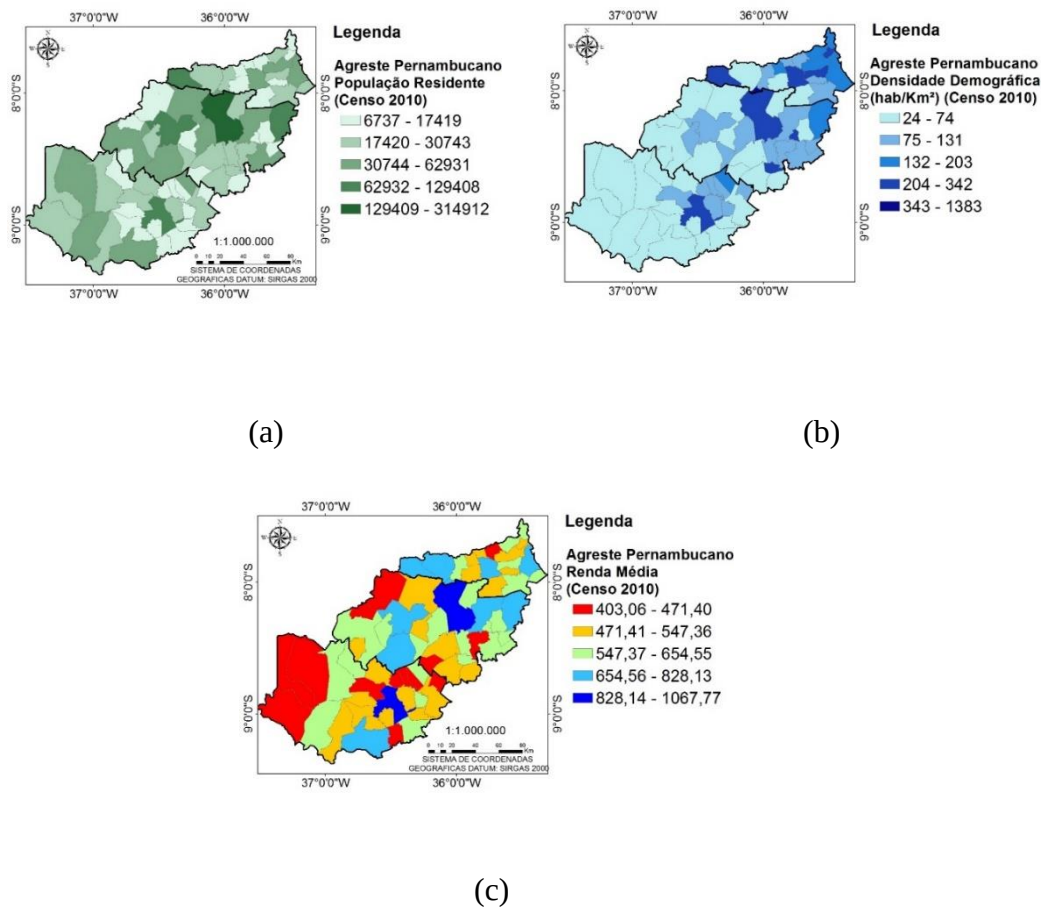
perspectiva, pois permite identificar dentro de uma área de grande extensão territorial, como o Agreste, as regiões mais vulneráveis, no âmbito socioeconômico, à variabilidade da precipitação pluviométrica, considerando que os problemas sociais, econômicos, demográficos e sanitários podem potencializar a vulnerabilidade dessas populações. Ressalta-se que os impactos da variabilidade climática da precipitação serão sentidos de maneira mais intensa se as populações que habitam a região atingida possuir baixos índices socioeconômicos, pois haverá deficiência no preparo para agir frente aos efeitos negativos dessa variabilidade pluviométrica (VINCENT, 2004).

Sendo assim, foram analisados os indicadores como Densidade Demográfica (DD), Renda Média (RM), População Total (PT), Índice de Desenvolvimento Humano Municipal (IDHM) e suas dimensões Longevidade (IDH-L), Educação (IDH-E) e Renda (IDH-R), além das condições de habitabilidade, que é acesso das pessoas à serviços básicos do município, como abastecimento de água, esgotamento sanitário e coleta de lixo, que são essenciais nessa análise, uma vez que são considerados instrumentos indispensáveis no planejamento urbano e na implementação de políticas públicas que visem o desenvolvimento de ações que contribuam para a diminuição das desigualdades sociais, que é um dos fatores que causam a vulnerabilidade.

No Agreste Setentrional, de acordo com o censo demográfico (2010), a população total residente foi registrada com 526.905 habitantes, distribuídos em 19 municípios que compõem uma área de 3.538,33 km², correspondendo a densidade demográfica de 149 hab./km². Através dos mapas expostos na Figura 16 (b) e (c), observou-se que essa região apresenta a maior densidade demográfica de todo o Agreste e os municípios que concentram os maiores valores de renda média são: Santa Cruz do Capibaribe Taquaratinga do Norte, Toritama, Surubim e Limoeiro. Dentre as atividades econômicas que se desenvolvem na região, as que apresentam expressividade no PIB estadual são: horticultura, leite, bovinos, banana, aves, feijão, café, construção civil, distribuição de energia elétrica, administração pública, aluguéis, serviços prestados às empresas, comércio e confecções (CONDEPE/FIDEM, 2011).

Os municípios de Santa Cruz do Capibaribe (261,2 hab/km²,) e Toritama (1.383,21 hab/km²), destacam-se economicamente na região, considerando que em conjunto com Caruaru (Agreste Central) são as principais cidades que compõe o Polo de Confecções do Agreste, importante aglomerado produtivo e comercial, um dos Polos desenvolvimentistas de destaque no Estado, que abrange também outros municípios da região que tem seu dinamismo econômico impulsionado por essas atividades.

Figura 16 – (a) Distribuição espacial da população residente (b) densidade demográfica (c) renda média do Agreste.



Fonte: Elaborado pela autora (2017).

O Agreste Central registrou 1.048.968 habitantes residentes, de acordo com o último censo do IBGE (2010), caracterizando-se como a região mais populosa da mesorregião do Agreste. Essa região com 10.100,52 km² de extensão territorial, dividida em 26 municípios, apresenta densidade demográfica igual a 104 hab./km². Os municípios de Caruaru, Gravatá, Bezerros, Belo Jardim e São Bento do Una foram os que expressaram os maiores valores de renda média da região, e as atividades que mais contribuíram com o PIB dessa RD são: horticultura, leite, avicultura, bovinocultura, tomate, indústria de transformação, construção civil, administração pública, hipermercados, varejo de combustíveis e serviços prestados às empresas (CONDEPE/FIDEM, 2011).

Salienta-se a importância de Caruaru (342.07 hab./km²), município com maior densidade demográfica do Agreste. Essa cidade é um importante centro econômico-cultural de Pernambuco e da região, tendo como principais atividades que impulsionam a dinâmica de sua economia, a indústria de confecções de peças de vestuário e o turismo (núcleo de produção

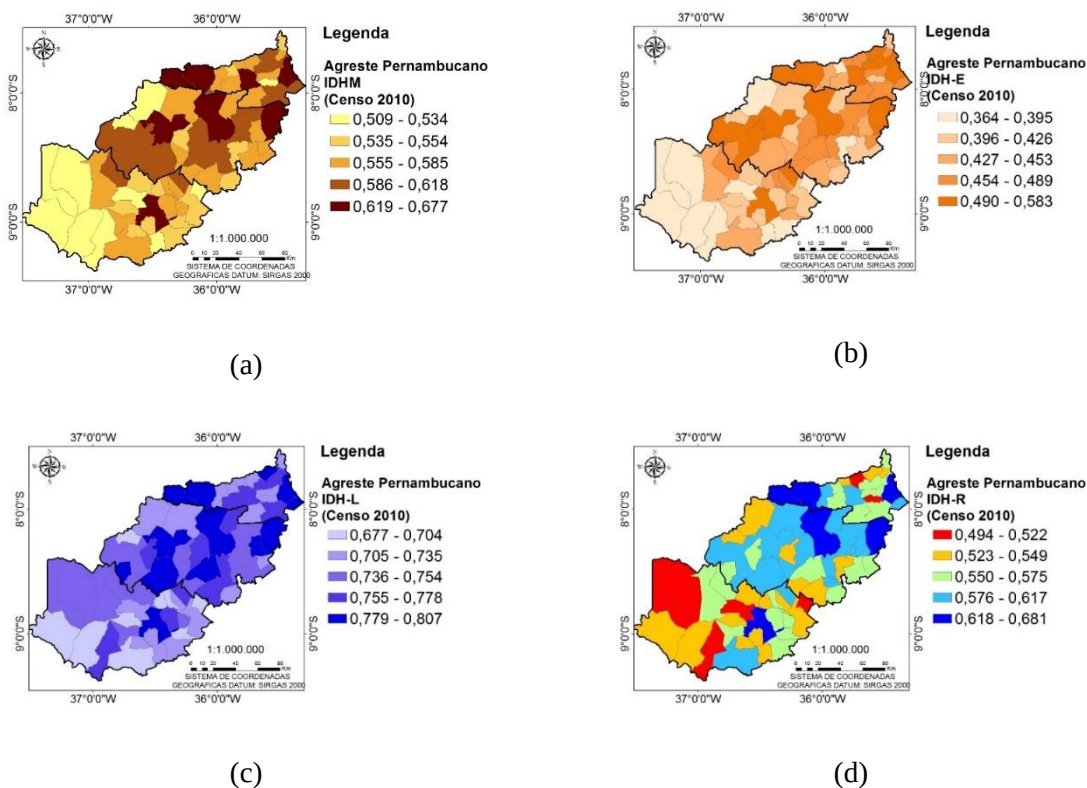
artesanal), considerada uma capital regional, estrategicamente (do ponto de vista geográfico) localizada no entroncamento das rodovias BR-232 de BR-104. Os municípios que compõem o Polo de Confeções do Agreste, compartilham de características econômicas semelhantes, formando uma unidade urbana regional, que propicia intensa troca de influências no âmbito socioeconômico e cultural.

O Agreste Meridional, com a maior extensão territorial (10.841,18 km²) das três mesorregiões, é o que apresenta a menor densidade demográfica, apenas 59 hab./km². Segundo informações disponibilizadas pela CONDEPE/FIDEM (2011), as atividades que mais contribuem com o PIB da RD são a produção de leite, feijão, bovinocultura, mandioca, construção civil, indústria de transformação, administração pública, aluguéis, serviços prestados às empresas e comércio, entre outros. Observou-se que os municípios que apresentam maiores valores de renda média são Garanhuns e Bom Conselho. No Agreste Meridional, a cidade de Garanhuns destaca-se ao exercer a função de núcleo sub-regional, concentrado a maioria dos equipamentos de infraestrutura (gerências regionais de educação e saúde, agência de trabalho, área integrada de segurança, faculdade, universidade, hospitais geral e regional, aeródromo e rodovias federais e estaduais) dessa RD, sendo o município que mais contribui na economia desse grupo.

De forma geral, observou-se através dos mapas da Figura 16, que o Agreste Central e Meridional revelaram ser as regiões mais populosas, enquanto as maiores densidades demográficas são encontradas no Agreste Central e Agreste Setentrional. Ressalta-se que no Agreste Meridional foi observado o maior número de municípios com baixo poder aquisitivo, cerca de 65,3% estão na faixa de renda média de até R\$ 547,36.

Na figura 17 observa-se os mapas de distribuição espacial do IDH-M e suas dimensões, esse índice mede o desenvolvimento humano a nível municipal, considerado essencial nas análises socioeconômicas e de vulnerabilidade, pois ele considera não apenas a dimensão econômica mas também outras características sociais, culturais e políticas que influenciam a qualidade da vida humana e com isso torna-se mais fiel a análise do avanço de uma população, principalmente quando trabalha-se numa escala regional, como a do presente estudo.

Figura 17 - Distribuição espacial do IDH-M (a), IDH-E (Educação) (b), IDH-L (Longevidade) (c), IDH-R (Renda) (d) no Agreste.



Fonte: Elaborado pela autora (2017).

Observou-se que os maiores índices de IDH-M (0,619 a 0,677) concentram-se no Agreste Setentrional (Santa Cruz do Capibaribe, Taquaratinga do Norte, Limoeiro e Surubim) e Agreste Central (Caruaru, Gravatá e Belo Jardim). Destaca-se que o único município do Agreste Meridional que está nessa faixa do índice é Garanhuns. Observou-se que os municípios que apresentaram os melhores IDH-M coincidem com os que revelaram os maiores valores de renda média.

Por outro lado, os piores índices (0,509 a 0,534) foram observados no Agreste Meridional, que demonstrou ter 30,76% de seus municípios nessa faixa do IDH-M, seguido do Agreste Central (7,69%) e Agreste Setentrional (5,26%). Numa escala macro, observou-se que 88,72% dos municípios que compõem o Agreste apresentam IDH-M entre 0,509 e 0,618.

No Atlas de Desenvolvimento Humano do Brasil (2010) encontra-se a classificação do IDH-M por faixas, como pode ser observado na Tabela 10. No ranking estadual (2010), Pernambuco encontra-se na 19ª posição tendo classificação média na faixa de desenvolvimento humano (0,673), por sua vez na região Nordeste, o estado encontra-se em 3º lugar, atrás somente

do Rio Grande do Norte (0,684) e Ceará (0,682). Quando analisa-se mais profundamente as regiões que compõem Pernambuco, observa-se que no Agreste 74,46% dos municípios encontram-se na classificação baixa de desenvolvimento humano, enquanto os outros 22,54% estão classificados na faixa médio do índice.

Tabela 10 - Classificação do Índice de Desenvolvimento Humano.

Faixas de Desenvolvimento Humano	
Muito Alto	0,800 - 1,000
Alto	0,700 - 0,799
Médio	0,600 - 0,699
Baixo	0,500 - 0,599
Muito Baixo	0,000 - 0,499

Fonte: Atlas de Desenvolvimento Humano do Brasil (2010).

Em relação aos parâmetros IDH-L, IDH-E e IDH-R observou-se alta correlação com o IDH-M, além de ser bastante evidente a similaridade visual entre os mapas. Considera-se que o IDH-L representa a saúde, uma vez que a variável usada no cálculo do índice é a esperança de vida ao nascer. O IDH-E, retrata a educação, combinando duas variáveis (média de anos de estudo da população com 25 anos ou mais e anos esperados de escolaridade) no cálculo do índice. E o IDH-R, expressa a renda, usando a variável de Renda municipal Bruta *per capita*.

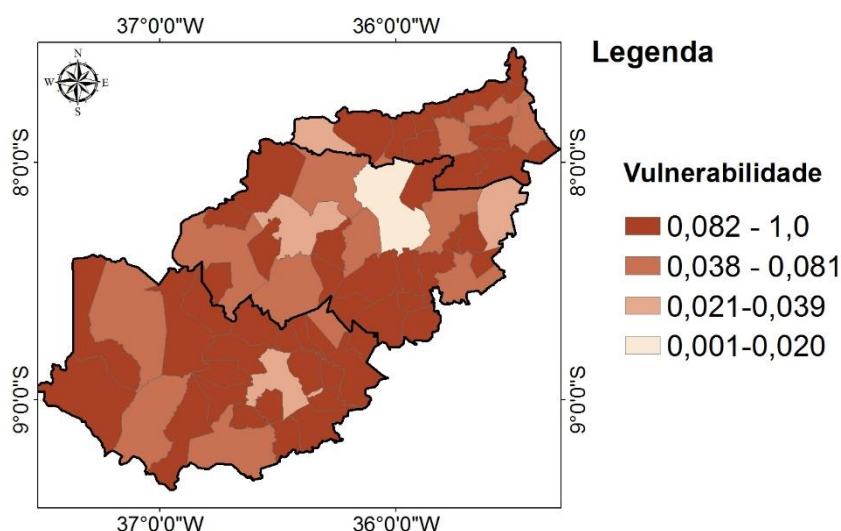
De forma geral, verificou-se que o Agreste de Pernambuco apresenta-se com uma infraestrutura social e econômica semelhante às demais mesorregiões do interior do Nordeste. Os indicadores mostraram-se bastante úteis para a descrição geral das condições de vida em nível municipal, evidenciando os aspectos da realidade socioeconômica e promovendo a identificação, através dos mapas, das desigualdades socioespaciais nas e entre as diferentes regiões do Agreste.

A distribuição espacial do índice de vulnerabilidade pode ser observada através do mapa da Figura 18. É importante compreender que determinar e mapear a vulnerabilidade, no viés trabalhado nesse pesquisa, possibilita o entendimento de que a mesma tem um caráter social e que não apenas refere-se ao dano físico que um evento extremo tem a possibilidade de causar. Considerando que as determinantes demográficas, econômicas e de habitabilidade de uma comunidade são condicionantes da susceptibilidade aos riscos que os desastres naturais podem gerar, sendo extremamente essencial que componham a análise da vulnerabilidade, na medida em que essas determinantes influenciam na capacidade de resposta, recuperação e se necessário

adaptação do sistema socioeconômico local aos impactos gerados por episódios de chuva intensa (enchentes e inundações) ou redução drástica da precipitação (estiagens e secas).

Entende-se por esse motivo, que o mapeamento da vulnerabilidade socioeconômica é fundamental na formulação de políticas públicas e ações que contribuam para a percepção e minimização do risco de desastres e redução da vulnerabilidade, numa perspectiva integrada, considerando os diferentes elementos e processos (naturais, antrópicos, socioeconômicos, culturais e políticos) e articulando com as diferentes instâncias governamentais.

Figura 18 - Distribuição espacial do índice de vulnerabilidade.



Fonte: Elaborado pela Autora (2017).

Tabela 11 - Classificação do índice de Vulnerabilidade.

Índice de Vulnerabilidade	
Muito Alta	0,082-1,0
Alta	0,038-0,081
Moderada	0,021-0,039
Baixa	0,001-0,020

Fonte: Elaborado pela Autora (2017).

Observou-se, com base na Figura 18 e Tabela 11, que a vulnerabilidade Muito Alta está presente na maioria dos municípios que compõem o Agreste, sendo 73,23% deles classificados nessa faixa. No Agreste Setentrional 73,68% dos municípios que se inserem nessa região encontram-se em estado de vulnerabilidade Muito Alta, 21,05% apresenta Alta vulnerabilidade

e somente um município (Santa Cruz do Capibaribe) mostrou ter Moderada Vulnerabilidade. No Agreste Central, a vulnerabilidade Muito Alta é encontrada em 65,38% dos municípios que compõem a região, com Vulnerabilidade Alta são 23,07%, somente 2 municípios (Belo Jardim e Gravatá) apresentaram Vulnerabilidade Moderada e Caruaru mostrou ter Baixa Vulnerabilidade, sendo o único município de todo o Agreste que está classificado nessa faixa do índice. No Agreste Meridional, 80,76% dos municípios encontram-se classificados com Vulnerabilidade Muito Alta, 15,38% apresentam Vulnerabilidade Alta e apenas um município (Garanhuns) mostrou Vulnerabilidade Moderada.

De forma geral, observou-se que praticamente todo o Agreste é marcado por alto grau de vulnerabilidade social e econômica, vale ressaltar que as situações de vulnerabilidade não são permanentes, pelo contrário, constituem um sistema dinâmico e podem modificar-se, considerando que é uma consequência da interação de uma série de fatores e características (endógenas e exógenas) de uma população, que culmina em diferentes níveis de capacidade da mesma de responder de forma adequada aos impactos dos desastres naturais.

A identificação dos municípios com vulnerabilidade elevada no Agreste pode colaborar com o banco de dados do Estado, no intuito de fornecer informações importantes aos órgãos que decidirão para onde devem ser orientados os maiores esforços afim de reduzir a desigualdade social e a vulnerabilidade, essas informações podem auxiliar na elaboração de políticas públicas e ajudar na tomada de decisões e medidas que visem a prevenção, mitigação e adaptação frente às consequências negativas dos eventos extremos.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Na análise a respeito da climatologia da precipitação pluviométrica, constatou-se que o período chuvoso do Agreste de Pernambuco corresponde aos meses de março a julho, com valores oscilando entre 300 e 600 mm, com os maiores registros observados nas regiões do Agreste Meridional e Setentrional, destacando-se as áreas com altitude mais elevada onde as chuvas são superiores a 600 mm. Já o período seco ocorre de agosto a fevereiro, com valores inferiores a 300 mm, excetuando-se áreas de microclima. No Agreste Central foram observados os menores totais pluviométricos e no Agreste Meridional registraram-se os maiores volumes de chuva precipitada nos 53 anos analisados.

No período de 1963 a 2016 identificou-se a existência de dois padrões climáticos, um considerado úmido com maior número de anos com chuvas acima da climatologia até o final da década de 80, e o segundo a partir da década de 90 com aumento da frequência de anos secos, cujo padrão pode estar associado à atuação e interação de diferentes fenômenos meteorológicos e oceânicos-atmosféricos que influenciam a precipitação na região.

Diagnosticou-se a ocorrência de 20 eventos de El Niño com intensidades variadas, destes 55% corresponderam a anos secos no Agreste pernambucano. Ressalta-se que apenas os episódios de El Niño classificados com intensidade Muito Forte coincidiram com anos muito secos na região. Com relação aos 18 episódios de La Niña, 56% dos eventos estiveram associados a anos com chuvas acima da média na região.

Ressalta-se que os eventos de El Niño com intensidades variadas não explicam sozinhos os anos secos, assim como os eventos de La Niña não estão associados, necessariamente, a anos chuvosos. Dessa forma, levanta-se a hipótese de que a interação desses fenômenos com os sistemas meteorológicos e o Dipolo do Atlântico é que são determinantes no regime de chuvas.

As diferentes áreas e índices do oceano Pacífico Equatorial exercem influência sobre o regime pluviométrico na região do Agreste de Pernambuco, principalmente durante os meses mais chuvosos da região, onde se observou, com significância estatística, que as chuvas ficaram abaixo da média influenciados pelos episódios de El Niño. Ressalta-se que as anomalias de TSM das áreas do Niño 1+2 e Niño 3 apresentaram maior influência na diminuição da precipitação em relação às áreas do Niño 3.4 e Niño 4, uma vez que foram observadas correlações mais fortes.

As variações de temperatura da superfície do mar dos oceanos Atlântico Tropical Norte e Atlântico Tropical Sul também influenciam no comportamento da precipitação pluviométrica

do Agreste, verificou-se correlações significativas com valores negativos e positivos, diferenciando-se do que foi evidenciado nas diferentes regiões de desenvolvimento do El Niño.

Em relação à vulnerabilidade social e econômica da população residente na área de estudo, observou-se que de forma geral o Agreste é marcado por elevado grau de vulnerabilidade e apesar de não retratarem as reais dimensões dos problemas associados às chuvas, refletem de alguma forma a vulnerabilidade dessas comunidades.

As análises do presente trabalho podem colaborar com o banco de informações sobre variabilidade climática e vulnerabilidade socioeconômica da população do Agreste, podendo contribuir para formulação de estudos futuros mais abrangentes ou específicos, de forma a auxiliar os governantes na elaboração de propostas que tenham por objetivo reduzir a vulnerabilidade das comunidades frente ao eventos climáticos.

REFERÊNCIAS

- ABREU, A. F. de. **O desastre seca x políticas públicas. O semi-árido paraibano: Um estudo de caso Campina Grande**: Tese de Doutorado em Recursos Naturais, Universidade Federal de Campina Grande/CCT, 2004.
- AB'SABER, A. N. **Os domínios de natureza no Brasil: potencialidades paisagísticas**. 5. ed. Cotia, SP: Ateliê Editorial, 159 p. 2008.
- ACOMINE, P. K. T.; CAVALCANTI, A. C.; BURGOS, N.; PESSOA, S. C. P. J.; SILVEIRA, C. O. da. **Levantamento exploratório - reconhecimento de solos do Estado de Pernambuco**. Recife, DNPEA, SUDENE. v. 1, 359p., 1973.
- ALVES, J. M. B., TEIXEIRA R. F. B.; FERREIRA A. G. Um intenso sistema convectivo de mesoescala no setor leste da região Nordeste: o caso de 20 a 21 de maio de 1999. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v.16, n. 1, p. 19-31, 2001.
- ANDRADE, G. O.; LINS, R. C. **Os climas do nordeste**. In: Vasconcelos-Sobrinho, J. As regiões Naturais do Nordeste: o meio e a civilização. Recife: CONDEPE/FIDEM, p. 95-138, 2005.
- ANDRADE, M. C. **Atlas escolar de Pernambuco: espaço geo-histórico e cultural**. João Pessoa: Grafset, 2003.
- _____. **Geografia de Pernambuco: Ambiente e sociedade**. João Pessoa - PB. Editora Grafset, 35p, 2009.
- ANDREOLI, R.V.; KAYANO, M. T. 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. et al. 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, p. 337- 344, 2004.
- ARAGÃO, A. **Influência dos oceanos Pacífico e Atlântico na dinâmica do tempo e do clima do nordeste do Brasil**. In: Oceanografia um cenário tropical. Orgs: Universidade Federal de Pernambuco. Centro de Tecnologia e Geociências. Departamento de Oceanografia. Recife. P.131-184, 2004.
- ARAGÃO, J. O. R. **Clima e condições meteorológicas em Suape- PE: diagnóstico ambiental**. Recife, 16 p. 2006.
- _____. O Impacto do ENSO e do Dipolo do Atlântico no Nordeste do Brasil. **Bull Inst. Fr. Études Andines**, v.27, n.3, p. 839-844, 1998.

_____. Tempo e clima: a influência do fenômeno El Nino: oscilação do sul e dipolo do Atlântico. Recife: Secretaria de Recursos Hídricos de Pernambuco, 2002.

ARAUJO, J. Barragens no Nordeste do Brasil: Experiência do DNOCS em Barragens na Região Semi-Árida. Departamento Nacional de Obras contra as Secas, Ministério do Interior, p.158, 1982.

ARAÚJO, W. S.; BRITO, J. I. B. Índices de tendências de mudanças climáticas para os estados da Bahia e Sergipe por meio de índices pluviométricos diários e sua relação com TSM do Pacífico e Atlântico. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 26, n. 4, p. 541-554, 2011.

ASSIS J. M. O. **Variabilidade do clima e cenários futuros de mudanças climáticas no trecho submédio da bacia hidrográfica do rio São Francisco**. Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Pernambuco. Programa de Pós-Graduação Engenharia Civil, 2016.

ASSIS, J. M. O. et al. **Análise de índices de detecção de mudanças climáticas no sertão de Pernambuco**. In: IV Simpósio Internacional de Climatologia, João Pessoa (PB), 2011.

ASSIS, J. M. O.; LACERDA, F. F.; SOBRAL, M. C. M. Análise de Detecção de Tendências no Padrão Pluviométrico na Bacia Hidrográfica do Rio Capibaribe. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 5, n. 2, p. 320-331, 2012.

ASSIS, J. M.; SOUZA, W.; SOBRAL, M. C. M. Climate analysis of the rainfall in the lower-middle stretch of the são francisco river basin based on the rain anomaly index. **Revista Brasileira de Ciências Ambientais**, v. 2, n. 1, p. 188–202, 2015.

ATLAS DE DESENVOLVIMENTO HUMANO. Ranking – todo o Brasil, 2010. Disponível em: <<http://www.atlasbrasil.org.br/2013/pt/ranking>> Acesso em: set 2017.

BARBOSA, V. V. **Cenários de mudanças climáticas e ambiente: influência variabilidade do clima na produção de leite do Agreste de Pernambuco, Brasil**. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal de Pernambuco. CFCH. Programa de Pós Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente, Recife, 2017.

BEARD, S. The social security system. **Vital Speeches of the Day**, v. 65, n. 5, p. 147-148, 1998.

BELIZÁRIO W. S. Geossistemas e climatologia geográfica: estudos integrados do clima em bacias hidrográficas. **Revista Sapiência: sociedade, saberes e práticas educacionais** – UEG/Campus de Iporá, v.3, n. 2, p. 02-21, 2014.

BERLATO, M.A.; FONTANA, D.C. **El Niño e La Niña: impactos no clima, na vegetação e na agricultura do Rio Grande do Sul; aplicações de previsões climáticas na agricultura**. Porto Alegre: UFRGS, 2003. 110p.

BEZERRA, A. C. N.; Cavalcanti, E. P. Energia estática sobre o norte e Nordeste do Brasil relacionada com a temperatura da superfície do mar. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v.23, n.2, 239-263, 2008.

BEZERRA, J. F.; SILVA, A. V. R.; ANDRADE, G. S.; SILVA, N. G.; DUARTE, C. C. Análise do desenvolvimento e atuação do Vórtice Ciclônico de Altos Níveis em janeiro de 2016 no Agreste Meridional, Pernambuco. **Revista de Geociências do Nordeste - REGNE**, v. 2, n. Especial, p. 491-499, 2017.

BLAIKIE, P.; CANNOT, T.; DAVIS, I.; WISNER, B. **El Desafio de Los Desastres y nuestro**. Enfoque: In: Vulnerabilidad: el entorno social, político y económico de los desastres. Colombia: ITDG/LA RED, 374p. 1996.

BRONZO, C. **Vulnerabilidade, empoderamento e metodologias centradas na família: conexões e uma experiência para reflexão**. In Ministério do Desenvolvimento Social e Combate à Fome. Concepção e gestão da proteção social não contributiva no Brasil. Brasília: Ministério do Desenvolvimento Social e Combate à Fome/UNESCO, p. 171-201, 2009.

BYUN, H.R.; WILHITE, D.A. Objective quantification of drought severity and duration. **Journal of Climate**, v.12, p.2747- 2756, 1999.

CAMPOS, J. N. B. **Vulnerabilidade do semiárido às secas, sob o ponto de vista dos recursos hídricos**. Projeto Áridas: Uma Estratégia de Desenvolvimento Sustentável para o Nordeste, GT II –Recursos hídricos. v.2 n.3, p.9-52, 1994.

CAMPOS, J. N. B.; STUDART, T. M. C. Secas no Nordeste do Brasil: origens, causas e soluções. In: Fourth Inter-American Dialogue on Water Management, 2001, Foz do Iguaçu. **Anais do IV Diálogo Interamericano de Porto Alegre: Associação Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 01, 2001.

CANNON, T. **Vulnerability analysis and the explanation of natural disasters**. In: Varley, A. (Ed.), Disasters, Development, and Environment. Wiley, Chichester, p. 13-30, 1994.

CARDONA O. D. et al. **System of indicators for disaster risk management: main technical report**. Manizales –Washington: Instituto de Estudios Ambientales Universidad Nacional de Colombia / Inter-American Development Bank, 2005.

CARDONA, O. D. **La necesidad de repensar de manera holística los conceptos de vulnerabilidad y riesgo: una crítica y una revisión necesaria para la gestión**. Bogotá: CEDERI. 2001.

CAVIEDES, C. N. Secas and El Niño: two simultaneous climatical hazards in South América. **Proceedings of the Association of American Geography**, v. 5, p. 44-49, 1972.

CHOU, S.C. **Análise de Distúrbios Ondulatórios de Leste sobre o oceano Atlântico Equatorial Sul**. Dissertação (Mestrado em Meteorologia) - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 153 p., 1990.

CLARKE, A.; CHURCH, J.; GOULD J. Ocean processes and climate phenomena in: Siedler, G. et al. (Ed.) Ocean circulation and climate: observing and modelling the global ocean. **International Geophysics Series**, v. 77 p. 11-31, 2001.

CONDEPE/FIDEM - AGÊNCIA ESTADUAL DE PLANEJAMENTO E PESQUISAS DE PERNAMBUCO **Pernambuco em Mapas**. Recife, 2011.

_____. **Bacia hidrográfica do Rio Ipojuca**. Série bacias hidrográficas de Pernambuco 1, Recife, 64p. 2005.

CONFALONIERI, U. E. C. Variabilidade climática, vulnerabilidade social e saúde no Brasil. **Terra Livre**, v. 1, n. 20, p. 193-204, 2003.

CONTI, J. B.; FURLAN, S. A. **Geoeecologia: o clima, os solos e a biota**. in: ROSS, J. L. S. (org.). Geografia do Brasil. 6.^a ed. São Paulo: EDUSP, 2009.

COSTA, B.S. **Balanço de vorticidade e energia aplicado aos Vórtices Ciclônicos de Altos Níveis atuantes no Oceano Atlântico Tropical Sul e adjacência**. Dissertação de Mestrado - Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas. Universidade de São Paulo, 100 p., 2009.

COSTA, J. A. O fenômeno do El Niño e as secas no Nordeste do Brasil. **Revista Científica do IFAL**, v. 1, n. 4, 2012.

CPRM - COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS NATURAIS **Geologia e recursos minerais do Estado de Pernambuco**. Brasília, DF, 215p. 2001.

CPTEC - Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos, 2017. Disponível em: <<https://enos.cptec.inpe.br/>> Acesso em: jan 2017.

DE NYS, E.; ENGLE, N.L.; MAGALHÃES, A.R. **Secas no Brasil: política e gestão proativas**. Brasília, DF: Centro de Gestão e Estudos Estratégicos- CGEE; Banco Mundial, 292 p., 2016.

DIAZ, C. C. S. **Precipitação e produtividade agrícola na bacia hidrográfica do rio Pajeú – PE: variabilidade anual e interanual**. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal de Pernambuco, CFCH. Programa de Pós-Graduação em Geografia, Recife, 2016.

FEDOROVA, N. **Meteorologia Sinótica**. V.1, Pelotas. Editora e Gráfica Universitária - UFPel, 259 pp. 1999.

FERNANDES D. S.; HEINEMANN A. B. PAZ R. L.; AMORIM A. O. CARDOSO A. S. **Índices para a quantificação da seca**. Santo Antônio de Goiás. Embrapa Arroz e Feijão, 48 p. 2009.

FERREIRA E. R. O que é o El Niño. Revista Eco 21, ano XV, Nº 101 abril/2005.

FERREIRA, A. G., MELLO, N. G. S. Principais sistemas atmosféricos atuantes sobre a região nordeste do Brasil e a influência dos oceanos Pacífico e Atlânticos no clima da região. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 1, n 1, p. 15-28, 2005.

FERREIRA, P. S. et al. Avaliação da tendência espaço-temporal da precipitação pluviométrica em uma região semiárida do estado de Pernambuco. **Revista Brasileira de Climatologia**. Ano 13, Vol. 21, 2017.

FERREIRA, V. **Estados pedem prorrogação de dívidas por causa da seca**. Tribuna do Norte. Natal, Caderno Economia, p. 1-4, 08 abr. 2012.

FIGUEIREDO FILHO, D.B.; SILVA JÚNIOR, J.A. Desvendando os mistérios do coeficiente de correlação de Pearson (r). **Revista Política Hoje**, v. 18, n. 1, p. 115-46. 2009.

FREIRE, J. L. M.; LIMA, J. R. A.; CAVALCANTI, E. P. Análise de Aspectos Meteorológicos sobre o Nordeste do Brasil em Anos de El Niño e La Niña. **Revista Brasileira de Geografia Física**. v.3 p. 429-444, 2011.

FUNCEME – FUNDAÇÃO CERENSE DE METEOROLOGIA E RECURSOS HÍDRICOS. **Sistemas atmosféricos atuantes no Nordeste do Brasil, 2009**. Disponível em: <[www4.funceme.br/funceme/categoria1/tempo-e-clima/sistemas-atmosfericos-atuantes sobre-o-nordeste](http://www4.funceme.br/funceme/categoria1/tempo-e-clima/sistemas-atmosfericos-atuantes-sobre-o-nordeste)> Acesso: fevereiro/2017.

GALVÍNCIO, J. D.; SOUSA, F. A. S. Relação entre o fenômeno El Niño e os totais mensais precipitados na bacia hidrográfica do rio São Francisco. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 07, n.04, p. 113-119, 2002.

GAN, M. A. **Um estudo observacional sobre as baixas frias da alta troposfera, nas latitudes subtropicais do Atlântico sul e leste do Brasil**. Dissertação (Mestrado em Meteorologia) Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), São José dos Campos, 80 p.1982.

GLANDZ, M.H. **Currents of change: impacts of El Niño and La Niña on climate and society**. 2.ed. Cambridge University, 252p. 2001.

GUTIÉRREZ, A. P. A., ENGLE N. L.; DE NYS, E.; MOLEJON, C., MARTINS, E. S. Drought preparedness in Brazil. **Weather and Climate Extremes** n. 3 p. 95-106, 2014.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Censo 2010. Disponível em: < <https://censo2010.ibge.gov.br/> > Acesso em: set 2017.

INPE/CPETC - INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS/ CENTRO DE PREVISÃO DE TEMPO E ESTUDOS CLIMÁTICOS. Impactos do fenômeno ENOS, 2016. Disponível em: <<http://enos.cptec.inpe.br/>> Acesso em 23 dez. 2017.

IPCC - INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE: **Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Summary for Policymakers.** Disponível em: <<http://www.ipcc.ch/SPM2dez07.pdf>> Acesso em: jan 2017.

_____. **Climate Change 2014: Synthesis Report.** Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, Geneva, Switzerland, p. 151.

JADIM DE SÁ, E. F. **A faixa Seridó (Província Borborema, NE do Brasil) e o seu significado geodinâmico na cadeia brasileira/pan-africana.** Tese de Doutorado, UnB, Brasília, DF, 804p. 1994.

Kane, R. P., Prediction of droughts in northeast Brazil: Role of ENSO and use of periodicities. **Int. Journal. Climate.** 17: 655-665, 1997.

KOBIYAMA, M., MENDONÇA, M., MORENO, D. A., MARCELINO, I. P. V. O., MARCELINO, E.V., GONÇALVES, E. F., BRAZETTI, L. L. P., GOERL, R.F., MOLLERI, G. S. F.; RUDORFF, F. **Prevenção de desastres naturais: Conceitos básicos.** Curitiba: Organic Trading, 109p., 2006.

KÖPPEN, W.; GEIGER, R. **Klimate der Erde, Justus Perthes, Gotha.** 1928.

KOUSKY, V. E.; GAN, M. L. Upper tropospheric cyclonic vortices in the subtropical South Atlantic. **Tellus - Dynamic Meteorology and Oceanography** v. 33, p. 538-551. 1981.

LACERDA, F. F. Tendências de temperatura e precipitação e cenários de mudanças climáticas de longo prazo no Nordeste do Brasil e em ilhas oceânicas. Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Pernambuco. CTG. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, 2015.

LACERDA, F. F.; ASSIS, J. M. O.; MOURA, M. S. B. de; SILVA, L. S.; SOUZA, L. S. B. Índices climáticos extremos para o município de Petrolina – PE. In: XVI Congresso Brasileiro de Meteorologia, Belém (PA), 2010.

LACERDA, F. F.; MELO, A. V. P. V.; SOARES, D. B. **Análise preliminar na detecção de tendências no padrão pluviométrico na bacia do Pajeú-PE: mudanças climáticas ou variabilidade?** In: XVIII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, Campo Grande (MS), 2009.

LINS, R. C. **As áreas de exceção do Agreste Pernambucano.** SUDENE/PSU/SER, 402 p. 1989.

MAGALHAES A. et al. **The effects of climate variations on agriculture in Northeast Brazil.** In: Parry M, Carter T, Konijn N (eds) *The Impact of Climate Variations on Agriculture*. vol 2. assessments in semiarid regions, Kluwer Academic Publishers, Amsterdam, p. 277–304, 1988.

MAGALHÃES G. B.; SILVA E. V.; ZANELLA M. E. Análise geossistêmica: caminho para um entendimento holística. **Revista GeoPUC**. v.3 n.5, 2010.

MAIA GOMES, G. **Velhas Secas em Novos Sertões.** Brasília, DF: IPEA, 2001.

MARCELINO, E. V.; NUNES, L. H.; KOPYANA, M. Banco de Desastres naturais: análise de dados globais e regionais. **Caminhos da Geografia**, v.6, n.19, p. 130-149, 2006.

MARCUZZO, F. F. N.; ROMERO, V. Influência do El Niño e La Niña na precipitação máxima diária do Estado de Goiás. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 28, n. 4, p.429- 440, 2013.

MARENGO J.A. Impactos de extremos relacionados com o tempo e o clima - Impactos sociais e econômicos. INPE- Centro de Ciências do Sistema Terrestre. **Boletim do Grupo de Pesquisa em Mudanças Climáticas – GPMC** n. 8, p. 1-5, 2009.

MARENGO, A. J.; CUNHA A. P.; ALVES L. M. **A seca de 2012-15 no semiárido do Nordeste do Brasil no contexto histórico.** Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais (CEMADEN), São Paulo, Brasil, Centro de Ciências do Sistema Terrestre – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (CCST/INPE), São Paulo, Brasil, 2016.

MARENGO, J. A.; CUNHA, A. P.; ALVES, L. M. A seca de 2012-15 no semiárido do Nordeste do Brasil no contexto histórico. **Climanálise**, v. 3, p. 1–6, 2016.

MARENGO, J. A.; TOMASELLA, J.; ALVES, L. M.; SOARES. W. R.; RODRIGUEZ, D. A. The drought of 2010 in the context of historical droughts in the Amazon region. **Geophysical Research Letters**, v. 38, p. 1-5, 2011.

MARENGO, J. **Mudanças climáticas, condições meteorológicas extremas e eventos climáticos no Brasil.** In: MARENGO, J. SCHAEFFER R., ZEE, D., PINTO H. S. (Org.). *Mudanças Climáticas e Eventos Extremos no Brasil*. Rio de Janeiro: Fundação Brasileira para o Desenvolvimento Sustentável – FBDS, p. 4-19, 2009.

MCKEE, T. B.; DOESKEN, N. J.; KLEIST, J. The relationship of drought frequency and duration to times scale. In: Conference on Applied Climatology, Boston. **Anais American Meteorological Society**. Boston: Preprints. p.179-184, 1993.

MELICE, J. L., SERVAIN, J. The tropical Atlantic meridional SST gradient index and its relationships with the SOI, NAO and Southern Ocean. **Climate Dynamics**. v.20 n.5, p. 447-464, 2003.

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, n.2, p.152-161, 2008.

MINUZZI, R.B.; SEDIYAMA, G. C.; COSTA, J. M. N.; VIANELLO, R. L. Influência da La Niña na estação chuvosa da Região Sudeste. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v.22, n. 3 p.345-353, 2007.

MONTEIRO, C. A. F. **Clima e Excepcionalismo (Conjecturas sobre o Desempenho da Atmosfera como Fenômeno Geográfico)**. Florianópolis: UFSC, 1991.

MOURA, A. D., SHUKLA, J. On the dynamics of droughts in northeast Brazil: Observations, theory and numerical experiments with a general circulation model. **Journal of the Atmospheric Science**, v.38, p. 2653-2675, 1981.

MOURA, S. R. F. **Geração de um modelo digital de terreno para a identificação das áreas de risco à inundação na área urbana de Mossoró/RN**. Dissertação (Mestrado em Ciências Naturais) – Faculdade de Ciências Exatas e Naturais, Mossoró, 88 p. 2014.

NASCIMENTO, J. A. S. **Vulnerabilidade a eventos climáticos extremos na Amazônia ocidental: uma visão integrada na bacia do Acre**. Tese (Doutorado) - UFRJ/ COPPE, Rio de Janeiro, 285 p., 2011.

NEALE R.; RICHTER, J.; JOCHUM, M. The impact convection on ENSO: from a delayed oscillator to a serie of events. **Journal Climate** v.21 p. 5904 – 5924, 2008.

NOAA - National Oceanic and Atmospheric Administration, 2015. Disponível em: <<https://www.ncdc.noaa.gov/teleconnections/enso/indicators/sst.php>> Acesso em: abr 2017.

NOBRE, P.; SHUKLA, J. Variations of Sea Surface Temperatures, wind Stress, and Rainfall over the Tropical Atlantic and South American. **Journal of Climate**, v. 9, n. 10, p. 2464-2479. 1996.

NÓBREGA R. S.; FARIAS R. F. L.; C. A. C. SANTOS. Variabilidade temporal e espacial da precipitação pluviométrica em Pernambuco através de índices de extremos climáticos. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v.30, n.2, p.171 - 180, 2015.

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

NOUVELOT, J.F. **Planificação da implementação de bacias representativas**. Recife, SUDENE/DRN, 91p, 1974.

OBSERVATÓRIO DO CLIMA. **Diretrizes para Formulação de Políticas Públicas em Mudanças Climáticas no Brasil**. São Paulo, 94 p, 2009.

PAIXÃO, E. B.; GANDU, A. W. **Caracterização do vórtice ciclônico de ar superior sobre o Nordeste do Brasil (Parte I)**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA, Rio de Janeiro. Anais eletrônicos. p. 3422- 3428, 2000.

PEREIRA, M. L. T.; SOARES, M. P. A.; SILVA, E. A.; MONTENEGRO, A. A. de A.; SOUZA, W. M. Variabilidade climática no Agreste de Pernambuco e os desastres decorrentes dos extremos climáticos. **Journal of Environmental Analysis and Progress** v. 02 n. 04 p. 394-402, 2017.

PEZZI, L. P.; CAVALCANTI, I. F.A. The relative importance of ENSO and tropical Atlantic sea surface temperature anomalies for seasonal precipitation over South America: A numerical study. **Climate Dynamics**, v. 17, p 205-212, 2001.

PEZZI, L. P.; SOUZA R. B.; QUADRO M. F. L. Uma Revisão dos Processos de Interação Oceano-Atmosfera em Regiões de Intenso Gradiente Termal do Oceano Atlântico Sul Baseada em Dados Observacionais. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 31, n. 4, p. 428-453, 2016.

PNUD – PROGRAMA DAS NAÇÕES UNIDAS PARA O DESENVOLVIMENTO. Relatório de desenvolvimento humano 2008. Disponível em: <<http://hdr.undp.org/sites/default/files/hdr2007-8-portuguese.pdf> > Acesso em: set 2017.

ROSS, J. L. S. **Geografia do Brasil: subsídios para planejamento ambiental**. Oficina de Textos, 2006.

SALGUEIRO J. H. P. B.; MONTENEGRO S. M. G. L.; PINTO E. J. A.; SILVA B. B.; SOUZA W. M. OLIVEIRA L. M. M. Influence of oceanic-atmospheric interactions on extreme events of daily rainfall in the Sub-basin 39 located in Northeastern Brazil. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, Porto Alegre, v. 21, n. 4, p. 685-693, out./dez. 2016.

SALINI, M. F. **A Influência do Fenômeno El Niño Oscilação Sul – ENOS (La Niña e El Niño) na ocorrência de inundações no vale do Taquari-RS**. Monografia - Engenharia Ambiental, Centro Universitário Univates, 57 p. 2011.

SAMPAIO, E. V. S. B.; ARAÚJO, M. S. B.; SAMPAIO, Y. S. B. Impactos ambientais da agricultura no processo de desertificação no Nordeste do Brasil. **Revista de Geografia da UFPE**, Recife v.22, n.1, p. 93-113, 2005b.

SAMPAIO, M. A. F. **Petrologia, Geoquímica e Evolução Crustal do Complexo Granítico Esperança, Terreno Alto Pajeú, do Domínio da Zona Transversal, Província Borborema, Nordeste Brasileiro**. Tese de Doutorado, Programa de Pós-Graduação em Geociências, Universidade Federal de Pernambuco. Recife. 258p, 2005.

SANTOS, C. A. C.; BRITO, J. I. B. Análise dos índices de extremos para o semiárido do Brasil e suas relações com TSM e IVDN. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 22, n. 3, p. 303-312, 2007.

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 Iguaçi/Canindé-CE. **REVISTA GEONORTE**, Edição Especial 2, v.1, n.5, p.819-830, 2012.

SANTOS. A. L; **Acurácia do modelo regional ETA utilizado no CPTC/INPE em detectar os Vórtices Ciclônicos de Altos Níveis atuantes no Nordeste do Brasil**. Dissertação de Mestrado - Meteorologia / Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 101 p., 2015.

SCHUMANN, L. R. M. A. **A multidimensionalidade da construção teórica da vulnerabilidade: análise histórico-conceitual e uma proposta de índice sintético**. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento, Sociedade e Cooperação Internacional) – Centro de Estudos Avançados e Multidisciplinares, Universidade de Brasília, Brasília, 165 f., 2014.

SERVAIN, J. Simple climatic indices for the tropical Atlantic Ocean and some applications. **Journal Geophys Research**. v.96, p.15.137 - 15.146, 1991.

SILVA T. M. et al. Influência da Temperatura da Superfície do Mar na Ocorrência de Linhas de Instabilidade na Costa Norte e Nordeste do Brasil. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 32, n. 2, p. 261-268, 2017.

SOUSA, A. M. L., ROCHA, E. J. P., VIORINO, M. I., SOUZA, P. J. O., BOTEHO, M. N. Variabilidade Espaço -Temporal da Precipitação na Amazônia durante Eventos ENOS. **Revista Brasileira de Geografia Física**. V 08, N 01, 2015.

SOUZA, E. B.; ALVES, J. M. B.; XAVIER, T. M. S. Distribuição mensal e sazonal da precipitação no semi-árido nordestino durante os anos de predominância de aquecimento ou de resfriamento observado em toda a Bacia do Atlântico Tropical. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 14, n. 1, p. 01-09, 1999.

SOUZA, E. B.; NOBRE, P. Uma revisão sobre o dipolo no Atlântico Tropical. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v.13, p. 31-44, 1998.

SOUZA, I. A. **Variabilidade climática e deficiência hídrica na bacia do Una, PE e sua relação com as anomalias de temperaturas dos oceanos Pacífico e Atlântico**. Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Pernambuco. Programa de Pós-Graduação em Tecnologias Energéticas e Nucleares, 2013.

SOUZA, M. J. N.; CARVALHO, G. M. B. S. **Compartimentação geoambiental do Estado do Ceará**, Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos, Fortaleza. 37 p., 2009.

SOUZA, W. M. **Impactos socioeconômicos e ambientais dos desastres associados às chuvas na cidade do Recife-PE**. Tese de Doutorado em Recursos Naturais. Universidade Federal de Campina Grande, 121 p, 2011.

SOUZA, W. M.; AZEVEDO, P. V.; ASSIS, J. M. O.; SOBRAL, M. C. Áreas de risco mais vulneráveis aos desastres decorrentes das chuvas em Recife –PE. **Revista Brasileira de Ciências Ambientais**. n. 34, p. 79-94, 2014.

SRHE – SECRETARIA DE RECURSOS HÍDRICOS E ENERGÉTICOS, 2006. Disponível em: <http://www.srhe.pe.gov.br/index.php?option=com_content&view=article&id=323:mapas-das-bacias-hidrograficas&catid=42:documentos&Itemid=75> Acesso em: jun 2018.

STEINKE, E. T. **Considerações sobre variabilidade e mudança climática no Distrito Federal, repercussões nos recursos hídricos e a informação ao grande público**. Tese de Doutorado, Departamento de Geografia, Universidade de Brasília, Brasília. 197 p., 2004.

UN-ISDR - United Nations International Strategy for Disaster Reduction. **A global review of disaster reduction initiatives**. United Nations. Geneva, Suíça. 2002.

VALVERDE, M. C. A interdependência entre vulnerabilidade climática e socioeconômica na região do ABC paulista. **Revista Ambiente & Sociedade**, São Paulo v. XX, n. 3, p. 39-60. 2017.

VASCONCELOS, C. A.; PINTO, J. E. S. Caracterização têmporo-espacial da pluviosidade: o município de Sairé e sua microrregião - brejo pernambucano. **Anais do VI Simpósio Brasileiro de Climatologia Geográfica**, Aracaju- SE, 2004.

VEIGA, J. A. P.; MENDES, D.; YOSHIDA, M. C. O impacto das anomalias de TSM do Oceano Pacífico Tropical Sul sobre o padrão de precipitação na Amazônia. In: **XI Congresso Brasileiro de Meteorologia**, Rio de Janeiro, 2000.

VINCENT, K.; **Creating an index of social vulnerability to climate change for Africa**. Tyndall Centre for Climate Change Research and School of Environmental Sciences University of East Anglia Norwich. 2004.

WAINER, I.; SOARES, J. North northeast rainfall and its decadal-scale relationship to wind stress and sea surface temperature. **Geophysical Research Letters**, v.24, n.3, p. 277-280, 1997.

WANDERLEY, L. S. A.; NÓBREGA, R. S.; LUCENA, J. A.; SANTOS P. F. C.; SILVA, A. C. Variabilidade climática na bacia leiteira de Pernambuco. **Anais, XII SBCG – Simpósio Brasileiro de climatologia geográfica**, 2016.

WILCHES CHAUX, G. La vulnerabilidad global. In: MASKREY, A. (Compilador). **Los desastres no son naturales. Red de estudios sociales en prevención de desastres en América Latina**, 1993.

WILHITE, D. A.; GLANTZ, M.H. Understanding the drought phenomenon: The role definitions. In: WILHITE et al. **Planning for drought toward a reduction of societal vulnerability**. Colorado: Westview, cap. 2, p. 11-14, 1987.

WILHITE, D. A.; SIVAKUMAR, M. V. K., PULWARTY, R. Managing drought risk in a changing climate: The role of national drought policy. **Weather and Climate Extremes** n. 3, p.4–13, 2014.

WOOD, G. Staying secure, staying poor: the “faustian bargain”. **World Development - Journal Elsevier** v. 31, n. 3, p. 455-471, 2003.

XAVIER, T. M. B. S. **“Tempo de chuva” Estudos climáticos e de previsão para o Ceará e Nordeste Setentrional**. ABC Editora, Fortaleza, 478 pp. 2001.

XAVIER, T. M. B. S., XAVIER, A. F. S., DIAS, M A F S., DIAS, P. L. S. Interrelações entre eventos ENOS (ENSO), a ZCIT (ITCZ) no Atlântico e a chuva nas bacias hidrográficas do Ceará. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 8, p. 111-126, 2003.

ANEXOS

ANEXO A - CLASSIFICAÇÃO DO ION MENSAL DURANTE OS ANOS DE 1963 A 2016

Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
1963	-0,35	-0,16	0,07	0,15	0,17	0,36	0,69	0,99	1,11	1,15	1,21	1,14
1964	0,98	0,56	0,1	-0,31	-0,56	-0,64	-0,7	-0,73	-0,76	-0,8	-0,81	-0,75
1965	-0,53	-0,26	-0,07	0,13	0,38	0,71	1,04	1,34	1,63	1,74	1,76	1,54
1966	1,25	1,04	0,85	0,56	0,32	0,19	0,18	0,07	-0,02	-0,05	-0,14	-0,26
1967	-0,37	-0,46	-0,54	-0,47	-0,24	-0,04	0	-0,21	-0,33	-0,4	-0,39	-0,5
1968	-0,7	-0,82	-0,71	-0,51	-0,1	0,21	0,45	0,4	0,32	0,42	0,58	0,81
1969	0,94	0,95	0,87	0,72	0,61	0,45	0,42	0,52	0,76	0,81	0,79	0,66
1970	0,58	0,44	0,39	0,28	0,08	-0,26	-0,6	-0,75	-0,83	-0,82	-0,93	-1,16
1971	-1,32	-1,32	-1,09	-0,85	-0,76	-0,73	-0,75	-0,71	-0,75	-0,77	-0,87	-0,82
1972	-0,69	-0,36	0,01	0,33	0,57	0,82	1,06	1,3	1,53	1,75	1,95	1,91
1973	1,65	1,16	0,6	0,03	-0,4	-0,76	-0,96	-1,16	-1,36	-1,66	-1,86	-1,92
1974	-1,73	-1,47	-1,17	-0,97	-0,87	-0,76	-0,55	-0,36	-0,38	-0,56	-0,7	-0,6
1975	-0,51	-0,51	-0,58	-0,61	-0,7	-0,83	-1	-1,1	-1,29	-1,37	-1,49	-1,57
1976	-1,48	-1,11	-0,69	-0,43	-0,28	-0,1	0,09	0,26	0,53	0,72	0,81	0,8
1977	0,71	0,62	0,37	0,29	0,3	0,41	0,37	0,38	0,47	0,64	0,75	0,76
1978	0,67	0,43	0,08	-0,15	-0,28	-0,28	-0,38	-0,44	-0,43	-0,3	-0,13	-0,03
1979	-0,01	0,07	0,21	0,32	0,27	0,13	0,1	0,23	0,34	0,47	0,51	0,61
1980	0,57	0,45	0,34	0,37	0,48	0,5	0,34	0,16	0,02	0,05	0,13	0,03
1981	-0,19	-0,43	-0,43	-0,34	-0,24	-0,27	-0,28	-0,26	-0,18	-0,14	-0,13	-0,04
1982	-0,02	0,09	0,19	0,45	0,61	0,67	0,75	1,02	1,49	1,86	2,09	2,12
1983	2,06	1,8	1,47	1,22	0,99	0,65	0,29	-0,04	-0,32	-0,63	-0,8	-0,75
1984	-0,49	-0,33	-0,26	-0,35	-0,43	-0,36	-0,26	-0,16	-0,25	-0,55	-0,88	-1,05
1985	-0,92	-0,73	-0,68	-0,71	-0,71	-0,55	-0,43	-0,39	-0,36	-0,3	-0,23	-0,29
1986	-0,41	-0,39	-0,26	-0,15	-0,08	-0,02	0,19	0,4	0,66	0,85	0,99	1,07
1987	1,14	1,19	1,13	0,99	0,93	1,08	1,36	1,56	1,57	1,43	1,22	1,05
1988	0,76	0,48	0,12	-0,28	-0,77	-1,18	-1,24	-1,11	-1,2	-1,44	-1,72	-1,75
1989	-1,6	-1,37	-1,08	-0,85	-0,62	-0,42	-0,32	-0,27	-0,26	-0,26	-0,19	-0,08
1990	0,11	0,16	0,19	0,19	0,2	0,25	0,29	0,34	0,36	0,33	0,36	0,36
1991	0,36	0,25	0,22	0,24	0,4	0,55	0,69	0,66	0,67	0,8	1,15	1,42
1992	1,58	1,51	1,36	1,17	1,01	0,75	0,46	0,19	-0,03	-0,13	-0,13	-0,01
1993	0,15	0,3	0,51	0,7	0,75	0,58	0,31	0,22	0,17	0,17	0,12	0,11
1994	0,12	0,11	0,18	0,28	0,36	0,36	0,38	0,35	0,43	0,62	0,92	1,04
1995	0,92	0,69	0,49	0,28	0,15	0	-0,17	-0,45	-0,72	-0,91	-0,97	-0,94
1996	-0,87	-0,74	-0,57	-0,38	-0,24	-0,21	-0,19	-0,25	-0,3	-0,36	-0,43	-0,49
1997	-0,5	-0,42	-0,18	0,14	0,61	1,03	1,42	1,72	1,98	2,18	2,26	2,25
1998	2,11	1,8	1,36	0,95	0,46	-0,07	-0,67	-1	-1,18	-1,2	-1,33	-1,43

(continuação)

1999	-1,44	-1,22	-0,98	-0,87	-0,93	-0,96	-1,02	-1,01	-1,07	-1,18	-1,38	-1,57
2000	-1,58	-1,39	-1,1	-0,86	-0,74	-0,65	-0,59	-0,54	-0,6	-0,68	-0,78	-0,78
2001	-0,65	-0,49	-0,4	-0,32	-0,24	-0,11	-0,08	-0,12	-0,19	-0,27	-0,36	-0,31
2002	-0,17	0,03	0,09	0,2	0,41	0,61	0,75	0,81	0,94	1,09	1,19	1,1
2003	0,93	0,69	0,41	0,02	-0,18	-0,1	0,08	0,17	0,22	0,28	0,33	0,33
2004	0,31	0,26	0,19	0,14	0,15	0,28	0,45	0,63	0,68	0,66	0,64	0,68
2005	0,66	0,63	0,5	0,46	0,34	0,16	0,02	-0,06	-0,04	-0,23	-0,48	-0,68
2006	-0,65	-0,55	-0,38	-0,23	-0,04	0,04	0,14	0,28	0,47	0,69	0,85	0,92
2007	0,72	0,4	0,07	-0,12	-0,2	-0,27	-0,38	-0,63	-0,89	-1,13	-1,25	-1,33
2008	-1,35	-1,26	-1,09	-0,87	-0,72	-0,54	-0,37	-0,29	-0,3	-0,38	-0,55	-0,7
2009	-0,74	-0,59	-0,35	-0,08	0,16	0,35	0,46	0,52	0,64	0,88	1,14	1,31
2010	1,3	1,16	0,88	0,48	0,01	-0,44	-0,85	-1,18	-1,38	-1,45	-1,43	-1,4
2011	-1,25	-1,01	-0,74	-0,54	-0,36	-0,26	-0,34	-0,57	-0,79	-0,94	-0,96	-0,87
2012	-0,7	-0,52	-0,44	-0,38	-0,3	-0,12	0,06	0,25	0,34	0,33	0,08	-0,2
2013	-0,4	-0,4	-0,3	-0,22	-0,2	-0,24	-0,27	-0,25	-0,24	-0,25	-0,26	-0,34
2014	-0,46	-0,5	-0,38	-0,16	-0,05	-0,04	-0,09	-0,04	0,1	0,35	0,52	0,62
2015	0,56	0,51	0,55	0,68	0,84	0,97	1,17	1,42	1,69	1,96	2,15	2,28
2016	2,22	1,99	1,58	1,08	0,59	0,09	-0,33	-0,59	-0,75	-0,84	-0,84	-0,67

Fonte: NOAA, 2015 (Adaptado pela autora).

ANEXO B – VALORES MÉDIOS NO PERÍODO DE TRÊS MESES DO ION E CLASSIFICAÇÃO NO PERÍODO DE 1963 A 2016

Período		JJA	JAS	ASO	SON	OND	NDJ	DJF	JFM	FMA	MAM	AMJ	MJJ
1950	1951	-0.5	-0.4	-0.4	-0.4	-0.6	-0.8	-0.8	-0.5	-0.2	0.2	0.4	0.6
1951	1952	0.7	0.9	1.0	1.2	1.0	0.8	0.5	0.4	0.3	0.3	0.2	0.0
1952	1953	-0.1	0.0	0.2	0.1	0.0	0.1	0.4	0.6	0.6	0.7	0.8	0.8
1953	1954	0.7	0.7	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.5	0.0	-0.4	-0.5	-0.5
1954	1955	-0.6	-0.8	-0.9	-0.8	-0.7	-0.7	-0.7	-0.6	-0.7	-0.8	-0.8	-0.7
1955	1956	-0.7	-0.7	-1.1	-1.4	-1.7	-1.5	-1.1	-0.8	-0.6	-0.5	-0.5	-0.5
1956	1957	-0.6	-0.6	-0.5	-0.4	-0.4	-0.4	-0.2	0.1	0.4	0.7	0.9	1.1
1957	1958	1.3	1.3	1.3	1.4	1.5	1.7	1.8	1.7	1.3	0.9	0.7	0.6
1958	1959	0.6	0.4	0.4	0.4	0.5	0.6	0.6	0.6	0.5	0.3	0.2	-0.1
1959	1960	-0.2	-0.3	-0.1	0.0	0.0	0.0	-0.1	-0.1	-0.1	0.0	0.0	0.0
1960	1961	0.1	0.2	0.3	0.2	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.1	0.2	0.3
1961	1962	0.1	-0.1	-0.3	-0.3	-0.2	-0.2	-0.2	-0.2	-0.2	-0.3	-0.3	-0.2
1962	1963	0.0	-0.1	-0.1	-0.2	-0.3	-0.4	-0.4	-0.2	0.2	0.3	0.3	0.5
1963	1964	0.9	1.1	1.2	1.3	1.4	1.3	1.1	0.6	0.1	-0.3	-0.6	-0.6
1964	1965	-0.6	-0.7	-0.8	-0.8	-0.8	-0.8	-0.6	-0.3	-0.1	0.2	0.5	0.8
1965	1966	1.2	1.5	1.9	2.0	2.0	1.7	1.4	1.2	1.0	0.7	0.4	0.2
1966	1967	0.2	0.1	-0.1	-0.1	-0.2	-0.3	-0.4	-0.5	-0.5	-0.4	-0.2	0.0
1967	1968	0.0	-0.2	-0.3	-0.4	-0.3	-0.4	-0.6	-0.7	-0.6	-0.4	0.0	0.3
1968	1969	0.6	0.5	0.4	0.5	0.7	1.0	1.1	1.1	0.9	0.8	0.6	0.4
1969	1970	0.4	0.5	0.8	0.9	0.8	0.6	0.5	0.3	0.3	0.2	0.0	-0.3
1970	1971	-0.6	-0.8	-0.8	-0.7	-0.9	-1.1	-1.4	-1.4	-1.1	-0.8	-0.7	-0.7
1971	1972	-0.8	-0.8	-0.8	-0.9	-1.0	-0.9	-0.7	-0.4	0.1	0.4	0.7	0.9
1972	1973	1.1	1.4	1.6	1.8	2.1	2.1	1.8	1.2	0.5	-0.1	-0.5	-0.9
1973	1974	-1.1	-1.3	-1.5	-1.7	-1.9	-2.0	-1.8	-1.6	-1.2	-1.0	-0.9	-0.8
1974	1975	-0.5	-0.4	-0.4	-0.6	-0.8	-0.6	-0.5	-0.6	-0.7	-0.7	-0.8	-1.0
1975	1976	-1.1	-1.2	-1.4	-1.4	-1.6	-1.7	-1.6	-1.2	-0.7	-0.5	-0.3	0.0
1976	1977	0.2	0.4	0.6	0.8	0.9	0.8	0.7	0.6	0.3	0.2	0.2	0.3
1977	1978	0.4	0.4	0.6	0.7	0.8	0.8	0.7	0.4	0.1	-0.2	-0.3	-0.3
1978	1979	-0.4	-0.4	-0.4	-0.3	-0.1	0.0	0.0	0.1	0.2	0.3	0.2	0.0
1979	1980	0.0	0.2	0.3	0.5	0.5	0.6	0.6	0.5	0.3	0.4	0.5	0.5
1980	1981	0.3	0.0	-0.1	0.0	0.1	0.0	-0.3	-0.5	-0.5	-0.4	-0.3	-0.3
1981	1982	-0.3	-0.2	-0.2	-0.1	-0.2	-0.1	0.0	0.1	0.2	0.5	0.7	0.7
1982	1983	0.8	1.1	1.6	2.0	2.2	2.2	2.2	1.9	1.5	1.3	1.1	0.7
1983	1984	0.3	-0.1	-0.5	-0.8	-1.0	-0.9	-0.6	-0.4	-0.3	-0.4	-0.5	-0.4
1984	1985	-0.3	-0.2	-0.2	-0.6	-0.9	-1.1	-1.0	-0.8	-0.8	-0.8	-0.8	-0.6
1985	1986	-0.5	-0.5	-0.4	-0.3	-0.3	-0.4	-0.5	-0.5	-0.3	-0.2	-0.1	0.0
1986	1987	0.2	0.4	0.7	0.9	1.1	1.2	1.2	1.2	1.1	0.9	1.0	1.2

(continuação)

1987	1988	1.5	1.7	1.6	1.5	1.3	1.1	0.8	0.5	0.1	-0.3	-0.9	-1.3
1988	1989	-1.3	-1.1	-1.2	-1.5	-1.8	-1.8	-1.7	-1.4	-1.1	-0.8	-0.6	-0.4
1989	1990	-0.3	-0.3	-0.2	-0.2	-0.2	-0.1	0.1	0.2	0.3	0.3	0.3	0.3
1990	1991	0.3	0.4	0.4	0.3	0.4	0.4	0.4	0.3	0.2	0.3	0.5	0.6
1991	1992	0.7	0.6	0.6	0.8	1.2	1.5	1.7	1.6	1.5	1.3	1.1	0.7
1992	1993	0.4	0.1	-0.1	-0.2	-0.3	-0.1	0.1	0.3	0.5	0.7	0.7	0.6
1993	1994	0.3	0.3	0.2	0.1	0.0	0.1	0.1	0.1	0.2	0.3	0.4	0.4
1994	1995	0.4	0.4	0.6	0.7	1.0	1.1	1.0	0.7	0.5	0.3	0.1	0.0
1995	1996	-0.2	-0.5	-0.8	-1.0	-1.0	-1.0	-0.9	-0.8	-0.6	-0.4	-0.3	-0.3
1996	1997	-0.3	-0.3	-0.4	-0.4	-0.4	-0.5	-0.5	-0.4	-0.1	0.3	0.8	1.2
1997	1998	1.6	1.9	2.1	2.3	2.4	2.4	2.2	1.9	1.4	1.0	0.5	-0.1
1998	1999	-0.8	-1.1	-1.3	-1.4	-1.5	-1.6	-1.5	-1.3	-1.1	-1.0	-1.0	-1.0
1999	2000	-1.1	-1.1	-1.2	-1.3	-1.5	-1.7	-1.7	-1.4	-1.1	-0.8	-0.7	-0.6
2000	2001	-0.6	-0.5	-0.5	-0.6	-0.7	-0.7	-0.7	-0.5	-0.4	-0.3	-0.3	-0.1
2001	2002	-0.1	-0.1	-0.2	-0.3	-0.3	-0.3	-0.1	0.0	0.1	0.2	0.4	0.7
2002	2003	0.8	0.9	1.0	1.2	1.3	1.1	0.9	0.6	0.4	0.0	-0.3	-0.2
2003	2004	0.1	0.2	0.3	0.3	0.4	0.4	0.4	0.3	0.2	0.2	0.2	0.3
2004	2005	0.5	0.6	0.7	0.7	0.7	0.7	0.6	0.6	0.4	0.4	0.3	0.1
2005	2006	-0.1	-0.1	-0.1	-0.3	-0.6	-0.8	-0.8	-0.7	-0.5	-0.3	0.0	0.0
2006	2007	0.1	0.3	0.5	0.7	0.9	0.9	0.7	0.3	0.0	-0.2	-0.3	-0.4
2007	2008	-0.5	-0.8	-1.1	-1.4	-1.5	-1.6	-1.6	-1.4	-1.2	-0.9	-0.8	-0.5
2008	2009	-0.4	-0.3	-0.3	-0.4	-0.6	-0.7	-0.8	-0.7	-0.5	-0.2	0.1	0.4
2009	2010	0.5	0.5	0.7	1.0	1.3	1.6	1.5	1.3	0.9	0.4	-0.1	-0.6
2010	2011	-1.0	-1.4	-1.6	-1.7	-1.7	-1.6	-1.4	-1.1	-0.8	-0.6	-0.5	-0.4
2011	2012	-0.5	-0.7	-0.9	-1.1	-1.1	-1.0	-0.8	-0.6	-0.5	-0.4	-0.2	0.1
2012	2013	0.3	0.3	0.3	0.2	0.0	-0.2	-0.4	-0.3	-0.2	-0.2	-0.3	-0.3
2013	2014	-0.4	-0.4	-0.3	-0.2	-0.2	-0.3	-0.4	-0.4	-0.2	0.1	0.3	0.2
2014	2015	0.1	0.0	0.2	0.4	0.6	0.7	0.6	0.6	0.6	0.8	1.0	1.2
2015	2016	1.5	1.8	2.1	2.4	2.5	2.6	2.5	2.2	1.7	1.0	0.5	0.0

Fonte: <http://ggweather.com/enso/oni.htm>