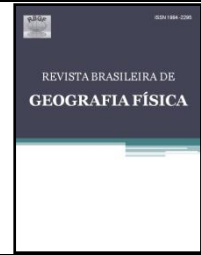




ISSN:1984-2295

# Revista Brasileira de Geografia Física

Homepage: [www.ufpe.br/rbgfe](http://www.ufpe.br/rbgfe)



## Influência dos eventos de El Niño e La Niña no regime de precipitação do Agreste de Pernambuco

Luana de Oliveira Rodrigues<sup>1</sup>, Werônica Meira de Souza<sup>2</sup>, Valéria Sandra de Oliveira Costa<sup>3</sup>, Maria Luana Torres Pereira<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Mestranda do Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente/Universidade Federal de Pernambuco (PRODEMA/UFPE), E-mail: [lugeo.or@gmail.com](mailto:lugeo.or@gmail.com) (autor correspondente). <sup>2</sup>Professora da Unidade Acadêmica de Garanhuns/Universidade Federal Rural de Pernambuco (UAG/UFRPE) e do PRODEMA/UFPE, [veronicameira@gmail.com](mailto:veronicameira@gmail.com). <sup>3</sup>Professora do PRODEMA/UFPE, CAPES/PNPD-PRODEMA, [costavso@yahoo.com.br](mailto:costavso@yahoo.com.br). <sup>4</sup>Estudante da graduação em Agronomia, UAG/UFRPE, [luan-atorres@hotmail.com](mailto:luan-atorres@hotmail.com).

Artigo recebido em 30/05/2017 e aceito em 20/11/2017

### RESUMO

O Nordeste brasileiro, em destaque Pernambuco, apresenta grande variabilidade e irregularidade de chuvas, uma vez que esta é associada às oscilações das temperaturas dos oceanos Pacífico e Atlântico. Diante desta problemática, a pesquisa teve por objetivo analisar a influência dos eventos El Niño e La Niña sobre o regime de chuvas no Agreste de Pernambuco. Utilizaram-se dados mensais de precipitação pluviométrica de 30 estações localizadas no Agreste no período de 1963 a 2016, como também dados mensais do Índice Oceânico do Niño (ION). Foi realizada a climatologia mensal da região para identificar os períodos úmidos e secos da região. 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. Por fim, correlacionou-se o ION 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 seco de agosto a fevereiro. Há 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. 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 ION exerce influência sobre o regime de chuvas, principalmente no período chuvoso.

Palavras-chave: variabilidade climática, ION, semiárido.

## Influence of El Niño and La Niña events on rainfall of Agreste Pernambuco

### ABSTRACT

The Brazilian Northeast, particular Pernambuco, presents great variability and irregularity of rainfall, since this is associated the oscillations of temperatures of Pacific and Atlantic oceans. The objective this research was to analyze the influence of El Niño and La Niña events on rainfall in Agreste region of Pernambuco. Monthly rainfall data were collected from 30 stations located in Agreste from 1963 to 2016, as well as monthly data from Oceanic Niño Index (ONI). The monthly climatology of region was carried out to identify the wet and dry periods of region. Then, El Niño and La Niña events were identified and classified according to the intensity of phenomena (Very Strong, Strong, Moderate and Weak), based ONI values, and related to total annual rainfall. Finally, the ONI was correlated with quarterly rainfall, using Pearson method to identify the seasonal influence. It was verified that rain period of region corresponds the months March to July, and the dry one of August to February. There are two climatic patterns, one considered to be wet with highest number of rainy years up the end of 1980s, and the second with increasing frequency of dry years since the 1990s. El Niño events with varying intensities do not explain alone the dry years, as well as La Niña events are not necessarily associated with rainy years. The interaction these phenomena with meteorological systems and Atlantic Dipole is that they are determinants in rainfall. In seasonal analysis, it was verified that ONI influence on rainfall, mainly in rainy season.

Keywords: climatic variability, ONI, semiarid.

## Introdução

A variabilidade climática e a mudança do clima na Terra tem sido tema de muita discussão nas últimas décadas em todo o globo terrestre, em virtude dos diversos impactos ocasionados aos recursos hídricos, agricultura, geração de energia, e principalmente danos irreversíveis a sociedade, atraindo a atenção de pesquisadores em diferentes regiões do mundo (Hastenrath e Heller, 1977; Hastenrath, 1984; Marengo et al., 2010; Koch et al., 2018).

O Brasil tem sido afetado pela variabilidade do clima e pelos eventos extremos de forma severa, gerando diversos impactos negativos sobre a população e seu modo de vida. O Nordeste do Brasil está entre as regiões mais vulneráveis aos impactos dessas variabilidades, devido suas características climáticas, assim como pelas condições socioeconômicas e políticas (Marengo, 2009). Além de ser uma região que enfrenta graves problemas relacionados à irregularidade das chuvas, e principalmente as secas severas e prolongadas, como também as chuvas intensas (Ferreira et al., 2017). A variabilidade da precipitação nessa área tem sido associada às anomalias de Temperatura de Superfície do Mar (TSM) do Pacífico equatorial que, na fase positiva (El Niño), favorece a redução da precipitação pluviométrica sobre a região Nordeste, enquanto na fase negativa (La Niña) contribui para a ocorrência de chuvas, algumas vezes acima da média histórica (Andreoli e Kayano, 2007).

O Nordeste brasileiro tem sua variabilidade climática associada a padrões de variação em escala planetária, os quais estão associados às oscilações das TSM dos oceanos Pacífico e Atlântico. No oceano Pacífico, o fenômeno El Niño causa variações e flutuações periódicas em escalas sazonais e interanuais, resultantes da interação entre o oceano e a atmosfera. 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) (Araújo e Brito, 2011; Assis et al., 2015). Menezes et al. (2008) acrescentaram que a junção do El Niño com a Oscilação Sul (ENOS) e o Dipolo do Atlântico Tropical afetam diretamente o posicionamento da ZCIT que, por sua vez, influencia a distribuição das chuvas sobre o Nordeste do Brasil.

O fenômeno ENOS guarda uma íntima relação de causa e efeito com as secas intensas no semiárido nordestino e com as inundações catastróficas ocorridas nas regiões Sul e Sudeste

do Brasil. Quando o fenômeno El Niño apresentasse totalmente configurado, traz como consequências a redução das chuvas no Nordeste brasileiro, principalmente sobre o setor norte (estação chuvosa: fevereiro a maio); o aumento das chuvas sobre a região Sul durante dezembro, janeiro e fevereiro; inverno mais quente sobre parte da região Sul e região Sudeste; e ventos fortes em altos níveis sobre as regiões Sul e Sudeste do país (GEO BRASIL, 2002). De acordo com Mendonça e Danni-Oliveira (2007), o El Niño é um fenômeno caracterizado pelo aquecimento das águas superficiais na porção central e leste do oceano Pacífico, nas proximidades da América do Sul, mais particularmente na costa do Peru. O ante El Niño, também chamado de La Niña, é representado pelo resfriamento atípico das águas do Pacífico. Para Cavalcanti et al. (2009), durante episódios de El Niño, a TSM do oceano Pacífico Equatorial Central e Leste fica mais quente do que o normal, aumentando a convecção atmosférica nessas regiões, enquanto se esfria no Pacífico Oeste, onde a convecção e a precipitação diminuem.

A TSM no oceano Pacífico apresenta a variabilidade interanual do ciclo ENOS na faixa equatorial do Pacífico, e a variabilidade interdecenal que também apresenta padrões espaciais de TSM similares, a sua configuração do padrão espacial para TSM estende-se para latitudes fora do cinturão equatorial e é relativamente mais intenso sobre latitudes extratropicais do Pacífico Norte (Andreoli e Kayano, 2007).

Marcuzzo e Romero (2013) afirmaram que os fenômenos El Niño e La Niña exercem um papel relevante nas anomalias de distribuição temporal de precipitação pluviométrica máxima diária ocasionando, respectivamente, aumento ou diminuição da precipitação em períodos de variação acentuada na temperatura média do oceano Pacífico. Para Sousa et al. (2015), o impacto causado pelo fenômeno El Niño (La Niña), dependendo da sua intensidade pode resultar em secas (enchentes) severas, interferindo de forma significativa nas atividades econômicas nas regiões Norte e Nordeste do Brasil.

Yoon e Zeng (2010) constataram que apenas uma fração da variabilidade da precipitação na Amazônia pode ser explicada pelo ENOS, e que esta relação é mais atuante somente durante a estação chuvosa. Na Amazônia a possibilidade de influência do Atlântico tropical na precipitação foi evidente após o evento severo de seca em 2005 (Marengo et al., 2008; Zeng et al., 2008). Este evento de seca foi um dos intensos dos últimos 100 anos, que afetou rios afluentes do

Amazonas, como o Solimões no oeste e o Madeira no sul da Amazônia (Marengo et al., 2008).

Salgueiro et al. (2016) analisaram a relação existente entre os eventos extremos registrados na Sub-bacia 39, localizada no Nordeste do Brasil, com as anomalias das TSM e os sistemas atmosféricos atuantes na região no período de 1943 a 2013, e o resultados apontaram que os eventos extremos (secas e chuvas intensas) estão mais associados a influência do Dipolo do Atlântico do que ao ENOS.

Para Sousa et al. (2015), o impacto causado pelo fenômeno El Niño (La Niña), dependendo da sua intensidade pode resultar em secas (enchentes) severas, interferindo de forma significativa nas atividades econômicas do Nordeste do Brasil, aumentando a vulnerabilidade da população.

Diante dessa questão, o conhecimento sobre o comportamento da precipitação pluviométrica se faz imprescindível, uma vez que seus extremos podem ocasionar episódios de secas ou enchentes, de forma a alterar substancialmente as características ambientais das regiões atingidas por eles, assim como toda a dinâmica do meio físico-natural, além de causar inúmeros transtornos socioeconômicos para as populações.

O estado de Pernambuco frequentemente enfrenta no Sertão e no Agreste longos períodos de seca, assim como expressivos episódios de chuvas intensas, que acarretam graves inundações, gerando grandes perdas econômicas e impactos sociais. O Agreste de Pernambuco, que apresenta em seu território, características diferenciadas em relação ao seu quadro físico, natural e climático, assim como grande pressão de atividades antrópicas sobre os recursos naturais, fenômenos causados pela variabilidade climática podem

ocasionar inúmeros desafios para a população local, de forma a afetar todo o ecossistema da região e as atividades econômicas que dependem do elemento água para se desenvolver (Barbosa et al., 2016).

Dessa forma surge a necessidade de estudos e propostas mais eficazes, integrados e sustentáveis para solucionar os desafios causados por esses impactos que afetam o ambiente em toda sua complexidade. Face ao exposto, a presente pesquisa tem como objetivo analisar a influência dos fenômenos oceânico-atmosférico El Niño e La Niña no regime de precipitação do Agreste de Pernambuco.

## Material e métodos

### Caracterização da área de estudo

O Agreste de Pernambuco encontra-se localizado na região semiárida do Nordeste do Brasil, com extensão de 23.982,8 km<sup>2</sup>, 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. 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, que é composto por um total de 71 municípios, foi subdividido em três RD's: Agreste Setentrional, composto por 19 municípios e o Agreste Central e Agreste Meridional, composto por 26 municípios cada um, conforme RD's no mapa de localização representado pela Figura 1.

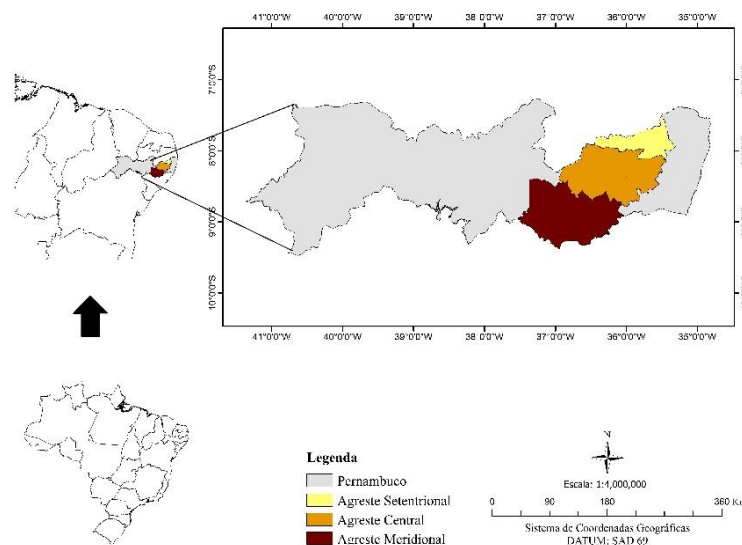


Figura 1. Localização do Agreste com identificação das RD's no estado de Pernambuco.

No que diz respeito às características climáticas, o Agreste de Pernambuco compreende uma região de transição morfoclimática, situa-se entre dois morfoclimas distintos Litoral e Sertão (Ab'Saber, 2008). 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 (Andrade, 2003, 2009). A climatologia da precipitação total anual no Agreste oscila entre 600 e 800 mm, com exceção das áreas de microclima cujos totais são superiores a 800 mm (Lacerda et al., 2006; Oliveira et al., 2006). Com relação às temperaturas, as máximas são entre 24 e 31 °C, e as mínimas entre 16 e 20 °C, sendo que as menores temperaturas são registradas nos meses de julho e agosto (inverno), e os maiores valores são observados nos meses de novembro a fevereiro (primavera e verão).

Dados

Foram utilizados dados de precipitação pluviométrica mensal de 30 postos pluviométricos

distribuídos ao longo do Agreste pernambucano (Figura 2) no período entre 1963 e 2016, obtidos através do banco de dados da Agência Pernambucana de Águas e Clima (APAC), como também dados mensais do Índice Oceânico do Niño (ION), oriundos do National Centers for Environmental Prediction (NCEP) e a National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA) dos Estados Unidos da América (EUA).

O ION é um índice que identifica as anomalias da TSM na região do Niño 3.4, entre as coordenadas 5°N-5°S e 170-120°W no oceano Pacífico (Figura 3), por meio de uma média móvel de três meses. A região do Niño 3.4, onde são coletados os dados utilizados para determinar o ION, tem sido a principal forma de monitoramento, avaliação e previsão do ENOS, que é um fenômeno que provoca alterações bastante expressivas na circulação atmosférica regional e global, afetando diretamente a temperatura do ar e causando modificações no regime de precipitação pluviométrica em diferentes regiões do Brasil e do mundo (Trenberth, 1997; Berlatto e Fontana, 2003).



Figura 2. Localização dos postos pluviométricos do Agreste de Pernambuco.

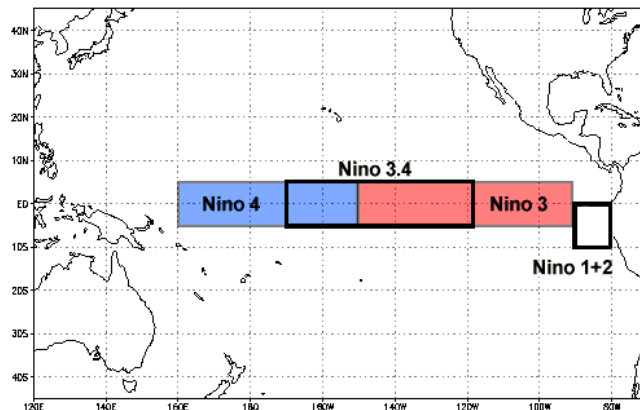


Figura 3. Localização da região do Niño 3.4 no Oceano Pacífico, onde foram coletados os dados do ION.

Procedimentos metodológicos

Primeiramente, com intuito de avaliar a distribuição temporal da precipitação pluviométrica mensal ao longo do ano na região, identificando os períodos secos e úmidos, foi calculada a climatologia da região a partir da média aritmética da precipitação pluviométrica mensal e anual do período de 1963 a 2016 (53 anos) dos 30 municípios distribuídos no Agreste Setentrional (6), Central (10) e Meridional (14). Também foi avaliada a distribuição temporal da precipitação total anual de 1963 a 2016. Em seguida foram elaborados mapas com as médias aritméticas da precipitação pluviométrica dos meses que representam os períodos úmido e seco entre 1963 e 2016 por meio do software ArcGis 10.4, utilizando a interpolação de pontos através

do método Inverse Distance Weighting (IDW), para avaliar a distribuição espacial das chuvas no Agreste.

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.

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
	1,5 a 1,9	Forte
	≥ 2,0	Muito Forte
La Niña	-0,5 a -0,9	Fraca
	-1,0 a -1,4	Moderada
	≤ -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 em uma tabela.

Para analisar a influência do ION sobre a variabilidade da precipitação pluviométrica em escala sazonal do Agreste foi utilizado o Statistical Package for Social Science for Windows (SPSS), que é um software de análise estatística de dados, que permite realizar cálculos complexos. Foi elaborada uma tabela utilizando o Excel contendo informações das médias trimestrais do ION e da precipitação pluviométrica e através do método da correlação de Pearson, também conhecido como Coeficiente de Correlação do Momento Produto (equação 1) foi realizada a correlação dessas variáveis utilizando três meses de atraso, ou seja, o valor do

índice no trimestre de DJF (dezembro, janeiro e fevereiro) foi correlacionado com o trimestre MAM (março, abril e maio) de precipitação e assim por diante, pressupondo que os índices oceânicos apenas provocam alguma modificação na dinâmica atmosférica 3 meses após sua ocorrência, de acordo com Neale et al. (2007) e Wang et al. (2012).

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

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

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

$\sigma_X$  é o desvio padrão de X;

$\sigma_Y$  é o desvio padrão de Y.

O Estimador de Máxima Verossimilhança é dado pela equação 2:

$$\hat{p}_{X,Y} = \hat{p} = \frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})(Y_i - \bar{Y})}{n \sqrt{\sum_{i=1}^n \frac{(X_i - \bar{X})^2}{n} \sum_{i=1}^n \frac{(Y_i - \bar{Y})^2}{n}}} = \frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})(Y_i - \bar{Y})}{n \sigma_X \sigma_Y} \quad (2)$$

Em que, n é o número de observações da amostra; X é a média aritmética de X; Y é a média aritmética de Y.

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 h0 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<sub>0</sub>: ρ=0 e H<sub>1</sub>: ρ≠0.

A partir dessas correlações foram elaborados mapas, através do software ArcGis 10.4, utilizando o método IDW, de forma a espacializar esses dados e representar a influência desse índice na variabilidade da precipitação pluviométrica da região. Em consonância com esses mapas, também foi elaborada uma tabela expressando o percentual de significância nos coeficientes de correlação, uma vez que essa análise mostra-se bastante útil para verificar a relação das precipitações com o ION.

**Resultados e discussão**

Variabilidade espaço-temporal da precipitação pluviométrica

O comportamento das médias mensais da precipitação pluviométrica observadas entre os anos de 1963 e 2016 na mesorregião do Agreste (Figura 4) demonstra que os meses de março a julho correspondem ao período mais chuvoso da região, representando 63% das chuvas em relação

ao total anual. Os principais sistemas meteorológicos responsáveis pelas chuvas no Agreste pernambucano são a ZCIT, os Vórtices Ciclônicos de Ar Superior (VCAS), os Distúrbios de Leste e as instabilidades associadas às Frentes Frias (Lacerda et al., 2006). Os valores máximos são observados, climatologicamente, em junho (104 mm) e julho (98 mm), sendo os Distúrbios Ondulatórios de Leste os principais responsáveis pela precipitação nesses meses, principalmente nas áreas que fazem divisa com a Zona da Mata/Litoral; o trimestre mais seco é representado pelos meses de setembro a novembro, atingindo valores mínimos de 22 mm no mês de novembro, que representa o mês mais seco do Agreste. A partir do mês de agosto, fica evidente a diminuição das chuvas 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 mensal semelhante à da mesorregião, porém nota-se valores das médias de precipitação um pouco superiores referentes ao período mais chuvoso, principalmente nos meses de junho e julho, exibindo valores acima de 110 mm, enquanto o menor índice da série (15 mm) foi encontrado no mês de novembro no Agreste Setentrional. No Agreste Central verifica-se menor expressividade quanto ao volume de água precipitada em relação ao restante das RD's, apresentando como período mais chuvoso os meses de março (97 mm) e abril (96 mm) e o menos chuvoso, setembro (21 mm), em virtude dessa área ser uma área de transição com o Sertão. No Agreste Central o principal responsável pelas chuvas é a ZCIT, que atua principalmente nos meses de março e abril, considerados os meses mais chuvosos (Pereira et al., 2017).

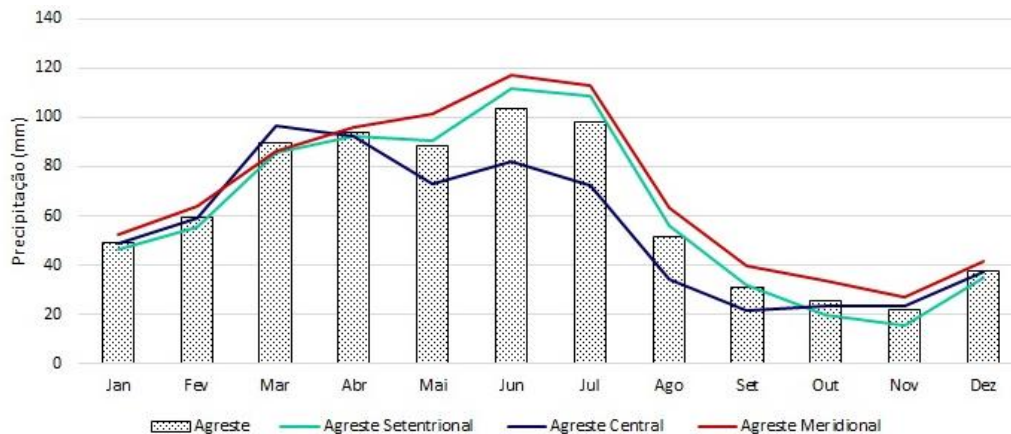


Figura 4. Climatologia mensal da precipitação pluviométrica (mm) da mesorregião do Agreste, com destaque para as três regiões.

A distribuição temporal da precipitação total anual num intervalo de 53 anos (Figura 5), tendo início em 1963, onde fica evidente a significativa variabilidade interanual das chuvas no Agreste, acompanhada de uma sutil tendência decrescente nos valores dessa variável ao longo dos anos. Além da má distribuição das chuvas

durante os meses do ano detectada através da climatologia mensal, a região também é caracterizada pela grande irregularidade de chuvas entre os anos analisados, evidenciando significativa oscilação entre os índices pluviométricos, apresentando anos chuvosos e secos.

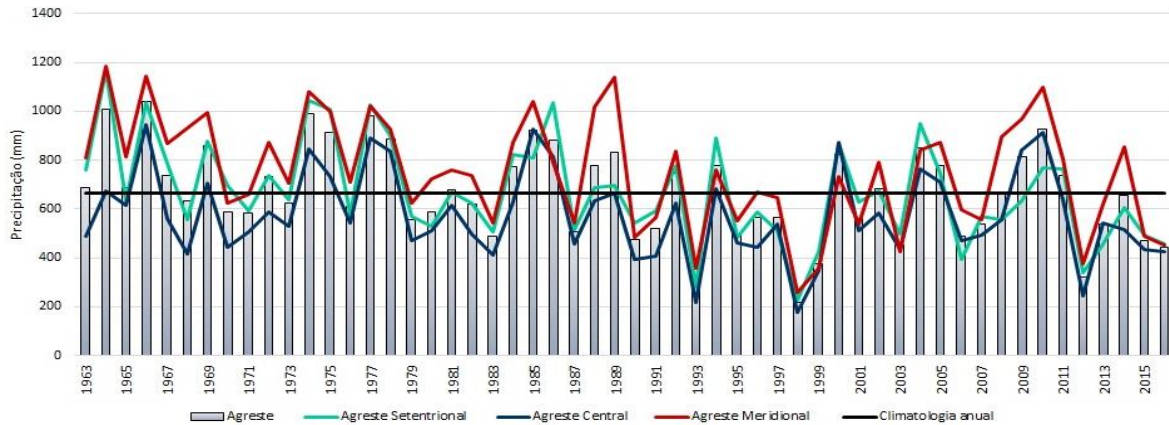


Figura 5. Distribuição temporal da precipitação pluviométrica (mm) no período de 1963 a 2016 no Agreste pernambucano.

Ao observar a Figura 5 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 as 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. Os maiores totais anuais da mesorregião foram nos anos de 1964 (1008 mm) e 1966 (1041 mm) 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 1998, 1993, e 2012 com chuvas inferiores a 300 mm, 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 et al., 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. Podendo levar ao aumento da ocorrência de impactos ambientais, sociais e econômicos 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 et al., 2005).

A compreensão do comportamento histórico da precipitação pluviométrica anual é extremamente fundamental e importante quando se trata de questões relacionadas à variabilidade e mudanças climáticas, em destaque para tomadas de decisões governamentais em relação à redução dos riscos à desastres naturais em escalas locais e regionais. Pois a análise da variabilidade temporal dessa variável traz informações imprescindíveis sobre periodicidades, tendências e descontinuidades climáticas, servindo de base para estudos direcionados ao desenvolvimento de ações mitigatórias e adaptativas para as regiões mais vulneráveis aos impactos dos eventos extremos (Barbosa et al., 2016).

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 6b). 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 (EMBRAPA, 2002).

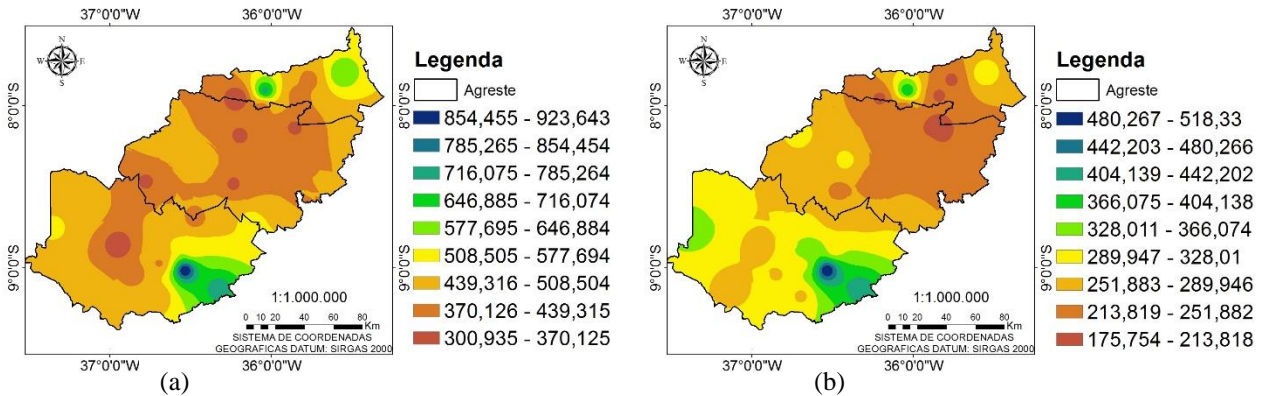


Figura 6. Climatologia da precipitação pluviométrica (mm) durante o período chuvoso (a) e período seco (b) no Agreste de Pernambuco entre 1963 e 2016.

#### Influência do ION sobre a 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 3 com intensidade Muito Forte, 4 Forte, 6 Moderado e 7 Fraco. Em relação aos eventos La Niña foi constatado a ocorrência de 18 episódios, sendo 7 com intensidade Forte, 3 Moderado e 8 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 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.

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 (enchentes) severas, interferindo de forma significativa nas atividades econômicas do Nordeste do Brasil, aumentando a vulnerabilidade da população (Sousa et al., 2015).

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
<b>1982/1983</b>	<b>El Niño</b>	<b>12 (jul-jun)</b>	<b>Muito Forte</b>	<b>487,42</b>	<b>-28,00</b>
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
<b>1997/1998</b>	<b>El Niño</b>	<b>10 (jul-abr)</b>	<b>Muito Forte</b>	<b>219,00</b>	<b>-67,65</b>
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
<b>2015/2016</b>	<b>El Niño</b>	<b>11 (jul-mai)</b>	<b>Muito Forte</b>	<b>445,12</b>	<b>-34,25</b>
<b>2016</b>	La Niña	5 (ago-dez)	Fraco	-	-

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 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 (Andreoli e 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 e 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.

#### *Análise da correlação trimestral do Índice Oceânico Niño (ION) com a precipitação pluviométrica*

A correlação trimestral do ION com a precipitação pluviométrica no período de 1961 a 2016 no Agreste de Pernambuco (Figura 7) apresenta uma forte 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 nas Figuras 7a; b; d; e; f; l.

A Figura 7a representa a correlação entre ION (medido no trimestre janeiro a março-JFM) e a precipitação pluviométrica acumulada de abril a junho (AMJ), onde apenas duas localidades do Agreste Meridional apresentaram significância estatística, com um percentual de 6,67% de significância nos coeficientes de correlação. A Figura 7b, que representa a influência do ION na precipitação durante o trimestre MJJ foi observado apenas 3,33% de significância nas correlações, sendo seus coeficientes variando entre -0,31 e 0,122, que são valores relativamente baixos. Dessa forma, esses mapas demonstram que para os trimestres AMJ e MJJ existe influência do ION sobre o regime de chuvas somente para a região do Agreste Meridional, sendo que os únicos municípios afetados pelas anomalias de TSM, Iati e Lajedo, que localizam-se na porção mais central e nordeste dessa região respectivamente, apresentaram coeficientes de correlação com valores negativos, no contexto físico-natural, significa que esses valores indicam baixos índices de precipitação pluviométrica, apresentando-se abaixo da normal climatológica.

O ION influenciou na diminuição das chuvas de julho a agosto (Figura 7d), com percentual de 43% de significância estatística. Na região do Agreste Meridional os postos que apresentaram significância estão localizados na porção nordeste dessa área, por sua vez no Agreste Central foram observados na porção do extremo norte, nordeste e noroeste as correlações com significância, enquanto no Agreste Setentrional, as correlações mais fortes encontram-se na porção centro-oeste desse território. Em todas essas correlações os valores foram negativos, o que indica diminuição de chuvas para essas regiões, ressalta-se que esse trimestre foi o que apresentou maior percentual de significância dentre as correlações, sendo julho o último mês do período considerado mais chuvoso no Agreste, e em agosto e setembro normalmente os índices pluviométricos tendem a diminuir.

Na Figura 7e, que representa a espacialização da correlação do ION durante os meses de MJJ com a precipitação dos municípios no trimestre de ASO, o percentual de significância dos coeficientes encontra-se em torno de 20%, sendo os municípios que apresentaram maior nível de influência do ION sobre seu regime pluviométrico localizados no Agreste Meridional em sua porção mais central e nordeste, no Agreste

Central as correlações mais fortes são encontradas à nordeste e no Agreste Setentrional, ao norte, todos os coeficientes com significância apresentaram valores negativos, que assim como nos outros trimestres analisados acima, indica a diminuição nos índices de precipitação para essas regiões.

A correlação observada na Figura 7f representa a influência do ION sobre a precipitação no trimestre SON, seus valores permeiam entre -0,559 e 0,1. Os coeficientes que demonstraram significância estatística, com valores negativos, foram observados para os municípios localizados na área mais central e nordeste do Agreste Meridional e no Agreste Central, em sua porção sudoeste. Ressalta-se que esse trimestre foi identificado como o período mais seco do Agreste, de acordo com a análise realizada das últimas 5 décadas, apresentando índices pluviométricos muito abaixo da normal climatológica e os valores altos e negativos dessa correlação indicam que para esses meses o ION influencia substancialmente a diminuição dos totais pluviométricos dessas regiões.

Dentre todas as correlações aqui apresentadas, observa-se que somente a Figura 7f teve valores negativos para toda a área do Agreste, oscilando de - 0,418 a - 0,064. Os

postos pluviométricos com significância estatísticas (33,33%) se concentram na porção ocidental do Agreste Meridional, assim como no Agreste Central, com exceção de apenas três áreas mais isoladas, que são os municípios de Lajedo (norte do Agreste Meridional), Riacho das Almas (norte do Agreste Central) e Santa Cruz do Capibaribe (sul do Agreste Setentrional). Essas correlações com valores negativos e altos indicam baixos índices pluviométricos para essa região durante os meses de MAM, que é considerado como período chuvoso no Agreste.

De forma geral, 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, que respectivamente apresentaram 20% e 26,67% de significância nos coeficientes. No período úmido foram observadas as correlações mais fortes, principalmente nos trimestres JAS (43,33%) e MAM (33,33%). 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, onde as chuvas ficam abaixo da média afetados pelos episódios de El Niño.

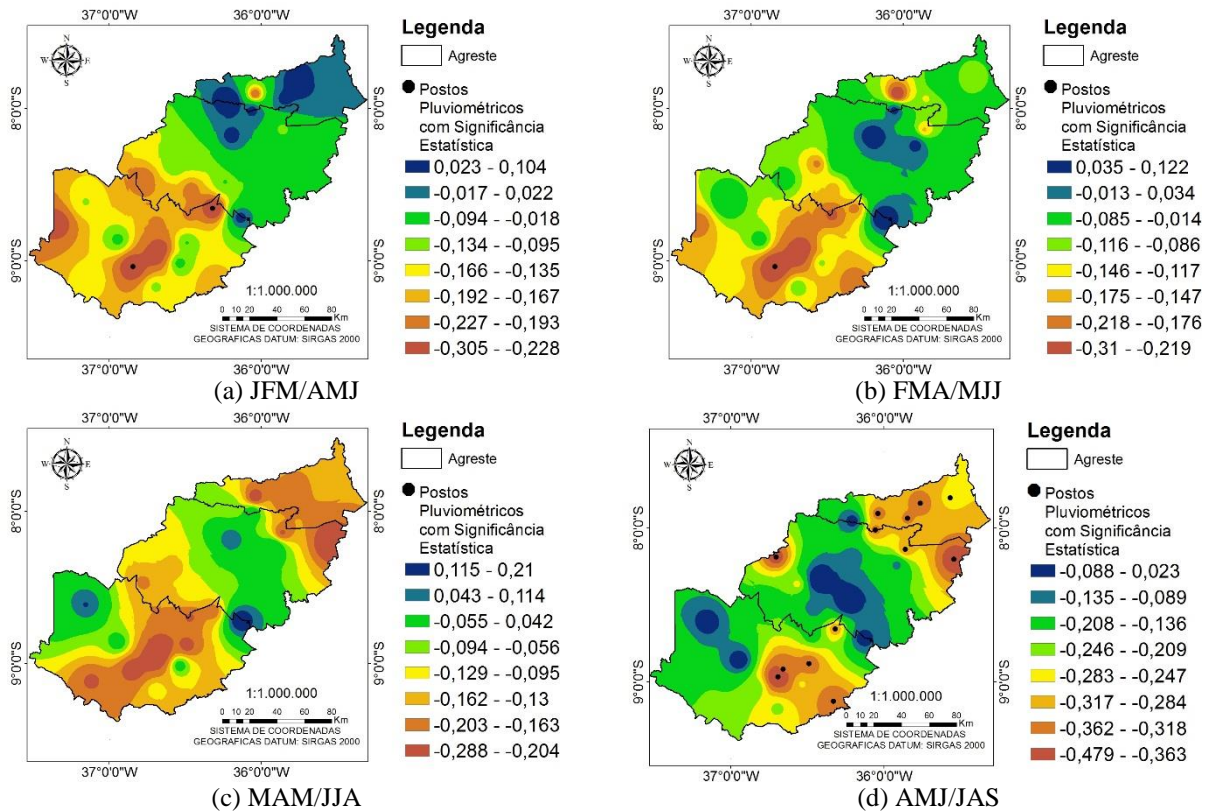


Figura 7. Correlação trimestral do ION com a precipitação pluviométrica no período de 1961 a 2016 no Agreste de Pernambuco.

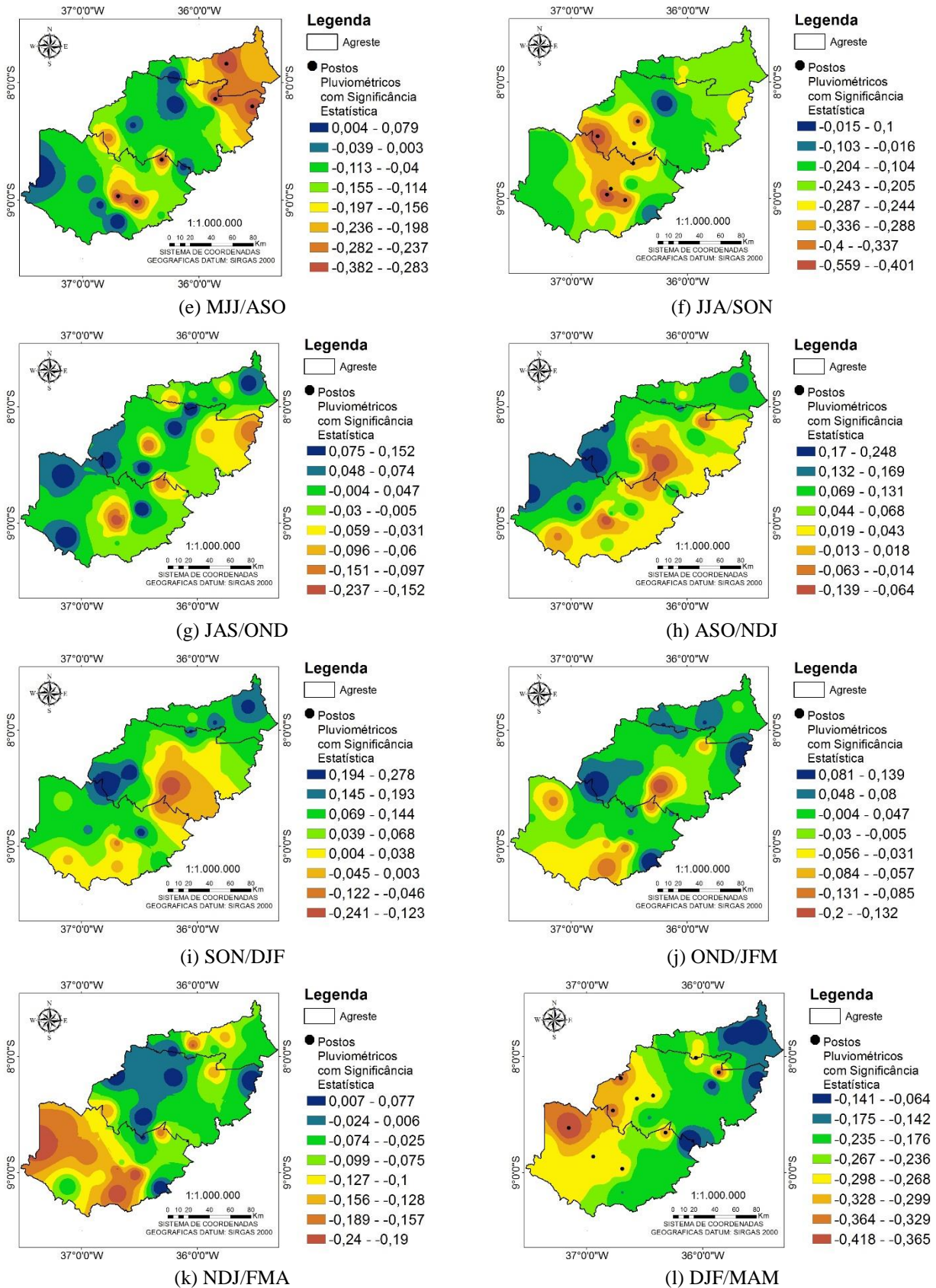


Figura 7. Correlação trimestral do ION com a precipitação pluviométrica no período de 1961 a 2016 no Agreste de Pernambuco.

Tabela 3. Percentual de significância dos coeficientes de correlação trimestral

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

## Conclusões

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 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 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 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. A interação desses fenômenos com os

sistemas meteorológicos e o Dipolo do Atlântico é que são determinantes no regime de chuvas.

O Índice Oceânico Niño exerce 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.

## Agradecimentos

À Fundação de Amparo a Ciência e Tecnologia de Pernambuco (FACEPE) pela concessão da bolsa de Mestrado (Processo: IBPG-0076-9.25/16) e Projetos de Pesquisa APQ-0762-1.07/15 e APQ-0300- 5.03/17; e ao Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI), por intermédio do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), e a Agência Nacional de Águas (ANA), por meio do edital MCTI/CNPq/ANA n.23/2015.

## Referências

- Ab'Saber, A.N., 2008. Os Domínios de Natureza no Brasil: potencialidades paisagísticas . 5 ed. Ateliê Editorial, Cotia.
- Andrade, M.C., 2003. Atlas Escolar de Pernambuco: espaço geo-histórico e cultural. Editora Grafset, João Pessoa.
- Andrade, M.C., 2009. Geografia de Pernambuco: Ambiente e sociedade. Editora Grafset, João Pessoa.
- Andreoli, R. V., Kayano, M.T., Guedes, R.L., Oyama, M.D., Alves, M.A.S., 2004. A influência da temperatura da superfície do mar

- dos Oceanos Pacífico e Atlântico na variabilidade de precipitação em Fortaleza. *Revista Brasileira de Meteorologia* 19, 337–344.
- Andreoli, R.V., Kayano, M.T., 2007. A importância relativa do Atlântico tropical sul e Pacífico leste na variabilidade de precipitação do Nordeste do Brasil. *Revista Brasileira de Meteorologia* 22, 63-74.
- Araujo, W.S., Brito, J.I.B., 2011. 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* 26, 541-55.
- Assis, J.M.O., Sobral, M.C.M., Souza, W.M., 2012. Análise de detecção de variabilidades climáticas com base na precipitação nas bacias hidrográficas do Sertão de Pernambuco. *Revista Brasileira de Geografia Física* 3, 630-645.
- Barbosa, V.V., Souza, W.M., Galvêncio, J.D., Costa, V.S.O., 2016. Análise da variabilidade climática do município de Garanhuns, Pernambuco – Brasil. *Revista Brasileira de Geografia Física* 9, 353-367.
- Berlato, M.A., Fontana, D.C., 2003. El Niño e La Niña: Impactos no clima, na vegetação e na agricultura do Rio Grande do Sul; aplicações de previsões climáticas na agricultura. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.
- Cavalcanti, I.F.A., Ferreira, N.J., Silva, M.G.A.J., Dias, M.A.F.S., 2009. Tempo e Clima no Brasil. Ed. Oficina de Texto, São Paulo.
- EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, 2002. Zoneamento Agroecológico de Pernambuco (ZAPE). Recife.
- Ferreira, P.S., Gomes, V.P., Galvêncio, J.D., Santos, A.M., Souza, W.M., 2017. Avaliação da tendência espaço-temporal da precipitação pluviométrica em uma região semiárida do estado de Pernambuco. *Revista Brasileira de Climatologia* 21, 113-134.
- GEO BRASIL, 2002. Santos, T.C.C., Câmara, J.B.D. (Orgs.), *Perspectivas do Meio Ambiente no Brasil*. Edições IBAMA, Brasília.
- Hastenrath, S., 1984. Interannual variability and annual cycle: mechanisms of circulation and climate in the tropical Atlantic. *Monthly Weather Review* 112, 1097-1107. doi: [http://dx.doi.org/10.1175/1520-0493\(1984\)112<1097:IVAACM>2.0.CO;2](http://dx.doi.org/10.1175/1520-0493(1984)112<1097:IVAACM>2.0.CO;2).
- Hastenrath, S., Heller, L., 1977. Dynamics of climatic hazards in north-east Brazil. *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society* 110, 411-425. doi: <http://dx.doi.org/10.1002/qj.49711046407>.
- Kane, R.P., 1997. Prediction of droughts in north-east Brazil: Role of ENSO and use of periodicities. *International Journal of Climatology* 17, 655–665.
- Koch, H., Silva, A.L.C., Azevedo, J.R.G., Souza, W.M., Köppel, J., Souza Junior, C.B., Barros, A.M.L., Hattermann, F.F., 2018. Integrated hydro- and wind power generation: a game changer towards environmental flow in the Sub-middle and Lower São Francisco River Basin? *Regional Environmental Change*. doi: <https://doi.org/10.1007/s10113-018-1301-2>.
- Lacerda, F., Ferreira, M.A.F., Souza, W.M., 2006. Climas do Estado de Pernambuco, in: *Bacias Hidrográficas de Pernambuco*. Comunigraf Editora, Recife, pp. 16-17.
- Marcuzzo, F.F.N., Romero, V., 2013. Influência do El Niño e La Niña na precipitação máxima diária do Estado de Goiás. *Revista Brasileira de Meteorologia* 28, 429- 440.
- Marengo J.A., 2009. 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, 8).
- Marengo, J.A., Ambrizzi, T., Rocha, R.P., Alves, L.M., Cuadra, S.V., Valverde, M.C., Torres, R.R., Santos, D.C., Ferraz, S.E., 2010. Future change of climate in South America in the late twenty-first century: intercomparison of scenarios from three regional climate models. *Climate Dynamics* 35, 1073–1097. doi:10.1007/s00382-009-0721-6,
- Marengo, J.A., Nobre, C., Tomasella, J., Marcos, O., Sampaio, G., Camargo, H., Alves, L. M., 2008. The drought of Amazonia in 2005. *Journal of Climate* 21, 495-516.
- Menezes, H.E.A., Brito, J.I.B., Santos, C.A.C., Silva, L.L., 2008. A relação entre a temperatura da superfície dos oceanos tropicais e a duração dos veranicos no estado da Paraíba. *Revista Brasileira de Meteorologia* 23, 152-161. doi: <http://dx.doi.org/10.1590/S0102-77862008000200004>.
- Pereira, M.L.T., Soares, M.P.A., Silva, E.A., Montenegro, A.A.A., Souza, W.M., 2017. Variabilidade climática no Agreste de Pernambuco e os desastres decorrentes dos extremos climáticos. *Journal of Environmental Analysis and Progress* 2, 394-402.
- Salgueiro, J.H.P.B., Montenegro, S.M.G.L., Pinto, E.J.A., Silva, B.B., Souza, W.M., Oliveira, L.M.M., 2016. 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* 21, 685-693.
- Sampaio, E.V.S.B., Araújo, M.S.B., Sampaio, Y.S.B., 2005. Impactos ambientais da agricultura no processo de desertificação no Nordeste do Brasil. *Revista de Geografia* 22, 93-113.
- Sousa, A.M.L., Rocha, E.J.P., Vitorino, M.I., Souza, P.J.O.P.de, Botelho, M.N., 2015. Variabilidade espaço-temporal da precipitação na Amazônia durante eventos ENOS. *Revista Brasileira de Geografia Física* 8, 13-24.
- Trenberth, K.E., 1997. The definition of El Niño. *Bulletin of the American Meteorological Society* 78, 2771-2777.
- Yoon, J-H., Zeng, N., 2010. An Atlantic influence on Amazon rainfall. *Climate Dynamics* 34, 249-264.
- Zeng, N., Yoon, J-H., Marengo, J.A., Subramaniam, A., Nobre, C.A., Mariotti, A., 2008. Causes and impacts of the 2005 Amazon drought. *Environmental Research* 3, 1-6.