

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS - UFAL
INSTITUTO DE CIÊNCIAS ATMOSFÉRICAS - ICAT
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM METEOROLOGIA

**ANÁLISE DA VARIABILIDADE CLIMÁTICA SOBRE GRANDES CULTURAS
CULTIVADAS EM ALAGOAS (AL)**

SHERLLY TELES DE OLIVEIRA

MACEIÓ – AL,

2020

SHERLLY TELES DE OLIVEIRA

**ANÁLISE DA VARIABILIDADE CLIMÁTICA SOBRE GRANDES CULTURAS
CULTIVADAS EM ALAGOAS (AL)**

Dissertação de Mestrado apresentado ao Programa de Pós-Graduação em Meteorologia, do Instituto de Ciências Atmosféricas, da Universidade Federal de Alagoas, como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre em Meteorologia.

Área de concentração: **Análise e Previsão do Tempo e Clima**

MACEIÓ – AL,

2020

Catálogo na fonte
Universidade Federal de Alagoas
Biblioteca Central
Divisão de Tratamento Técnico

Bibliotecária: Taciana Sousa dos Santos – CRB-4 – 2062

O48a Oliveira, Sherlly Teles de.
Análise da variabilidade climática sobre grandes culturas cultivadas em Alagoas (AL)
/ Sherlly Teles de Oliveira. – 2020.
119 f.. : il. ; figs. ; tabs. color.

Orientadora: Djane Fonseca da Silva.
Dissertação (Mestrado em Meteorologia) – Universidade Federal de Alagoas.
Instituto de Ciências Atmosféricas. Programa de Pós-Graduação em Meteorologia.
Maceió, 2020.

Bibliografia: p. 102-119

1. Agricultura – Alagoas. 2. Variabilidade climática. 3. Ondeletas. 4. Precipitação
(Meteorologia). I. Título.

CDU: 551.58: 631 (813.5)



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS
INSTITUTO DE CIÊNCIAS ATMOSFÉRICAS
COORDENAÇÃO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM METEOROLOGIA**

CERTIFICADO DE APRESENTAÇÃO

N.º de ordem: MET-UFAL-MS-170.

**“ANÁLISE DA VARIABILIDADE CLIMÁTICA SOBRE GRANDES CULTURAS
CULTIVADAS EM ALAGOAS (AL).”**

SHERLLY TELES DE OLIVEIRA

Dissertação submetida ao colegiado do Curso de Pós-Graduação em Meteorologia da Universidade Federal de Alagoas - UFAL, como parte dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em Meteorologia.

Aprovado pela Banca Examinadora composta por:

Djane Fonseca da Silva
Prof.^a Dra. Djane Fonseca da Silva

Profa. Dra. Djane Fonseca da Silva
(Orientadora)

Fabrcio Daniel dos Santos Silva

Prof. Dr. Fabrício Daniel dos Santos Silva
(Membro Interno)

Edivania de Araújo Lima

Profa. Dra. Edivania de Araújo Lima
(Membro Externo)

Maio/2020

Dedico a Deus e aos meus pais, pelo apoio, amor e compreensão!

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço ao meu pai celestial, por ter me concedido este privilégio de ter ingressado em uma Pós Graduação, por nunca me desamparar, por me dar forças diariamente para continuar, sem ele nada disto teria ocorrido até o presente momento, agradeço por ser esse pai tão cuidadoso e amoroso com sua filha.

À minha mãe, Shirley Teles Silva, que sempre me apoiou em minhas decisões, que é meu porto seguro, que sempre está disposta para me ajudar, por ter sacrificado sua vida para me conceder o privilégio de obter a tão sonhada educação, por ser essa mãe terrena tão maravilhosa, que o pai celestial escolheu para ser a minha mãe.

À minha orientadora Professora Doutora Djane Fonseca da Silva, pela disponibilidade em orientar, apoio dado no trabalho e por todo conhecimento que me foi passado.

À Universidade Federal de Alagoas, principalmente ao Instituto de Ciências Atmosféricas, por ter me proporcionado a oportunidade de realizar o mestrado.

A todos os professores do Programa de Pós Graduação em Meteorologia.

A CAPES, pela concessão de bolsa de estudos. Aos membros da banca.

Portanto ordeno que te arrependas – arrepende-te, para que eu não te fira com a vara de minha boca e com minha irá e com minha cólera e teus sofrimentos sejam dolorosos – quão dolorosos tu não sabes, sim, quão difíceis de suportar tu não sabes.

Pois eis que eu, Deus, sofri essas coisas por todos, para que não precisem sofrer caso se arrependam;

Mas se não se arreponderem, terão que sofrer assim como eu sofri;

Sufrimento que fez com que eu, Deus, o mais grandioso de todos, tremesse de dor e sangrasse por todos os poros; e sofresse, tanto no corpo como no espírito – e desejasse não ter de beber a amarga taça e recuar –

Todavia, glória seja para o Pai; eu bebi e terminei meus preparativos para os filhos dos homens.

Assim, ordeno outra vez que te arrependas, para que eu não te humilhe com minha onipotência; e que confesse teus pecados para que não sofras esses castigos dos quais falei, os quais experimentaste em pequeníssima, sim em íntima proporção, quando retirei meu Espírito.

(Doutrina e Convênios 19: 15 – 20)

RESUMO

O Estado de Alagoas tem uma participação na produção agrícola brasileira nas culturas de cana de açúcar, coco, mandioca e milho, entretanto, alguns municípios são bastante afetados por variações climáticas, logo, a produção local pode sofrer quedas significativas em anos de secas ou de extremas precipitações. Desse modo, objetivou-se analisar os efeitos da variabilidade climática sobre as principais culturas agrícolas do estado de Alagoas, identificando as causas climáticas dos principais eventos pluviométricos e seus impactos sobre as produções de cana de açúcar, coco, mandioca e milho. Foram utilizados dados de precipitação do período de 1987 a 2017, na análise de Ondeletas. Foram também utilizados dados de precipitação com os dados de produção dos anos de 1987 a 2017, para as correlações e foram gerados também mapas de distribuição espacial dos dados de produção dos principais cultivos em anos de eventos extremos climáticos. Desse modo uns dos principais resultados que podem ser citados: foram através das análises de Ondeletas, para a Região Metropolitana na qual as escalas dominantes foram ENOS estendido e o Dipolo do Atlântico, nas demais macrorregiões a escala dominante foi a Oscilação Decadal do Pacífico para as Regiões Agreste, Baixo São Francisco, Médio Sertão e Planalto de Borborema e ENOS estendido para as Regiões Alto Sertão, Norte e Tabuleiro do Sul e ENOS para a Região Serrana dos Quilombos. Outros resultados obtidos que merecem destaque foram obtidos pelos mapas de distribuição espacial das principais produções agrícolas do estado de Alagoas, as maiores produções foram observadas na cultura da cana de açúcar sob a influência da La Niña Moderada, na cultura da mandioca durante eventos de La Niña Fraca e na cultura do milho sob a influência da La Niña Forte. Diante disto essa pesquisa não só tem cunho científico pelo fato de ser um trabalho inédito como pode contribuir para o aumento na produtividade da agricultura do Brasil, principalmente no estado de Alagoas, ofertando assim o entendimento da relação entre os eventos extremos e as principais produções agrícolas de Alagoas, permitindo assim a diminuição das perdas agrícolas e favorecendo o aumento na produtividade das grandes culturas de Alagoas.

Palavras chaves: Agricultura, Correlação, Macrorregiões, Ondeletas, Precipitação.

ABSTRACT

The state of Alagoas has a share in Brazilian agricultural production in the sugarcane, coconut, cassava and corn crops, however, some municipalities are quite affected by climatic variations, so local production may suffer significant drops in years of drought or drought. Extreme rainfall. Thus, the objective was to analyze the effects of climatic variability on the main agricultural crops in the state of Alagoas, identifying the climatic causes of the main rainfall events and their impacts on the production of sugar cane, coconut, cassava and corn. Precipitation data from 1987 to 2017 were used in the analysis of wavelets. Precipitation data with productivity data from 1987 to 2017 were also used for correlations and maps of Spatial distribution of the production data of the main crops in years of extreme weather events were also generated. Thus, one of the main results that can be cited: it was through the analysis of Ondeletas of the Metropolitan Region in which the dominant scales were extended ENOS and the Dipole of the Atlantic, in the other macroregions the dominant scale was the Pacific Decadal Oscillation for the Agreste, Baixo São Francisco, Médio Sertão and Planalto de Borborema and ENOS extended to the Alto Sertão, Norte and Tabuleiro do Sul Regions and ENOS to the Serrana dos Quilombos Region. Other results obtained that deserve to be highlighted were obtained by the spatial distribution maps of the main agricultural productions in the state of Alagoas, the highest yields were observed in the sugar cane culture under the influence of La Niña Moderada, in the cassava culture during La Niña Fraca events. Weak and in maize culture under the influence of La Niña Forte. In view of this, this research is not only scientific because it is an unprecedented work, but it can contribute to the increase in the productivity of agriculture in Brazil, especially in the state of Alagoas, thus offering an understanding of the relationship between extreme events and the main agricultural productions of Alagoas, thus allowing the reduction of agricultural losses and favoring the increase in productivity of the great cultures of Alagoas.

Keywords: Agriculture, correlation, Macro-regions, Wavelets, Precipitation.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

- Figura 1** – Localização do estado de Alagoas na região Nordeste do Brasil. 41
- Figura 2** - Pluviometria média anual do estado de Alagoas. 42
- Figura 3** - Divisão das macrorregiões do estado de Alagoas. 43
- Figura 4** – a) Índice de Prp para o município de Maceió para o período de 1987 a 2017; 55
b) Espectro de potência de Ondeleta (EPO). Contornos sombreados correspondem a variâncias significativas ao nível de confiança de 95%. A curva em forma de U representa o cone de influência, sob a qual o efeito de borda é importante; c) Espectro de potência global (EPG), com o contorno tracejado indicando que o EPG é significativo ao nível de confiança de 95%.
- Figura 5** – a) Índice de Prp para o município de Marechal Deodoro para o período de 1987 a 2017; b) Espectro de potência de Ondeleta (EPO). Contornos sombreados correspondem a variâncias significativas ao nível de confiança de 95%. A curva em forma de U representa o cone de influência, sob a qual o efeito de borda é importante; c) Espectro de potência global (EPG), com o contorno tracejado indicando que o EPG é significativo ao nível de confiança de 95%. 56
- Figura 6** – a) Índice de Prp para o município de Rio Largo para o período de 1987 a 2017; b) Espectro de potência de Ondeleta (EPO). Contornos sombreados correspondem a variâncias normalizadas ao nível de confiança de 95%. A curva em forma de U representa o cone de influência, sob a qual o efeito de borda é importante; c) Espectro de potência global (EPG), com o contorno tracejado indicando que o EPG é significativo ao nível de confiança de 95%. 57

- Figura 7** – a) Índice de Prp da macrorregião Agreste, representado pelo município de Traipu para o período de 1987 a 2017; b) Espectro de potência de Ondeleta (EPO). Contornos sombreados correspondem a variâncias significativas ao nível de confiança de 95%. A curva em forma de U representa o cone de influência, sob a qual o efeito de borda é importante; c) Espectro de potência global (EPG), com o contorno tracejado indicando que o EPG é significativo ao nível de confiança de 95%. 59
- Figura 8** – a) Média dos índices de Prp da macrorregião Alto Sertão para o período de 1987 a 2017; b) Espectro de potência de Ondeleta (EPO). Contornos sombreados correspondem a variâncias significativas ao nível de confiança de 95%. A curva em forma de U representa o cone de influência, sob a qual o efeito de borda é importante; c) Espectro de potência global (EPG), com o contorno tracejado indicando que o EPG é significativo ao nível de confiança de 95%. 60
- Figura 9** – a) Média dos índices de Prp da macrorregião Baixo São Francisco para o período de 1987 a 2017; b) Espectro de potência de Ondeleta (EPO). Contornos sombreados correspondem a variâncias significativas ao nível de confiança de 95%. A curva em forma de U representa o cone de influência, sob a qual o efeito de borda é importante; c) Espectro de potência global (EPG), com o contorno tracejado indicando que o EPG é significativo ao nível de confiança de 95%. 61
- Figura 10** – a) Média dos índices de Prp da macrorregião Médio Sertão para o período de 1987 a 2017; b) Espectro de potência de Ondeleta (EPO). Contornos sombreados correspondem a variâncias significativas ao nível de confiança de 95%. A curva em forma de U representa o cone de influência, sob a qual o efeito de borda é importante; c) Espectro de potência global (EPG), com o contorno tracejado indicando que o EPG é significativo ao nível de confiança de 95%. 62

- Figura 11** – a) Média dos índices de Prp da macrorregião Norte para o período de 1987 a 2017; b) Espectro de potência de Ondeleta (EPO). Contornos sombreados correspondem a variâncias significativas ao nível de confiança de 95%. A curva em forma de U representa o cone de influência, sob a qual o efeito de borda é importante; c) Espectro de potência global (EPG), com o contorno tracejado indicando que o EPG é significativo ao nível de confiança de 95%. 63
- Figura 12** – a) Média dos índices de Prp da macrorregião Planalto de Borborema para o período de 1987 a 2017; b) Espectro de potência de Ondeleta (EPO). Contornos sombreados correspondem a variâncias significativas ao nível de confiança de 95%. A curva em forma de U representa o cone de influência, sob a qual o efeito de borda é importante; c) Espectro de potência global (EPG), com o contorno tracejado indicando que o EPG é significativo ao nível de confiança de 95%. 64
- Figura 13** – a) Média dos índices de Prp da macrorregião Serrana dos Quilombos para o período de 1987 a 2017; b) Espectro de potência de Ondeleta (EPO). Contornos sombreados correspondem a variâncias significativas ao nível de confiança de 95%. A curva em forma de U representa o cone de influência, sob a qual o efeito de borda é importante; c) Espectro de potência global (EPG), com o contorno tracejado indicando que o EPG é significativo ao nível de confiança de 95%. 65
- Figura 14** - a) Índice de Prp da macrorregião Tabuleiro do Sul, representado pelo município de Coruripe para o período de 1987 a 2017; b) Espectro de potência de Ondeleta (EPO). Contornos sombreados correspondem a variâncias significativas ao nível de confiança de 95%. A curva em forma de U representa o cone de influência, sob a qual o efeito de borda é importante; c) Espectro de potência global (EPG), com o contorno tracejado indicando que o EPG é significativo ao nível de confiança de 95%. 66

Figura 15 - Comparação da produção de cana de açúcar em toneladas para a região Metropolitana em anos de El Niño e La Niña, para o período 1987 a 2017.	73
Figura 16 - Comparação da produção de cana de açúcar em toneladas das macrorregiões de Alagoas em anos de El Niño, para o período 1987 a 2017.	75
Figura 17 - Comparação da produção de cana de açúcar em toneladas das macrorregiões de Alagoas em anos de La Niña, para o período 1987 a 2017.	77
Figura 18 - Comparação da produção de coco em toneladas para o estado de Alagoas em anos de El Niño e La Niña, para o período 1987 a 2017	78
Figura 19 - Comparação da produção de coco em toneladas das macrorregiões de Alagoas em anos de El Niño, para o período 1987 a 2017.	79
Figura 20 - Comparação da produção de coco em toneladas das macrorregiões de Alagoas em anos de La Niña, para o período 1987 a 2017.	80
Figura 21 - Comparação da produção de mandioca em toneladas para o estado de Alagoas em anos de El Niño e La Niña, para o período 1987 a 2017.	82
Figura 22 - Comparação da produção de mandioca em toneladas das macrorregiões de Alagoas em anos de El Niño, para o período 1987 a 2017.	83
Figura 23 - Comparação da produção de mandioca em toneladas das macrorregiões de Alagoas em anos de La Niña, para o período 1987 a 2017.	85
Figura 24 - Comparação da produção de milho em toneladas para o estado de Alagoas em anos de El Niño, para o período 1987 a 2017.	86
Figura 25 - Comparação da produção de milho em toneladas das macrorregiões de Alagoas em anos de El Niño, para o período 1987 a 2017.	87
Figura 26 - Comparação da produção de milho em toneladas das macrorregiões de Alagoas em anos de La Niña, para o período 1987 a 2017	89

Figura 27 - Distribuição espacial da média da produção de cana de açúcar para o período (1987/2017), em toneladas, para o estado de Alagoas.	90
Figura 28 - Distribuição espacial da média da produção de cana de açúcar para eventos de El Niño Forte, em toneladas, para o estado de Alagoas.	90
Figura 29 - Distribuição espacial da média da produção de cana de açúcar para eventos de El Niño Moderado, em toneladas, para o estado de Alagoas	90
Figura 30 - Distribuição espacial da média da produção de cana de açúcar para eventos de El Niño Fraco, em toneladas, para o estado de Alagoas.	90
Figura 31 - Distribuição espacial da média da produção de cana de açúcar para eventos de La Niña Forte, em toneladas, para o estado de Alagoas.	91
Figura 32 - Distribuição espacial da média da produção de cana de açúcar para eventos de La Niña Moderada, em toneladas, para o estado de Alagoas.	91
Figura 33 - Distribuição espacial da média da produção de cana de açúcar para eventos de La Niña Fraca, em toneladas, para o estado de Alagoas.	91
Figura 34 - Distribuição espacial da média da produção de coco para o período (1987/2017), em toneladas, para o estado de Alagoas.	92
Figura 35 - Distribuição espacial da média da produção de coco para eventos de El Niño Forte, em toneladas, para o estado de Alagoas.	92
Figura 36 - Distribuição espacial da média da produção de coco para eventos de El Niño Moderado, em toneladas, para o estado de Alagoas	93
Figura 37 - Distribuição espacial da média da produção de coco para eventos de El Niño Fraco, em toneladas, para o estado de Alagoas.	93
Figura 38 - Distribuição espacial da média da produção de coco para eventos de La Niña Forte, em toneladas, para o estado de Alagoas.	93

- Figura 39** - Distribuição espacial da média da produção de coco para eventos de La Niña Moderada, em toneladas, para o estado de Alagoas. 93
- Figura 40** - Distribuição espacial da média da produção de coco para eventos de La Niña Fraca, em toneladas, para o estado de Alagoas. 93
- Figura 41** - Distribuição espacial da média da produção de mandioca para o período (1987/2017), em toneladas, para o estado de Alagoas. 94
- Figura 42** - Distribuição espacial da produção de mandioca para eventos de El Niño Forte, em toneladas, para o estado de Alagoas. 94
- Figura 43** - Distribuição espacial da produção de mandioca para eventos de El Niño Moderado, em toneladas, para o estado de Alagoas. 94
- Figura 44** - Distribuição espacial da produção de mandioca para eventos de El Niño Fraco, em toneladas, para o estado de Alagoas. 94
- Figura 45** - Distribuição espacial da produção de mandioca para eventos de La Niña Forte, em toneladas, para o estado de Alagoas. 95
- Figura 46** - Distribuição espacial da produção de mandioca para eventos de La Niña Moderada, em toneladas, para o estado de Alagoas. 95
- Figura 47** - Distribuição espacial da produção de mandioca para eventos de La Niña Fraca, em toneladas, para o estado de Alagoas. 96
- Figura 48** - Distribuição espacial da média da produção de milho para o período (1987/2017), em toneladas, para o estado de Alagoas. 97
- Figura 49** - Distribuição espacial da produção de milho para eventos de El Niño Forte, em toneladas, para o estado de Alagoas. 97
- Figura 50** - Distribuição espacial da produção de milho para eventos de El Niño Moderado, em toneladas, para o estado de Alagoas. 97

- Figura 51** - Distribuição espacial da produção de milho para eventos de El Niño Fraco, em toneladas, para o estado de Alagoas. 97
- Figura 52** - Distribuição espacial da produção de milho para eventos de La Niña Forte, em toneladas, para o estado de Alagoas. 98
- Figura 53** - Distribuição espacial da produção de milho para eventos de La Niña Moderada, em toneladas, para o estado de Alagoas. 98
- Figura 54** - Distribuição espacial da produção de milho para eventos de La Niña Fraca, em toneladas, para o estado de Alagoas. 99

LISTA DE QUADROS

- Quadro 1** - Macrorregiões do estado de Alagoas e seus respectivos municípios. 44
- Quadro 2** - Municípios que apresentam séries históricas de precipitação dos anos de 1987 a 2017, agrupados em suas receptivas macrorregiões pertencentes ao estado de Alagoas. 48

LISTA DE TABELA

Tabela 1 -	Anos de El Niño utilizados no estudo.	53
Tabela 2 –	Anos de La Niña utilizados no estudo.	53
Tabela 3 -	Coeficiente de correlação linear entre variáveis de quantidade produzida e precipitação do município de Maceió. O teste de T-Student não apontou nenhuma correlação com significância estatística nesta análise.	69
Tabela 4 -	Coeficiente de correlação linear entre variáveis de quantidade produzida e precipitação do município de Marechal Deodoro. O teste de T-Student não apontou nenhuma correlação com significância estatística nesta análise.	70
Tabela 5 -	Coeficiente de correlação linear entre variáveis de quantidade produzida e precipitação do município de Rio Largo. O teste de T-Student mostra as correlações que apresentaram significância estatística.	72

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AL	Alagoas
ANA	Agência Nacional das Águas
AO	Análise de Ondeletras
BA	Bahia
CPTEC	Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
EN	El Niño
ENOS	El Niño Oscilação Sul
EUA	Estados Unidos da América
EPG	Espectro de Potência Global
EPO	Espectro de Potência de Ondeletra
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
ICAT	Instituto de Ciências Atmosféricas
INMET	Instituto Nacional Meteorologia
IPCC	International Panel on Climate Change
LN	La Niña
LSPA	Levantamento Sistemático da Produção Agrícola
MG	Minas Gerais
NEB	Nordeste Brasileiro
ODP	Oscilação Decadal do Pacífico
PE	Pernambuco
PIB	Produto Interno Bruto
PPGMET	Programa de Pós-Graduação em Meteorologia

PRP	Precipitação
RA	Região Agreste
RAS	Região Alto do Sertão
RBSF	Região Baixo São Francisco
RMS	Região Médio Sertão
RM	Região Metropolitana
RN	Região Norte
RPB	Região Planalto da Borborema
RSQ	Região Serrana dos Quilombos
RTS	Região Tabuleiro do Sul
SE	Sergipe
SEPLAG	Secretária do Estado do Planejamento, Gestão e Patrimônio
SP	São Paulo
SPSS	Statistical Package for the Social Sciences
Ton	Toneladas
TSM	Temperatura da superfície do Mar
UFAL	Universidade Federal de Alagoas

LISTA DE EQUAÇÕES

Equação 1 - Anomalia de variáveis calculadas a partir da climatologia mensal e normalização através dos respectivos desvio-padrões.	49
Equação 2 - Função de Morlet.	50
Equação 3 - Coeficiente de Correlação de Pearson.	51
Equação 4 - Cálculo do percentil de acordo com teste de T-Student.	52

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	23
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	25
2.1. Impactos climáticos na produção agrícola	25
2.1.1. Perdas	27
2.1.2. Fenômenos climáticos e seus impactos sobre a produção agrícola	28
2.1.2.1. El Niño e La Niña	28
2.1.2.2. ODP e Dipolo do Atlântico	30
2.1.2.3. Manchas Solares	32
2.1.3. Eventos extremos e suas importâncias dos setores agrícolas	32
2.1.3.1. Chuvas	32
2.1.3.2. Secas	34
2.1.4. Estudos para o Brasil, Nordeste e Alagoas	36
2.2. Análise de Ondeleta / Ondaleta ou Wavelet	38
3. METODOLOGIA	41
3.1. Área de estudo	41
3.1.1. Estado de Alagoas	41
3.1.1.1. Macrorregiões de Alagoas	43
3.1.1.2. Características gerais das macrorregiões do estado de Alagoas	45
3.2. Dados	47
3.3. Métodos de estudo	48
3.3.1. Análise de Ondeleta/ Ondaleta ou Wavelet	49
3.3.2. Correlação dos dados de precipitação com os dados de produção agrícola	50

3.3.3. Produção agrícola mediante ocorrência de ENOS	52
4. RESULTADOS	54
4.1. Identificação das causas dos eventos extremos nas macrorregiões de Alagoas..	54
4.1.1. Análise das Ondeletas para a macrorregião Metropolitana de Alagoas.....	54
4.1.1.1. Análises e Ondeletas para as demais macrorregiões de Alagoas	58
4.2. Correlações	67
4.2.1. Correlações para a macrorregião Metropolitana	67
4.3. Impactos dos ENOS nas produções agrícolas das macrorregiões alagoanas	72
4.3.1. Cana de açúcar	72
4.3.2. Coco	77
4.3.3. Mandioca	81
4.3.4. Milho	85
4.4. Distribuição espacial das produções das principais culturas do estado durante ENOS	89
4.4.1. Cultura da cana de açúcar	89
4.4.2. Cultura do coco	92
4.4.3. Cultura da mandioca	94
4.4.4. Cultura do milho	96
5. CONCLUSÃO	100
6. REFERÊNCIAS	102

1. INTRODUÇÃO

Apesar dos crescentes avanços tecnológicos, o clima é um dos elementos mais decisivos para a agricultura, tão importante quanto o solo e o tipo de cultura que será plantada. Em certas regiões do país, o clima é favorável para a escolha de determinados tipos de cultivos, enquanto em outras a área agricultável é restrita pelo fator clima.

Fenômenos climáticos extremos estão influenciando cada vez mais as nossas vidas, e estão se tornando uma ameaça para o mundo devido ao aquecimento global. Os agricultores, dependentes do clima para o plantio, precisam estar cientes de que estes fenômenos podem causar e como eles ocorrem cada vez mais intensificados. Os fenômenos El Niño e La Niña, por exemplo, produzem impactos diretos nos totais pluviométricos registrados numa região, o que é fundamental para o agricultor realizar um planejamento e adotar medidas que visem um menor prejuízo, diante desta situação.

Na agricultura de eficiência e competitividade é essencial saber lidar com riscos, que é o que realmente faz a diferença para o sucesso da atividade. Por isso, o gerenciamento de riscos deve ser considerado pelos produtores, pelos assistentes técnicos, pelos pesquisadores, pelos extensionistas rurais, pelos políticos e pelos planejadores de políticas agrícolas. A variabilidade climática não prevista pode ser considerada como a principal causa de risco para o fator produção. A ela, ficam condicionados a resposta do potencial genético da cultivar utilizada, o resultado do uso de adubo, o surgimento de doenças e de pragas, entre vários outros fatores. Assim, na escolha e manejo de culturas, uma grande atenção deve ser dada às questões climáticas, sua variabilidade natural e suas projeções para a estação de crescimento, particularmente para aquelas decisões em que há alternativas de escolha.

Diante da temática atual e pertinente das mudanças climáticas, vários setores da sociedade visam avaliar quais são os impactos na alteração do clima e como estas mudanças podem alterar suas atividades socioeconômicas. Devido à grande importância da agricultura no Brasil, já existem trabalhos nesse contexto, relacionando o clima atual e futuro com a influência na produção em diversas culturas agrícolas. Entretanto, observa-se que existem poucos trabalhos no tocante da análise dos efeitos climáticos associando os mesmos às produções agrícolas do estado, principalmente para o estado de Alagoas.

Apesar de Alagoas não ter uma grande participação na economia brasileira, com um PIB de R\$ 46,364 bilhões (NOTA TÉCNICA, 2017), esse valor poderia ser maior consideravelmente as perdas agrícolas pelo fator da variabilidade climática. Segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e estatística (IBGE) as principais culturas agrícolas do estado de Alagoas com as maiores produções são as culturas da cana de açúcar, com uma produção de 13.625.617 toneladas (Ton) (IBGE, 2017a), a mandioca com 124.180 Ton (IBGE, 2017b), o milho com 37.290 Ton (IBGE, 2017c) e a produção do coco com 20.697 Ton (IBGE, 2017d).

Segundo o ranking das quantidades produzidas das culturas agrícolas dos estados do Brasil, Alagoas ocupa a sétima posição no ranking na produção de cana de açúcar (IBGE, 2017a), a produção de milho em Alagoas ocupa a vigésima primeira posição no ranking (IBGE, 2017c), na cultura da mandioca Alagoas ocupa a nona posição no ranking (IBGE, 2017b) e por fim Alagoas ocupa a vigéssima sétima posição no ranking dos estados do Brasil em produção de coco (IBGE, 2017d).

De acordo com os dados apresentados por Teracines (2011), as perdas agrícolas ocorridas advindas do El Niño nos anos de 1997 e 1998, somaram cerca de R\$ 3,5 bilhões e segundo o autor, neste mesmo período, a região Nordeste foi a mais afetada, tendo sua produção agrícola sofrido uma perda de aproximadamente 15 bilhões de toneladas.

Segundo o IPEA (2018), a região do MATOPIBA, conhecida como a nova fronteira agrícola, formada pelos estados do Maranhão, Tocantins, Piauí e Bahia, apresentou uma queda em sua produção agrícola na ordem de 35,66%, em decorrência da seca provocada pelo fenômeno El Niño nos anos de 2015 e 2016, considerado como sendo o fenômeno mais intenso dos últimos 50 anos, segundo informações do NOAA (2018).

A Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA, 2011) analisou os impactos que o aquecimento global poderá causar nas principais culturas agrícolas no país nas próximas décadas e concluíram que o aquecimento global provocar perdas nas safras de grãos de R\$ 7,4 bilhões, no ano de 2020, esse número pode subir para R\$ 14 bilhões em 2070 e alterar consideravelmente a geografia da produção agrícola no Brasil.

Diante disto, esta pesquisa tem o objetivo de analisar os efeitos da variabilidade climática sobre as culturas da cana de açúcar, do coco, da mandioca e do milho do estado de Alagoas, identificando as causas desta variabilidade e seus impactos sobre a produção dessas culturas.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. Impactos climáticos na produção agrícola

Os danos causados sobre a agricultura pelos fenômenos El Niño, La Niña, Dipolo do Atlântico, El Niño-Oscilação Sul (ENOS), dependem muito do tipo de cultura, do tipo de solo e da época do calendário agrícola, na qual a precipitação pode apresentar-se como acima da média, abaixo da média ou dentro dos valores normais, comprometendo a disponibilidade hídrica da região (FERREIRA e MELLO, 2005).

Por este motivo é importantíssimo que seja realizado um planejamento para as atividades agrícolas, para que os períodos de maiores riscos de erosão em anos de extrema chuva coincidam com maior cobertura vegetal do solo (COGO et al., 2006). Em Uruguaiana, Rio Grande do Sul, por exemplo, no período de 1963 a 1991, nos meses de outubro a abril, foram registrados 67 % da precipitação total anual e o índice de erosividade anual correspondeu a 77,5% (ELTZ et al., 1977; HICKMANN et al., 2008).

Portanto, estratégias de adaptação das culturas agrícolas às mudanças climáticas têm recebido atenção especial em muitas pesquisas e em discussões políticas, visando reduzir a vulnerabilidade dos sistemas produtivos, a qual pode se diferenciar, dependendo do local de exploração. Considerações sobre as modificações do ambiente e dos padrões de produção, bem como a contínua demanda por alimentos, têm exigido a aplicação de técnicas que permitam avaliar os possíveis efeitos das alterações do clima. As mudanças climáticas podem afetar o setor agrícola por meio da redução da disponibilidade e aumento dos preços de grãos, pela alteração na distribuição de pragas e doenças e pela diminuição da qualidade e da produção, pela diminuição de áreas aptas ao plantio, devido a desertificação já observada em diversas áreas (HAHN, 1999; WEST et al., 2003; AVENDAÑO-REYES et al., 2006; GARCÍA-ISPIERTO et al., 2006; SIROHI e MICHAELOWA, 2007 Apud THIERES e DA SILVA et al., 2009; MARIN e NASSIF, 2013).

Araújo (2012) estudou os eventos climáticos extremos resultantes dos fenômenos de El Niño e La Niña sobre a produção agrícola das regiões Nordeste e Sul do Brasil, e concluiu que o Nordeste teve níveis de precipitação acima da média e temperaturas ligeiramente amenas, e o estado da Bahia apresentou as maiores perdas na produção média agrícola. Notou-se também que no semiárido nordestino as lavouras de milho, mandioca e cana de açúcar, foram beneficiadas nas suas produções, com exceção do feijão, em anos de La Niña.

A variabilidade e a mudança climática causadas por processos naturais e antropogênicos afetam o processo produtivo e o modo de vida das pessoas, no século 21. As estimativas recentes de aumento de temperatura do IPCC no quarto relatório de avaliação, mostrou que, os países dependentes dos recursos naturais e exportadores de commodities, como é o caso do Brasil, podem sofrer os impactos de eventos extremos, resultando em danos econômicos. Por exemplo, o aumento na temperatura do ar para a cana de açúcar é benéfico para relações hídricas solo-planta-atmosfera, pois o aumento na temperatura e CO₂ pode aumentar as taxas fotossíntese, entretanto é conveniente mencionar que com as alterações climáticas serão necessárias alterações no manejo da cultura, pois aumenta-se o ataque de pragas e doenças (MARIN e NASSIF, 2013).

O desempenho da atividade agrícola é totalmente dependente de elementos climáticos como: temperatura, pluviosidade, umidade do solo, radiação solar, entre outros fatores. Essa variação meteorológica afeta a produção agrícola de diversas formas como: modificando a intensidade e severidade dos ataques de pragas e doenças, alterando os processos fisiológicos das culturas, afetando conseqüentemente a quantidade e qualidade do produto final (PEREIRA et al., 2002; MAVI e TUPPER, 2004).

Segundo o IPCC (2007a) a variabilidade climática ocasiona fortes quebras em safras agrícolas. As medidas preventivas dependem do monitoramento do clima e do desenvolvimento de variedades adaptadas a climas mais secos, como consequência requer grandes recursos financeiros e tecnológicos. O prolongamento de períodos de estiagem durante os verões e a ocorrência de veranicos, afetam a produção agrícola e é possível que grandes áreas produtoras de grãos passem a sofrer com secas e ondas de calor mais corriqueiras. Países pobres da África e da Ásia seriam os mais afetados e os grandes produtores agrícolas, como é o caso do Brasil, também sentiriam tais efeitos. A agricultura é uma atividade econômica que depende diretamente dos elementos e dos fatores climáticos. Qualquer mudança no clima pode afetar e modifica o zoneamento agrícola, na produtividade e nas técnicas de manejo.

Por outro lado, períodos de estiagens no sul do Brasil, que não são exclusividade do fenômeno La Niña, como os exemplos dos anos de 1990, 1991, 2004 e 2005, causam sérios problemas às culturas de verão. O milho e soja, por exemplo, foram os mais afetados. Nessas culturas os rendimentos são favorecidos pelo fenômeno El Niño, em função de chuvas acima do normal, no período primavera-verão. Por isso, os reflexos na agricultura podem ser diferenciados nas ocorrências dos episódios do El Niño ou de La Niña, reforçando a importância dos indicativos

probabilísticos de distribuição de chuvas locais, com vistas a subsidiar a tomada de decisões pela assistência técnica e pelos produtores rurais (CUNHA et al., 2011).

2.1.1. Perdas

A Bahia, o maior produtor de milho da região Nordeste, apresentou um número elevado de municípios, durante o ano de 2011, que tiveram suas atividades agrícolas prejudicadas nos níveis de produção, tendo suas lavouras totalmente comprometidas. De acordo com o Levantamento Sistemático da Produção Agrícola – LSPA, em 2011, a produção de milho no estado apresentou perdas de 12,7%, em sua maioria conduzida pelas secas (IBGE, 2011).

Cirino et al. (2012) verificaram que essas perdas são potencializadas para a região Nordeste, nos anos de El Niño, ou seja, anos que as secas são mais intensas. Resultados como esses sugerem que as perdas na produtividade de Milho, da ordem de 40%, possam chegar por conta da ocorrência do El Niño, até a 60% de perdas na produção de milho no estado da Bahia.

Dos Santos et al. (2013) concluíram, para o município de Triunfo (PE), que as quantidades produzidas de cana-de-açúcar e de mandioca tiveram uma queda devido ao clima seco. As 18.000 toneladas de cana de açúcar, obtidas em 2011, caíram para 8.750 Ton, no ano de 2012, e as 100 Ton de mandioca produzidas em 2011, caíram para 56 Ton, no ano de 2012. Os autores enfatizaram também que a grande déficit hídrico ocorrido no ano de 2012 foi o elemento fundamental para a queda na produção e conseqüentemente, na renda dos pequenos agricultores de Triunfo.

Qualquer alteração em qualquer elemento climático pode afetar diretamente na produtividade agrícola, seja ela praticada de forma tradicional (sequeiro), ou até mesmo irrigada (SOUZA, 2013). Os efeitos da seca são sentidos principalmente por pequenos produtores e agricultores familiares. Esse fato é preocupante, já que no Brasil cerca de 48% dos estabelecimentos agrícolas têm, no máximo, 10 hectares; se for considerada a agricultura de subsistência, esse valor pode chegar a 84%. Somente no Nordeste estão localizados 50% dos estabelecimentos de agricultura familiar. Além disso, a agricultura de subsistência representa 75% da força de trabalho agrícola e é responsável por cerca de 10% do PIB nacional (GUILHOTO et al., 2007 Apud ARAÚJO et al., 2013).

Segundo Souza (2013) a seca observada no Nordeste do Brasil em 2012 ocasionou fortes impactos na agropecuária com perdas na produção agrícola de grãos nas culturas de milho e feijão.

Araújo et al. (2013) concluíram que no caso do cultivo do milho, os municípios dos estados da Paraíba e da Bahia foram os mais prejudicados, com cerca de 40% de redução na produção. Todavia, entre os estados de Paraíba e Bahia, as perdas registradas na Bahia são bastante preocupantes, uma vez que a mandioca e o milho são produzidos por pequenos agricultores familiares.

Pereira e Cuellar (2014) observaram os impactos ambientais e socioeconômicos da seca entre os anos de 2012 a 2014, no Baixo Jaguaribe, Ceará. Concluíram que no perímetro irrigado de Tabuleiro de Russas, no ano de 2014, houve uma redução de 50% da água para a cultura do arroz e 8,5% para o cultivo de frutas, decorrente da seca. A partir disso foi priorizado o abastecimento humano na região Metropolitana de Fortaleza, e a agricultura familiar baseada em lavouras temporárias como o milho, feijão e mandioca sofreram uma perda que varia de 60 a 80% da produção.

2.1.2. Fenômenos climáticos e seus impactos sobre a produção agrícola

2.1.2.1. El Niño e La Niña

Os fenômenos que acontecem entre oceano e atmosfera vêm cada vez mais sendo estudados em diferentes partes do mundo. Entre eles, os que são mais conhecidos são os fenômenos que estão relacionados aos impactos dos oceanos no clima global, como o El Niño e a La Niña (GRIMM et al., 1998; CATALDI et al., 2010).

O El Niño foi originalmente reconhecido por pescadores na costa da América do Sul com o aparecimento de água anormalmente mais quente no Oceano Pacífico, chegando ao grau máximo no final do ano, quando se comemora o Natal, ou seja, o nascimento do menino Jesus Cristo. El Niño significa “o menino” em espanhol, e é caracterizado por uma oscilação do sistema oceano-atmosfera no Oceano Pacífico Tropical Central e Leste, da América do Sul. A fase quente do ENOS, acontece pelo simples aquecimento anômalo ou anormal destas águas e provoca sérias e importantes consequências no tempo atmosférico em todo o globo terrestre (NOAA, 2011).

O aquecimento, e o seu resfriamento, dura em torno de 12 a 18 meses, tendo início no primeiro trimestre do ano, até atingir sua máxima intensidade em dezembro até janeiro do ano subsequente, finalizando até a metade do segundo ano (DA SILVA, 2009; FOLI e COSTA, 2015).

As anomalias climáticas correlacionadas com o fenômeno ENOS são de caráter persistentes e duram vários meses, principalmente na atmosfera tropical. Podendo causar secas em alguns lugares como Indonésia, Austrália e no Nordeste Brasileiro. Já no Peru, Equador e Ilhas do Pacífico Central e Leste, ocorre o contrário, eventos extremos de chuvas. Existem também anomalias em latitudes extratropicais, como as temperaturas no Alasca, no Sudeste da Ásia, no Sul e Sudeste do Brasil e chuvas acima do normal no Sudeste e Sul do Brasil, Uruguai e Norte da Argentina (CPTEC, 2010).

Em eventos muito fortes de El Niño a TSM pode chegar, em média, 2 a 5°C acima do normal, ao tocante que nos eventos muito fortes de La Niña, as temperaturas podem diminuir de 1 a 4°C abaixo do normal (WOLTER e TIMLIN, 2011).

Existem cerca de 20 regiões no mundo, cujo os climas são afetados pelas fases do ENOS, tendo como exemplo o caso do Brasil, a parte Norte da região Nordeste, o Leste da Amazônia e a região Sul. As anomalias de chuva relacionadas com El Niño e La Niña atingem as mesmas regiões nos mesmos períodos do ano de forma oposta (CUNHA et al.,2011).

Carvalho et al. (2013) determinaram a probabilidade das ocorrências de períodos secos no município de Rio Largo, pertencente ao estado de Alagoas, e a relacionou com os fenômenos, El Niño Oscilação Sul. Os mesmos notaram a forte influência de eventos de ENOS (El Niño Oscilação Sul) na frequência dos períodos secos da região. Esses eventos provocam mudanças significativas nas ocorrências de períodos secos, sendo que anos com episódios de El Niño intensificam a frequência de períodos secos (10 a 60%), enquanto eventos de La Niña reduzem essa frequência (0 a 45%).

Ao contrário do El Niño, o La Niña se caracteriza por temperaturas anormalmente frias. Philander (1990) e Marin e Sentelhas (1997) relataram que a fase fria da Oscilação Sul é denominada de La Niña e descreve que esta ocorre como consequência do resfriamento anormal da corrente de Humboldt. Em anos de La Niña, a região Sul do Brasil sofre com as terríveis secas e na região Nordeste do Brasil há extremos de chuvas.

Segundo o CPTEC (2000), o fenômeno La Niña também pode variar de intensidade. Em denotação geral, o fenômeno começa a se desenvolver em meados de um ano vigente, atinge seu máximo no final daquele ano, dissipando-se na metade do ano seguinte, perdurando por um período de 10 e 15 meses.

Nos períodos de La Niña há um considerável fortalecimento dos ventos alísios superiores ao da fase normal, que representa as águas quentes do Oceano Pacífico Equatorial na Costa Asiática. Em contrapartida, na região da Costa Sul-Americana, ocorre a ressurgência das águas frias localizadas anteriormente ao início do evento sob grandes profundidades. Seus impactos, costumam ser opostos aos do El Niño, como já esperado. Entretanto, nem todos os casos apresentam os mesmos comportamentos. O período de retorno de ambas as fases não está bem definido, podendo se estender por um período de dois a sete anos (TRENBERTH, 1997; DETTINGER et al., 2001; BARRY e CHORLEY, 2013 Apud VALENTE, 2018).

2.1.2.2. ODP e Dipolo do Atlântico

O fenômeno oceano-atmosférico intitulado como Dipolo do Atlântico, causa variação nas precipitações observadas na região Nordeste do Brasil e também na África. O Dipolo do Atlântico é uma mudança anômala na TSM no Oceano Atlântico Tropical. Esse fenômeno é conhecido por gerar uma alteração na circulação meridional da atmosfera (Célula de Hadley) e influencia também na formação de nuvens no Nordeste brasileiro e em alguns outros países do continente africano, fazendo com que ocorra uma variação na precipitação (CUNHA et al., 2011).

Já em relação as águas do Oceano Atlântico Tropical Norte quando ficam mais quentes (fase positiva) e as águas do Atlântico Equatorial e Atlântico Tropical Sul ficam mais frias (fase negativa), ocasionam os movimentos descendentes anômalos sobre o Nordeste do Brasil e em alguns outros países da África Ocidental, não permitindo a formação de nuvens e diminuindo a precipitação, podendo causar secas. Em situações inversas, a convecção se torna consideravelmente ativa acelerando a formação de nuvens intensificando a precipitação, podendo provocar até enchentes, em muitas ocasiões (HASTENRATH e HELLER, 1977; MOURA e SHUKLA, 1981; ARAGÃO, 1998 Apud NÓBREGA; SANTIAGO e SOARES, 2016).

Souza, Alves e Repelli (1998) chegaram à conclusão que nos anos de Dipolo positivo ocorreram desvios negativos de cerca de 10 a 40% na precipitação do semiárido nordestino, e em anos de dipolo negativo os desvios positivos variaram em torno de 10 a 50%. Tomando isso como base, concluíram que as influências do Dipolo do Atlântico, com as suas determinadas fases, são tão importantes quanto à influência do El Niño Oscilação Sul.

Andreoli e Kayano (2007) concluíram que quando o Dipolo do Atlântico está na fase negativa há um favorecimento de precipitação acima da média sobre o Nordeste, do contrário, em sua fase positiva, há o favorecimento de precipitação abaixo da média.

Bezerra, Cavalcanti e Neves (2006 Apud PEDRA, 2011) estudaram a energia estática no perfil vertical da atmosfera em anos de El Niño Oscilação Sul e anos com o Dipolo do Atlântico tentando encontrar a influência desses fenômenos no ganho de energia em cada situação. Chegaram à conclusão que a precipitação no Norte e no Nordeste brasileiro é bem mais sensível aos eventos ocorridos no Oceano Pacífico, principalmente em seu período positivo.

Já alguns estudos observacionais e estatísticos realizados por simulações numéricas mostraram que existe um padrão de anomalias da TSM sobre o Oceano Atlântico quando há Dipolo do Atlântico, e que este padrão está vinculado com as anomalias de precipitações sobre as regiões Nordeste e Norte do Brasil (HASTENRATH e HELLER, 1977; MOURA e SHUKLA (1981), SERVAIM (1991), NOBRE e SHUKLA (1996), Apud NOBREGA; SANTIAGO, 2014).

A Oscilação Decadal do Pacífico é a flutuação da Temperatura da Superfície do Mar no Pacífico em uma escala de Tempo interdecadal. Pode ser descrito também como um evento El Niño – Oscilação Sul de longa duração (MANTUA et al., 1997, CERA; FERRAZ e BENDER, 2009). O índice de ODP foi desenvolvido por Hare (1996) e Zhang (1996) e é definido como a diferença entre as anomalias observadas e a média global da anomalia da TSM (HARE, 1996; ZHANG, 1996 Apud CERA; FERRAZ e BENDER, 2009).

Durante a permanência da fase positiva da ODP, há uma tendência de maior número de episódios de El Niño e bem mais intensos, e uma menor frequência de La Niña e bem menos intensa. Já na outra fase, que é a negativa, há uma maior ocorrência de episódios de La Niña, que tendem a ser bem mais intensos, e com menor frequência de El Niño, os quais apresentam-se de formas mais rápidas e curtas (ANDREOLI e KAYANO, 2005).

Já em Oliveira e Souza (2008) foram avaliados quatro locais do Rio Grande do Sul, nos quais foram analisados os dados totais de precipitação anual e séries temporais do índice de ODP, para analisar a influência na precipitação. Os locais analisados foram Caxias do Sul, Pelotas, Santo Ângelo e Uruguaiana e obteve-se uma boa correlação da ODP e o Índice de padronização da precipitação, ou seja, os desvios de precipitação anual, para todos os locais. Entretanto, Caxias do Sul teve a maior correlação positiva, porém com valores bem menores, mostrando que

não existe influência da ODP nesses municípios e para Uruguaiana não houve nenhuma correlação significativa.

A ODP pode ser dividida em duas fases, conhecida como a fase fria e a fase quente e esse fenômeno pode durar cerca de 20 a 30 anos, que pode ser por anos seguidos ou por vezes ao longo de duas décadas, semelhante ao fenômeno El Niño - ENOS, porém com um padrão de baixa frequência, variando em uma escala de tempo interdecadal, onde as temperaturas da superfície do mar tornam-se mais frias e mais quente (MANTUA et al., 1997 apud BARRETO, 2009).

2.1.2.3. Manchas Solares

As manchas solares ocorrem na superfície do Sol na fotosfera a temperatura de emissão chega até aproximadamente 5780 K. O centro de uma mancha solar tem em torno de 1700 K de emissão de temperatura que se torna mais fria que a média da fotosfera, de tal maneira que a emissão de energia chega apenas a 25% da média. A escuridão dessas manchas acontece porque a uma interrupção do fluxo de energia em direção normal e para fora do disco solar, isso acontece devido as fortes perturbações do campo magnético. Essas manchas têm características peculiares por serem transientes e de range de escala de poucas dezenas ou até centenas de milhares de quilômetros, e sua duração varia de um ou dois dias, a meses, tendo um tempo médio de uma ou duas semanas. A área do disco visível que é coberta por mancha corresponde de 0 a 0,1%. As manchas solares escuras são acompanhadas por regiões brilhantes chamadas flares (LIMA, 2017).

Stager et al. (2007) concluíram que os períodos de aproximadamente onze anos também ocorrem ENOS, que por sua vez possui o dobro de frequência média de ocorrência que o ciclo solar.

O ciclo solar de onze anos foi encontrado nas análises dos dados climáticos da Terra, e a atividade solar que é inferida como um fator externo que possivelmente afetar o ENOS (LABITZKE e VAN LOON, 1988; TINSLEY et al., 1989; GLEISNER e THEJLL, 2003; ZHOU et al., 2013; SOON et al., 2014 apud LIMA, 2017).

2.1.3. Eventos extremos e suas importâncias nos setores agrícolas

2.1.3.1. Chuvas

Segundo a Agência Nacional das Águas (ANA, 2010) o evento extremo de chuva, mais conhecido é chamado de enchente, é o tipo de desastre natural que ocorre com maior frequência

e é o maior causador de prejuízos, seja material ou na própria vida humana, de quem é atingido pelo mesmo.

Inundações e enchentes são problemas geoambientais e esses termos são derivados de fenômenos ou perigos naturais de carácter hidrometeorológico ou hidrológico, que são aqueles derivados da natureza atmosférica, hidrológica ou oceanográfica (ISDR, 2002).

Porém, existe uma grande confusão no emprego destes termos. De acordo com Salini (2011) enchentes ou cheias são conhecidos como eventos extremos de chuvas, possui uma elevação no nível d'água normal da drenagem temporária, devido o acréscimo de descarga. Já o termo inundação é um tipo particular de enchentes, quando a elevação do nível d'água normal atinge elevada magnitude, que as águas não se limitam à calha principal do rio, extravasando para as áreas marginais, habitualmente não ocupadas pelas águas.

O fenômeno ENOS tem sido observado no mundo inteiro como um dos principais influenciadores no aumento das ocorrências de enchentes (PAULA, 2008).

Desse modo, a previsão e o monitoramento dos eventos meteorológicos extremos são de grande importância para o planejamento de projetos de abastecimento de água, geração de energia elétrica e principalmente para as atividades agrícolas. Então, a partir do monitoramento dos períodos úmidos é possível obter informações no tempo e espaço de características como intensidade, duração e severidade da chuva, permitindo assim, que medidas preventivas sejam tomadas em um curto período de prazo, tentando assim, minimizar impactos causados pelo fenômeno severo, que são as enchentes (SANTOS et al., 2011).

Relacionado com fatores sociais e econômicos os eventos extremos contribuem consideravelmente para o aumento da vulnerabilidade ambiental. É um fator importantíssimo que precisa ser bem compreendido, permitindo assim, a elaboração e formulação de políticas ambientais sustentáveis (SANTOS et al., 2011).

Esse evento extremo é importante porque causa perda no setor agrícola, uma vez que gera o excesso de umidade no solo ou até inundação, podendo assim danificar as plantas, limitar o oxigênio do solo e alterar o funcionamento raízes. Além disso, o excesso de precipitação pode aumentar o risco de doenças, infestações de pragas e atrasar importantes operações de campo como plantio e colheita (VAN DER VELDE et al., 2012).

Cunha et. al. (2011) afirmaram que quando a expectativa de chuva é acima dos valores normais, tem-se orientações gerais como começar a semeadura no início do período

recomendado pelo calendário agrícola, particularmente no caso de grandes áreas; deixar a estrutura preparada para a o plantio; realizar a limpeza, a regulagem e os reparos das máquinas; e os insumos disponíveis para quando o tempo permitir o plantio, para não desencadear a operação inicial que é o plantio da cultura, recomenda-se que não semeie com o solo muito úmido, pois evita os riscos de compactação e degradação da estrutura do solo.

Em 2010 ocorreram enchentes durante o mês de junho nos estados de Alagoas e Pernambuco, ao longo dos rios Canhoto e Mundaú. E mais de 30 municípios dos dois estados declararam situação de emergência e calamidade pública, tal catástrofe ocorreu devido ao excesso de precipitação nas cabeceiras dos rios Mundaú e Paraíba, essas chuvas chegaram a aproximadamente 400 milímetros em quatro dias (MARENGO et al., 2011).

2.1.3.2. Secas

Segundo Freitas (1998) a seca é um fenômeno dito recorrente principalmente em regiões semiáridas. Os efeitos de um extenso período de seca em uma determinada região dependem, não somente da duração e da intensidade da seca, mas também das condições socioeconômicas e culturais da população ali atingida.

As secas são fenômenos de características naturais que se diferenciam nitidamente das demais catástrofes naturais. Porém, uma diferença básica reside no fato de que, ao contrário de outras ocorrências naturais como as cheias (ou enchentes), os furacões e os terremotos, as quais iniciam e terminam de forma incontrolável, o fenômeno das secas tem, quase sempre, um início bem lento e uma longa duração, que se espalha, na maioria das vezes, por uma grande e extensa área (FREITAS, 1998).

Deng et al. (2010) notaram que existe uma preocupação com relação aos efeitos econômicos desses eventos extremos, seja nos EUA, na China ou em economias emergentes como o Brasil. Segundo o relatório Economia da Mudança Climática (2010) estimaram-se que em anos de seca as perdas somem entre 719 bilhões e 3,6 trilhões de reais, até 2050.

As regiões semiáridas correspondem a 30% da área terrestre do planeta. No Brasil, essa região abrange 1.262 municípios, distribuídos nos estados do Maranhão, Piauí, Ceará, Rio Grande do Norte, Paraíba, Pernambuco, Alagoas, Sergipe, Bahia e Minas Gerais (ROSSATO et al., 2017; SUDENE, 2017).

Eventos extremos de seca são comuns no semiárido do Brasil essa região é caracterizada por precipitação irregular com a escassez de chuvas durante certo período do ano, essa região

corresponde mais de 50% dos registros de seca do país. Além das características naturais dessa região e da sua dinâmica climática natural, o fenômeno ENOS influencia fortemente a frequência, a intensidade e a durabilidade de eventos de estiagem prolongada (AZEVEDO et al., 2018). Bryant (1991) estudou 31 catástrofes naturais, tanto climáticas, como geológicas, com base nos parâmetros característicos e os efeitos causados pelas mesmas, tais como duração da catástrofe, área de atuação, número de vítimas fatais, prejuízos econômicos, duração dos efeitos, consequências sociais e concluiu que as secas são, dentre todas as 31 catástrofes naturais estudadas, o fenômeno mais grave.

A seca estimula uma atenção maior porque a parcela substancial da atividade econômica do Nordeste é baseada na agropecuária. Quando ocorrem prolongados períodos de estiagem, a produção agropecuária fica totalmente comprometida e as reservas de água superficiais se esgotam (DUARTE, 2001; MARENGO et al., 2017).

Sampaio e Sampaio (2010) propuseram um modelo de impactos econômicos decorrentes da seca. Essa avaliação dos impactos é uma proposta sobre o mercado e o produto, sobre a distribuição de renda e sobre o remanejamento governamental. Os autores apresentaram algumas sugestões para políticas de combate às secas, ainda que a operacionalização do modelo não tenha sido quantificada. Segundo eles, a principal função seria a reposição de renda, em períodos de secas, devido os preços dos alimentos que se tornam mais caros. Marengo et al. (2017) afirmaram que os programas governamentais, permitiram que a migração devido à seca não ocorra mais em proporções tão expressivas, todavia, as perdas no setor agrícola e pecuário ainda perduram.

Diante destas condições, a vulnerabilidade da camada mais pobres da produção que são os pequenos produtores são a mais prejudicada. Logo, como consequência, a geração de renda e emprego fica comprometida, há um aumento no índice de pobreza e miséria, além dos efeitos indiretos sobre outras regiões e centros urbanos, resultando em processos migratórios (ARAÚJO et al., 2013).

Políticas públicas para minimizar os impactos da seca, tais como linhas de crédito disponíveis aos pequenos agricultores e a distribuição de água por meio de carros pipas, diminuiu um pouco os impactos, mas não erradica. As políticas de gestão de crises hídricas, foram insuficientes para suportar a seca plurianual de 2012 a 2015, por exemplo, a sobreposição de secas sobre o contexto sócio-econômico-políticas pré-existentes colocou uma intensa pressão sobre a

disponibilidade de água doce e de qualidade na região e ameaça a água, energia e segurança alimentar (GUTIÉRREZ et al., 2014).

No Nordeste do Brasil ocorrem de 18 a 20 secas severas a cada 100 anos, tendo sido registradas, no século XX, 27 secas severas na região (MARENGO, 2001).

Para tentar minimizar os efeitos das secas, o governo brasileiro já chegou a implementar ações emergenciais e políticas de mitigação contra os efeitos da seca, tais como linhas de crédito para pequenos agricultores, bolsa estiagem, garantia safra, venda de milho para alimentação animal a preços subsidiados, distribuição de água através de caminhões pipas para abastecimento doméstico e ações de infraestrutura, como as construções de cisternas para armazenar água ou capturar a água da chuva e perfurações de poços. Somente durante a seca ocorrida nos anos de 2012-2013, o total de gastos do governo com tais ações chegou a cerca de US\$ 5 bilhões (BRASIL, 2013 Apud MARTINS, 2017).

Costa (2015) estudou a distribuição em espaço temporal da precipitação para o estado do Ceará nos anos de 1973 a 2010 e concluiu que os períodos de secas mais severas e duradouras se deram nos anos de 1979, 1993, 1980 a 1993, e as regiões mais afetadas do estado do Ceará foram a região do Sertão Central, Cariri Centro Sul, Litoral Oeste e o Sertão de Inhamuns, já em outras áreas do estado sofreram com secas menos rigorosas como a macrorregião de Baturité.

A seca mais severa nas últimas décadas que se iniciou em 2012 no Semiárido nordestino brasileiro teve grave impacto socioeconômico em diversas localidades do Nordeste (MARENGO et al., 2017). Alvalá et al. (2017) afirmaram que a precipitação abaixo do normal observada durante a estiagem iniciada em 2012 induziu a baixa produção das lavouras agrícolas e pastagens em todos os estados incluídos na área de atuação da SUDENE, essa seca vegetativa não se restringiu apenas aos limites da região Semiárida, atingiu também partes dos estados do Maranhão e Espírito Santo. Esse mesmo estudo relatou que nos anos de 2015–2016, 923 municípios tiveram pelo menos 50% de 17 sua área afetada, pela falta precipitação, o que representa cerca de 50% dos municípios da área de cobertura da SUDENE.

2.1.4. Estudos para o Brasil, Nordeste e Alagoas

Segundo os estudos do IPCC (2007b) a região Nordeste do Brasil é uma das áreas globais que mais sofreriam tendências, ao longo dos próximos anos, de aridez e estiagem.

De acordo Pinto e Assad (2008), a região Nordeste apresentará episódios de seca cada vez mais intensificados, decorrentes do processo de aquecimento global.

Moura et al. (2009) estudaram a correlação para a precipitação para os meses de março a julho de um grupo de postos homogêneos do setor leste do Nordeste do Brasil com a TSM e identificaram áreas que sofriam influências desse parâmetro nas chuvas da região. Concluíram que a maior correlação é entre a precipitação e a TSM do Atlântico tornando-se superior à encontrada entre a precipitação e TSM do Pacífico, que as anomalias positivas de TSM no Atlântico Tropical Sul produzem precipitação sobre o Leste do NEB, enquanto anomalias positivas de TSM no Pacífico inibem a chuva no Leste do NEB, concluíram também que se tem áreas de correlações positivas no Golfo de Guiné que se move para Oeste sempre que os lags vão diminuindo até alcançar a área adjacente à costa nordestina.

Dos Santos et al. (2013) estudaram os impactos gerados na agricultura do município de Triunfo, Pernambuco, na seca do ano de 2012, correlacionando a produção aos totais pluviométricos. Foi obtida uma correlação forte e positiva em relação à cana-de-açúcar e correlação moderada para a mandioca, com os totais pluviométricos e uma considerável queda em relação à área colhida e a quantidade produzida nestas culturas.

Lucena et al. (2013) investigaram a produção agropecuária e sua correlação com a dinâmica climática do município de Caicó, Rio Grande do Norte. Foram adotadas quatro variáveis da produção agropecuária: produção de carne de sol, produção de leite, produção de feijão e produção de milho. Concluiu-se que as variáveis correlacionadas mais significativas das variáveis da produção agropecuária, foram a precipitação, o índice de aridez, a temperatura do ar e a umidade relativa, além do número de cabeças bovinas, o número de vacas ordenhadas para a pecuária, a área plantada e área colhida para a agricultura. Em relação a produção de feijão as variáveis correlacionadas de forma mais significativa foram a temperatura, a umidade, a área plantada e a área colhida.

Silva e Luna (2012) estudaram a interdependência entre as ocorrências de fenômenos ENOS e eventuais mudanças nos padrões de precipitação pluviométrica na região metropolitana de Maceió. Concluíram que ao longo dos anos de 1910 a 2010, todas as estações do ano apresentaram uma tendência comum, ou seja, choveu mais na segunda metade do século do que na primeira. Verificou-se que em todas as estações do ano, a maior quantidade de anomalias positivas de chuva ocorreu na segunda metade do século.

Carvalho et al. (2013) com objetivo de determinar as características da estação chuvosa baseou-se em dados diários de precipitação pluvial, entre os anos de 1973 a 2008, para o município de Rio Largo, Alagoas. Concluiu que as ocorrências de eventos de ENOS influenciam no início da estação chuvosa e na cultura agrícola, e que ocorrências de El Niño retardaram o início da estação chuvosa e na cultura agrícola, enquanto as ocorrências de La Niña anteciparam o início da estação chuvosa e na cultura agrícola.

Nobre et al. (2017) simularam as penalizações por deficiência na produção de milho nas diferentes mesorregiões do estado de Alagoas, nos anos de 1961 a 2016. Concluíram que as perdas na produção média do milho cultivado em condições de sequeiro foram de 53% em Água Branca, 78% em Pão de Açúcar, 50% em Palmeira dos Índios, 30% em Maceió e 49% em Porto de Pedras. Entre as três datas de plantio recomendadas para o estado, 20/04, 20/05 e 20/06, a primeira data propicia menor probabilidade de perda, enquanto a última data propicia maiores probabilidades de perda. Este resultado é coerente com a duração do regime chuvoso do estado, que tem o trimestre mais chuvoso em maio, junho e julho. O trimestre que teve mais perdas agrícolas foram os meses de abril, maio e junho.

2.2. Análise de Ondeleta / Ondaleta ou Wavelet (AO)

A palavra Ondeleta teve origem devido a um conjunto de funções que possui formas de ondas pequenas, geradas por dilatações e translações e de uma simples função de uma variável real, que algumas vezes são chamadas de Ondeleta-mãe. Essas funções derivadas da Ondeleta-mãe são intituladas de Ondeletas filhas, ou simplesmente Ondeletas (WENG e LAU, 1994 Apud DA SILVA, 2009).

A análise de Ondeleta/ Ondaleta ou Wavelet é útil para detectar, e caracterizar as escalas com relação ao período de tempo que afetam os sistemas atmosféricos sobre a América do Sul e os oceanos adjacentes. É uma análise que mostra a estrutura temporal das séries temporais não estacionárias. A AO possui propriedades matemáticas capazes de quantificar em relação de tempo e escala e estimula muitas pesquisas acadêmicas na mesoescala e na escala sinótica (REPELLI et al., 1998; SCHNEIDER et al., 2005 Apud DA SILVA, 2009).

Está análise vem ganhando um vasto espaço em diversas áreas da ciência, pois envolve uma transformação da série unidimensional em um dado espaço de tempo e de frequência, o que possibilita estabelecer as escalas de variabilidade dominantes e temporais (DA SILVA et al., 2010).

A ideia central da análise de Ondeletas no contexto de análises de sinais, consiste em decompor uma série temporal em diferentes níveis de resolução com relação ao tempo e a sua frequência, para só então determinar, as componentes da variabilidade dominante (BARBOSA et al., 2005 Apud LANDIM; DA SILVA e ALMEIDA, 2011).

Desde a década de 90 que a aplicação das Ondeletas vem sendo utilizada em diversas áreas das ciências, desde as ciências médicas às ciências exatas (VITORINO, 2003 Apud DA SILVA, 2009).

Para se analisar variações decadais nas séries pode-se utilizar a análise de Ondelela. Pode-se detectar oscilações de 12 anos como de 3 a 7 anos e gerar uma medida quantitativa, ou seja, uma frequência de mudanças ao longo do tempo e determinar o período total dessas mudanças (TUCCI E BRAGA, 2003 Apud ARAÚJO e SILVA, 2011).

Andreoli et al. (2004) utilizaram as Ondeletas para analisar as variações da precipitação em Fortaleza e da TSM nos Oceanos Pacífico e Atlântico para o período de 1856 a 1991, e foi identificado um pico dominante de 12,7 anos na série. Confirmou-se ainda uma alta coerência entre a variabilidade de precipitação no Norte do Nordeste e o gradiente inter-hemisférico de anomalia de TSM no Oceano Atlântico na escala decadal.

Da Silva (2013) constatou, através da AO, que o Ceará sofre influência das variações em escalas sazonais, interanuais e decadais, que a sazonalidade, ENOS, Dipolo do Atlântico, Ciclo de Manchas Solares e Oscilação Decadal do Pacífico sobre as precipitações no estado. Então foi possível estimar os máximos de precipitação para cada região: região de Baturité, em 2016, 2020-2022; na região Metropolitana de Fortaleza, em 2014 e 2024; na região Sertão Central, em 2024; na região Litoral Leste/Jaguaribe, em 2024 e 2027; na região Cariri/Centro Sul, em 2018 e 2020; na região Sertão dos Inhamuns, em 2015; na região Litoral Oeste em 2028 e para região Sobral/Ibiapaba, em 2030.

Dos Santos et al. (2014) utilizaram AO e confirmaram que a escala decadal, domina as variações de cotas, sugerindo que a ODP tem uma influência direta sobre o nível dos rios e, agregado ao sinal persistente de ENOS (7 anos), promoveram aumento ou diminuição das cotas, dependendo de suas fases.

Já Silva (2015) conclui que escala sazonal foi a única que apresentou significância estatística na escala de 5 a 6 anos (ENOS e Dipolo do Atlântico), os quais mostraram-se persistente. Os anos com precipitação elevada são caracterizados por diferentes escalas temporais. Em oposto,

ocorre a relação entre as escalas temporais e os anos secos, em que a falta das diferentes escalas ocasiona a falta de chuva. Os anos chuvosos ocorreram em intervalos de 5 ou 6 anos. Semelhante a esse resultado os anos secos aconteceram em ciclos de 4 a 6 anos o que indica que a escala temporal (ENOS) é a dominante e a ocorrência de anos chuvosos ou secos depende apenas de sua associação com as demais escalas. Diante disso estimou-se que os próximos anos chuvosos aconteçam em 2016 e 2021, enquanto que os próximos anos secos ocorram nos anos de 2018 e 2020 isso para o município de Aiuba, que fica situado na macrorregião do Sertão dos Inhamuns no estado do Ceará.

3. METODOLOGIA

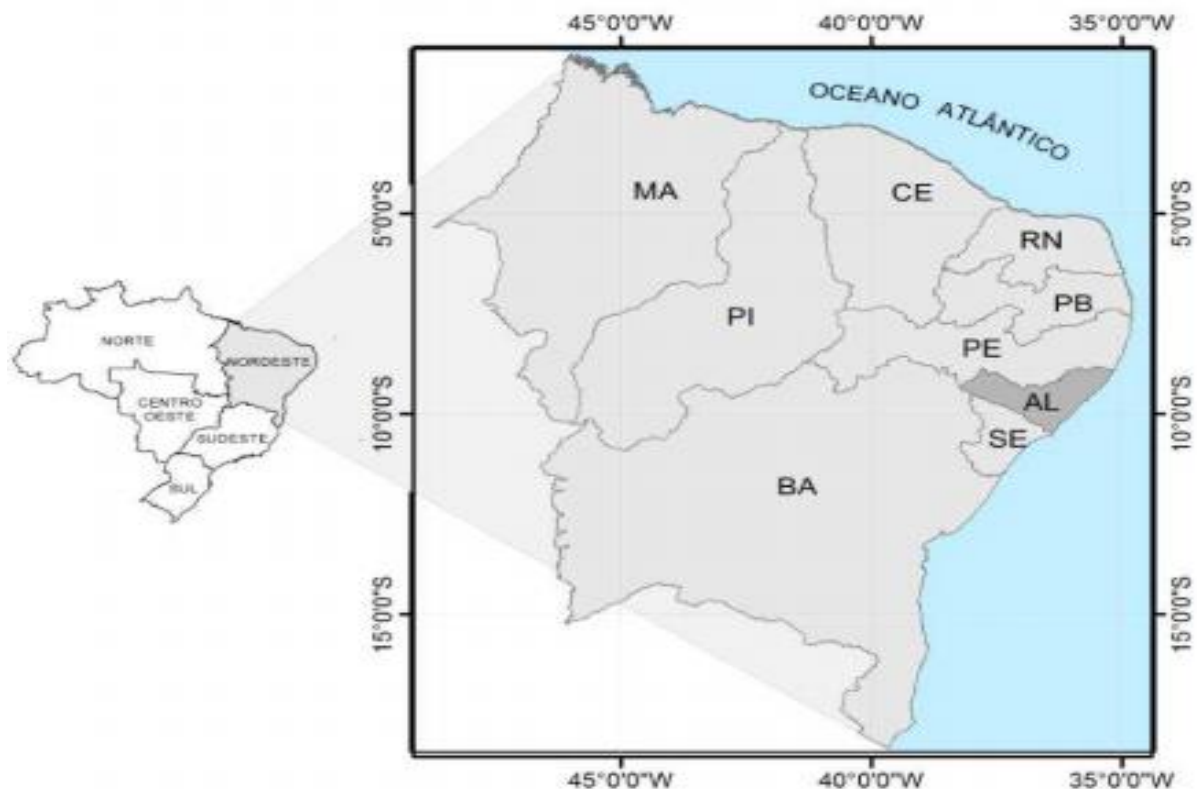
3.1. Área de estudo:

3.1.1. Estado de Alagoas

Situado no Nordeste brasileiro, Alagoas (Figura 1) possui uma população de 3.322.820 pessoas, com uma área de territorial de 27.848,140 km² (IBGE, 2017e), representando 0,33% do território nacional (BARROS et al., 2012). Tem uma densidade demográfica de 112,33 habitantes por km² (IBGE, 2010), e possui uma quantidade de 102 municípios agrupados e classificados em 9 macrorregiões, possuindo um Produto Interno Bruto (PIB) de 46.364 bilhões de reais (NOTA TÉCNICA, 2017).

Localiza-se entre os paralelos 8°48'12" e 10°29'12" de latitude Sul e entre os meridianos 35°09'36" e 38°13'54" de longitude a Oeste de Greenwich. Limita-se ao Norte e Oeste com o estado de Pernambuco, ao Sul com os estados de Sergipe e Bahia e a Leste com o Oceano Atlântico (Figura 1) (BARROS et. al., 2012).

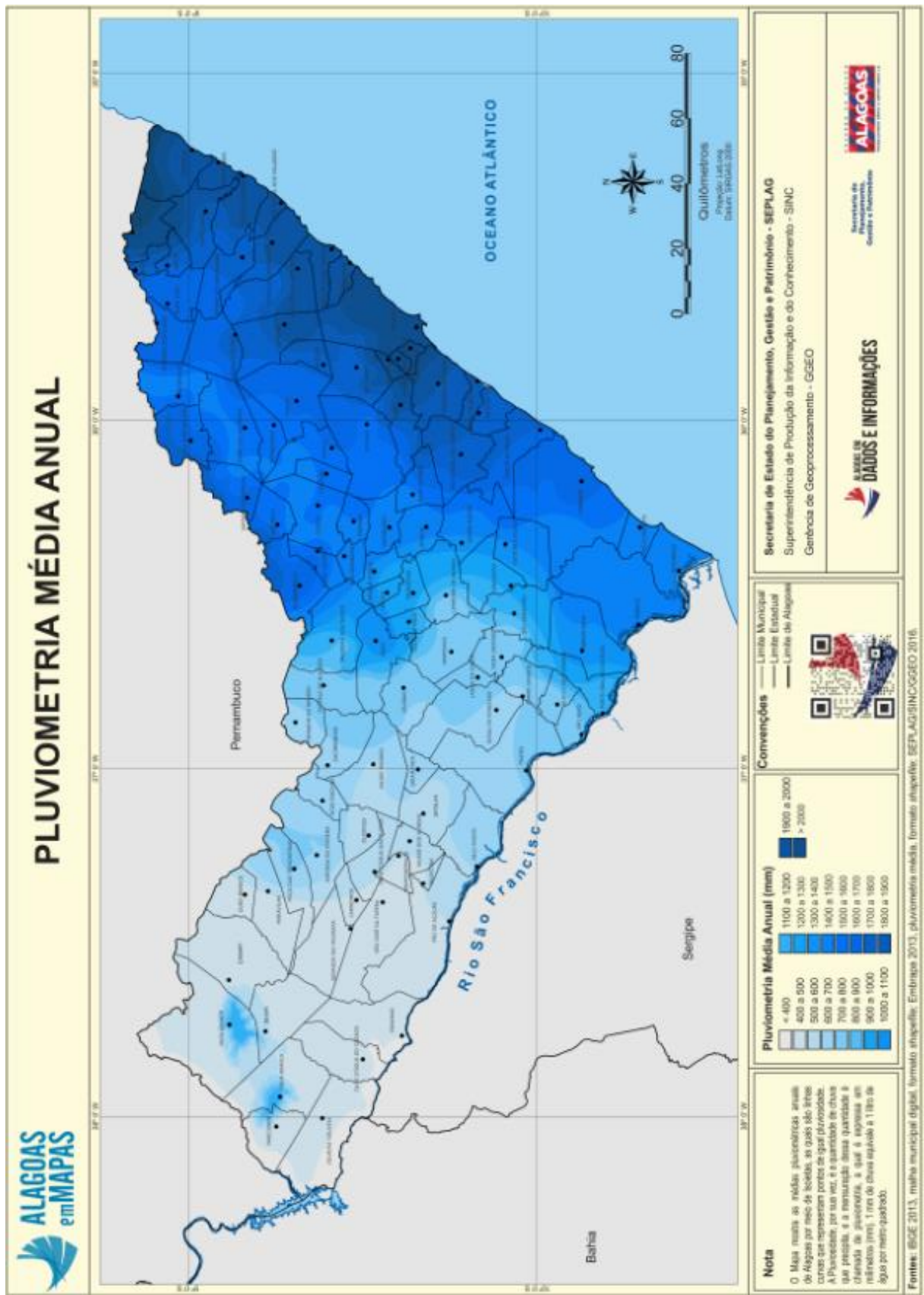
Figura 1 - Localização do estado de Alagoas na região Nordeste do Brasil.



Fonte: BARROS et. al. (2012).

Segundo Barros et al. (2012) no estado de Alagoas, os totais pluviométricos anuais variam de 2.000 mm, no litoral, a 400 mm no sertão Alagoano (Figura 2).

Figura 2 - Pluviometria média anual do estado de Alagoas.

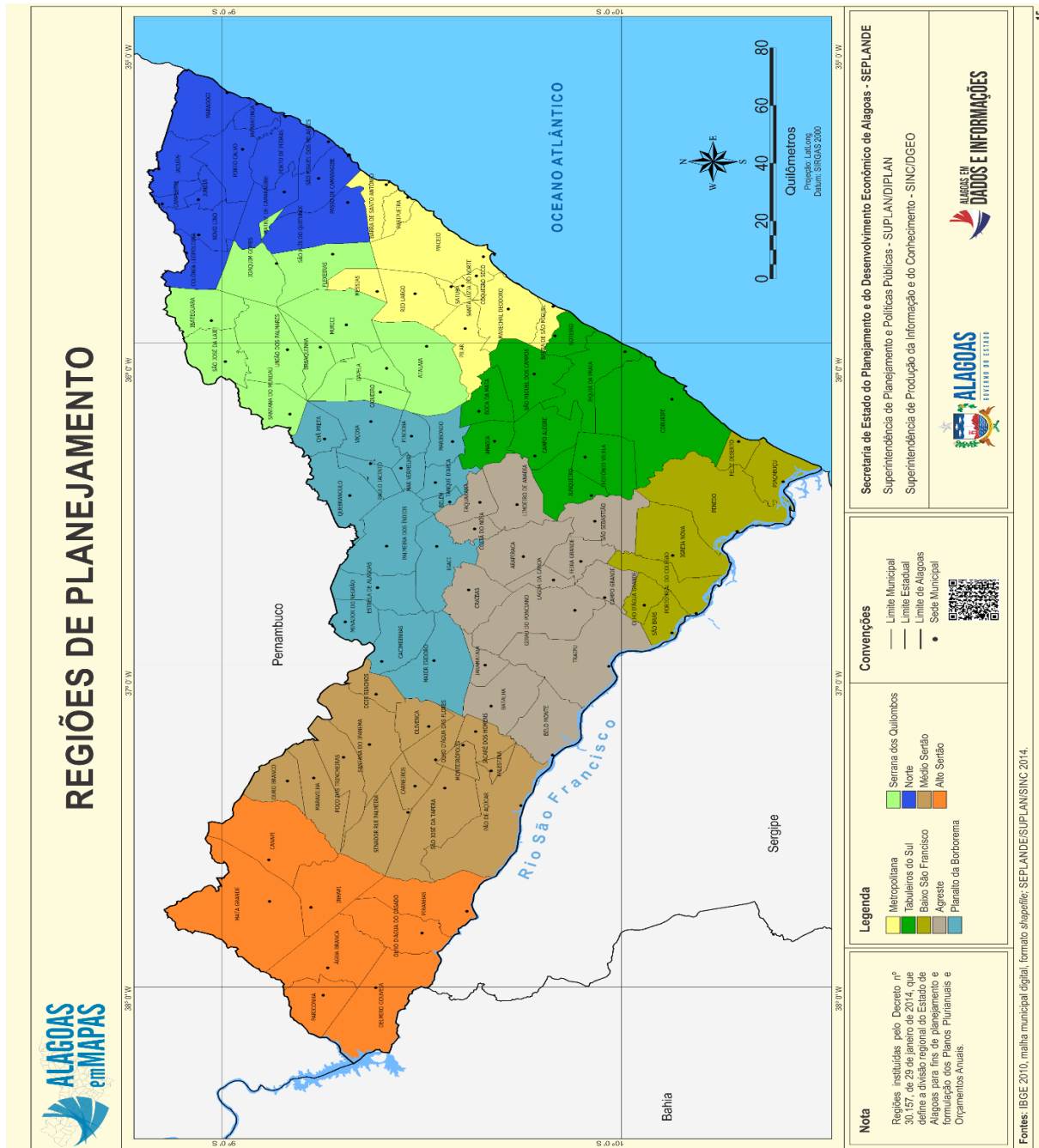


Fonte: Secretária do Estado do planejamento, Gestão e Patrimônio – SEPLAG (2012).

3.1.1.1. Macrorregiões de Alagoas

Alagoas possui 9 (nove) macrorregiões classificadas em: região Agreste (RA), região Alto Sertão (RAS), região Baixo São Francisco (RBSF), região Médio Sertão (RMS), região Metropolitana (RM), região Norte (RN), região Planalto da Borborema (RPB), região Serrana dos Quilombos (RSQ) e por fim, região Tabuleiro do Sul (RTS) (Figura 3 e Quadro 1) (SEPLAG/AL, 2012).

Figura 3 - Divisão das macrorregiões do estado de Alagoas.



Fonte: SEPLAG (2012).

Quadro 1 - Macrorregiões do estado de Alagoas e seus respectivos municípios.

AGRESTE	ALTO SERTÃO	BAIXO SERTÃO FRANCISCO	MÉDIO SERTÃO
Arapiraca	Água Branca	Feliz Deserto	Dois Riachos
Batalha	Canapi	Igreja Nova	Carneiros
Belo Monte	Delmiro Gouveia	Olho Grande D'Água	Jacaré dos Homens
Campo Alegre	Inhapi	Penedo	José da Tapera
Coite do Noia	Mata Grande	Piaçabuçu	Maravilha
Craíbas	Olho D'Água do Casado	Porto Real do Colégio	Monteirópolis
Feira Grande	Pariconha	São Brás	Olivença
Girau do Ponciano	Piranhas		Olho D'Água das Flores
Jaramataia			Ouro Branco
Lagoa da Canoa			Palestina
Limoeiro de Anadia			Pão de Açúcar
São Sebastião			Poço das Trincheira
Taquarana			Santana do Ipanema
Traipu			Senador Rui Palmeira

METROPOLITANA	NORTE	PLANALTO DE BORBOREMA	SERRANA DOS QUILOMBOS	TABULEIRO DO SUL
Barra de Santo Antônio	Campestre	Belém	Atalaia	Anadia
Barra de São Miguel	Colônia Leopoldina	Cacimbinhas	Branquinha	Boca da Mata
Coqueiro Seco	Jacuípe	Chã Preta	Cajueiro	Campo Alegre
Maceió	Japaratinga	Estrela de Alagoas	Capela	Coruripe
Marechal Deodoro	Jundiá	Igaci	Flexeiras	Jequiá da Praia
Messias	Maragogi	Major Isidoro	Joaquim Gomes	Junqueiro
Paripueira	Matriz de Camaragibe	Maribondo	Ibateguara	Roteiro
Pilar	Novo Lino	Mar Vermelho	Murici	São Miguel dos Campos
Rio Largo	Passo de Camaragibe	Minador do Negrão	Santana do Mundaú	Teotônio Vilela
Santa Luzia do Norte	Porto Calvo	Palmeira dos Índios	São José da Laje	
Satuba	Porto de Pedra	Paulo Jacinto	União dos Palmares	
	São Luiz do Quitunde	Pindoba		
	São Miguel dos Milagres	Quebrangulo		
		Viçosa		
		Tanque D'Árca		

Fonte: AUTOR (2019).

3.1.1.2. Características gerais das macrorregiões do estado de Alagoas

O Agreste é uma área que predomina a caatinga e se localiza na região do Nordeste brasileiro. A região Agreste pertence a região semiárida possui como bioma predominante a caatinga. Em algumas regiões pode-se encontrar pequenas áreas úmidas e também brejos, onde são desenvolvidas áreas agrícolas onde predomina a policultura (milho, cana, banana, algodão, feijão, mandioca, hortaliças). Segundo as características geográficas, o Agreste possui o solo essencialmente pedregoso, rios temporários, vegetação rala e pequena como: mirtáceas, combretáceas e cactáceas (MELO, 2015). O Agreste apresenta uma diversidade de tipos de solo, alguns deles são: neossolo flúvico, litólico e quartzarênico, planossolo háplico, argiloso vermelho, acinzentado e amarelo, latossolo vermelho-amarelo, vermelho, amarelo e luvisso crômico.

O Alto Sertão possui três climas distintos: árido, semiárido e semiúmido seco, historicamente associado com a agricultura familiar tradicional e a pecuária de corte, destacando o crescimento recente da pecuária de ovinos e caprinos, como resultado do setor industrial. A sua região Serrana contém características econômicas um pouco distintas dos municípios que pertencem ao Médio Sertão, com por exemplo a presença da fruticultura ao lado das culturas mais tradicionais do milho, do feijão e da mandioca (SEPLANDE, 2014). Assim como o Agreste, o Alto Sertão apresenta uma vasta diversidade de tipos de solos, alguns desses são: neossolo litólico e quartzarênico, planossolo háplico, luvisso crômico, argiloso vermelho e acinzentado, latossolo vermelho-amarelo e amarelo, cambissolo háplico e flúvico.

A região Baixo São Francisco, como o nome mesmo impõe, é banhado pela principal Bacia hidrográfica que é o rio São Francisco, que representa 7,5% do território nacional, sendo Alagoas beneficiada com aproximadamente 2,2%. De acordo com a ANA, o rio São Francisco é o mais importante da bacia, com uma extensão de aproximadamente 2700km. A região do Baixo São Francisco é beneficiada também pelo litoral oceânico é reconhecida pelo uso dos seus recursos hídricos para geração de energia elétrica (Xingó AL/SE), existe na região a prática da pesca, irrigação nas culturas agrícolas e coleta nos mangues (PENSAMENTO VERDE, 2013). A região do Baixo São Francisco apresenta vários tipos de solos como: argiloso acinzentado, vermelho-amarelo e vermelho, planossolo háplico, neossolo quartzarênico, litólico e flúvico, latossolo amarelo.

O Médio Sertão possui como principal atividade econômica a pecuária de leite, que corresponde a 78% de toda economia, seguida da pecuária de corte e a agricultura familiar

tradicional, mesmo convivendo com uma situação generalizada de pobreza urbana acentuada pelas grandes secas dos últimos anos (SEPLANDE, 2014). Segundo a Climatologia, o Médio Sertão possui um clima predominante semiárido. Sua vegetação predominante é a Caatinga (SANTOS, 2008). Os seus tipos de solos são: argissolo vermelho, amarelo e acinzentado, neossolo litólico, quartzarênico e regolítico, luvisolo crômico, planossolo háplico, cambissolo flúvico e háplico e espodossolo humilúvico.

A região Metropolitana foi criada em 1998, por meio da Lei Complementar Estadual nº 18, e compreende 11 municípios situados no estado de Alagoas, possui uma área de aproximadamente 2.341 km². Banhada por rios e mares, suas principais atividades econômicas são: pesca, comércio, agricultura, pecuária e turismo. Seu clima pode ser classificado como úmido. Suas principais vegetações são: mangues litorâneos e florestas tropicais (IPEA, 2011). É composto pelos seguintes tipos de solos: argissolo acinzentado, amarelo, vermelho-amarelo, neossolo regolítico, litólico e quartzarênico, gleissolo, organossolo tiomórfico, latossolo amarelo.

A região Norte tem os limites geográficos com Pernambuco (Norte e Noroeste) e o Oceano Atlântico (Leste). O seu clima predominante é o úmido e o semiúmido. As principais vegetações são: mangues litorâneos, floresta tropical. As principais fontes econômicas são: o turismo, a pesca, a agricultura e a pecuária (SEPLANDE, 2014). Os principais tipos de solos são: argissolo acinzentado, amarelo e vermelho-amarelo, neossolo quartzarênico e litólico e latossolo amarelo.

O Planalto da Borborema, também conhecido como Serra da Borborema, é uma região serrana que está localizada no Nordeste do Brasil. Devido sua altitude, essa formação geológica impede que a umidade e as precipitações vindas do oceano avancem para o interior do Nordeste. Sendo assim, ela colabora com a ocorrência do clima árido nordestino, interferindo diretamente no clima e no relevo que da região. O Planalto da Borborema abrange quatro estados do país, sendo eles: Alagoas, Pernambuco, Paraíba e Rio Grande do Norte (RODAL et al., 2005). Essa região apresenta os seguintes tipos de solos: planossolo háplico, neossolo regolítico e litólico, latossolo amarelo, vermelho e vermelho-amarelo, neossolo flúvico, quartzarênico e regolítico, argissolo acinzentado, amarelo, vermelho e amarelo-vermelho.

A região Planalto da Borborema deve ser entendida como uma região em transição. O clima da região é composto pelo semiárido, semiúmido seco e o semiúmido úmido. Com relação à

vegetação sua localização fica entre a Mata Atlântica e a Caatinga, a vegetação do local é bem variada, com árvores de médio e pequeno porte e ainda, presença de vegetação rasteira. É uma região que deve ser destacada, devido as suas atividades econômicas: a agricultura, a pecuária de leite, o comércio e os serviços e as industriais (SEPLANDE, 2014).

A região Serrana dos Quilombos vem perdendo a importância na sua atividade econômica principal, que é a cana-de-açúcar. A região Serrana dos Quilombos vem abrindo espaço, cada vez mais, para a pecuária de corte e para a fruticultura, nesse último caso, com destaque para a produção de laranja no município de Santana do Mundaú (SEPLANDE, 2014). Essa região apresenta dois climas que são: o semiúmido e o úmido. Os tipos de solos que são encontrados nesta região são: gleissolo, latossolo amarelo, argissolo acinzentado, amarelo e vermelho-amarelo, neossolo litólico, háplico e quartzarênico, planossolo háplico e latossolo amarelo.

A região Tabuleiro do Sul vem se destacando na malha rodoviária do estado, e a sua maior especialização na economia é a cana de açúcar, notadamente em Coruripe, e pelo setor industrial, em São Miguel, somados ao imenso litoral povoado por coqueiros e belas praias. São Miguel dos Campos e Coruripe estão na colocação quarto e quinto lugares, como uns dos maiores contribuidores para a soma industrial no PIB do estado. Como os dois maiores produtores de cana-de-açúcar de Alagoas (com Coruripe à frente), a região dos Tabuleiros do Sul deve ser visto como território privilegiado de dinamismo econômico do interior alagoano, ao lado de Arapiraca. Além disso, essa região se destaca pelo turismo, artesanato e a agricultura (SEPLANDE, 2014). O clima que predomina essa região são: o semiúmido seco, o semiúmido úmido e o semiárido. Esta região é composta pelos seguintes tipos de solos: argissolo acinzentado, amarelo e vermelho-amarelo, neossolo quartzarênico e regolítico, gleissolo, organossolo, cambissolo háplico e latossolo amarelo.

3.2. Dados

Foram utilizados dados de precipitação dos municípios de Alagoas, extraídos dos sites da Agência Nacional de Águas – ANA e o do Instituto Nacional de Meteorologia – INMET. O período de dados utilizados foi de 1987 a 2017. Entretanto devido à ausência das séries completas dos referidos dados, foram analisados apenas 21 (vinte e um) municípios do estado de Alagoas, distribuídos pelas macrorregiões do Estado, listados no Quadro 2.

Os dados que apresentaram falhas foram preenchidos pelo método das médias climatológicas como utilizado por outros autores (FILL, 1987; BERTONI e TUCCI, 2007; DA SILVA, 2009; STRECK et al., 2009; OLIVEIRA et al., 2010; DA SILVA, 2012; LOPES, 2013; SILVA, 2015;

DA SILVA, 2017), entretanto só foi adotado essa metodologia de preenchimento de falhas para séries que apresentaram até no máximo 16,66% de falhas, em anos não consecutivos.

Os dados de produção agrícola, foram extraídos do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), para os anos de 1987 a 2017, sendo selecionadas as culturas que apresentaram maior produção para o estado, neste período.

Quadro 2 - Municípios que apresentam séries históricas de precipitação dos anos de 1987 a 2017, agrupados em suas receptivas macrorregiões pertencentes ao estado de Alagoas.

AGRESTE	ALTO SERTÃO	BAIXO SÃO FRANCISCO	MÉDIO SERTÃO
Traipu	Água branca	Penedo	Pão de Açúcar
	Delmiro Gouveia	Piaçabuçu	Santana do Ipanema
	Piranhas		

METROPOLITANA	NORTE	PLANALTO DE BORBOREMA	SERRANA DOS QUILOMBOS	TABULEIRO DO SUL
Maceió	Jacuípe	Palmeira dos Índios	Atalaia	Coruripe
Marechal Deodoro	Porto de Pedra	Viçosa	Murici	
Rio Largo			Santana do Mundaú	
			São José da Laje	
			União dos Palmares	

Fonte: AUTOR.

3.3. Métodos de estudo

Foram utilizados dados dos acumulados mensais das precipitações para verificar quais sistemas e fenômenos climáticos influenciam as séries pluviométricas, e consequentemente as produções agrícolas de Alagoas. Esses dados geraram as análises de Ondeletas descritas no item 3.3.1.

Os dados de produção agrícola (IBGE) foram utilizados para a realização das correlações entre a precipitação e a quantidade produzida das principais culturas agrícolas, de acordo com as macrorregiões do estado de Alagoas. Através do software SPSS, aplicou-se o método de regressão linear para obtenção do coeficiente de correlação (r) (PEARSON, 1892), seguindo-se do teste de significância de T-Student. Ver no item 3.3.2.

Para cada macrorregião foram analisadas as produções das culturas da cana de açúcar, coco, mandioca e milho, sendo gerados gráficos das médias das produções, para os anos que sofreram a influência dos fenômenos El Niño e La Niña, dividindo estes em categorias Forte, Fraco e

Moderado, além da comparação da produção destas culturas em anos normais, sem ocorrência de ENOS. Nesta etapa da pesquisa essa comparação foi realizada apenas com o ENOS pois o mesmo é o principal responsável pela variabilidade pluviométrica, conforme observado pelas Análises de Ondeletas.

Os anos de ocorrência para cada categoria do ENOS são citados no item 3.3.3. nas tabelas 1 e 2, tabelas geradas pelo CPTEC e utilizadas como base para o estudo, apenas os anos sublinhado e em negrito; no entanto, para alguns anos de ocorrência das categorias de ENOS, não existia dado para produção da cultura, então fez-se a média da produção para determinada categoria de ENOS com os anos que possuíam dados.

Para observar a distribuição espacial das principais culturas e dos impactos climáticos sobre produção agrícola das macrorregiões de Alagoas, em seus respectivos estágios de intensidade, foram gerados mapas através do software Surfer 9.0, utilizando o método de Kriging.

3.3.1. Análise de Ondeleta/ Ondaleta ou Wavelet

As séries de precipitações das macrorregiões de Alagoas, dos anos de 1987 a 2017, foram submetidas à análise de Ondeletas (AO) em busca de identificar escalas temporais dos sistemas e fenômenos meteorológicos que influenciaram as séries, ou seja, as causas climáticas da variabilidade.

No entanto, foi gerada uma Ondeleta por macrorregião, que são 9 no total (Da Silva 2009; 2010). Já para a região Metropolitana, foi feita uma análise para os 3 municípios da região sendo eles Maceió, Marechal Deodoro e Rio Largo, devido a importância econômica desses municípios em decorrência da capital do estado pertencer a esta macrorregião e pela alta produção histórica de cana de açúcar na região, assim como em Da Silva (2017).

Os índices de precipitação que foram submetidos à análise de Ondeleta foram tratados e calculados a partir da climatologia mensal e normalizados pelos desvios padrão (SILVA, 2015), gerando um índice médio por macrorregião, através da Equação 1.

$$AVar_{i,j} = (Var_{i,j} - \overline{Var_i} / \sigma_i) \quad (1)$$

Em que:

$AVar_{i,j}$ é a anomalia da variável, no ano $j = 1, 2, 3, \dots, N$ e mês $i = 1, 2, 3, \dots, 12$;

$Var_{i,j}$ é a variável no ano $j = 1, 2, 3, \dots, N$ e mês $i = 1, 2, 3, \dots, 12$, o qual foi calculado sua anomalia;

$\overline{\text{Var}}_i$ é a média climatológica do mês a ser calculado a anomalia e σ_i é o desvio padrão utilizado para cada mês i específico.

Ondeleta é um conjunto de funções com forma de pequenas ondas geradas por dilatações (a) e translações (b) de uma função simples $\psi(t)$ de variável real t , algumas vezes chamada de Ondeleta-mãe. As funções derivadas da Ondeleta-mãe são denominadas Ondeletas filhas, ou simplesmente Ondeletas (DA SILVA, 2009 Apud SILVA, 2015). Esta função deve ser quadraticamente integrável dentro de um intervalo real, ou espaço $[L^2(\mathbb{R})]$, com outras palavras deve apresentar energia finita.

A Ondeleta Morlet pode ser considerada complexa pois apresenta características próximas às de sinais meteorológicos, tais como simetria ou assimetria, e variação temporal brusca ou suave. Segundo a literatura, este é um critério para escolha da função Ondeleta (WENG e LAU, 1994; MORETTIN, 1999), usado por Abreu Sá et al. (1998); Moraes e Abreu Sá (2006); Moura e Vitorino (2012); Da Silva e Galvêncio (2013); Silva (2015) Da Silva (2017), (Equação 2).

A função de Morlet é dada pela seguinte expressão:

$$\psi(t) = e^{i\omega_0 t} e^{-t^2/2} \quad (2)$$

a = pequenas ondas geradas por dilatação;

b = pequenas ondas geradas por translação;

$\Psi(t)$ = função simples de variável real t .

Em que:

i = parâmetro de dilatação e compressão da onda;

ω_0 = parâmetro de frequência e

t = tempo.

3.3.2. Correlação dos dados de precipitação com os dados de produção agrícola

O método de regressão é geralmente utilizado para se estudar a relação entre variáveis, tentando-se obter uma correlação que possa ser utilizada nas estimativas ou previsões de uma variável particular (CHARBA, 1975; 1979 Apud SILVA, 2015).

As correlações lineares entre os dados de precipitação e os dados de produção agrícola foram realizadas através do Software SPSS, utilizando o método de Stepwise. O objetivo dessa etapa

foi verificar se ocorreu relação matemática, entre as variáveis de produção e precipitação local, comprovando, ou não, a pluviometria influência na agricultura das respectivas macrorregiões (CHARBA, 1975; 1979 Apud SILVA, 2015).

O método de Stepwise é o mais indicado, pois realiza uma combinação da seleção a ser analisada, tornando-se bastante utilizado nos estudos de meteorologia. O método é feito de forma interativa, ele consiste basicamente em comparar todas as variáveis estudadas entre si, e encontrar alguma semelhança entre elas.

Quando duas variáveis estiverem padronizadas $r^2_{J,K}$ e $r_{J,K}$ têm suas formulas simplificadas. Logo, $-1 \leq r_{J,K} \leq 1$, ou seja, o valor do coeficiente de correlação varia de -1 a +1. Se $r_{J,K} = 0$, não há relação de uma variável com a outra; se $r_{J,K} = 1$, a relação é funcional e positiva; se $r_{J,K} = -1$, a relação é funcional e negativa (DA SILVA, 2009).

Segundo Spiegel (1972) a correlação entre duas variáveis X_J e X_K é medida pela taxa entre a covariância e o produto de seus desvios padrão e o coeficiente de determinação (r^2_{JK}) o mesmo é fornecido pelo quadrado do coeficiente de correlação e leva em consideração a proporção de variação comum entre duas variáveis. Spiegel (1977) salientou que o valor de r , é calculado em qualquer caso e mede-se o grau de relação apropriada ao tipo de equação que é efetivamente pode ser admitida. Então, se o valor de r se aproximar de zero, isso quer dizer que quase não há correlação linear entre as variáveis analisadas. Portanto, não significa que não há nenhuma correlação, porque pode-se existir uma forte correlação não-linear entre as variáveis.

A Correlação é uma medida de associação bivariada de força e de grau entre duas variáveis (GARSON, 2009). Segundo Moore (2007) a correlação mensura a direção e o grau da relação linear entre duas variáveis quantitativas, a mesma é dada através da equação 3.

Segundo o coeficiente de correlação de Pearson (r) é uma forma de coligação linear entre variáveis. Sua fórmula é (PEARSON, 1892):

$$r_{x,y} = \frac{\sum (x + y) - \frac{(\sum x) \times (\sum y)}{n}}{\sqrt{[\sum x^2 - \frac{(\sum x)^2}{n}] \times [\sum y^2 - \frac{(\sum y)^2}{n}]}} \quad (3)$$

Em que:

n = número de variáveis observadas

$\Sigma (Y.X)$ = somatório dos resultados das multiplicações dos valores da variável X pela respectiva Y.

$\Sigma X. \Sigma Y$ = soma dos valores da variável X multiplicado pela soma dos valores da variável Y.

ΣX^2 = somatório dos quadrados dos valores de cada variável X.

$(\Sigma X)^2$ = quadrado da somatória dos valores da variável X.

ΣY^2 = somatório dos quadrados dos valores de cada variável Y.

$(\Sigma Y)^2$ = quadrado da somatória dos valores da variável Y.

Logo após encontrados os valores dos coeficientes de correlação (r), os mesmos passaram pelo teste de significância. O teste de significância usado nesse trabalho foi o de T-Student, para considerar todas as correlações encontradas como significativas ou não. O teste de T-Student é o mais indicado para pequenas amostras, tornando-se bastante utilizado nos estudos de meteorologia (KOUSKY e KAYANP, 1994; KAYANO E KOUSKY, 1996; FIGUEROA, 1997; CASTRO, 2002; DA SILVA, 2009; Apud SILVA 2015), e pode ser calculado da seguinte forma (Equação 4):

$$tc = t / \sqrt{(n - 2) + t^2} \quad (4)$$

Sendo que:

tc = valor do percentil e c é o grau de liberdade;

c = 0,95 ou 95%;

t = valor do percentil tabelado de acordo com ν (n-1);

n = o número de dados.

3.3.3. Produção agrícola mediante ocorrência de ENOS

Optou-se por verificar os impactos de ENOS nos gráficos de produções e nos mapas de distribuição das principais produções de Alagoas porque resultados preliminares das análises de Ondeletas mostraram que o ENOS é a principal causa da variabilidade pluviométrica local, devido a sua predominância nas escalas dominantes ou secundárias analisadas nas Ondeletas da maioria das macrorregiões do estado de Alagoas. Além disso, durante as ocorrências de ENOS têm-se dados disponíveis da produção das principais culturas em Alagoas.

Estudos colaboram e comprovam também a influência do ENOS sobre o Nordeste do Brasil e sobre Alagoas (ANDREOLI e KAYANO, 2005; PINTO et al., 2008; ARAÚJO, 2012; SILVA e LUNA, 2012; CARVALHO et al., 2013; SANTOS et al., 2013; SOUZA, 2013; CUNHA et al., 2011; NOBRE et al., 2017).

As tabelas 1 e 2 mostram os anos em negrito e sublinhado utilizados nesse estudo como base para divisão de categorias de ENOS.

Tabela 1 - Anos de El Niño utilizados no estudo.

Forte	Moderado	Fraco
1972-1973	1965-1966	1963
1982-1983	1968-1970	1976-1977
<u>1991-1993</u>	<u>1986-1988</u>	1977-1978
<u>1997-1998</u>	<u>1994-1995</u>	1979-1980
-	<u>2002-2003</u>	<u>2004-2005</u>
-	-	<u>2006-2007</u>
-	-	<u>2009-2007</u>

Fonte: CPTEC (2017).

Assim, gráficos comparativos da produção da principal cultura de cada macrorregião e os mapas de distribuição espacial para Alagoas os quais utilizaram as categorias descritas das Tabelas 1 e 2, que estão sublinhados e em negrito.

Tabela 2 - Anos de La Niña utilizados no estudo.

Forte	Moderado	Fraco
1973-1976	1964-1965	1983-1984
<u>1988-1989</u>	1970-1971	1984-1985
<u>2006-2007</u>	<u>1998-2001</u>	<u>1995-1996</u>
<u>2007-2008</u>	-	-

Fonte: CPTEC (2017).

4. RESULTADOS

4.1. Identificação das causas dos eventos extremos nas macrorregiões de Alagoas

4.1.1. Análise das Ondeletas para a macrorregião Metropolitana de Alagoas

Para o município de Maceió (Figura 4a) foram detectadas algumas precipitações acima da média nos anos: 1989, 1994, 2000, 2001, 2004, 2009, 2011, 2014 e 2017. Já as precipitações (Prp) que ficaram abaixo da média e que acarretaram em anos secos, foram os anos: 1989, 1993, 2001, 2002, 2011, 2015 e 2016. Esses eventos de chuva acima ou abaixo da média podem ser explicados pela análise de Ondeletas, mostradas nas Figuras 4b e 4c.

Observou-se a presença das escalas: sazonal (0,25 anos), semestral (0,5 anos), interanual (1 ano), de ENOS (entre 1 e 2 anos), de ENOS estendido (entre 4 e 8 anos), do Dipolo do Atlântico (entre 8 a 11 anos), do ciclo de manchas solares (11 anos) e a escala decadal de 20 a 22 anos, que está ligada à ODP, e que esteve presente ao longo de toda série, de acordo com a Figura 4b. A união de fenômenos ou sistemas meteorológicos essas escalas temporais distintas, agindo em conjunto, ou a ausência dos mesmos, podem intensificar ou diminuir drasticamente a chuva, causando assim, anos chuvosos ou secos (MARKHANN, 1974; HASTENRATH e HELLER, 1977; HASTENRATH e KACZMARCZYK, 1981; ROCKWOOD e MADDOX, 1988; DA SILVA, 2017).

No ano de 1989, por exemplo, ocorreram eventos nas escalas: sazonal, semestral, de ENOS ligada à ocorrência de La Niña Forte do ano 1988 a 1989 (CPTEC, 2017). Ocorreu também ENOS estendido e o Dipolo do Atlântico (CLAUZET e WAINER, 1999; DA SILVA, 2017) e escala decadal da ODP (MANTUA et al, 1997; DA SILVA, 2017). A união dessas escalas resultou em precipitações acima da média em Maceió (Figura 4b).

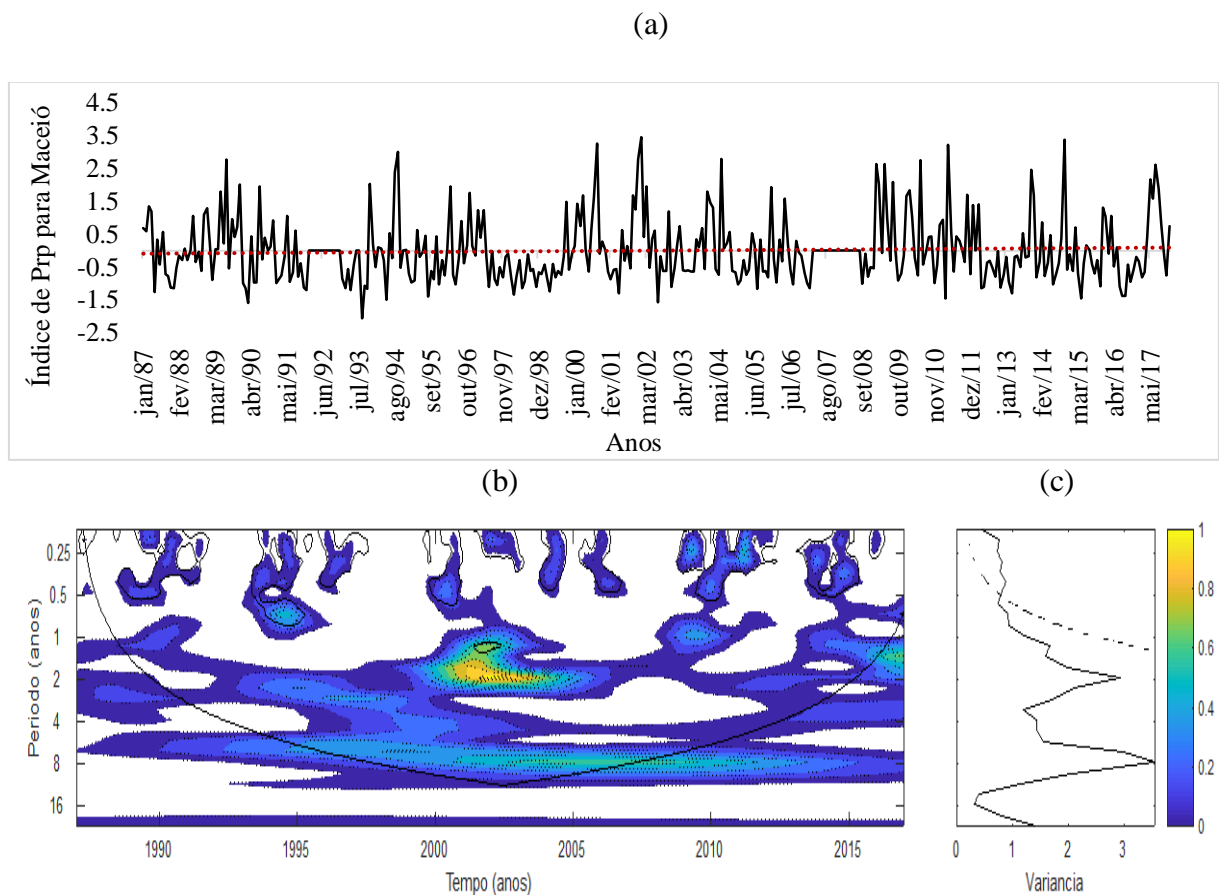
Já os anos de 2002 e 2017 apresentaram causas climáticas semelhante ao ano de 1989, acrescentando a escala de 11 anos, relacionada ao ciclo de Manchas Solares (KERR, 1996; ECHER et al., 2003; MOLION, 2005; DA SILVA, 2017).

Também ocorreram eventos de secas em decorrência da união de eventos/fenômenos de escalas distintas, que aconteceram de forma simultânea, todavia, a não ocorrência de alguns sistemas, também ocasionaram seca em Maceió. Tem-se como exemplos os anos secos: 1993 e 2002. O ano de 1993 houve a ausência das escalas sazonal, semestral e interanual curta, que somando à presença de eventos de ENOS classificado como forte El Niño (CPTEC, 2017) e ao ENOS estendido (Figura 4b), resultou em seca nesse ano (Figura 4a).

O ano de 2002 apresentou sistema meteorológico significativo na escala sazonal, no entanto o moderado El Niño de 2002-2003 (CPTEC, 2017) que se estendeu à escala de até 8 anos (Figura 4b), gerou a seca desse ano em Maceió (Figura 4a).

Por fim, a Figura 4c que mostra EPG, indica que a escala de 8 anos, ligada ao ENOS estendido e ao Dipolo do Atlântico é a escala dominante, seguida pela escala entre 1 - 2 anos associada ao ENOS.

Figura 4 - a) Índice de Prp para o município de Maceió para o período de 1987 a 2017; b) Espectro de potência de Ondeleta (EPO). Contornos sombreados correspondem a variâncias significativas ao nível de confiança de 95%. A curva em forma de U representa o cone de influência, sob a qual o efeito de borda é importante; c) Espectro de potência global (EPG), com o contorno tracejado indicando que o EPG é significativo ao nível de confiança de 95%.

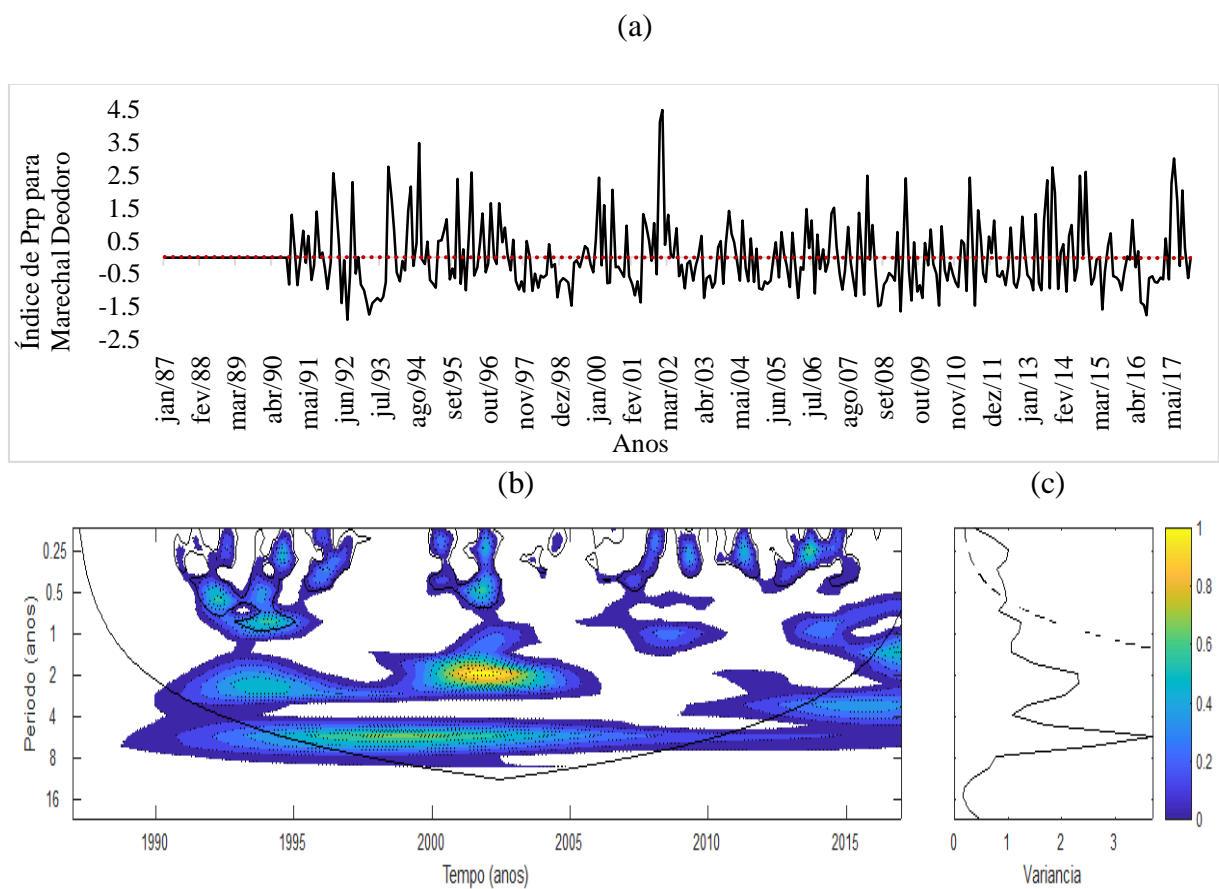


Fonte: AUTOR (2019).

Na série de Prp do município de Marechal Deodoro (Figura 5a) os maiores valores de precipitação ocorreram nos anos de 1994, 2001 e 2017, ocasionados pela associação de eventos/fenômenos de escalas distintas agindo de forma simultaneamente, conforme

encontrado nas pesquisas de Markhann (1974), Hastenrath e Heller (1977), Hastenrath e Kaczmarczyk (1981), Rockwood e Maddox (1988) e Da Silva (2017).

Figura 5 - a) Índice de Prp para o município de Marechal Deodoro para o período de 1987 a 2017; b) Espectro de potência de Ondeleta (EPO). Contornos sombreados correspondem a variâncias significativas ao nível de confiança de 95%. A curva em forma de U representa o cone de influência, sob a qual o efeito de borda é importante; c) Espectro de potência global (EPG), com o contorno tracejado indicando que o EPG é significativo ao nível de confiança de 95%.



Fonte: AUTOR (2019).

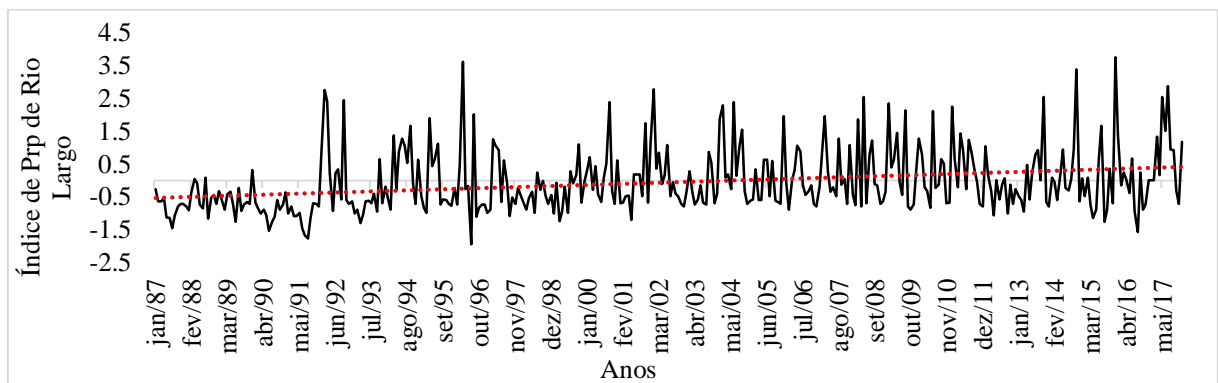
No entanto, no ano de 1994, como exemplo a precipitação foi acima da média (Figura 5a). Isso ocorreu devido à escala sazonal somada à escala semestral, a escala interanual curta, escala do ENOS estendido e à escala dominante de 8 anos (Figura 5c), ligada ao Dipolo do Atlântico. Entretanto, no ano de 2001, as mesmas escalas ocorreram, porém, a de ENOS estendido teve uma maior intensidade devido ao fenômeno La Niña, classificada como moderada (CPTEC, 2017), o que intensifica precipitações no NEB. Por fim, o ano de 2017, por não ter eventos/sistemas nas escalas sazonal e semestral, apresentou precipitação um pouco menor que as anteriormente citadas (Figura 5b).

Os eventos de secas em Marechal Deodoro também têm forte relação com ENOS. A seca de 1991/1992 (Figura 5a) por exemplo, foi decorrente do forte El Niño de 1991 - 1993 (CPTEC, 2017) e fraco sinal da escala sazonal e semestral (Figura 5b). A mesma causa climática causou a seca do ano de 2016.

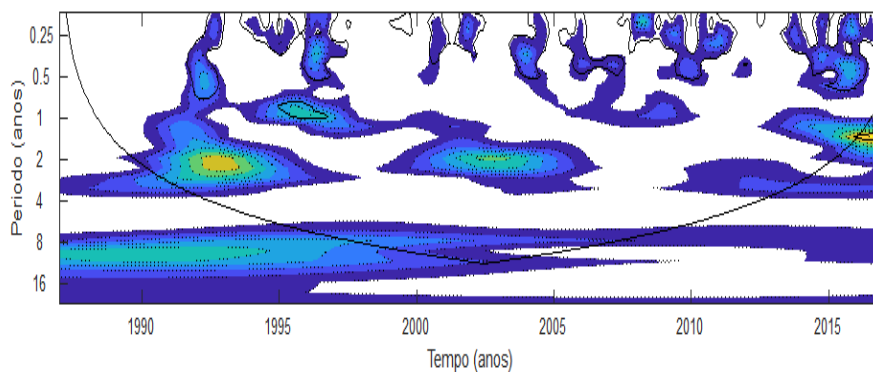
Eventos de baixa precipitação ocorreram devido ausência de eventos/sistemas nas escalas sazonal, semestral e interanual curta, conforme hipótese defendida por Markhann (1974), Hastenrath e Heller (1977), Hastenrath e Kaczmarczyk (1981), Rockwood e Maddox (1988) e Da Silva (2017). Isso pode ser visto na Figura 6a nos anos de 1987 a 1990, 1999 e 2012, os quais apresentaram anomalias negativas de precipitação em Rio Largo.

Figura 6 - a) Índice de Prp para o município de Rio Largo para o período de 1987 a 2017; b) Espectro de potência de Ondeleta (EPO). Contornos sombreados correspondem a variâncias significativas ao nível de confiança de 95%. A curva em forma de U representa o cone de influência, sob a qual o efeito de borda é importante; c) Espectro de potência global (EPG), com o contorno tracejado indicando que o EPG é significativo ao nível de confiança de 95%.

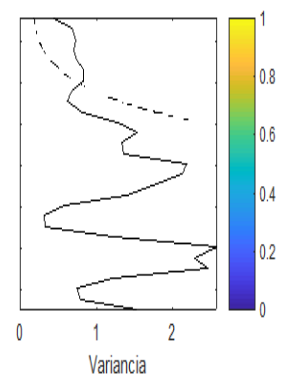
(a)



(b)



(c)



Fonte: AUTOR (2019).

As escalas temporais de 8 a 11 anos, ligadas ao Dipolo do Atlântico foram as escalas dominantes (Figura 6c). Rio Largo também sofreu a influência da escala de 11 anos ligada ao ciclo de manchas solares e a escala de 20 - 22 anos ligada à ODP (Figura 6b), presentes ao longo de toda série.

De acordo com a Figura 6a, que mostra o índice de Prp de Rio Largo, os anos que apresentaram altos valores de precipitação foram os anos de 1992, 2001 a 2003 e 2017, devido à associação das escalas sazonal, semestral, interanual, eventos de ENOS, ENOS estendido, Dipolo do Atlântico, Manchas Solares e ODP (Figura 6b).

Esse resultado está em associação com Da Silva (2017), que mostrou que a ocorrência dessas escalas/eventos em mesma fase potencializa o mesmo, favorecendo aumento da precipitação. Da Silva (2009), usando AO para Bacia hidrográfica do rio Mundaú, também encontrou essas escalas temporais relacionadas aos sistemas/fenômenos climáticos encontrados aqui.

4.1.1.1. Análise e Ondeletas para as demais macrorregiões de Alagoas

Para a macrorregião Agreste (RA) (Figura 7a) foram observadas algumas precipitações consideradas acima da média nos anos: 1989, 1994, 1996, 2002, 2004, 2006, 2009, 2011, 2013 e 2014. Os anos de 2006 e 2009 apresentaram precipitações acima da média devido a influência da La Niña Forte (CPETC, 2017), outros fatores que contribuíram para esse excesso de precipitação nos anos de 2006 e 2009 foram as presenças das escalas interanual, ENOS, os ciclos de Manchas Solares e a ODP (Figura 7b).

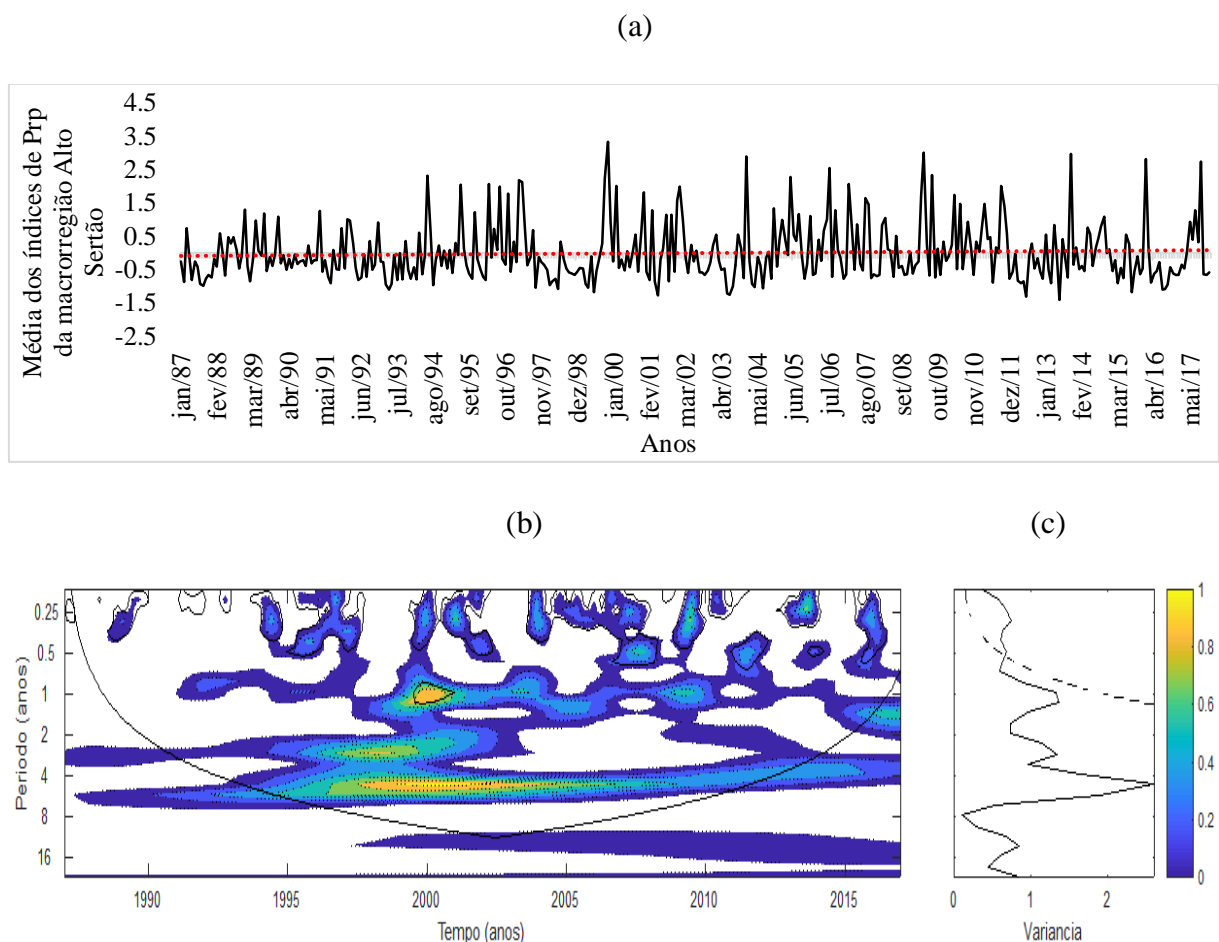
As precipitações abaixo da média ocorreram nos anos: 1990, 1991, 1992, 1993, 1994, 1997, 2003, 2004, 2011 e 2016. Os anos de 1991, 1992 e 1993, que foram anos de El Niño Forte (CPTEC, 2017), resultaram anos secos. No ano de 1991 e 1992 ocorreram também as presenças das escalas semestral, de ENOS e ENOS estendido, do Dipolo do Atlântico, os ciclos de Manchas Solares e a ODP. Já no ano de 1993, observou-se a presença de todas as escalas anteriores somadas a escala sazonal (Figura 7b).

A Figura 7c, indica que a escala dominante da RA é a de 20 - 22 anos, e que está ligada a Oscilação Decadal do Pacífico bem como a escala dominante secundária tem-se o ENOS estendido na escala 4 - 8 anos.

Na macrorregião Alto Sertão (RAS) Figura 8a foram detectadas algumas precipitações acima da média nos anos: 2000, 2004, 2006, 2009, 2013, 2016 e 2017. Nos anos de 2006 e 2009 foram influenciados pela La Niña Forte (CPETC, 2017), no ano de 2006 teve-se as presenças das

O EPG da RAS (Figura 8c), indica que a escala dominante é a de 4 a 8 anos, que está ligada ao ENOS estendido e a escala secundária é a 1 a 2 anos, atribuída ao ENOS.

Figura 8 - a) Média dos índices de Prp da macrorregião Alto Sertão para o período de 1987 a 2017; b) Espectro de potência de Ondeleta (EPO). Contornos sombreados correspondem a variâncias significativas ao nível de confiança de 95%. A curva em forma de U representa o cone de influência, sob a qual o efeito de borda é importante; c) Espectro de potência global (EPG), com o contorno tracejado indicando que o EPG é significativo ao nível de confiança de 95%.



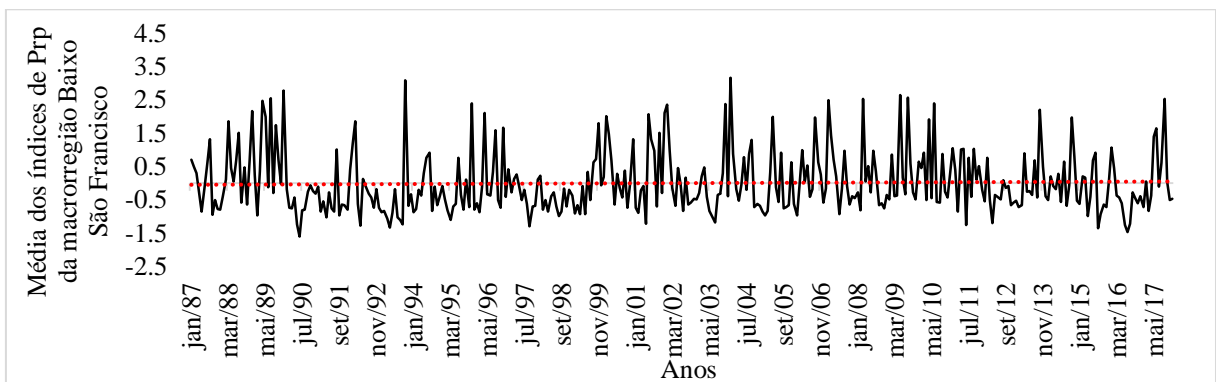
Fonte: AUTOR (2019).

Na Figura 9a foram identificadas precipitações acima da média na macrorregião Baixo São Francisco (RBSF): 1989, 1990, 1993, 2003, 2006, 2008, 2009, 2010 e 2017. Nos anos de 1989 e 2006 tiveram a influência da La Niña Forte (CPETC, 2017), outros atenuantes para o ano de 1989 são as presenças das escalas: sazonal, ENOS e ENOS estendido, os ciclos de Manchas Solares e a ODP, já no ano de 2006 teve todas as escalas atuantes do ano de 1989 com exceção da escala entre 4 a 8 anos do ENOS estendido (Figura 9b).

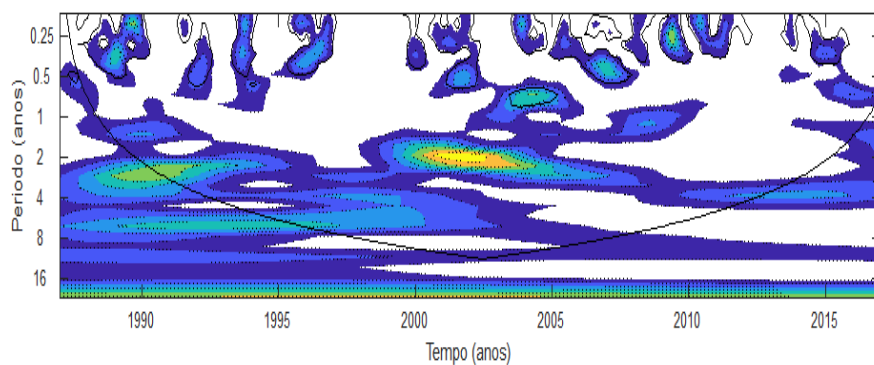
Precipitações abaixo da média ocorreram nos anos de: 1990, 1993, 2001, 2003, 2011, 2015 e 2016. Em decorrência do El Niño Forte mais as presenças das escalas: semestral, ENOS e ENOS estendido, o Dipolo do Atlântico, os ciclos de Manchas Solares e a escala decadal da ODP, resultou em seca no ano de 1993 na RBSF (Figura 9b).

Figura 9 - a) Média dos índices de Prp da macrorregião Baixo São Francisco para o período de 1987 a 2017; b) Espectro de potência de Ondeleta (EPO). Contornos sombreados correspondem a variâncias significativas ao nível de confiança de 95%. A curva em forma de U representa o cone de influência, sob a qual o efeito de borda é importante; c) Espectro de potência global (EPG), com o contorno tracejado indicando que o EPG é significativo ao nível de confiança de 95%.

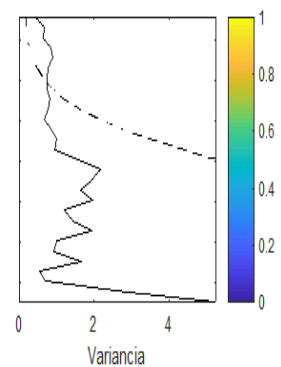
(a)



(b)



(c)

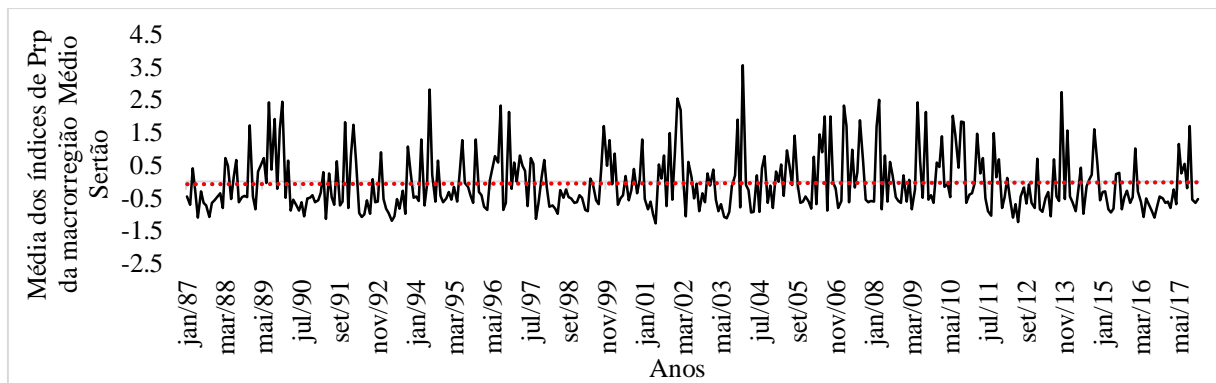


Fonte: AUTOR (2019).

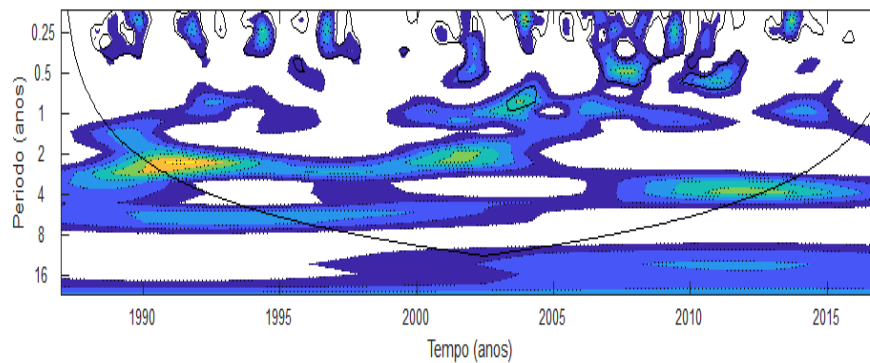
Segundo o EPG (Figura 9c), a escala dominante da RBSF, é a de 20 a 22 anos, que está ligada a Oscilação Decadal do Pacífico, já a escala secundária dominante foi a escala 4 - 8 anos atribuída ao ENOS estendido.

Figura 10 - a) Média dos índices de Prp da macrorregião Médio Sertão para o período de 1987 a 2017; b) Espectro de potência de Ondeleta (EPO). Contornos sombreados correspondem a variâncias significativas ao nível de confiança de 95%. A curva em forma de U representa o cone de influência, sob a qual o efeito de borda é importante; c) Espectro de potência global (EPG), com o contorno tracejado indicando que o EPG é significativo ao nível de confiança de 95%.

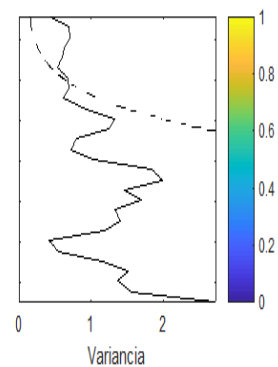
(a)



(b)



(c)



Fonte: AUTOR (2019).

De acordo com a Figura 10a a macrorregião Médio Sertão (RMS) ocorreram precipitações acima da média nos anos: 1989, 1994, 2002, 2004, 2008, 2009 e 2013. Os anos de 1989 e 2008 tiveram a influência da La Niña (CPETC, 2017) somados as presenças das escalas: sazonal, ENOS e ENOS estendido, e a escala decadal ODP (Figura 10b). Sendo que o ano de 2008 tiveram além das escalas citadas acima, as escalas: semestral, interanual e os ciclos de Manchas Solares.

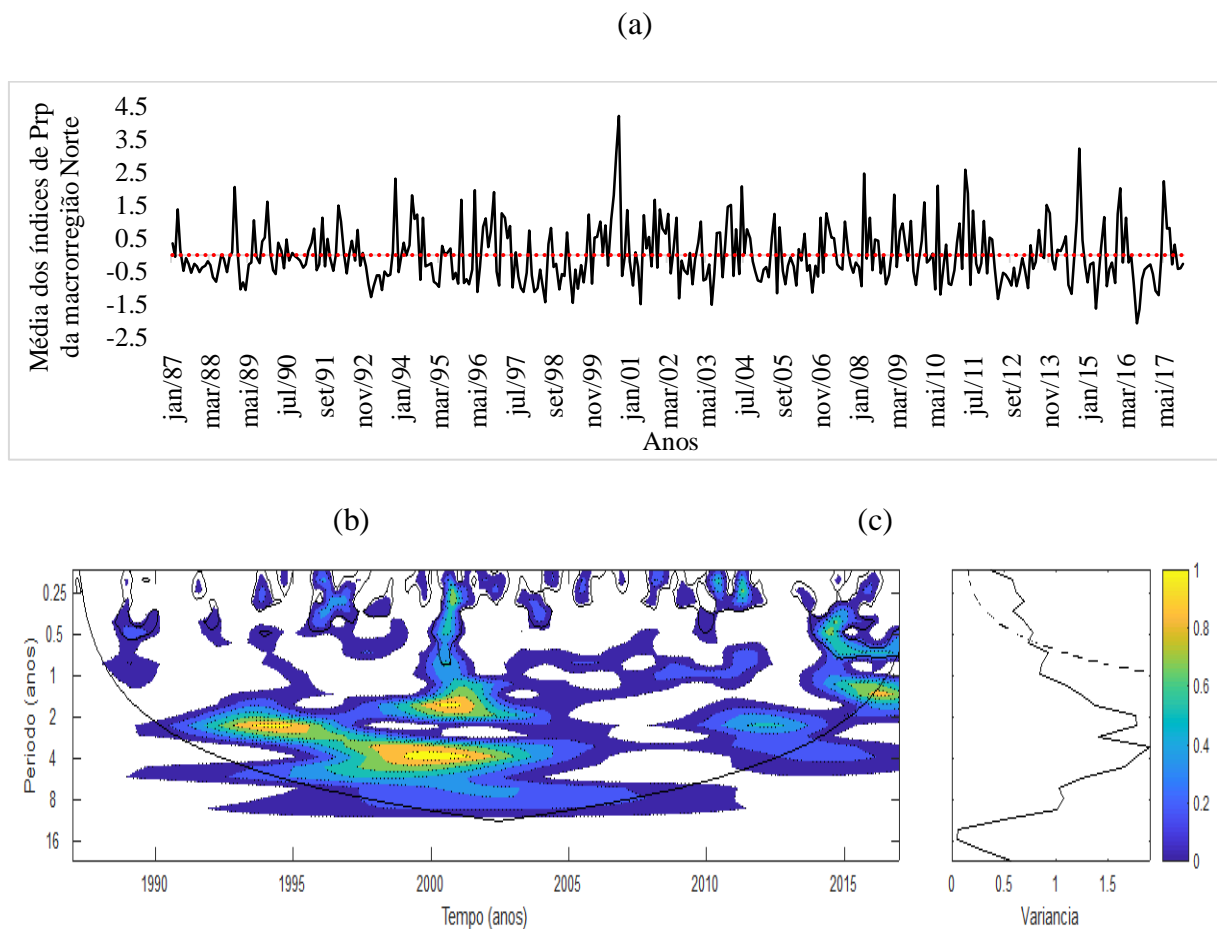
Entretanto, anos que apresentaram precipitações abaixo da média foram nos anos: 1987, 1988, 1991, 1993, 1997, 2001 e 2012. Por exemplo no ano 1997 foi influenciado pelo El Niño Forte

(CPTEC, 2017), tiveram também as presenças das escalas: sazonal, semestral, ENOS e ENOS estendido, os ciclos de Manchas Solares e a escala decadal da ODP (Figura 10b).

No EPG da RMS (Figura 10c) pode-se notar que a escala dominante é a de 22 anos, que está ligada à ODP, e a escala dominante secundária é a escala de 4 - 8 anos.

Precipitações acima da média da macrorregião Norte (RN) foram em: 1989, 1993, 2000, 2004, 2008, 2010, 2014, 2016 e 2017 (Figura 11a). No ano 2008 teve a influência da La Niña Forte (CPETC, 2017), mais as escalas: interanual, a leve presença do ENOS, a forte atuação do Dipolo do Atlântico e os ciclos de Manchas Solares (Figura 11b).

Figura 11 - a) Média dos índices de Prp da macrorregião Norte para o período de 1987 a 2017; b) Espectro de potência de Ondeleta (EPO). Contornos sombreados correspondem a variâncias significativas ao nível de confiança de 95%. A curva em forma de U representa o cone de influência, sob a qual o efeito de borda é importante; c) Espectro de potência global (EPG), com o contorno tracejado indicando que o EPG é significativo ao nível de confiança de 95%.



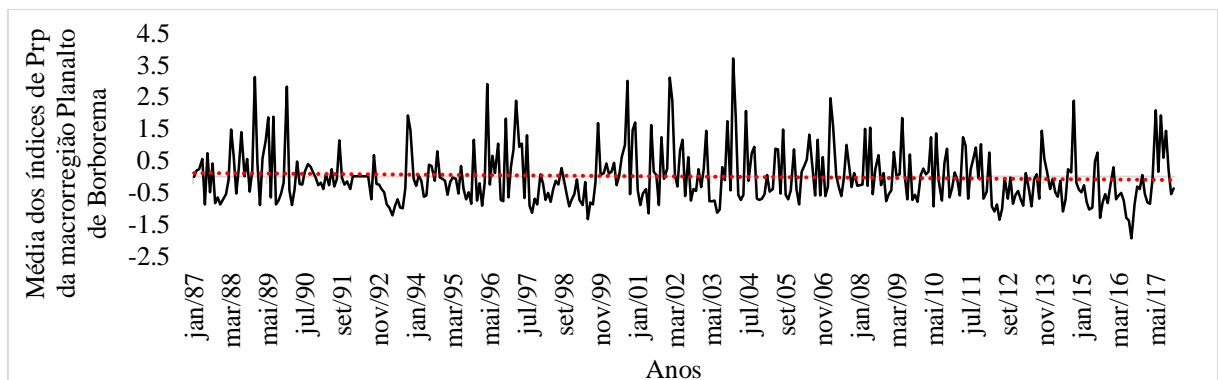
Fonte: AUTOR (2019).

Já os anos que apresentaram precipitações abaixo da média foram: 1998, 1999, 2001, 2003, 2011, 2015 e 2016. Por exemplo no ano de 1998 foi o ano influenciado pelo El Niño Forte (CPTEC, 2017) e apenas foram identificadas as escalas: semestral e a interanual (Figura 11b).

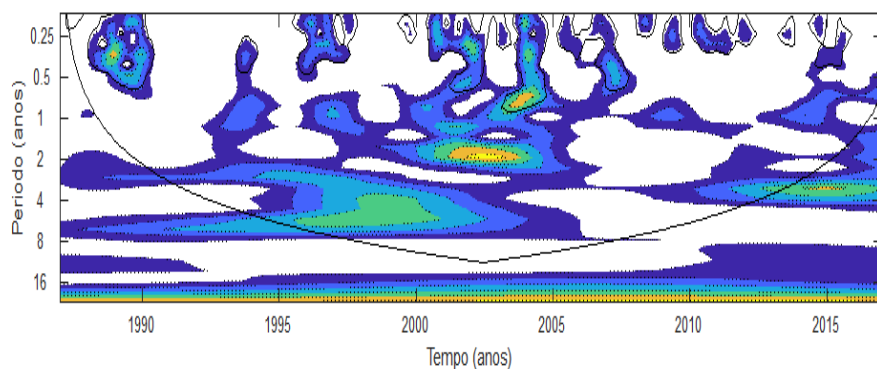
A Figura 11c que mostra o EPG da RN demonstra que a escala dominante é entre 4 a 8 anos correspondente ao ENOS estendido, já a escala secundária dominante é de 1- 2 anos que está ligada ao ENOS.

Figura 12 - a) Média dos índices de Prp da macrorregião Planalto de Borborema para o período de 1987 a 2017; b) Espectro de potência de Ondeleta (EPO). Contornos sombreados correspondem a variâncias significativas ao nível de confiança de 95%. A curva em forma de U representa o cone de influência, sob a qual o efeito de borda é importante; c) Espectro de potência global (EPG), com o contorno tracejado indicando que o EPG é significativo ao nível de confiança de 95%.

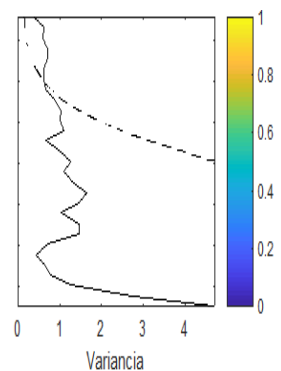
(a)



(b)



(c)



Fonte: AUTOR (2019).

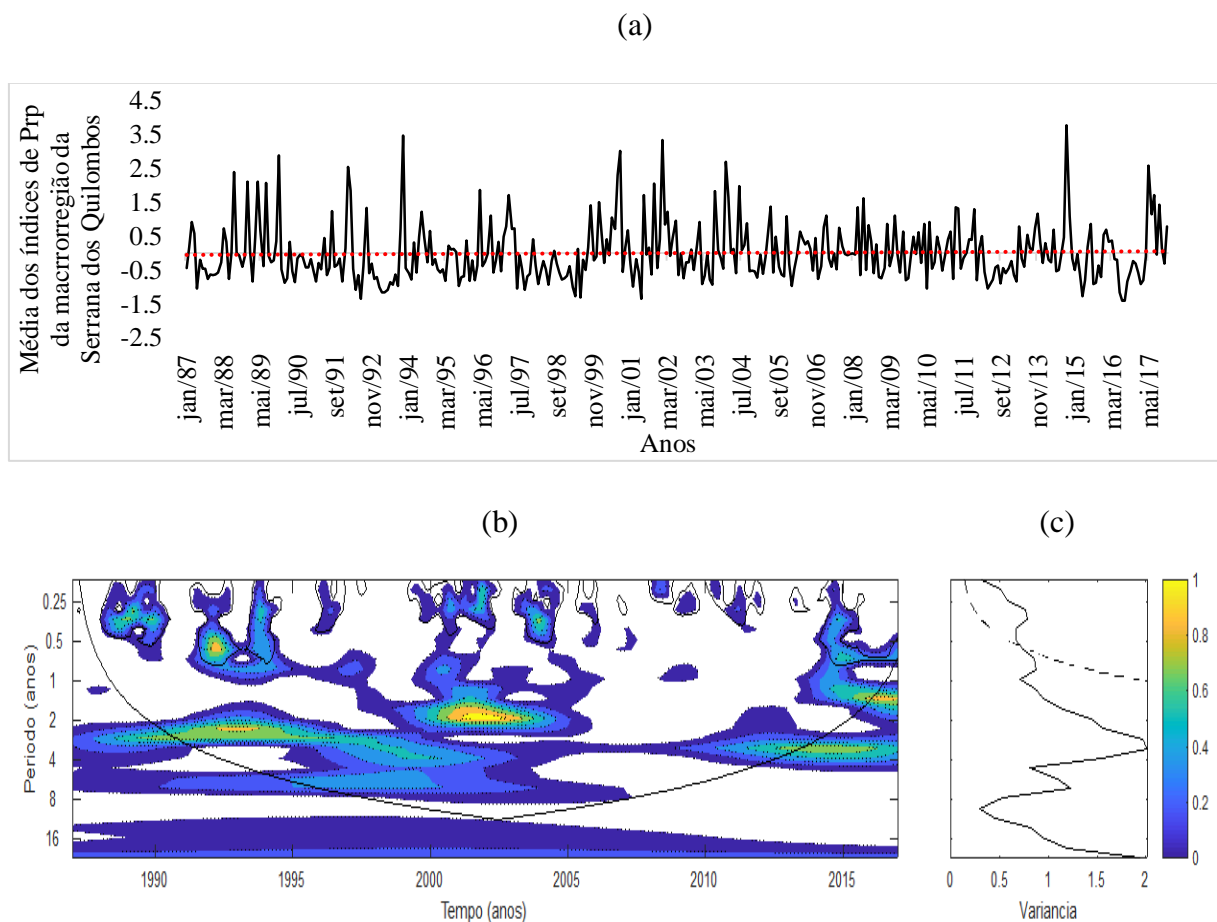
Para a macrorregião Planalto de Borborema (RPB) as precipitações acima da média que merecem destaque ocorreram em: 1988, 1989, 1996, 1997, 2000, 2002, 2007 e 2014. No entanto

no 2007 foi influenciado pela La Niña Forte (CPETC, 2017), além das presenças das escalas: sazonal, semestral, interanual, as leves presenças do ENOS e do ENOS estendido, a forte atuação da escala decadal da ODP (Figura 12b).

Porém os anos que apresentaram precipitações abaixo da média foram: 1993, 1997, 1999, 2001, 2003, 2012, 2015 e 2016 (Figura 12a). Em 2003 ocorreu o El Niño Moderado (CPETC, 2017) associado as escalas: sazonal, interanual, ENOS e ENOS estendido e a ODP (Figura 12b).

A escala dominante foi a de 20 - 22 anos, atribuída a ODP, e a escala dominante secundária é de 4 - 8 anos que está ligada ao ENOS estendido.

Figura 13 - a) Média dos índices de Prp da macrorregião Serrana dos Quilombos para o período de 1987 a 2017; b) Espectro de potência de Ondeleta (EPO). Contornos sombreados correspondem a variâncias significativas ao nível de confiança de 95%. A curva em forma de U representa o cone de influência, sob a qual o efeito de borda é importante; c) Espectro de potência global (EPG), com o contorno tracejado indicando que o EPG é significativo ao nível de confiança de 95%.



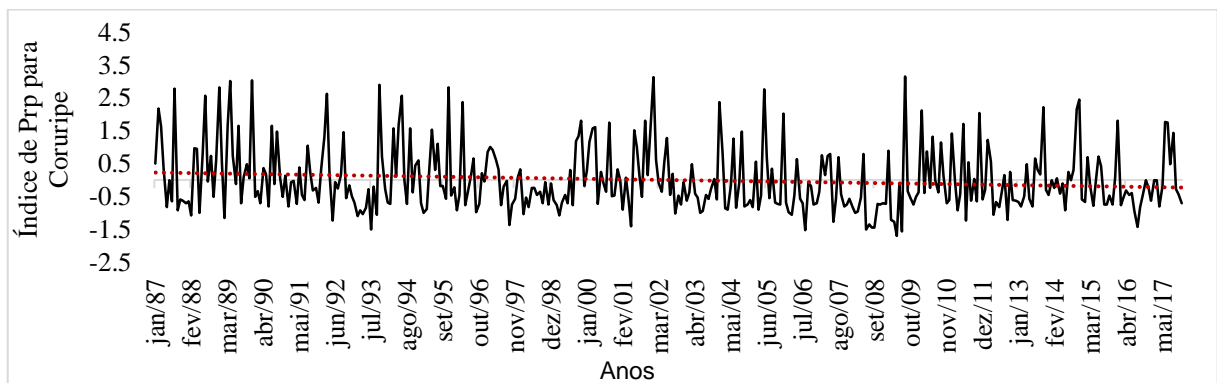
Fonte: AUTOR (2019).

Foram destacadas algumas precipitações acima da média na macrorregião Serrana dos Quilombos (RSQ) de acordo com a Figura 13a: 1988, 1990, 1991, 2000, 2002, 2004, 2013 e 2017. No ano de 1988 além da influência da La Niña Forte (CPETC, 2017) foram constatadas as presenças das escalas: ENOS e ENOS estendido e a escala decadal da ODP (Figura 13b).

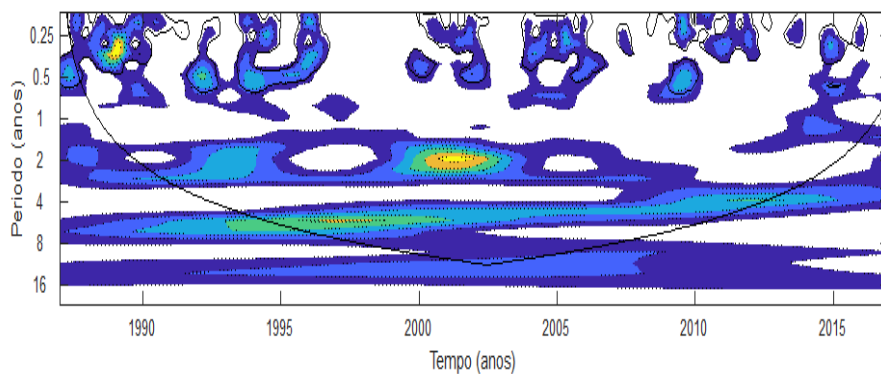
Já as precipitações abaixo da média ocorreram em: 1992, 1999, 2001, 2015 e 2016. Analisando o ano de 1992 que foi um ano que teve a influência do El Niño Forte (CPETC, 2017) que resultou em seca, tiveram também as presenças das escalas: de ENOS estendido e a escala decadal da ODP (Figura 13b).

Figura 14 - a) Índice de Prp da macrorregião do Tabuleiro do Sul, representado pelo município de Coruripe para o período de 1987 a 2017; **b)** Espectro de potência de Ondeleta (EPO). Contornos sombreados correspondem a variâncias significativas ao nível de confiança de 95%. A curva em forma de U representa o cone de influência, sob a qual o efeito de borda é importante; **c)** Espectro de potência global (EPG), com o contorno tracejado indicando que o EPG é significativo ao nível de confiança de 95%.

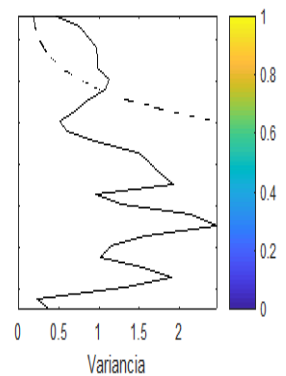
(a)



(b)



(c)



Fonte: AUTOR (2019).

A escala dominante para a RSQ é a de 1 a 2 anos (ENOS) e a escala dominante secundária foi a do ENOS estendido (Figura 13c).

Por fim a última macrorregião analisada foi Região Tabuleiro do Sul (RTS), (Figura 14a). Foram identificadas precipitações acima da média nos anos: 1988, 1989, 1990, 1992, 1993, 1994, 2002, 2005, 2009 e 2014 e precipitações abaixo da média nos anos: 1988, 1989, 1992, 1993, 1997, 2001, 2006, 2008, 2009 e 2016.

Segundo a Figura 14c a escala dominante é a de 4 a 8 anos, ligada ao ENOS estendido, seguida pelas escalas dominantes secundárias de 1 a 2 anos associada ao ENOS, juntamente com a escala entre 7 a 11 anos, ligada ao Dipolo do Atlântico e ciclos de manchas solares (11 anos).

4.2. Correlações

4.2.1. Correlações para a macrorregião Metropolitana

O que pode destacar na Tabela 3 é a correlação entre a precipitação de Maceió e a produção de cana de açúcar, que apresentou uma correlação baixa e negativa no valor de $-0,207$, indicando que quanto maior for a precipitação, menor será a produção de cana de açúcar no município de Maceió. Sabe-se que a cultura da cana de açúcar possui uma alta capacidade de produção se fornecida água no estágio fenológico correto da cultura. A cana de açúcar tem uma necessidade hídrica de 1500 a 2500 milímetros para se desenvolver plenamente, e tem que ser bem distribuída ao longo de seu ciclo da cultura, principalmente da fase vegetativa, porém, por sua capacidade de adaptação e tolerância a secas, e devido ao melhoramento genético das variedades, a mesma consegue se desenvolver e atingir seu potencial máximo também com apenas 1300 milímetros (cultivares geneticamente modificados). Isso ocorre quando a chuva ou a irrigação é distribuída de forma certa, com um planejamento adequando suprindo as fases que requer maior necessidade hídrica (MARIN, 2005; EMBRAPA, 2012; FRANCISCO et al., 2016).

Sabe-se também que a cana de açúcar não tolera, em certas fases de seu estágio fenológico, o excesso de água, além disso tem-se também a irrigação muito presente nesta cultura principalmente neste município. O excesso de umidade além de comprometer o desenvolvimento da planta, que pode levar à morte por anóxia ou hipóxia radicular, que é quando as raízes das plantas não conseguem respirar, devido ao espaço poroso de ar do solo está completamente encharcado de água, reduzindo a capacidade da troca gasosa entre o solo e a atmosfera (CRUCIANI, 1986; LIAO e LIN, 2001; BRUNINI, 2017).

Adicionalmente, o excesso de água, pode provocar o desequilíbrio biológico, favorecendo os ataques de insetos que podem contribuir para a ocorrência de patógenos e conseqüentemente doenças, dificultando assim o controle das pragas e a sanidade das plantas (TOKESHI, 1987). O excesso hídrico mal distribuído causou a queda na produção, e por este motivo resultou em uma correlação com comportamento negativo, neste estudo.

A quantidade produzida de coco quando correlacionado com a precipitação de Maceió, apresentou uma correlação baixa e negativa, no valor de $-0,001$ (Tabela 3), indicando que o coco não se desenvolve bem com altos índices pluviométricos. O coqueiro requer uma precipitação anual em torno de 1500 mm a 2000 mm, distribuídos uniformemente (FERREIRA et al., 1997; VALE et al., 2010 e SILVA e BARROS, 2017).

Passos e Silva (1990) estudaram o comportamento dos estômatos do coqueiro e concluíram que nos dias chuvosos a redução da radiação solar pela nebulosidade diminui a condutância estomática, interferindo assim no processo fotossintético e de transpiração no coqueiro, além dos inconvenientes ocasionados pelo encharcamento do solo.

Ohler (1984) afirmou que a inundação reduz consideravelmente o número de raízes, por causa da falta de oxigênio, pode também causar estagnações temporárias no período de até 48 horas, não causando danos as raízes mais superiores, entretanto àquelas que ficam submersas por longo período de tempo podem morrer e a produção é afetada.

Na região dos tabuleiros costeiros e na baixada litorânea a principal ameaça climática para a cultura do coco está relacionado à má distribuição interanual das chuvas e ao não atendimento da demanda hídrica durante todo o ciclo produtivo, visando isto, Silva e Barros (2017) concluíram que no Sul da Bahia, encontra-se o maior risco para a ocorrência de doenças fúngicas e encharcamento do solo, causadas pela umidade excessiva do ar e o excesso hídrico do solo, respectivamente. O sul de Pernambuco, fronteira com o estado de Alagoas, apresenta também os mesmos riscos.

Outra correlação que merece destaque na Tabela 3, é a correlação entre a precipitação e a quantidade produzida de mandioca, que ao contrário das quantidades produzidas de cana e coco de Maceió, apresentou uma correlação baixa, porém positiva com o valor de $0,162$. Isso indica que quanto maior for a precipitação melhor será a quantidade produzida de mandioca em Maceió. A cultura da mandioca necessita de aproximadamente 1000 a 1500 milímetros de água durante todo o seu ciclo e que seja bem distribuído, principalmente nas fases mais importantes. Por exemplo a deficiência de água após os primeiros cinco meses de cultivo, quando as plantas

já formaram suas raízes de reserva, não causa tanto prejuízo na produção, no entanto, é de extrema importância que se tenha uma boa umidade no solo, principalmente nos 15 primeiros dias, para que haja o brotamento das manivas (SILVA et al., 2010; FRANCISCO et al., 2017).

A mandioca é considerada tolerante às condições de seca e de baixa fertilidade do solo. Em condições de restrição hídrica, a mandioca apresenta aumento na produção quando irrigada (KERALA AGRICULTURAL UNIVERSITY, 2002; OLIVEIRA et al., 2006 apud SOUZA et al., 2010).

Tabela 3 - Coeficiente de correlação linear entre variáveis de quantidade produzida e precipitação do município de Maceió. O teste de T-Student não apontou nenhuma correlação com significância estatística nesta análise.

	Precipitação Maceió	Quantidade produzida de cana de açúcar	Quantidade produzida de coco	Quantidade produzida de mandioca
Precipitação Maceió	1	-0,207	-0,001	0,162

Fonte: AUTOR (2019).

De acordo com a Tabela 4, que se refere às correlações para o município de Marechal Deodoro, pode-se notar uma correlação negativa, no valor de -0,202, entre a quantidade produzida de cana de açúcar e a precipitação. A baixa correlação entre essas duas variáveis ocorre pelo mesmo motivo que no município de Maceió, a cana não tolera o excesso de precipitação de forma mal distribuída ao longo do ciclo da cultura.

Quando analisa-se o valor 0,054 da correlação entre a precipitação anual e a quantidade produzida de coco no município de Marechal Deodoro, pode-se enfatizar que esta correlação, apesar de ser positiva, foi baixa (Tabela 4), sugerindo que a precipitação no município foi mal distribuída em relação às necessidades hídricas dos estádios fenológicos desta cultura.

Já quando se analisa a quantidade produzida de mandioca correlacionada à precipitação de Marechal Deodoro, percebe-se que o valor de 0,070 foi positivo e baixo, mostrando que a cultura da mandioca necessita também de mais chuvas uniformes distribuídas ao longo de todo o ciclo vegetativo.

Silva (2015) analisou também a correlação entre a produção de mandioca e a precipitação do município de Aiuba (CE), encontrou um valor de $r = 0,92$, e concluiu que a chuva tem uma alta influência sobre a produção de mandioca.

Souza et al. (1999) afirmaram que a safra de mandioca teve uma queda no ano de 1993 devido ao déficit hídrico causado pela atuação do ENOS no estado do Pernambuco no referido ano.

Conforme Araújo et al. (2013), quando ocorre o aumento na precipitação no período de verão, resulta no acréscimo dos níveis da produção na cultura de mandioca. Em anos que houve registros de secas toda a agricultura na Região Nordeste é bastante afetada, mesmo a cultura da mandioca sendo tolerante a períodos secos registra perdas na produção.

Tabela 4 - Coeficiente de correlação linear entre variáveis de quantidade produzida e precipitação do município de Marechal Deodoro. O teste de T-Student não apontou nenhuma correlação com significância estatística nesta análise.

	Precipitação Marechal Deodoro	Quantidade produzida de cana de açúcar	Quantidade produzida de coco	Quantidade produzida de mandioca
Precipitação Marechal Deodoro	1	-0,202	0,054	0,070

Fonte: AUTOR (2019).

Na tabela 5, que mostra a correlação entre a precipitação anual e a quantidade produzida de cana de açúcar de Rio Largo, pode ser observado que a correlação foi de caráter negativo e baixa no valor de $-0,134$, devido os mesmos motivos já citados nas Tabelas 3 e 4.

Braido e Tommaselli (2010) obtiveram para o município de Teodoro Sampaio (SP) para a produção de cana-de-açúcar, no ano seco de 1985, valor de produção de 600 toneladas, e para o ano chuvoso de 1982, essa produção foi de 720 Ton. Segundo eles eventos climáticos extremos geralmente não favorecem as produções de cana de açúcar de modo a atingirem colheitas satisfatórias. No entanto, na primeira fase das análises, as produções para as culturas de cana-de-açúcar, milho e soja foram maiores no ano de 1982, ano considerado chuvoso para o Sudeste do Brasil devido à influência de El Niño, do que no ano de 1985, ano de La Niña.

De acordo com a Tabela 5, para a correlação da precipitação anual com a quantidade produzida de mandioca, a correlação positiva e baixa no valor de $0,126$, mostra que a mandioca necessita ter mais precipitações e irrigação uniformes durante todo o seu ciclo.

A produção agrícola de mandioca tende a se elevar em anos mais chuvosos, porém, se as precipitações não estiverem bem distribuídas ao longo dos meses, a produção pode ser afetada negativamente, causando prejuízos devido excesso de umidade que interfere no desenvolvimento da planta. Braido e Tommaselli (2010) destacaram que eventos climáticos extremos geralmente prejudicam as produções de modo a resultar em colheitas não satisfatórias. Anos muito secos ou extremamente chuvosos prejudicam o desenvolvimento das plantas, reduzindo a produção se comparado a anos habituais para a produção.

Já quando se analisa a correlação entre a quantidade produzida de banana e a precipitação do município de Rio Largo, compreende-se que esta correlação é positiva e fraca, entretanto é melhor que as correlações das outras culturas já citadas, 0,410*. Quando o ano é de seca o agricultor tende a arrecadar menos com a produção da banana na cidade, mas quando o ano é mais chuvoso a produção tende a ser maior e a renda obtida através da venda desta produção consequentemente aumenta.

Segundo Moreno et al. (2016) que analisaram a precipitação x produção de banana para o estado do Ceará, nos anos 1990 a 2012, encontrando valor de $r = 0,70$ confirmando que uma boa colheita é influenciada diretamente pela ocorrência de chuvas, impactando também em diversos aspectos socioeconômicos. Segundo os autores o ideal é que se tenha o monitoramento pluviométrico, pois auxilia na elaboração de um calendário agrícola, indicando desta forma a época mais adequada para o plantio e também para a colheita.

A cultura da banana requer uma boa disponibilidade hídrica, a depender da variedade escolhida a necessidade hídrica é de aproximadamente de 1900 mm/ano, distribuídos uniformemente durante todo o ano, preferencialmente de 100 a 180 mm/mês. A deficiência hídrica paralisa as atividades da planta, levando a um amarelecimento das folhas, a formação de cachos menores e de frutos de qualidade inferior. A deficiência hídrica é ainda mais prejudicial quando esta ocorre na época de formação da inflorescência ou no início da frutificação, por este motivo é importantíssimo que se escolha a variedade que mais se adapte à região que será cultivada, pois muitas variedades podem não ser tão tolerantes a estresse hídrico ou a secas prolongadas afetando na produção final (BORGES e SOUZA, 2004; FRANÇA et al., 2018). Por estes motivos que a quantidade produzida de banana de Rio Largo é tão dependente da precipitação.

Araújo (2014) quando estudou a influência dos elementos agrometeorológicos no rendimento da bananeira em um de seus resultados, verificou o maior peso de cacho da bananeira 10,66 Kg para o cultivo irrigado, e maior peso de 9,15 Kg para o cultivo da bananeira em sequeiro.

Silva et al. (2002), na cidade de Petrolina - PE e Ledo et al. (2008), analisando a cidade Propriá - SE, onde também se observa o cultivo irrigado, verificaram que o cacho do híbrido pesou 19,40 e 20,15 Kg, respectivamente. Em condições de sequeiro, Pereira et al. (2003), na cidade de Lavras - MG, registraram cachos com peso 10,64 Kg. Esses valores comprovam a influência direta da ocorrência regular da precipitação sobre a cultura, favorecendo ou prejudicando.

Tabela 5 - Coeficiente de correlação linear entre variáveis de quantidade produzida e precipitação do município de Rio Largo. O teste de T-Student mostra as correlações que apresentaram significância estatística.

Precipitação Rio Largo	Quantidade produzida de cana de açúcar	Quantidade produzida de mandioca	Quantidade produzida de banana
Precipitação Rio Largo	1	-0,134	0,401*

** . A correlação é significativa no nível 0,01.

* . A correlação é significativa no nível 0,05.

Fonte: AUTOR (2019).

4.3. Impactos dos ENOS nas produções agrícolas das macrorregiões alagoanas

Nessa etapa foi feita análise da principal cultura da macrorregião de acordo com fases do ENOS, que foi identificado pelas AO da região Metropolitana como sendo o principal fenômeno climático influenciador da variabilidade pluviométrica. Para a região Metropolitana, a principal cultura socioeconomicamente foi a da cana de açúcar.

4.3.1. Cana de açúcar

Durante a fase do El Niño Fraco a produção de cana de açúcar em Maceió, ultrapassa a média prevista para este Município (Figura 15), com aumento de aproximadamente 2,47% se comparada à média da produção. Durante o El Niño Forte a produção cai 7,12% e para o El Niño Moderado as perdas em Maceió são maiores, com redução de 40,19% na produção comparado à média.

Já para o município de Rio Largo a produção aumentou durante o evento de El Niño Forte, com um aumento significativo de 15,43%, diminuindo sua produção nos eventos de El Niño Moderado e Fraco em cerca de 0,00025% e 24,59%, respectivamente (Figura 15).

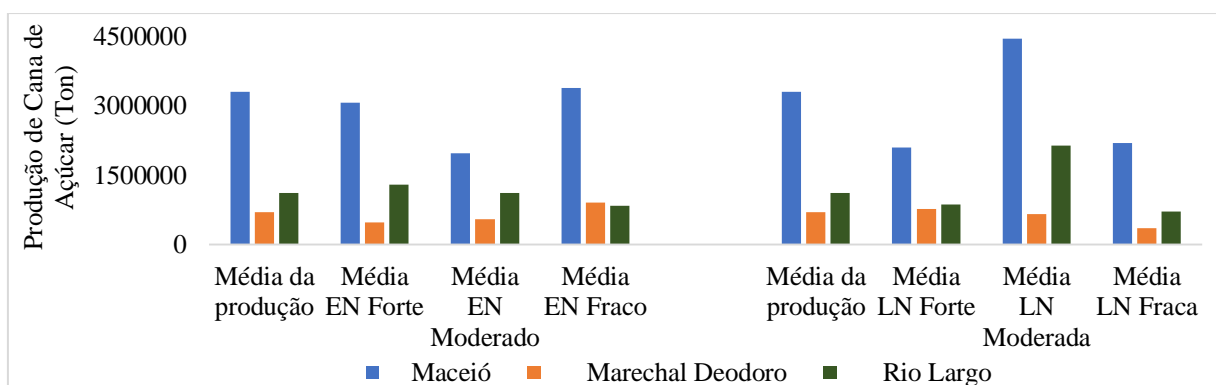
O que pode ser observado na Figura 15 para o município de Marechal Deodoro, são quedas na produção de cana de aproximadamente 31,42% em anos de El Niño Forte, de 21,18% em anos que ocorreu El Niño Moderado e um aumento de 30% durante o El Niño Fraco.

Em síntese, para EN Forte apenas o município de Rio Largo apresentou aumento na produção e para EN Moderado todos diminuíram a produção. Já para EN Fraco só Rio Largo teve perdas na produção de cana de açúcar (Figura 15).

Em relação ao fenômeno La Niña na região Metropolitana (Figura 15), verifica-se que o município de Rio Largo apresentou uma produção acima da média em ano de La Niña Moderada, com um aumento de 90,07%, entretanto em anos que ocorreram La Niña Forte e Fraca a produção de cana diminuiu cerca de 22,57% e 35,91%, respectivamente.

Já para o município de Marechal Deodoro (Figura 15) nota-se que nos anos com influência do La Niña Forte a produção de cana de açúcar aumentou 11,65%, e nos anos que tiveram influência do La Niña Moderada e Fraca a produção de cana de açúcar caiu cerca de 4,36% e 48,78% respectivamente.

Figura 15 - Comparação da produção de cana de açúcar em toneladas para a região Metropolitana em anos de El Niño e La Niña, para o período 1987 a 2017.



Fonte: AUTOR (2019).

Pode-se notar que há diminuição na produção de cana em Maceió em anos de La Niña Forte e Fraca, e superando a média em eventos de La Niña Moderada, comprovando realmente que a cana colhida em Maceió se adequa a uma faixa de precipitação específica, nem tão pouca

água nem em excesso. Por isso as melhores produções ocorreram entre El Niño Fraco e La Niña Moderada (Figura 15).

A Figura 16 mostra a produção de cana de açúcar nas macrorregiões de Alagoas, então foram notados que na macrorregião do Agreste (RA) não houve produções de cana de açúcar nos anos que tiveram as influências do El Niño Forte e do El Niño Fraco, em anos de El Niño Moderado a produção de cana RA cresceu 5 vezes comparada com a média prevista desta região.

A região Alto Sertão (RAS) (Figura 16) mostrou que as produções foram acima da média prevista para essa macrorregião nos anos que tiveram a influência do El Niño Forte e Moderado. Em anos de El Niño Forte foi observado que a produção de cana de açúcar para a RAS dobrou (108,75%), quando comparada com a produção média prevista para essa região, já o crescimento observado em anos de El Niño Moderado foi de 39,91%, no entanto, em anos de El Niño Fraco a produção de cana de açúcar na RAS diminuiu cerca de 34,67%, quando comparamos com média prevista para esta região.

Pode-se notar na Figura 16 que a macrorregião Baixo São Francisco (RBSF), não apresentou nenhuma produção de cana de açúcar nos anos que tiveram as influências dos El Niño Forte e Fraco. Todavia, em anos de El Niño Moderado pode-se notar que a produção de cana de açúcar triplicou, quando comparada com a média prevista para a RBSF.

Não houve produções de cana de açúcar em anos de El Niño Forte, Moderado e Fraco, para a região Médio Sertão (RMS), como já era esperado não se ter, pelo fato de não haver culturalmente nesta região.

Na região Metropolitana (RM) (Figura 16) observa-se que as produções de cana de açúcar aumentaram nas categorias do El Niño Forte e Fraco; nos anos que tiveram a influência do El Niño Forte a produção de cana de açúcar aumentou cerca de 0,09% e nos anos que tiveram a influência do El Niño Fraco esse aumento correspondeu a 11,79%. Já nos anos que tiveram a influência do El Niño Moderado a produção de cana de açúcar na RM diminuiu cerca de aproximadamente 22,53%, comparando com a média de produção de cana de açúcar desta macrorregião.

De acordo com a Figura 16, notaram-se também que as produções de cana de açúcar tiveram aumentos expressivos em anos de El Niño Forte e Moderado na região Norte (RN). Esses aumentos corresponderam a 26,65% e 4,34% respectivamente e nos anos da presença do El

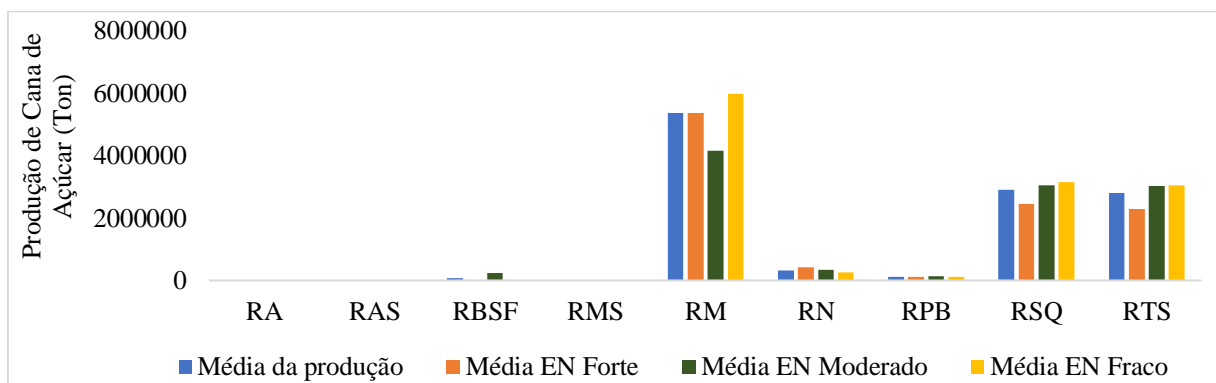
Niño Fraco na RN a produção de cana de açúcar caiu (-20,99%), quando comparada com a produção média de cana de açúcar prevista para essa macrorregião.

Na região Planalto de Borborema (RPB), observaram-se aumentos nas produções de cana de açúcar em todas as categorias do El Niño: Forte, Moderado e Fraco, nos valores de 7,84%, 22,27% e 1,37% respectivamente (Figura 16).

Na região Serrana dos Quilombos (RSQ) (Figura 16) foi observado que em anos de El Niño Moderado e Fraco houve acréscimos nas produções de cana de açúcar, quando comparada com a média prevista desta região, esses aumentos equivalem a 4,93% e 8,35% respectivamente, entretanto nos anos que apresentaram a presença do El Niño Forte a produção de cana de açúcar teve uma queda de 15,86%.

Por fim, a última região que foi analisada na Figura 16 foi a região Tabuleiro do Sul (RTS), que assim como a RSQ, apresentou um comportamento parecido nos anos de El Niño Moderado e Fraco; as produções de cana de açúcar foram acima da média (7,67% e 8,38%). Todavia em anos de El Niño Forte a produção caiu na RTS assim como também na RSQ, onde atingiu a maior queda de 18,15%.

Figura 16 - Comparação da produção de cana de açúcar em toneladas das macrorregiões de Alagoas em anos de El Niño, para o período 1987 a 2017.



Fonte: AUTOR (2019).

A Figura 17 mostra a produção de cana de açúcar nas macrorregiões de Alagoas para os eventos de La Niña, então pode-se notar que na macrorregião do Agreste (RA) não houve produções de cana de açúcar nos anos que tiveram as influências do La Niña Forte e do La Niña Moderada, mas em anos de La Niña Fraca a produção de cana de açúcar na RA cresceu 15 vezes se comparada com a média.

A região Alto Sertão (RAS) (Figura 17) mostrou que as produções foram abaixo da média nos anos que tiveram La Niña Forte e Moderada. Em anos de La Niña Forte foi observado que a produção de cana de açúcar para a RAS teve uma perda de 12,01%, já o decréscimo observado em anos de La Niña Moderada foi ainda maior de aproximadamente 47,58%, no entanto, em anos de La Niña Fraca a produção de cana de açúcar na RAS dobrou, quando comparamos com média prevista para a RAS.

Pode-se notar na Figura 17 que a macrorregião Baixo São Francisco apresentou uma produção acima da média de cana de açúcar em anos de La Niña Forte, a produção de cana de açúcar triplicou, quando comparada com a média prevista para a RBF. Entretanto, em anos que tiveram as influências de La Niña Moderada e Fraca não houve produções de cana de açúcar.

A Figura 17 mostrou que não houve produções de cana de açúcar em anos de La Niña Forte, Moderada e Fraca, para a região Médio Sertão. Já na região Metropolitana (RM) (Figura 17) pode-se observar que a produção de cana de açúcar aumentou na categoria La Niña Moderada cerca de 46,74%, entretanto, em anos que tiveram as influências de La Niña Forte e Fraca, as produções de cana de açúcar da RM tiveram declínio de aproximadamente 18,85% e 31,03% respectivamente.

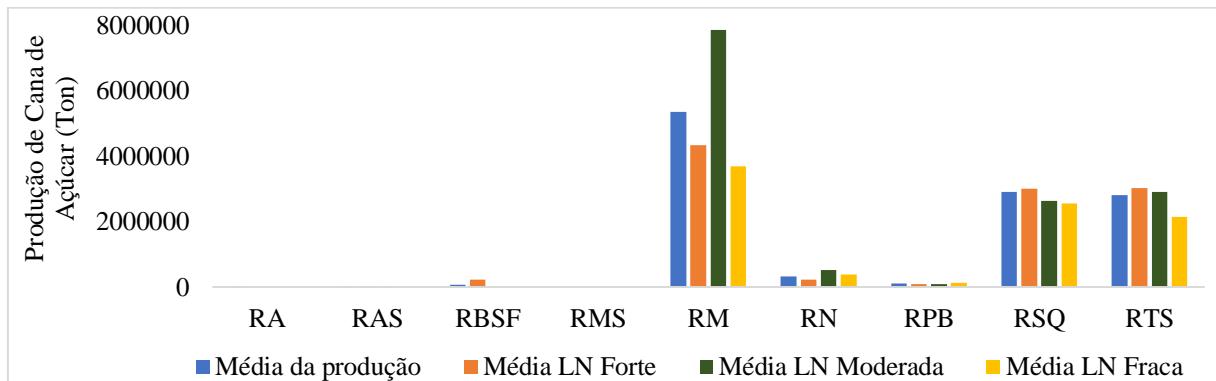
De acordo com a Figura 17 foram notados que as produções de cana de açúcar tiveram aumentos expressivos em anos de La Niña Moderada e Fraca na região Norte (RN), os quais corresponderam a 57,77% e 16,63% respectivamente; já nos anos da presença de La Niña Forte na RN a produção de cana de açúcar caiu 27,57%.

Na região Planalto de Borborema observou-se produção de cana de açúcar acima da média apenas para a categoria La Niña Fraca com um aumento de aproximadamente 23,34%; todavia nas categorias de La Niña Forte e Moderada essas produções de cana de açúcar caíram cerca de 9,43% e 7,52% respectivamente (Figura 17).

Na região Serrana dos Quilombos (RSQ) (Figura 17) foi observado que em anos de La Niña Forte houve um acréscimo na produção de cana de açúcar (3,12%), entretanto, nos anos que apresentaram as presenças do La Niña Moderada e Fraca as produções de cana de açúcar tiveram quedas, que corresponderam a 9,45% e 12,10%.

Por fim na região Tabuleiro do Sul (RTS) (Figura 17) nos anos de La Niña Forte e Moderada, as produções de cana de açúcar foram acima da média em cerca de 7,64% e 3,48%, todavia em anos de La Niña Fraca a produção de cana de açúcar caiu 23,49%.

Figura 17 - Comparação da produção de cana de açúcar em toneladas das macrorregiões de Alagoas em anos de La Niña, para o período 1987 a 2017.



Fonte: AUTOR (2019).

4.3.2. Coco

De acordo com a Figura 18, em anos que tiveram a influência do El Niño Forte, o município de Maceió teve uma produção de coco abaixo da média de 4,36%. Já o município de Marechal Deodoro houve um aumento na produção de coco correspondente a 3,48%, e o município de Rio Largo não foi detectado nenhuma produção de coco nos anos que tiveram a influência do El Niño Forte.

Durante o El Niño Moderado percebe-se que teve uma diminuição na produção de coco de 20,68% no município de Maceió, e no município de Marechal Deodoro a produção de coco aumentou cerca de 3,48%, já no Município de Rio Largo houve um decréscimo na produção de coco de 64,93% (Figura 18).

Em anos que tiveram influência do El Niño Fraco, o município de Maceió produziu coco acima da média (13,45%). Marechal Deodoro teve uma queda na produção de coco (-15,23%), e Rio Largo apresentou um aumento significativo de aproximadamente 78,72% na produção de coco (Figura 18).

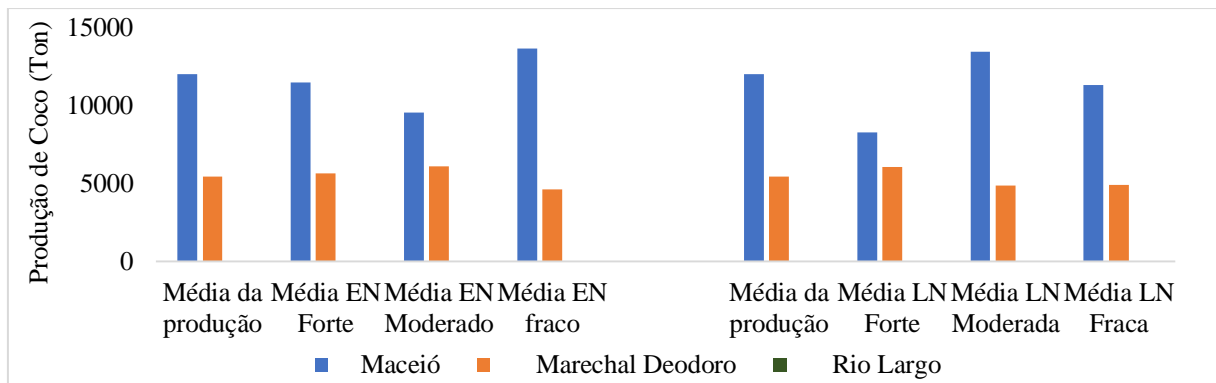
De acordo com a Figura 18, houve decréscimos nas produções quando o fenômeno La Niña Forte estava atuando. No município de Maceió foi observado um decréscimo de 31,16%, Marechal Deodoro teve um acréscimo na produção de coco de 11,58% e no município de Rio Largo foi houve acréscimo de aproximadamente 26,24%.

Observou-se na Figura 18 que a produção de coco sofreu a influência da La Niña Moderada; o município de Maceió teve uma produção acima da média de 11,96%, o município de Marechal

Deodoro e Rio Largo apresentaram produções de coco abaixo da média de 10,78% e o município de Rio Largo não foi observada nenhuma produção de coco.

Já em anos de influência da La Niña Fraca, podem ser notados que as produções de coco foram abaixo da média em todos os municípios estudados da macrorregião metropolitana de Alagoas (Figura 18). O município de Maceió apresentou um decréscimo na produção de aproximadamente 5,91%, já o município de Marechal Deodoro apresentou uma queda de 10,03%, e o município de Rio Largo não apresentou nenhuma produção sobre a influência do La Niña Fraca.

Figura 18 - Comparação da produção de coco em toneladas para o estado de Alagoas em anos de El Niño e La Niña, para o período 1987 a 2017.



Fonte: AUTOR (2019).

A Figura 19 mostra a produção de coco nas macrorregiões de Alagoas, nas três categorias de ENOS. Pode-se notar que na macrorregião do Agreste (RA) houve um aumento de 52,36% na produção de coco nos anos de influência do El Niño Fraco, no entanto, em anos de El Niño Forte e Moderado as produções de coco na RA caíram cerca de 28,49% e 47,86% respectivamente. A macrorregião Alto Sertão, não apresentou nenhuma produção de coco nos anos sob a influência dos El Niño Forte, Moderado e Fraco.

A região Baixo São Francisco apresentou uma produção de coco acima da média durante o El Niño Forte, correspondendo a 15,56%. Todavia em anos de El Niño Moderado e Fraco foram notadas que as produções de coco diminuíram 12,31% e 3,72% respectivamente. Na região Médio Sertão não houve produções de coco em anos de El Niño Forte, Moderado e Fraco (Figura 19).

Na região Metropolitana (RM) pode-se observar que a produção de coco aumentou durante a fase do El Niño Fraco; esse aumento corresponde a 4,55%. Já nos anos sob as influências do El

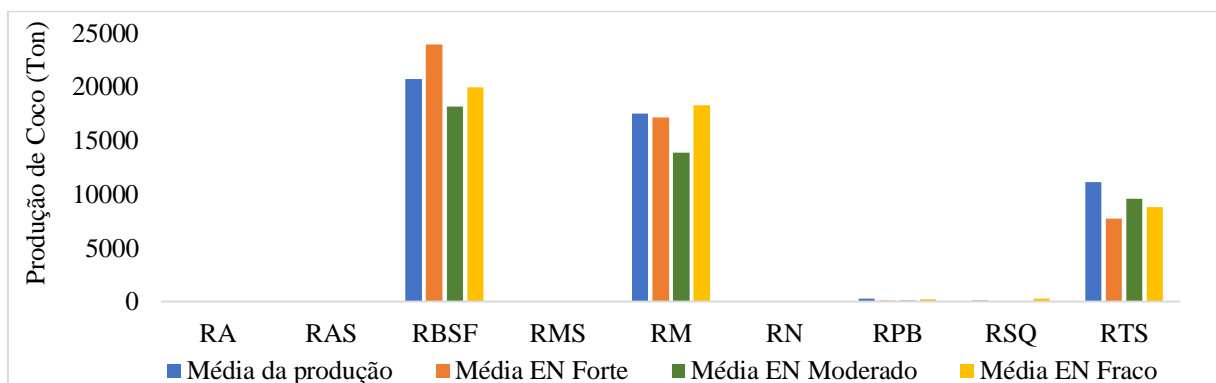
Niño Forte e Moderado, as produções de coco na RM diminuiram 1,95% e 20,66% respectivamente. A região Norte (RN), não houve produções de coco em anos de El Niño Forte, Moderado e Fraco, para a RN (Figura 19).

Na região Planalto de Borborema, observou-se que em todas as categorias de El Niño as produções de coco ficaram abaixo da média, sendo que durante o El Niño Forte queda de 52,36%, no El Niño Moderado queda de 63,63% e no El Niño Fraco esse decréscimo foi de 24,56% (Figura 19).

Na região Serrana dos Quilombos (Figura 19) foi observado que em anos de El Niño Fraco a produção de coco dobrou e, nos anos de presenças do El Niño Forte e Moderado não houve produções de coco.

Por fim, a última região que analisada (Figura 19) a região Tabuleiro do Sul (RTS), assim como a RPB, apresentou um comportamento parecido em todas as categorias de El Niño observadas; as produções de coco ficaram abaixo da média prevista para a RTS, sendo que durante El Niño Forte essa queda foi de 30,31%, em El Niño Moderado houve queda de 13,79% e no El Niño Fraco esse decréscimo foi de 20,57%.

Figura 19 - Comparação da produção de coco em toneladas das macrorregiões de Alagoas em anos de El Niño, para o período 1987 a 2017.



Fonte: AUTOR (2019).

A Figura 20 mostra a produção de coco nas macrorregiões de Alagoas em suas respectivas categorias do ENOS, e verificar que na macrorregião do Agreste houve uma produção de coco acima da média. Já nos anos de La Niña Moderada, essa produção aumentou 42,20% em anos de La Niña Forte teve um declínio na produção de coco (cerca de 12,24%) e nos anos de La Niña Fraca não houve produção de coco na RA.

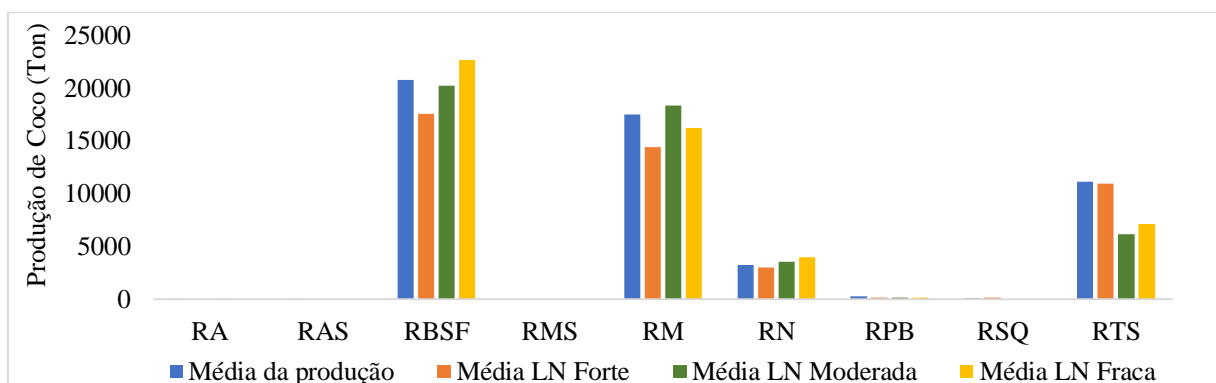
Não houve produções de coco em anos de La Niña Forte, Moderada e Fraca, para a região Alto Sertão, entretanto era esperado ter uma produção, pelo fato de haver uma produção média prevista para esta macrorregião (Figura 20). Pode-se notar que a macrorregião Baixo São Francisco apresentou uma produção acima da média e em anos de La Niña Fraca a produção de coco aumentou cerca de 9,21%. Em anos sob influência de La Niña Forte e Moderada as produções de coco diminuíram aproximadamente 15,33% e 2,55% respectivamente.

A RMS mostrou que não houve produções de coco em anos de La Niña Forte, Moderada e Fraca, para a RMS. Na região Metropolitana (RM) (Figura 20) pode-se observar que a produção de coco aumentou na categoria La Niña Moderada cerca de 4,82%, entretanto, em anos que tiveram as influências da La Niña Forte e Fraca, as produções de coco da RM tiveram declínio de aproximadamente 17,81% e 7,23% respectivamente.

De acordo com a Figura 20, notaram-se que as produções de coco tiveram aumentos expressivos em anos de La Niña Moderada e Fraca na região Norte, correspondendo a 10,11% e 22,81% respectivamente. Nos anos de presença de La Niña Forte na RN a produção de coco teve decréscimo de 6,68%.

Na região Planalto de Borborema, observou-se que em todas as categorias de La Niña houve produções de coco abaixo da média, nos anos de La Niña Forte essa perda correspondeu a 44,69%, na presença da La Niña Moderada essa perda na produção do coco chegou a 38,29%, e na La Niña Fraca essa queda foi de 43,56% (Figura 20).

Figura 20 - Comparação da produção de coco em toneladas das macrorregiões de Alagoas em anos de La Niña, para o período 1987 a 2017.



Fonte: AUTOR (2019).

Na região Serrana dos Quilombos (Figura 20) foi observado que em anos de La Niña Forte houve um acréscimo na produção de coco equivalente a 25,29%, e nos anos de ocorrência de La Niña Moderada e Fraca não houve produções de coco.

Por fim na região Tabuleiro do Sul, pode-se observar que em todas as categorias de La Niña as produções de coco foram abaixo da média e os valores dessas diminuições correspondem: 1,60%, 44,63% e 93,60%, para as categorias de La Niña Forte, Moderada e Forte, respectivamente (Figura 20).

4.3.3. Mandioca

Durante a fase do El Niño Forte a produção de mandioca em Maceió, ultrapassa a média prevista para este Município (Figura 21), com aumento de aproximadamente 5,71%. Durante o El Niño Moderado as perdas na produção em Maceió são maiores com um valor de aproximadamente 43,72%, e para o El Niño Fraco, essa redução foi de 3,58%.

Pode ser observado na Figura 21 que o município de Marechal Deodoro, teve um aumento na produção de mandioca no valor de 55,66%, quando o fenômeno El Niño Forte estava atuando. Durante o El Niño Moderado e Fraco foram detectadas quedas nas produções de mandioca de aproximadamente 33,91% em anos de El Niño Moderado e 66,12% em anos de El Niño Fraco.

Já para o município de Rio Largo a produção aumentou durante o evento de El Niño Forte, com um aumento de 1,39%, diminuindo sua produção nos eventos de El Niño Moderado e Fraco em cerca de 19,52% e 47,46%, respectivamente (Figura 21).

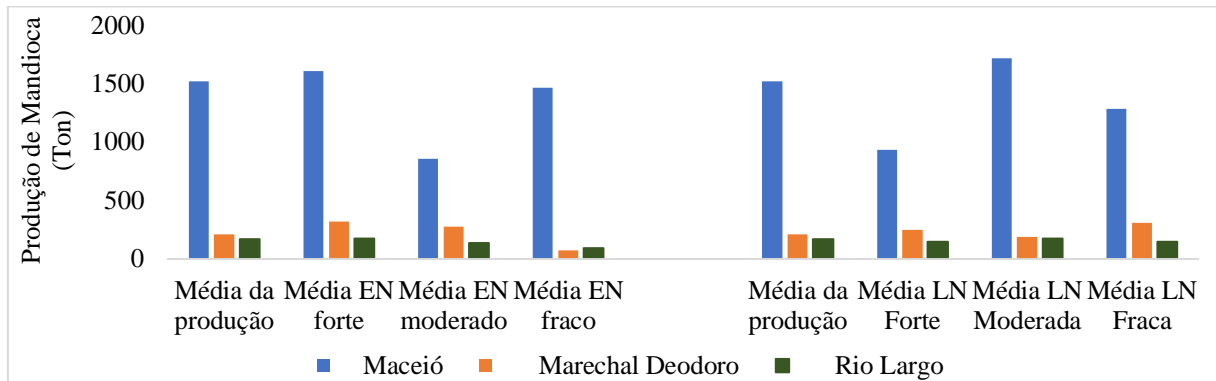
Pode-se notar que há diminuição de 38,54% na produção de mandioca em Maceió em anos de La Niña Forte. Em La Niña Moderada houve acréscimo na produção de mandioca, no valor de 13,04% e sob influência da La Niña Fraca, houve queda na produção de mandioca em Maceió no valor de 15,44% (Figura 21).

Já para o município de Marechal Deodoro (Figura 21) nota-se que nos anos com influência do La Niña Forte a produção de cana de açúcar aumentou 18,97%, e quando há a influência do La Niña Moderada a produção de mandioca caiu cerca de 9,85%. Já durante a influência da La Niña Fraca houve um aumento da produção de mandioca no município de Marechal deodoro correspondente há 48,34%.

Verifica-se na Figura 21 que o município de Rio Largo apresentou uma produção abaixo da média em ano de La Niña Forte com um queda de 13,66%, entretanto em anos que ocorreu La

Niña Moderada a produção de mandioca aumentou cerca de 2,63%, porém em anos que ocorreu La Niña Fraca a produção de mandioca do município de Rio Largo caiu cerca de 14,13%.

Figura 21 - Comparação da produção de mandioca em toneladas para o estado de Alagoas em anos de El Niño e La Niña, para o período 1987 a 2017.



Fonte: AUTOR (2019).

A Figura 22 mostra a produção de mandioca nas macrorregiões de Alagoas, nas suas três categorias de ENOS, pode-se notar que na macrorregião do Agreste, em todas categorias de El Niño as produções de mandioca, foram abaixo da média. Essas diminuições chegaram a 11,49%, 21,41% e 16,68% (Forte, Moderado e Fraco).

Para macrorregião Alto Sertão todas as produções de mandioca apresentaram-se acima da média nas categorias de El Niño Forte, Moderado e Fraco, equivalentes a 85,72%, 5,97% e 7,44% respectivamente (Figura 22).

A região Baixo São Francisco (Figura 22) apresentou produção de mandioca acima da média quando estava sobre a influência do El Niño Fraco, essa ascensão corresponde a 8,66%. Todavia, em anos de El Niño Forte e Moderado foram notadas, que as produções de mandioca diminuiriam cerca de 32,06% e 28,38%, respectivamente.

De acordo com a Figura 22 foram detectadas que as produções de mandioca elevadas foram devido as influências do El Niño Forte e Moderado para a região Médio Sertão, e essas ascensões nas produções de mandioca chegaram a 97,31% e 65,12% respectivamente. Nos anos que tiveram a influência do El Niño Fraco, a produção de mandioca teve um declínio de 54,90%.

Na região Metropolitana (RM) pode-se observar que a produção de mandioca aumentou durante El Niño Forte (10,75%). Já nos anos que tiveram as influências do El Niño Moderado

e Fraco as produções de mandioca na RM diminuiriam aproximadamente 33,09% e 14,33% respectivamente (Figura 22).

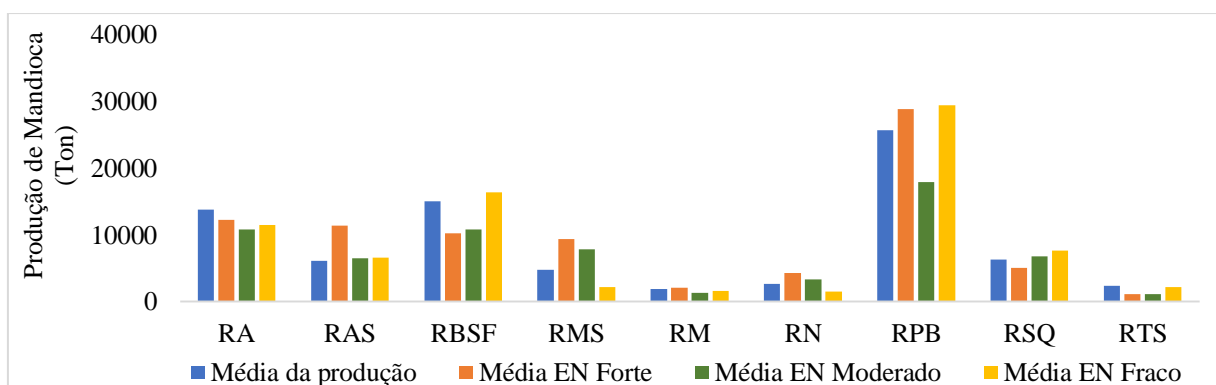
A região Norte (RN), de acordo com a Figura 22, mostrou que as produções de mandioca acima da média foram detectadas em anos de El Niño Forte e Moderado na RN; esses aumentos na produção foram na ordem de 59,68% e 23,88%, e durante os anos que tiveram a atuação do El Niño Fraco a produção de mandioca diminuiu 43,41%.

Na região Planalto de Borborema, observaram-se que nas categorias de El Niño Forte e Fraco, as produções de mandioca foram acima da média com aumentos equivalentes a 12,30% e 14,79%, respectivamente. Entretanto, em anos da atuação do El Niño Moderado, houve uma queda na produção de mandioca (30,11%) (Figura 22).

Na região Serrana dos Quilombos (Figura 22) foram observadas, que nos anos de El Niño Moderado e Fraco, as produções de mandioca cresceram 7,32% e 19,97% respectivamente, já nos anos da presença do El Niño Forte a produção de mandioca caiu 20,73%.

Por fim, na Tabuleiro do Sul todas as categorias de El Niño observadas ficaram abaixo da média de produção de mandioca, sendo que para o El Niño Forte essa queda foi de 54,36%, no El Niño Moderado, queda de 54,91%, e no El Niño Fraco esse decréscimo foi de 11,40% (Figura 22).

Figura 22 - Comparação da produção de mandioca em toneladas das macrorregiões de Alagoas em anos de El Niño, para o período 1987 a 2017.



Fonte: AUTOR (2019).

A Figura 23 mostra a produção de mandioca nas macrorregiões de Alagoas em suas respectivas categorias do ENOS, logo pode-se verificar que na macrorregião do Agreste houve produções de mandioca acima da média. Nos anos sob influências de La Niña Moderada e

Fraca, as produções aumentaram 74,99% e 27,31% respectivamente; durante os anos de La Niña Forte houve declínio na produção de mandioca em cerca de 47,72%.

De acordo com a Figura 23, assim como a RA, a região Alto do Sertão apresentou um comportamento parecido em relação as produções de mandioca; nos anos que tiveram a atuação da La Niña Moderada e Fraca as produções de mandioca foram acima da média 4,45% e 38,72% respectivamente; já nos anos que tiveram a presença da La Niña Forte a produção de mandioca caiu 7,21%.

Pode-se notar na Figura 23 que a macrorregião Baixo São Francisco apresentou um comportamento parecido em relação as produções de mandioca, assim como na RA e na RAS. Nos anos que tiveram a atuação da La Niña Moderada e Fraca as produções de mandioca foram acima da média em 72,18% e 10,44%, respectivamente. Por fim nos anos que tiveram a presença da La Niña Forte, a produção de mandioca caiu 27,63%.

A região Médio Sertão, de acordo com a Figura 23, mostrou que apenas na categoria de La Niña Fraca a produção de mandioca alavancou e quase quadruplicou a produção de mandioca durante esse fenômeno. Todavia, nos anos de La Niña Forte e Moderada as produções de mandioca diminuíram aproximadamente 69,09% e 27,62% respectivamente.

Na região Metropolitana (Figura 23) pode-se observar que a produção de mandioca aumentou apenas na categoria La Niña Moderada, cerca de 9,61%, entretanto, em anos que tiveram as influências da La Niña Forte e Fraca, as produções de mandioca da RM tiveram declínio de aproximadamente 30,04% e 8,37% respectivamente.

Foram também detectados que as produções de mandioca da região norte apresentaram comportamentos semelhantes como foram constatados nas RA, RAS, RBSF; houve aumentos expressivos em anos de La Niña Moderada e Fraca, as produções de mandioca dobraram na região Norte, e nos anos da presença de La Niña Forte, na RN a produção de mandioca caiu 27,78% (Figura 23).

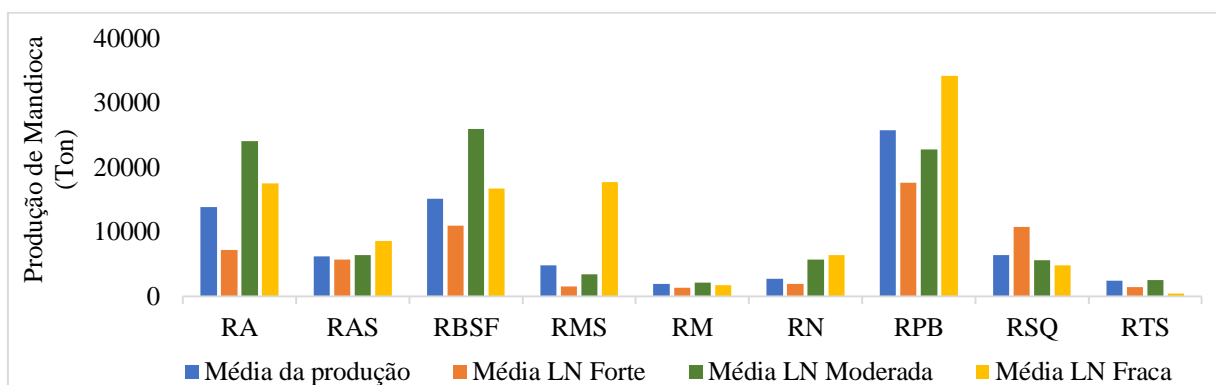
Na região Planalto de Borborema, observou-se que assim como na RMS, a produção de mandioca alavancou na categoria La Niña Fraca, esse aumento chegou a 32,87%. Todavia nos anos de La Niña Forte e Moderada as produções de mandioca diminuíram aproximadamente 31,55% e 11,36% (Figura 23).

Na região Serrana dos Quilombos (Figura 23) foi observado que em anos de La Niña Forte houve acréscimo na produção de mandioca em 68,81%, já nos anos que apresentaram as

presenças do La Niña Moderada e Fraca, as produções de diminuíram cerca de 11,67% e 24,71% respectivamente.

Por fim, a região Tabuleiro do Sul, assim como a RM, apresentou um comportamento semelhante; apenas na categoria La Niña Moderada foi notado, uma produção de mandioca acima da média de 3,58%. Durante as atuações de La Niña Forte e Fraca foram detectadas diminuições nas produções de mandioca 41,76% e 81,36%, respectivamente (Figura 23).

Figura 23 - Comparação da produção de mandioca em toneladas das macrorregiões de Alagoas em anos de La Niña, para o período 1987 a 2017.



Fonte: AUTOR (2019).

4.3.4. Milho

De acordo com a Figura 24, em anos sob influência do El Niño Forte, os municípios de Maceió, Marechal Deodoro e Rio Largo tiveram um aumento na produção de milho: Maceió teve um aumento no valor de 65,61%, já Marechal Deodoro um aumento de 65,33% e Rio Largo um aumento de 91,64%.

Quando comparada à média de produção de Milho com a média de produção de milho sobre a influência do El Niño Moderado, pode-se perceber que as produções aumentaram em 89,68% no município de Maceió; e no município de Marechal Deodoro a produção dobrou (103,8%), e no Município de Rio Largo houve um decréscimo na produção de 34,24% (Figura 24).

Como pode-se observar não foi registrada nenhuma produção de milho nos municípios de Maceió, Marechal Deodoro e Rio largo nos anos que tiveram influência do El Niño Fraco (Figura 24).

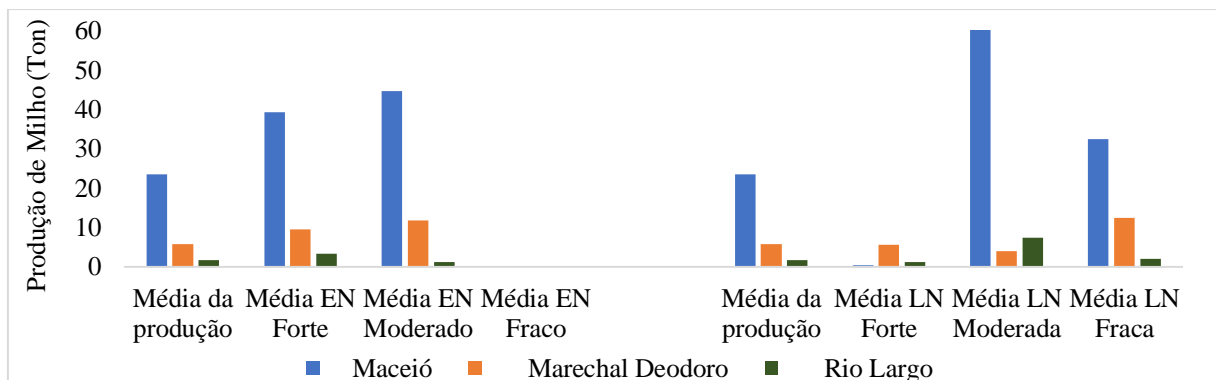
Ainda notou-se que houve decréscimos nas produções de Milho em todos os municípios estudados da região Metropolitana, quando o La Niña Forte ocorria. No município de Maceió

foi observado decréscimo de 98,3%, o município de Marechal Deodoro teve decréscimo de 3,55% e no município de Rio Largo foi detectada baixa na produção de 32,36% (Figura 24).

Observou-se na Figura 24 que a produções de milho aumentaram quando estiveram sobre a influência da La Niña Moderada; o município de Maceió dobrou sua produção (156,92%), o município de Rio Largo quadruplicou sua produção (322,7%), enquanto, o município de Marechal Deodoro apresentou um decréscimo de 31,11% na produção de milho.

Em anos que tiveram a influência da La Niña Fraca, pode ser notado que as produções de milho foram acima da média em todos os municípios dessa macrorregião; o município de Maceió apresentou um aumento na produção de aproximadamente 38,01%, o município de Marechal Deodoro a produção de milho duplicou (115,28%), e o município de Rio Largo teve um aumento na produção de 12,73% (Figura 24).

Figura 24 - Comparação da produção de Milho em toneladas para o estado de Alagoas em anos de El Niño e La Niña, para o período 1987 a 2017.



Fonte: AUTOR (2019).

A Figura 25 mostra a produção de milho nas macrorregiões de Alagoas, nas três categorias de ENOS, e foram verificados que na macrorregião do Agreste, em todas as categorias de El Niño, todas as produções de milho foram acima da média. Esses acréscimos chegaram a 0,49% (El Niño Forte), 0,21% (El Niño Moderado) e 20,47% (El Niño Fraco).

Pode-se notar que na macrorregião Alto Sertão as produções de milho apresentaram-se acima da média nas categorias de El Niño Moderado e Fraco de 44,21% e 70,20%, respectivamente. Nos anos com atuação do fenômeno El Niño na categoria Forte a produção de milho diminuiu 36,73% (Figura 25).

A região Baixo São Francisco (Figura 25) apresentou uma produção de milho acima da média de 62,39%, quando estava sobre a influência do El Niño Fraco. Todavia, em anos de El Niño Forte e Moderado foram notados, que as produções de milho diminuíram cerca de 9,42% e 31,47% respectivamente.

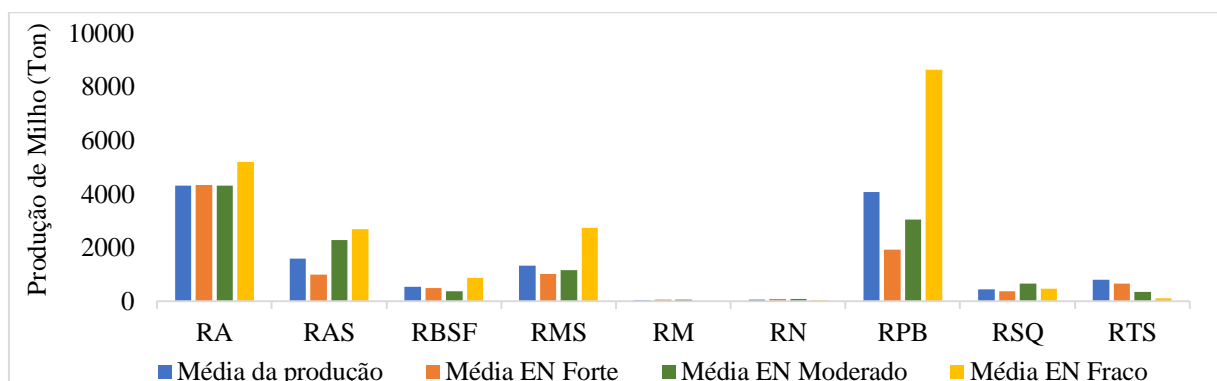
A produção de milho acima da média ocorreu durante a influência do El Niño Fraco, quando a produção de milho dobrou para a região Médio Sertão, tendo assim um comportamento semelhante com a RBSF. Já nos anos que tiveram as influências do El Niño Forte e Moderado as produções de milho tiveram declínios de 23,31% e 12,66%, respectivamente (Figura 25).

Na região Metropolitana (Figura 25) as produções de milho aumentaram durante a ocorrência das categorias do El Niño Forte e Moderado de 68,33% e 85,25%, respectivamente. Nos anos sob influência do El Niño Fraco não houve produção de milho.

Para a região Norte as produções de milho acima da média foram detectadas em anos de El Niño Forte e Moderado na RN de 39,86% e 43,60%, respectivamente. Durante os anos que tiveram a atuação do El Niño Fraco a produção de milho diminuiu 26,11% (Figura 25).

Na região Planalto de Borborema observou-se que durante El Niño Fraco, a produção de milho dobrou e esses mesmos comportamentos foram observados nas RBSF e RMS. Entretanto, nos anos que tiveram as atuações das categorias do El Niño Forte e Moderado houve quedas nas produções de milho em 53,05% e 25,67%, respectivamente (Figura 25).

Figura 25 - Comparação da produção de milho em toneladas das macrorregiões de Alagoas em anos de El Niño, para o período 1987 a 2017.



Fonte: AUTOR (2019).

Na região Serrana dos Quilombos (Figura 25) observou-se que nos anos de El Niño Moderado e Fraco as produções de milho cresceram em 48,50% e 4,92%, respectivamente. Já nos anos que tiveram a presença do El Niño Forte a produção de milho caiu 16,17%.

Na região Tabuleiro do Sul em todas as categorias de El Niño, as produções de milho ficaram abaixo da média, sendo que durante El Niño Forte essa queda foi de 1,66%, no El Niño Moderado queda de 55,71% e no El Niño Fraco esse decréscimo foi de 84,91% (Figura 25).

A Figura 26 mostra a produção de milho nas macrorregiões de Alagoas durante a ocorrência das categorias do ENOS. Logo podem ser verificadas que na macrorregião do Agreste houve produções de milho acima da média, nos anos que tiveram influências de La Niña Moderada a produção dobrou e na La Niña Fraca teve um crescimento na produção de 61,29%. Sob influência de La Niña Forte houve declínio na produção em cerca de 9,96%.

A Região Alto Sertão teve um crescimento na produção de milho acima da média, nos anos que tiveram a atuação da La Niña Fraca a produção de milho dobrou. Já nos anos que tiveram as presenças de La Niña Forte e Moderada as produções de milho caíram 30,89% e 77,33%, respectivamente (Figura 26).

A macrorregião Baixo São Francisco teve aumentos acima da média nas produções de milho em todas as categorias do ENOS, em anos de La Niña Forte esse acréscimo na produção foi de 4,21%, nos anos de La Niña Moderado esse aumento foi de 21,79%, e nos anos de La Niña Fraca registrou-se aumento de apenas 0,78% (Figura 26).

Na região Médio Sertão durante anos que tiveram a influência da La Niña Forte a produção de milho dobrou, já nos anos que tiveram a atuação da La Niña Fraca esse aumentou chegou a 34,37%. No entanto, nos anos de La Niña Moderada a produção de milho diminuiu 59,88% (Figura 26).

Na região Metropolitana (Figura 26) podem ser observadas que as produções de milho aumentaram nas categorias La Niña Moderada e Fraca, entretanto, na categoria La Niña Moderada a produção de milho dobrou e nos anos que tiveram a influência da La Niña Fraca esse aumento correspondeu a 50,98%, assim como o comportamento observado na RA. Observou-se que em anos de influência da La Niña Forte, a produção de milho da RM teve um declínio de 76,87%.

As produções de milho apresentaram comportamentos semelhantes na região Norte. Assim como foram observadas nas RA e RM, houve aumentos expressivos em anos de La Niña

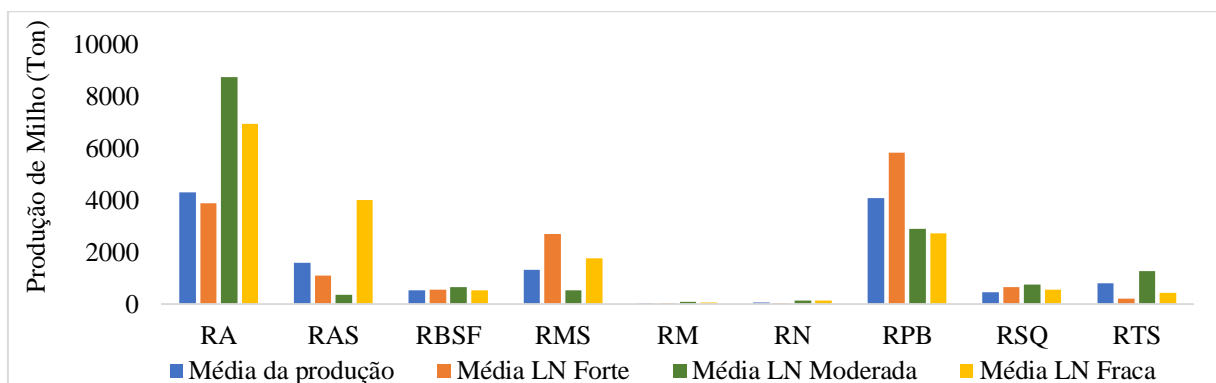
Moderada e Fraca, nas quais as produções de milho dobraram na RN. Entretanto, nos anos da presença de La Niña Forte na RN a produção de milho caiu cerca de 41,45% (Figura 26).

Na região Planalto de Borborema observou-se que a produção de milho alavancou durante La Niña Forte e esse aumento chegou a 42,87%. Todavia, nos anos de La Niña Moderada e Fraca as produções de milho diminuíram 29,21% e 33,48%, respectivamente (Figura 26).

Na região Serrana dos Quilombos (Figura 26) foram observados que durante todas as categorias de ENOS houve aumentos na produção de milho quando comparado com a média. Nos anos de La Niña Forte houve acréscimos na produção de milho de 44,84%; com La Niña Moderada esse aumento foi de 67,32%, e nos anos que tiveram a atuação do fenômeno La Niña Fraca a produção de milho aumentou cerca de 21,48%. Esse mesmo comportamento foi também notado na RBSF.

Por fim, na região Tabuleiro do Sul, apenas na categoria La Niña Moderada foi notada produção de milho acima da média correspondendo a 58,54%. Durante as atuações de La Niña Forte e Fraca foram detectadas diminuições nas produções de milho e esses decréscimos chegaram a 74,11% e 45,92% respectivamente (Figura 26).

Figura 26 - Comparação da produção de milho em toneladas das macrorregiões de Alagoas em anos de La Niña, para o período 1987 a 2017.



Fonte: AUTOR (2019).

4.4. Distribuição espacial das produções das principais culturas do estado durante ENOS

4.4.1. Cultura da Cana de Açúcar

De acordo com as Figuras 28 e 29, pode-se verificar que em anos de El Niño Forte e moderado a produção de cana de açúcar em Alagoas chega a 2.800.000 toneladas, já em anos que ocorreu a influência de El Niño Fraco (Figura 30) a produção de cana de açúcar chegou a 3.200.000

Ton, se igualando à produção média. Esse fato comprova o que já foi relatado na pesquisa, que a cana de açúcar não se desenvolve bem sobre a influência de eventos extremos; quando a ação do evento climático é fraco não interfere no seu desenvolvimento, pelo contrário, a cana se desenvolveu melhor, como um aumento na produção de 12,5%, quando comparado aos anos de El Niño Forte e Moderado.

Figura 27 - Distribuição espacial da média da produção de cana de açúcar para o período (1987/2017), em toneladas, para o estado de Alagoas.

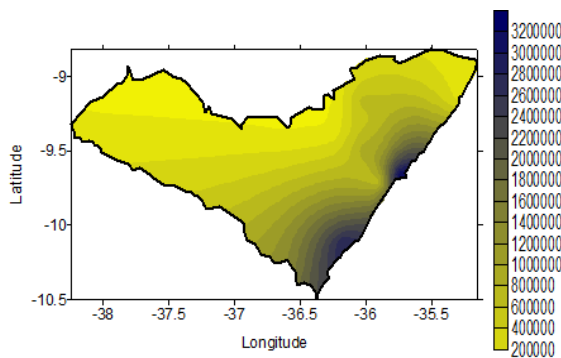
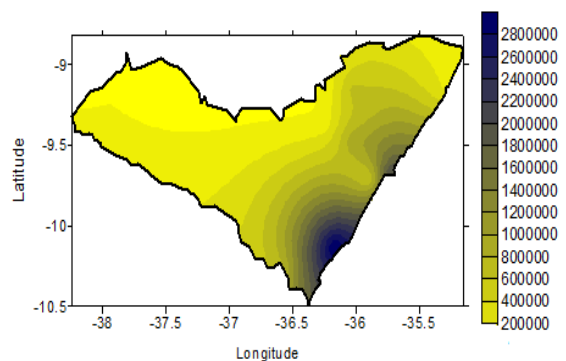


Figura 28 - Distribuição espacial da produção de cana de açúcar para eventos de El Niño Forte, em toneladas, para o estado de Alagoas.



Fonte: AUTOR (2019).

Figura 29 - Distribuição espacial da produção de cana de açúcar para eventos de El Niño Moderado, em toneladas, para o estado de Alagoas.

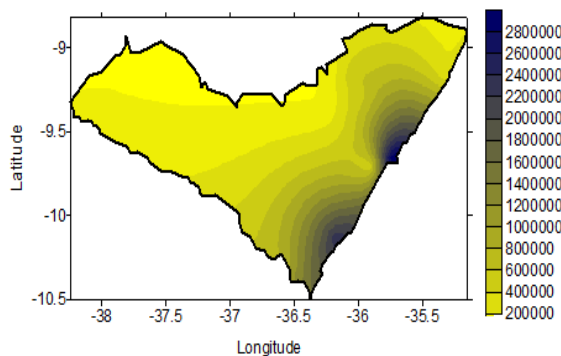
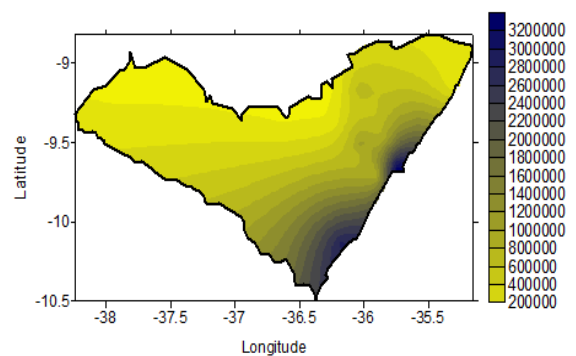


Figura 30 - Distribuição espacial da produção de cana de açúcar para eventos de El Niño Fraco, em toneladas, para o estado de Alagoas.



Fonte: AUTOR (2019).

Como pode-se verificar nas Figuras 31 e 33, a produção de cana de açúcar foi menor nos anos de La Niña Forte e La Niña Fraca, se comparada com a média da produção do estado de Alagoas (Figura 27). Nesses eventos, houve diminuição de 12,5% e 37,5% na produção de cana de açúcar, respectivamente. No entanto, em anos de La Niña Moderada (Figura 32) a produção de

cana de açúcar atingiu um valor máximo de 4.000.000 Ton, que representa um aumento de 25% na produção total de cana de açúcar comparado à média.

Domingues (2010) analisou correlações entre os dados climáticos e a produtividade da cana de açúcar nas regiões norte e noroeste do Paraná, e obteve resultados significativos para o município de Cambé, concluindo que a produtividade de cana diminui até 70 % quando a cultura é submetida ao excesso hídrico, e que a perda é maior no excesso do que na deficiência hídrica. Em relação aos episódios de ENOS, percebeu-se que anos de El Niño e anos neutros, apresentaram menores correlações entre a produção da cana de açúcar e anos com chuvas abaixo da média.

Figura 31 - Distribuição espacial da produção de cana de açúcar para eventos de La Niña Forte, em toneladas, para o estado de Alagoas.

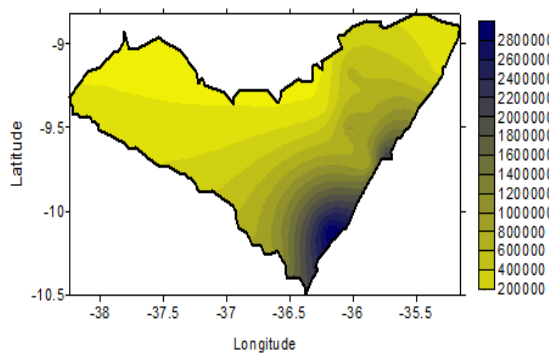
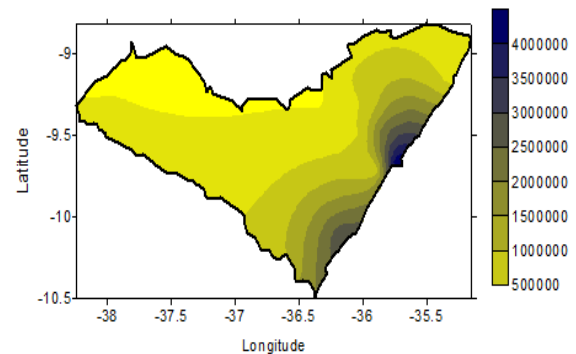
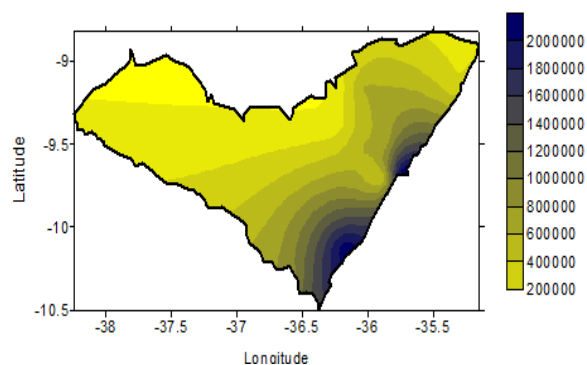


Figura 32 - Distribuição espacial da produção de cana de açúcar para eventos de La Niña Moderada, em toneladas, para o estado de Alagoas.



Fonte: AUTOR (2019).

Figura 33 - Distribuição espacial da produção de cana de açúcar para eventos de La Niña Fraca, em toneladas, para o estado de Alagoas.



Fonte: AUTOR (2019).

Araújo (2012) estudou os eventos climáticos sobre a produtividade agrícola das regiões Nordeste e Sul do Brasil e obteve resultados que em anos de ocorrência de La Niña, notou-se que as lavouras de milho, mandioca e cana de açúcar, situadas no semiárido nordestino, são favorecidas, visto que são afetadas pela irregularidade das chuvas ao longo das estações do ano. Concluiu-se também que as culturas de cana de açúcar e mandioca, são mais tolerantes aos fenômenos El Niño e La Niña.

4.4.2. Cultura do Coco

De acordo com as Figuras 35, 36 e 37, em anos de El Niño Forte, Moderado e Fraco, a produção de coco em Alagoas foi abaixo da média para o estado; nos anos que houve a influência de El Niño Forte (Figura 35) a produção de coco chegou a 10.000 toneladas, que quando comparada à produção média do estado corresponde a uma queda de 13,04%. Já em anos de El Niño Moderado (Figura 36) a produção de coco chegou a 10.500 Ton que corresponde a perca de 8,69%; durante anos de El Niño Fraco a produção observada, de acordo com a Figura 37, foi de 9.000 Ton, correspondendo a um decréscimo de 21,73%.

Figura 34 - Distribuição espacial da média da produção de coco para o período (1987/2017), em toneladas, para o estado de Alagoas.

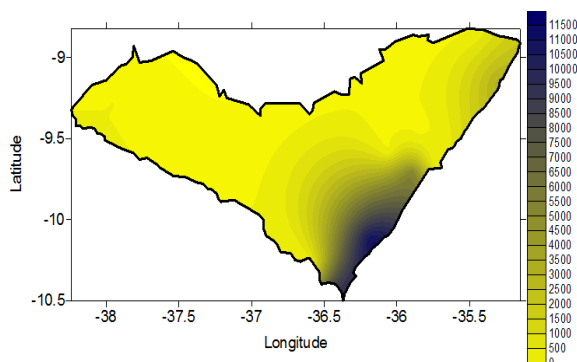
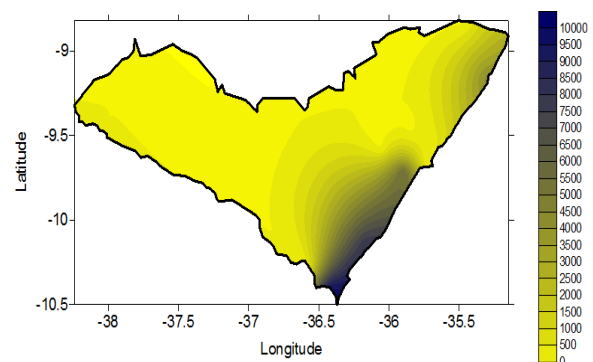


Figura 35 - Distribuição espacial da média da produção de coco para eventos de El Niño Forte, em toneladas, para o estado de Alagoas.



Fonte: AUTOR (2019).

A produção de coco foi menor em anos de La Niña, em anos de La Niña Forte (Figura 38) a produção chegou a 11.000 Ton, que corresponde a um decréscimo de 4,35%; em anos de La Niña Moderada (Figura 39) a produção de coco correspondeu a 8.500 Ton, que equivale a uma perca de 26,09% na produção de coco em Alagoas. Já em anos de que tiveram a influência da La Niña Fraca (Figura 40) a produção de coco em alagoas chegou a 9.500 Ton, que significa uma diminuição de 17,39% na produção de coco.

Figura 36 - Distribuição espacial da média da produção de coco para eventos de El Niño Moderado, em toneladas, para o estado de Alagoas.

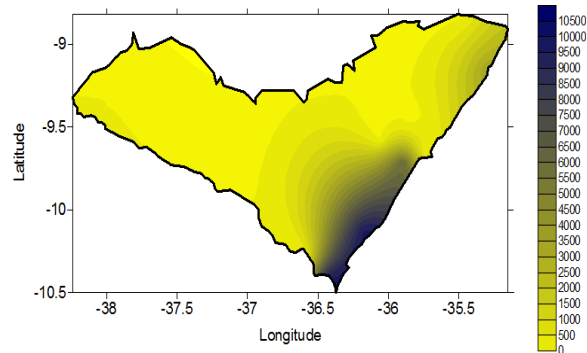
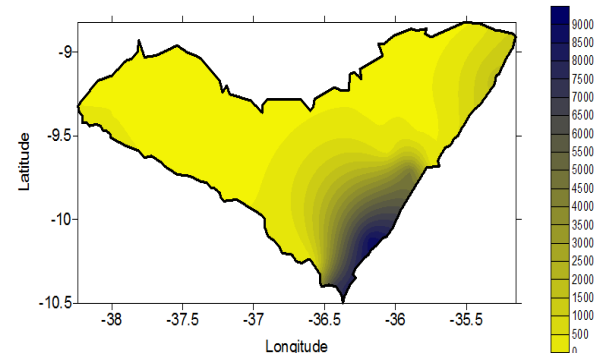


Figura 37 - Distribuição espacial da média da produção de coco para eventos de El Niño Fraco, em toneladas, para o estado de Alagoas.



Fonte: AUTOR (2019).

Figura 38 - Distribuição espacial da média da produção de coco para eventos de La Niña Forte, em toneladas, para o estado de Alagoas.

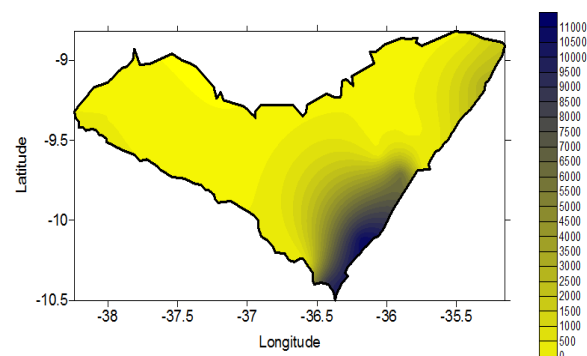
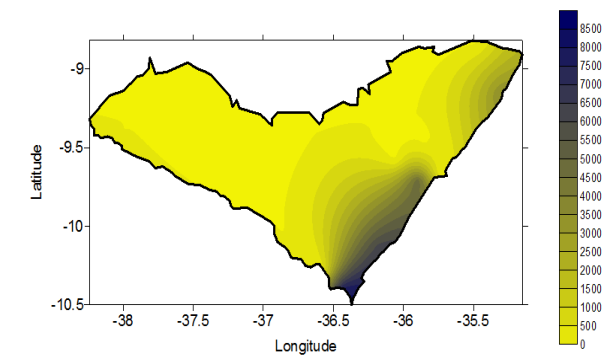
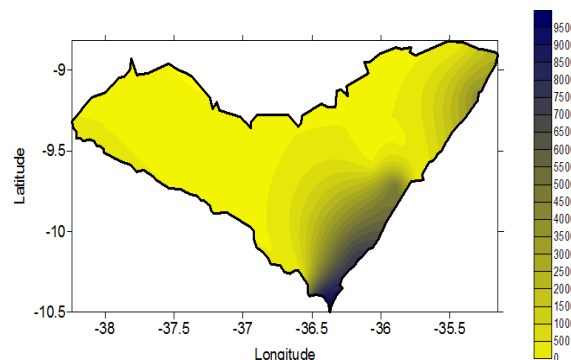


Figura 39 - Distribuição espacial da média da produção de coco para eventos de La Niña Moderada, em toneladas, para o estado de Alagoas.



Fonte: AUTOR (2019).

Figura 40 - Distribuição espacial da média da produção de coco para eventos de La Niña Forte, em toneladas, para o estado de Alagoas.



Fonte: AUTOR (2019).

4.4.3. Cultura da Mandioca

Em anos de El Niño Forte e Fraco a produção de mandioca em Alagoas ultrapassou a média do estado de Alagoas que corresponde a 25.000 toneladas (Figura 41); já em anos sob a influência de El Niño Forte (Figura 42), a produção de mandioca chegou a 27.000 Ton, que corresponde a um aumento de 8% na produção de mandioca (Figura 41), em anos de El Niño Fraco (Figura 44) a produção de mandioca atingiu 30.000 Ton, o que corresponde a um aumento significativo de 20% na produção de mandioca no estado de Alagoas.

Figura 41 - Distribuição espacial da média da produção de mandioca para o período (1987/2017), em toneladas, para o estado de Alagoas.

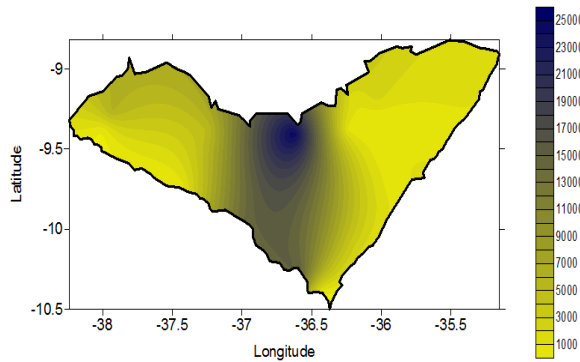
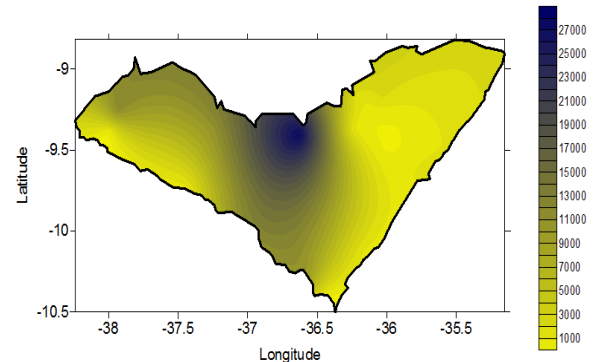


Figura 42 - Distribuição espacial da produção de mandioca para eventos de El Niño Forte, em toneladas, para o estado de Alagoas.



Fonte: AUTOR (2019).

Figura 43 - Distribuição espacial da produção de mandioca para eventos de El Niño Moderado, em toneladas, para o estado de Alagoas.

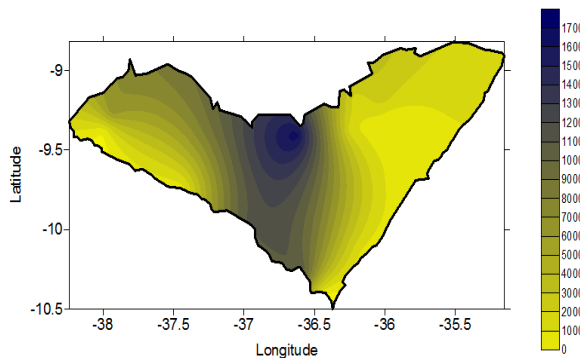
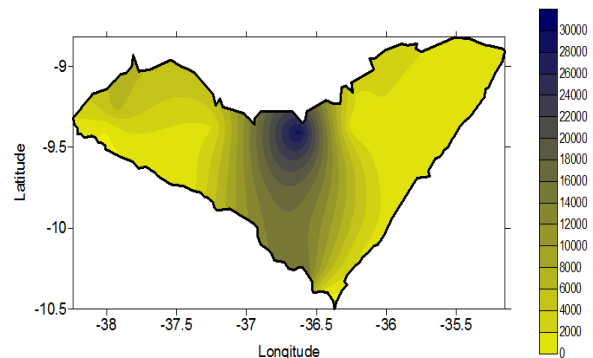


Figura 44 - Distribuição espacial da produção de mandioca para eventos de El Niño Fraco, em toneladas, para o estado de Alagoas.



Fonte: AUTOR (2019).

Nos anos que tiveram a influência do El Niño Moderado (Figura 43), a produção de mandioca não ultrapassou a média do estado de Alagoas (Figura 41) essa produção correspondeu a 17.000 Ton, indicando que a produção de mandioca teve uma queda de 32%.

Santos (2017) analisou a influência do fenômeno ENOS sob o cultivo de mandioca em 14 (quatorze) locais do Rio Grande do Sul e concluiu que o fenômeno ENOS exerce influência direta na produção de mandioca; em anos de El Niño Forte, a produção é mais alta, já em anos que o El Niño é extremamente forte, a mandioca é prejudicada pelo excesso do volume de chuvas e pelos baixos índices de radiação solar, apresentando assim uma produção abaixo da média.

A Figura 45 mostra a produção de mandioca no estado de Alagoas em anos de La Niña Forte, que foi abaixo da média apresentando uma produção de 17.000 Ton de mandioca, que equivale a aproximadamente a 32%. Segundo a Figura 46, que demonstra a produção de mandioca no estado de Alagoas em anos de La Niña Moderada pode-se notar que a produção de mandioca é igual a produção média de mandioca para o estado de Alagoas (Figura 41).

Entretanto, na Figura 47 nota-se que a produção de mandioca aumentou consideravelmente em La Niña Fraca se comparada com a média de produção do estado, apresentando produção média de 65.000 Ton de mandioca e indicando que a produção de mandioca quase triplicou com um aumento de 2,6 vezes quando comparado à média de produção de mandioca (Figura 41).

Figura 45 - Distribuição espacial da produção de mandioca para eventos de La Niña Forte, em toneladas, para o estado de Alagoas.

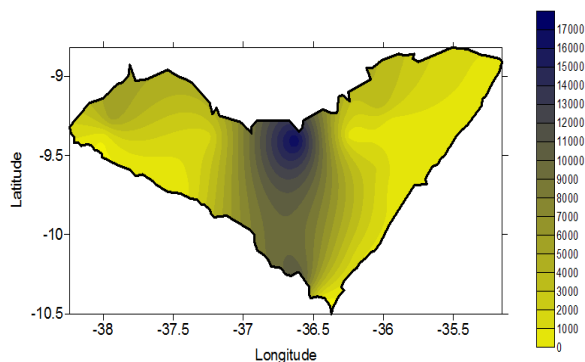
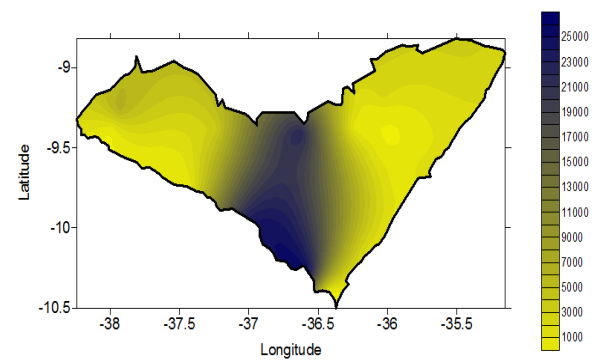
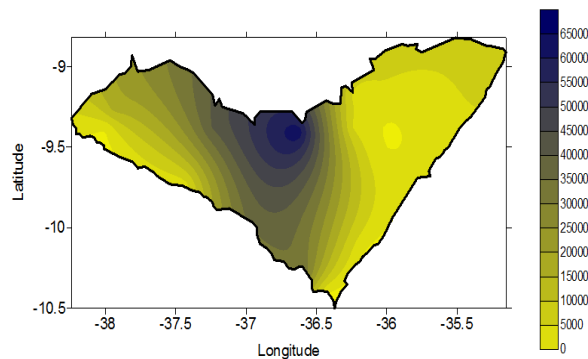


Figura 46 - Distribuição espacial da produção de mandioca para eventos de La Niña Moderada, em toneladas, para o estado de Alagoas.



Fonte: AUTOR (2019).

Figura 47 - Distribuição espacial da produção de mandioca para eventos de La Niña Fraca, em toneladas, para o estado de Alagoas.



Fonte: AUTOR (2019).

Vasconcelos et al. (2019), analisaram a variabilidade pluviométrica dos anos 1987 a 2016 do estado do Ceará e suas relações com o cultivo da mandioca e concluíram que há uma menor variabilidade interanual e parece ser menos controlada as variabilidades climáticas no Estado do Ceará principalmente nos últimos cinco anos, pois apresentaram valores menores e anomalias negativas, causados devido a influência dos eventos El Niños que não favoreceu à precipitação no Estado. Tanto a produção, como o rendimento, ocorreu no período entre 1987 - 1995 com maior variabilidade e depois deve-se uma tendência positiva entre 1995 - 2011, quando começou um período de menor rendimento com reflexos em anomalias negativas.

4.4.4. Cultura do Milho

Em anos de El Niño Forte (Figura 49) a produção de milho em Alagoas atinge 3400 toneladas, se comparada com a média do estado (Figura 48), significa aumento de 88,89%. Segundo Nobre et al. (2017), que estimaram a produção do milho nas diferentes macrorregiões do estado de Alagoas, quanto à intensidade do fenômeno El Niño, as perdas de produção tendem a ser incrementadas em anos de El Niño forte, sendo contrário ao encontrado nesta pesquisa.

No entanto, nos anos que tiveram a influência do El Niño Moderado (Figura 50); a produção de milho no estado de Alagoas foi de 2800 Ton que corresponde a um aumento 55,55%. Ao se comparar as produções de milho nos anos de El Niño Forte e Moderado (Figuras 49 e 50), pode-se notar que a produção nos anos de El Niño Forte foi 21,43% maior do que em anos de El Niño Moderado.

Isso ocorreu devido o milho corresponder melhor ao sistema de irrigação, pois o milho é uma cultura que demanda muita água. A cultura de milho de variedade de ciclo médio cultivado para a produção de grãos secos consome de 400 a 700 mm de água em seu ciclo completo,

dependendo das condições climáticas (ALBUQUERQUE e RESENDE, 2007). Em anos de El Niño Moderado a tentativa de suprir a necessidade hídrica desta cultura, através da irrigação planejada, junto ao descontrole causado por este fenômeno neste estágio, causa um desequilíbrio fisiológico na planta, acarretando assim na produção final.

Figura 48 - Distribuição espacial da média da produção de milho para o período (1987/2017), em toneladas, para o estado de Alagoas.

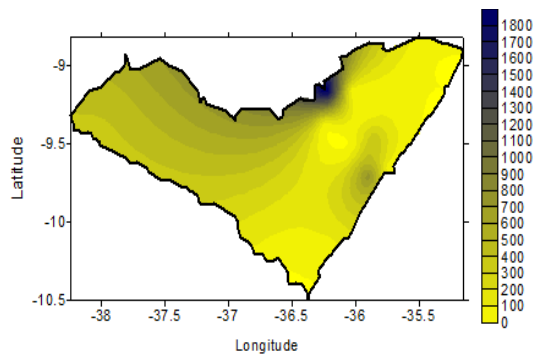
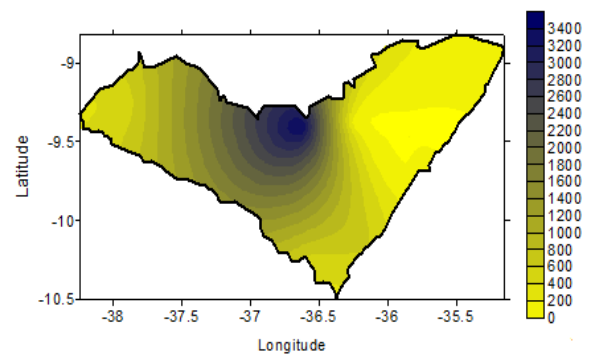


Figura 49 - Distribuição espacial da produção de milho para eventos de El Niño Forte, em toneladas, para o estado de Alagoas.



Fonte: AUTOR (2019).

De acordo com a média de produção de milho para os anos que tiveram influência do El Niño Fraco (Figura 51), pode-se notar que a produção foi equivalente a 6000 Ton, a produção mais que triplicou.

Figura 50 - Distribuição espacial produção de milho para eventos de El Niño Moderado, em toneladas, para o estado de Alagoas.

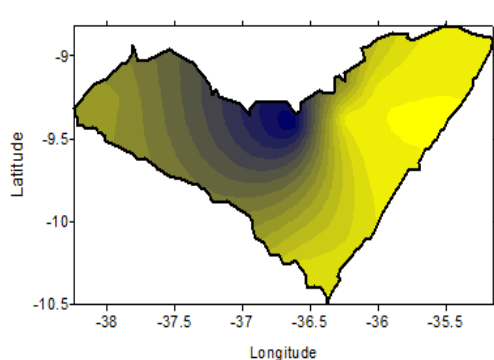
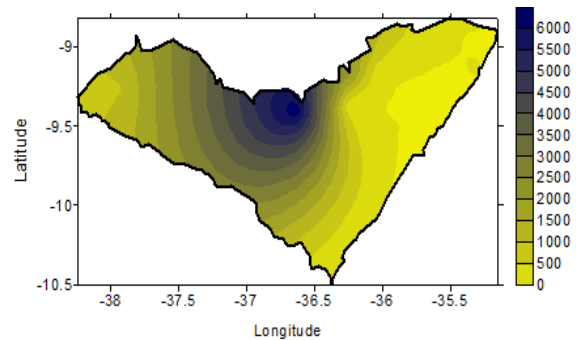


Figura 51 - Distribuição espacial da produção de milho para eventos de El Niño Fraco, em toneladas, para o estado de Alagoas.



Fonte: AUTOR (2019).

Pode-se concluir que a cultura do milho se desenvolve melhor em anos de El Niño Fraco, entretanto, a mesma não apresentou nenhuma produção abaixo da média para o estado durante

as várias categorias de El Niño, logo pode-se concluir que a cultura do milho se desenvolve normalmente na ocorrência desse fenômeno.

Araújo (2012) destacou em seu trabalho que o estado da Bahia foi um dos estados que registraram as maiores perdas de produção média de algumas culturas, como exemplo, milho e soja. Verificou-se que o cultivo do milho e da soja é completamente prejudicado pelo El Niño e no caso de alguns municípios deste estado, toda a produção pode ser dizimada devido à seca.

A Figura 52 mostra a média da produção de milho no estado de Alagoas em anos de La Niña Forte, quando a produção foi de até 22000 Ton de milho, e se comparada com a produção média (Figura 48), tem-se um aumento na produção de milho em cerca de 12,22 vezes. Já a produção média em anos de La Niña Moderada (Figura 53) foi abaixo da média; esse decréscimo na produção de milho representa 33,33%.

A produção de milho quando sofreu a influência de La Niña Fraca (Figura 54), chegou à média de 6000 Ton, triplicando a produção, assim como também ocorreu em anos de El Niño Fraco.

Quando comparam-se as produções de milho em anos de La Niña Forte e de La Niña Fraca, verifica-se que durante a ocorrência da La Niña Forte a produção é aproximadamente 3,66 vezes maior que em anos de La Niña Fraca, devido a cultura do milho corresponder melhor a anos de extremo de chuvas, já que a cultura tem uma alta exigência hídrica.

Figura 52 - Distribuição espacial da produção de milho para eventos de La Niña Forte, em toneladas, para o estado de Alagoas.

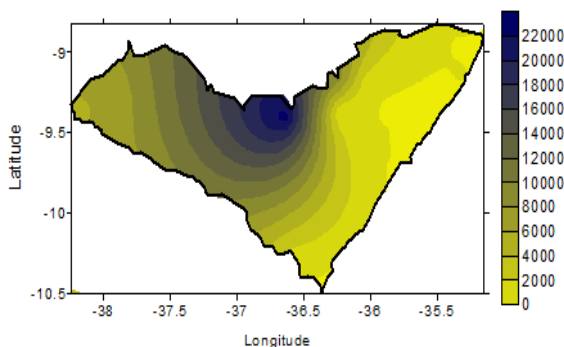
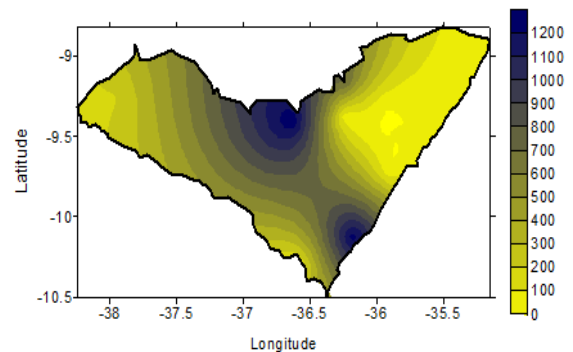
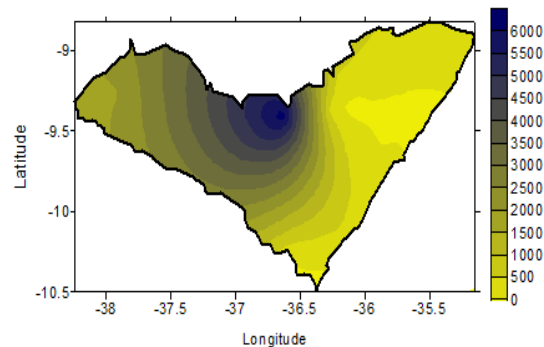


Figura 53 - Distribuição espacial da produção de milho para eventos de La Niña Moderada, em toneladas, para o estado de Alagoas.



Fonte: AUTOR (2019).

Figura 54 - Distribuição espacial da produção de milho para período de La Niña Fraca, em toneladas, para o estado de Alagoas.



Fonte: AUTOR (2019).

A produção de milho foi menos favorável em anos de El Niño fraco porque o período de máxima exigência é na fase do embonecamento ou um pouco depois dele, por isso déficits de água que ocorrem nesse período são os que provocam maiores reduções de produção. Déficit anterior ao embonecamento reduz a produção em 20 a 30%; no embonecamento em 40 a 50% e após em 10 a 20% (ALBUQUERQUE e RESENDE, 2007).

Nobre et al. (2017), concluíram que para a produção de milho em Alagoas, o fenômeno ENOS tem efeitos na perda na produção do milho e os meses que mostra mais claramente essa influência nas perdas são os meses de abril, maio e junho. Em média, anos de El Niño apresentam maiores perdas do que anos de La Niña, incrementadas em anos de El Niño forte.

Araújo (2012) verificou que para a região nordeste do Brasil, as alterações climáticas provocadas pelo El Niño e La Niña nas culturas do milho e da soja demonstram que essas culturas apresentaram maior vulnerabilidade a esses eventos.

Por fim, as informações obtidas são úteis para a tomada de decisão quanto a alternativas de manejo da cultura do milho, como a época de semeadura e uso de insumos, com a finalidade de diminuir prejuízos ou favorecer ganhos na produção, frente aos impactos causados pelos fenômenos El Niño ou La Niña que foram verificados neste estudo.

5. CONCLUSÃO

Segundo a análise das Ondeletas da Região Metropolitana Maceió, Marechal Deodoro e Rio Largo as escalas dominantes foram ENOS estendido e ao Dipolo do Atlântico. Para as outras macrorregiões de Alagoas a escala dominante nas Regiões Agreste, Baixo São Francisco, Médio Sertão e Planalto de Borborema foi a ODP. Já as Regiões Alto Sertão, Norte e Tabuleiro do Sul a escala dominante foi o ENOS estendido. Entretanto a Região Serrana dos Quilombos apresentou uma escala dominante relacionada ao ENOS.

Diante dos resultados obtidos das correlações dos municípios da macrorregião Metropolitana para a cultura da cana de açúcar, que foram correlações negativas e baixas, e das correlações para a cultura do coco, que foi baixa e negativa no município de Marechal Deodoro e baixa e positiva no município de Maceió, indicando no caso da cana de açúcar que quanto maior for a precipitação, menor será a produção de cana de açúcar e tanto a cana de açúcar como o coco depende da homogeneidade da distribuição da precipitação durante o período certo do ciclo vegetativo da planta.

As correlações entre a precipitação e a produção de mandioca da Região Metropolitana todas elas foram baixas, porém positivas indicando que a cultura da mandioca tende a produzir mais em anos mais chuvosos, porém, se as precipitações estiverem bem distribuídas ao longo do seu ciclo vegetativo.

Para a produção de cana de açúcar na macrorregião Metropolitana, o município que apresentou maior produção foi o município de Rio Largo sob a influência de La Niña Moderada. As demais macrorregiões de Alagoas a Região Agreste foi a que apresentou a maior produção durante o fenômeno La Niña Fraca.

Para a produção de coco na macrorregião Metropolitana, o município de Rio Largo foi o que apresentou maior produção na influência do El Niño Fraco. Já nas outras macrorregiões de Alagoas, a maior produção foi na Região Serrana dos Quilombos durante El Niño Fraco.

Para a produção de Mandioca na macrorregião Metropolitana, Marechal Deodoro foi a cidade que apresentou a maior produção de mandioca sob a atuação de El Niño Forte. Nas demais macrorregiões de Alagoas a maior produção de mandioca foi notada na Região Médio Sertão durante La Niña Fraca.

Na macrorregião Metropolitana a maior produção de milho foi observada no município de Rio Largo nos anos de La Niña Moderada. Para as demais macrorregiões de Alagoas, as maiores

produções de milho foram observadas nas Regiões Médio Sertão durante o El Niño Fraco e La Niña Forte, Planalto de Borborema durante o fenômeno El Niño Fraco, Agreste e Metropolitana durante o La Niña Moderada, na Região Alto Sertão durante o La Niña Fraca e na região Norte durante o La Niña Moderada e Fraca.

Na distribuição espacial das principais produções do estado de Alagoas mostram que em anos de La Niña Moderada a produção de cana de açúcar chega ao ápice, na cultura da mandioca a maior produção é observada durante eventos de La Niña Fraca. Já para o milho seu potencial máximo de produtividade é quando está sob a influência da La Niña Forte.

Pode-se concluir que o objetivo de analisar os efeitos da variabilidade climática sobre as culturas da cana de açúcar, do coco, da mandioca do estado de Alagoas foi alcançado assim como também foi possível identificar as causas desta variabilidade e os seus impactos sobre essas culturas, tornando assim essa pesquisa científica um trabalho inédito que pode contribuir para o aumento na produção do estado, principalmente se houver acompanhamento climático para a diminuição das perdas agrícolas, pois ofertou o entendimento da relação entre os eventos extremos e as principais produções agrícolas.

Por fim, as informações obtidas são úteis para a tomada de decisão quanto às alternativas de manejo da cultura da cana de açúcar, coco, mandioca e do milho, como a época de semeadura e uso de insumos, com a finalidade de diminuir prejuízos ou favorecer ganhos na produtividade, frente aos impactos causados pelos fenômenos que foram verificados neste estudo.

6. REFERÊNCIAS

ABREU SÁ, L. D.; SAMBATTI, S. B. M; GALVÃO, G. P. Ondeleta de Morlet aplicada ao estudo da variabilidade do nível do Rio Paraguai em Ladário, MS. **Pesquisa agropecuária brasileira**, Brasília, v. 33, p. 1775 - 1785,1998.

ALBUQUERQUE, P. E. P; RESENDE, M. **Cultivo do milho**. EMBRAPA milho e sorgo sistema de produção. 3 ed. Brasília, DF: EMBRAPA 2007. ISSN 1679 – 012X. Disponível em: <<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/69853/1/Irigacao-1.pdf>>. Acesso em 30 de junho de 2019.

ANA. **Agência Nacional das Águas**. Disponível em: <http://www.snirh.gov.br/hidroweb/publico/medicoes_historicas_abas.jsf>. Acesso em: 2 de maio 2018.

ANA. **Agência Nacional das Águas**. Disponível em: <www.ana.gov.br>. Acesso em: 12 de outubro 2010.

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**, São José dos Campos, SP, v. 22, n. 1, p. 63 - 74, 2007.

ANDREOLI, R. V.; KAYANO, M. T. Enso - Related Rainfall Anomalies in South America and Associated Circulation Features During Warm and Cold Pacific Decadal Oscillation Regimes, *International Journal of Climatology*. **Internacional Journal Climatology**, v. 25, p. 2017 – 2030, 2005.

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

ARAÚJO, L. E.; DA SILVA, D. Influência da variabilidade climática sobre a distribuição espaço - temporal da precipitação na região do baixo Paraíba (PB). **Revista Caminhos de geografia**, Uberlândia, MG, v. 12, n. 37, p. 289 – 304, 2011. ISSN 1678-6343. Disponível em: <<http://www.ig.ufu.br/revista/caminhos.html>>. Acesso em: 13 de setembro de 2018.

ARAÚJO, P. H. C.; CUNHA, D. A.; LIMA, J. E.; FÉRES, J. G. Efeitos da seca sobre a produtividade agrícola dos municípios da região Nordeste. In: **IX ENCONTRO DE ECONOMIA BAIANA**. Economia Baiana, Bahia, 2013. p. 151-157.

ARAÚJO, P. H. C. **Dissertação Eventos climáticos extremos: Os efeitos dos fenômenos El Niño e La Niña sobre a produtividade agrícola das regiões nordeste e sul do Brasil**. 2012. 45f. Dissertação (Mestrado em Economia Aplicada) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2012.

ARAÚJO, T. S. **Influência de elementos agrometeorológicos no rendimento da bananeira**. 2014. 77f. Tese (Doutorado em Meteorologia) – Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, PB, 2014.

ALVALÁ, R.; CUNHA, A. P.; BRITO, S. S.; SELUCHI, M. E.; MARENGO, J. A.; MORAES, O. L.; CARVALHO, M. A. Drought monitoring in the Brazilian Semiarid region. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 21, n. 1, e2016016, 2017.

AZEVEDO, S. C. D.; CARDIM, G. P.; PUGA, F.; SINGH, R. P.; SILVA, E. A. D. Analysis of the 2012-2016 drought in the northeast Brazil and its impacts on the Sobradinho water reservoir. **Remote sensing letters**, v. 9, n. 5, p. 438 - 446, 2018.

BARRETO, N. J. C. **Relação entre oscilação decadal do Pacífico, El Niño-Oscilação Sul e a circulação atmosférica de verão na América do Sul**. 2009. 76f. Dissertação (mestrado em Meteorologia) – Universidade Federal de Alagoas, Maceió, AL, 2009.

BARROS, A. H. C.; FILHO, J. C. A.; SILVA, A. B.; SANTIAGO, G. A. C. F. **Climatologia do Estado de Alagoas: Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento**. Recife: Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – EMBRAPA, ed. 2. 2012. ISSN 1678 - 0892.

BERTONI, J. C.; TUCCI, C. E. M. Precipitação. In: TUCCI, C. E. M. **Hidrologia: Ciência e Aplicação**. Porto Alegre, UFRGS, 177 -214 p., 2007.

BORGES, A. L. **O cultivo da bananeira**, Embrapa: Mandioca e Fruticultura, Cruz das Almas, BA, 2004, 20 p.

BRAIDO, L. M. H.; TOMMASELLI, J. T. G. Caracterização climática e dos anos extremos (chuvoso e seco): seus efeitos na produção de Cana-de-açúcar, Milho e Soja para a região do Pontal do Paranapanema - SP. **Revista Formação**, v. 1, n. 17, p. 13 - 34, 2010.

BRUNINI, R. G. **Índices de estresse hídrico em cana de açúcar nas diferentes fases de desenvolvimento**. 2017. Tese (doutorado em Agronomia) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal, 2017.

BRYANT, E. **Natural Hazards**, Cambridge University Press, 1991, p. 294.

CARVALHO, A. L.; SOUZA, J. L.; LYRA, G. B.; PORFÍRIO, C. S. Ocorrência de períodos secos na região de Rio Largo, Alagoas. **Revista Brasileira de Meteorologia**, Rio Largo, AL, v. 28, n. 2, p. 173 - 180, 2013.

CATALDI, M.; ASSAD, L. P. F.; TORRES JUNIOR, A. R.; ALVES, J. L. D. Estudo da influência das anomalias da TSM do Atlântico Sul extratropical na região da confluência Brasil Malvinas no regime hidrometeorológico de verão do Sul e Sudeste do Brasil. **Revista Brasileira de Meteorologia**, São Paulo, SP, v. 25, n. 4, p. 513- 524, 2010. ISSN 0102-7786. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/S0102-77862010000400010>>. Acesso em: 18 de setembro de 2018.

CERA, J. C.; FERRAZ, S. E. T.; BENDER, F. D. Influência da Oscilação Decadal do Pacífico e as mudanças no regime de chuva do Rio Grande do Sul. **Revista Ciência e Natura**, Santa Maria, RS, p. 317 - 320, 2009, ISSN: 0100-8307. Disponível em: <<https://www.redalyc.org/pdf/4675/467546322076.pdf>>. Acesso em: 07 de abril de 2019.

CIRINO, P. H. A. **Eventos climáticos extremos: os efeitos dos fenômenos El Niño e La Niña sobre a produtividade agrícola brasileira**. 2012. 76f. Dissertação (Mestrado em Economia Aplicada) – Departamento de Economia Rural/ Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2012.

CLAUZET, G.; WAINER, I. Identificação da variabilidade de baixa frequência em algumas regiões da Costa Sudeste - Nordeste do Brasil. **Revista Brasileira Oceanografia**, v. 47, n. 1, p. 69 - 78, 1999.

COGO, C. M.; ELTZ, F. L. F.; CASSOL, E. A. Erosividade das chuvas em Santa Maria, RS, determinada pelo índice EI₃₀. **Revista Brasileira Agrometeorologia.**, Santa Maria, RS, v. 14, n. 3. p. 11, 2006. ISSN 0104-1347.

COSTA, A. C. **Distribuição espaço - temporal do índice de anomalia de chuva para o estado do Ceará.** 2015. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Agronomia) – UFCA - Centro de Ciências Agrárias e da Biodiversidade, Crato, CE, 2015.

CPTEC – **Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos**, 2000. Disponível em: <www.cptec.inep.br>. Acesso em: 02 de agosto de 2018.

CPTEC – **Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos**, 2010. Disponível em: <www.cptec.inep.br>. Acesso em: 02 de novembro de 2018.

CPTEC – **Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos**, 2017. Disponível em www.cptec.inep.br. Acesso em: 02 de junho de 2019.

CRUCIANI, D. E. **A drenagem na agricultura.** 4 ed. São Paulo: Nobel, 1986. 337 p.

CUNHA, R. G.; PIRES, J. L. F.; DALMAGO, G. A.; SANTI, A.; PASINATO, A. SILVA, A. A. G. El Niño/La Niña - Oscilação Sul e seus impactos na agricultura brasileira: fatos, especulações e aplicações. **Revista Plantio Direto**, Passo Fundo, RS, v. 121, p. 18 - 22, 2011.

DA SILVA, D. F. **Análise de aspectos climatológicos, ambientais, agroeconomicos e de seus efeitos sobre a Bacia hidrográfica do rio Mundaú (AL e PE).** 2009. 209 f. Tese (Doutorado em Recursos Naturais) – Universidade Federal Campina Grande, Campina Grande, PB, 2009.

DA SILVA, D. F. Aplicação das análises de Ondeletas para previsão climática e na prevenção de risco climático no estado do Ceará (Br). In: Riscos naturais antrópicos e mistos. 2. ed. Coimbra: Departamento de Geografia, p. 235 - 250. 2013.

DA SILVA, D. F. Aplicação de análises de Ondeletas para detecção de ciclos e extremos pluviométricos no Leste do Nordeste do Brasil. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 32, n. 2, p. 187 – 198, 2017.

DA SILVA, D. F.; GALVÍNCIO, J. D. Estudo da influência da Oscilação Decadal do Pacífico na subbacia do Baixo São Francisco. **Revista Engenharia Ambiental**, v. 10, n. 2, p. 105 - 116, 2013.

DA SILVA, D. F.; KAYANO, M. T.; SOUSA, F. A. S. Escalas temporais da variabilidade pluviométrica da Bacia hidrográfica do Rio Mundaú (AL e PE). **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 25, n. 3, p. 324 - 332, 2010. Disponível em: <<http://submission.scielo.br/index.php/rbmet/article/view/15291/7504>>. Acesso em 30 de novembro de 2018.

DA SILVA, D. F.; KAYANO, M. T. Uso de Ondeletas para análise da precipitação do alto Mundaú (PE). In: III SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE CLIMATOLOGIA, 2009, Canela, **Anais...** Canela, RS, 2009. Disponível em: <file:///C:/Users/Windows%2010/Downloads/SIC3_silva%20kayano.pdf>. Acesso em: 04 de janeiro de 2019.

DA SILVA, D. F. **O uso de Estatística em Climatologia**. In: Josiclêda domiciano galvínio. (Org.). O uso de estatística em climatologia. 1. ed. Recife: Editora Universitária, UFPE, v. 1, p. 263 - 314, 2012.

DENG, X.; HUANG, J.; QIAO, F.; NAYLOR, R. L.; FALCON, W. P.; BURKE, M. Impacts of El Nino - Southern Oscillation events on China's rice production. **Journal of Geographical Sciences**. v. 20, p. 3 - 16, 2010. Disponível em: <DOI: 10.1007/s11442-010-0003-6>. Acesso em: 19 de dezembro de 2018.

DOMINGUES, I. A. S. **Variabilidade climática e sua influência na produtividade da cana de açúcar (Saccharum spp) na região Norte e Noroeste do Paraná**. 2010. 235f. Tese (Doutorado em Geografia Física) - Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas da Universidade de São Paulo, São Paulo, SP. 2010.

DOS SANTOS, M. A. C. M.; COSTA, I. M.; COSTA, J. A.; MATEUS, A. E.; SOUSA, R. F.; SALES, W. S.; LOBO, J. T.; SILVA, G.; MIRANDA, V. G.; MORENO, N. B. C.; CALDAS, A. C. A.; MONTEIRO, B. L.; DA SILVA, F. Tendências no nível do Rio de Bacias Hidrográficas do estado do Ceará e suas causas Climáticas. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 7, n. 5, p. 927 - 938, 2014.

DOS SANTOS, P. F. C.; NASCIMENTO, T. A.; MEDEIROS, M. C. G.; ASSUNÇÃO, T. F.; NÓBREGA, R. S. Os impactos da seca de 2012 na agricultura do Semiárido Nordeste: Correlação entre os totais pluviométricos culturas de Cana-de-açúcar e Mandioca para o município de Triunfo. In: WORKSHOP INTERNACIONAL SOBRE ÁGUA NO

SEMIÁRIDO BRASILEIRO, 2013, Campina Grande. **Anais...** Campina Grande, PB: Editora Realize, 2013.

DUARTE, R. **Seca, pobreza e políticas públicas no Nordeste**. Buenos Aires: CLACSO, Consejo Latinoamericano de Ciencias Sociales, 2001. Disponível em: <<http://biblioteca.clacso.edu.ar/clacso/gt/20101030020924/16duarte.pdf>>. Acesso em: 05 de fevereiro de 2019.

ECHER, E.; RIGOZO, N.R.; NORDEMANN, D.J.R.; VIEIRA, L.E.A.; PRESTES, A.; FARIA, H.H. O número de manchas solares, índice da atividade do sol. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São Paulo, v. 25, n. 2, 2003.

EMBRAPA. **Aquecimento global e a nova geografia da produção agrícola no Brasil**, In: Simpósio Internacional de Climatologia, 2011, Fortaleza.

EMBRAPA. Aptidão climática do Estado de Alagoas para culturas agrícolas. Relatório Técnico. Convênios SEAGRI-AL/Embrapa Solos n.10200.04/0126-6 e 10200.09/0134-5. **Recife: Embrapa Solos**, 2012. 86p.

FERREIRA, A. G.; MELLO, N. G. S. Principais sistemas atmosféricos atuantes sobre a região Nordeste do Brasil e a influência dos Oceanos Pacíficos e Atlântico no Clima da região. **Revista Brasileira de Climatologia**, p. 15 - 28, 2005. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.5380/abclima.v1i1.25215>>. Acesso em: 06 de dezembro de 2018.

FERREIRA, J. M. S.; WARWIK, D. R. N.; SIQUEIRA, L. A. **A cultura do coqueiro no Brasil**. Aracaju: Embrapa CPATC, 1997. 292 p.

FILL, H. D. Informações hidrológicas. In: BARTH, F. T. POMPEU, C. T.; TUCCI, C. E. M. KELMAN, J.; BRAGA JÚNIOR, B. P. F. **Modelos para gerenciamento de recursos hídricos**. São Paulo; Nobel – ABRH, p. 95 - 202, 1987.

FRANÇA, M. V.; MEDEIROS, R. M.; HOLANDA, R. M.; SILVA, V. P.; FERRAZ, J. X. V.; SOBRAL, D. M. Aptidão climática para o cultivo da banana em Caruaru – PE, Brasil. **Journal of Environmental Analysis and Progress**, v. 3, n. 3, p. 265 - 274, 2018. ISSN: 2525 - 815X

FRANCISCO, P. R. M.; SANTOS, D.; GUIMARÃES, C. L.; NETO, J. M. M. Aptidão climática da mandioca (*ManiOTH esculenta* Crantz) para o estado da paraíba. **Revista Brasileira**

de Agricultura Irrigada, Fortaleza, CE, v. 11, n. 4, p. 1651 – 1661, 2017. ISSN 1982 – 7679. DOI: 10.7127/rbai.v11n400582.

FRANCISCO, P. R. M.; GUIMARÃES, C. L.; SABOYA, L. M. F.; NETO, J. D.; SANTOS, D. Aptidão climática da cultura da cana de açúcar (*Saccharum spp*) para o estado da Paraíba. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, Fortaleza, CE, v. 10, n. 3, p. 676 – 686, 2016. ISSN 1982-7679. DOI: 10.7127/rbai.v10n300406.

FOLI, A. C. A.; COSTA, R. A. Variabilidade pluviométrica associada ao fenômeno El Niño em área do cerrado mineiro: Ituiutaba (MG). In: VARIABILIDADE E SUSCETIBILIDADE CLIMÁTICA: IMPLICAÇÕES ECOSSISTÊMICAS E SOCIAIS, 2016, Goiânia. **Anais...** Goiânia, GO: UFG, 2016.

FREITAS, M. A. S. Um sistema de suporte à decisão para o monitoramento de secas meteorológicas em regiões Semi-áridas. **Revista Tecnologia Fortaleza**, Fortaleza, CE, n. 19, p. 19 - 30, 1998. Disponível em: <<https://periodicos.unifor.br/tec/article/view/1175/4324>>. Acesso em: 19 de dezembro de 2018.

GARSON, G. D. Statnotes: Topics in Multivariate Analysis. In: **Statnotes: Tópicos em Análise Multivariada**. 2009. Disponível em: <<http://faculty.chass.ncsu.edu/garson/pa765/statnote.htm>>. Acesso em: 02 de março de 2019.

GRIMM, A.; FERRAZ, S. E. T.; GOMES, J. Precipitation anomalies in Southern Brazil associated with El Niño and La Niña events. **Journal of Climate**, Boston, v. 11, p. 2863 - 2880, 1998.

GUTIÉRREZ A. P. A.; ENGLE, N. L.; DE NYS, E.; MOLEJÓN, C.; MARTINS, E. S. Drought preparedness in Brazil. **Weather and Climate Extremes**. v. 3, p. 95 - 106. 2014. Disponível em: <<https://core.ac.uk/download/pdf/81981453.pdf>>. Acesso em: 03 de fevereiro de 2019.

HASTENRATH, S.; HELLER, L. Dynamics of climatic hazards in northeast Brazil. **Journal of the Royal Meteorological Society**, Quarterly, n. 103, v. 435, p. 77 - 92, 1977.

HASTENRATH, S.; KACZMARCZYK, E. B. **On spectra and coherence of tropical climate anomalies**. *Tellus*, v. 33, n. 5, p. 453 - 462, 1981.

IBGE. **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística**. 2010. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/al.html?>>. Acesso em: 24 de maio de 2018.

IBGE. **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística**. 2010a. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/al/panorama>>. Acesso em: 04 de junho de 2018.

IBGE. **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística**. 2011. Disponível em: <www.ibge.gov.br>. Acesso em: 17 de novembro 2018.

IBGE. **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística**. 2017a. Disponível em: <https://censos.ibge.gov.br/agro/2017/templates/censo_agro/resultadosagro/agricultura.html?localidade=0&tema=76434>. Acesso em: 21 de novembro de 2019.

IBGE. **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística**. 2017b. Disponível em: <https://censos.ibge.gov.br/agro/2017/templates/censo_agro/resultadosagro/agricultura.html?localidade=0&tema=76500>. Acesso em: 31 de maio de 2020.

IBGE. **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística**. 2017c. Disponível em: <https://censos.ibge.gov.br/agro/2017/templates/censo_agro/resultadosagro/agricultura.html?localidade=0&tema=76510>. Acesso em: 18 de dezembro de 2019.

IBGE. **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística**. 2017d. Disponível em: <https://censos.ibge.gov.br/agro/2017/templates/censo_agro/resultadosagro/agricultura.html?localidade=0&tema=76278>. Acesso em: 31 de maio de 2020.

IBGE. **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística**. 2017e. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/al.html?>>. Acesso em: 26 de abril de 2018.

IBGE. **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística**. 2018. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/al/panorama>>. Acesso em: 03 de junho de 2018.

IPCC. **Climate Change 2007: Synthesis Report**. Summary for policy makers. Approved in detail at IPCC Plenary XVIII (Wembley, United Kingdom, 24 - 29 September 2001). World Meteorological Organization and United Nations Environmental Programme, 2007b.

IPCC. Intergovernmental Panel on Climate Change. **Climate change 2007 – The physical science basis**. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the IPCC. Cambridge: Cambridge University Press, 2007a. p. 33.

IPEA – Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada. **Atlas do desenvolvimento humano nas regiões metropolitanas Brasileiras**. Maceió, AL: IPEA, 2011. Disponível em: <http://www.ipea.gov.br/agencia/images/stories/PDFs/livros/livros/atlasdodesenvolvimentohumanorms_rm_maceio>. Acesso em: 14 de janeiro de 2019.

IPEA – **Aspectos sociais do Matopiba: Análise sobre o desenvolvimento humano e a vulnerabilidade social**. Brasília, 2018. Disponível em: <<http://www.ipea.gov.br/portal/publicacoes>>. Acesso em: 10 de julho de 2019

ISDR- International Strategy for Disaster Reduction – **Living with Risk: A Global Review Of Disaster Reduction**. United Nation, Inter Agency Secretariat. Geneva, Switzerland, 2002, 384 p.

KERR, R. A. A now dawn for sun - climate links. **Science**, v. 271, n. 5254, p. 1360 -1361, 1996

LANDIM, R. B. T. V.; DA SILVA, D. F.; ALMEIDA, H. R. R. C. Desertificação em Irauçuba (CE): Investigação de possíveis causas climáticas e antrópicas. **Revista Brasileiro de Geografia Física**, p. 1 - 21, 2011. ISSN:1984 - 2295.

LEDO, A. S.; SILVA JUNIOR, J. F.; LEDO, C. A. S.; SILVA, S. O. Avaliação de genótipos de bananeira na região do Baixo São Francisco, Sergipe. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 30, n. 3, p. 691 - 695, 2008. ISSN 0100 – 2945.

LIAO, C. T.; LIN, C. H. Physiological adaptation of crop plants to flooding stress. **Proceedings of the National Science Council**. Taipei, v. 25, p. 148 – 157, 2001.

LIMA, D. C. Análise das possíveis relações entre os ciclos solares e as anomalias de TSM dos oceanos Pacíficos e Atlânticos tropicais. 2017. 103 f. Dissertação (Mestrado em Meteorologia) – Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Tecnologia e Recursos Naturais, Campina Grande, PB, 2017.

LOPES, J. R. F. **Análise de tendências em variáveis meteorológicas no estado do Ceará**. 2013. 84 p. Monografia (Graduação em Agronomia) - Centro de Ciências Agrárias e Biodiversidade, Universidade Federal do Cariri, Ceará, Crato, 2013.

LUCENA, J. A.; SOUZA, B. I.; MOURA, M. O.; LIMA, J. O. Produção agropecuária e correlação com a dinâmica climática em Caicó - RN. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 6, n. 6, p. 1617 - 1634, 2013.

MANTUA, N. J.; HARE S. R.; ZHANG Y.; WALLACE J. M.; FRANCIS R. C. A Pacific decadal climate oscillation with impacts on salmon. **Bulletin of the American Meteorological Society**, v. 78, p. 1069 - 1079, 1997. Disponível em: <<http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.553.1185&rep=rep1&type=pdf>>. Acesso em: 13 de dezembro de 2018.

MARENGO, J. A. Mudanças climáticas globais e regionais: avaliação do clima atual do Brasil e projeções de cenários climáticos do futuro. **Revista Brasileira de Meteorologia**, Cachoeira Paulista, SP, v. 16, p. 1 - 18, 2001. Disponível em: <https://www.researchgate.net/profile/Jose_Marengo/publication/43654092_Mudancas_climaticas_globais_e_regionais_Avaliacao_do_clima_atual_do_Brasil_e_projecoes_de_cenarios_climaticos_do_futuro/links/58fa1273a6fdccb7998826e0/Mudancas-climaticas-globais-e-regionais-Avaliacao-do-clima-atual-do-Brasil-e-projecoes-de-cenarios-climaticos-do-futuro.pdf>. Acesso em: 21 de julho de 2018.

MARENGO, J. A.; ALVES, L. M.; BESERRA, E. A.; LACERDA, F. F. Variabilidade e mudanças climáticas no semiárido brasileiro. Recursos hídricos em regiões áridas e semiáridas. Instituto Nacional do Semiárido, Campina Grande – PB, 2011. ISBN 978 – 85- 64265 – 01 – 1.

MARENGO, J. A.; TORRES, R. R.; ALVES, L. M. Drought in Northeast Brazil — past, present, and future. **Theoretical and Applied Climatology**, v. 129, n. 3 - 4, p. 1189 - 1200, 2017.

MARIN, F. R. Árvore do conhecimento cana-de-açúcar. Agência Embrapa de informação tecnologia. 2005. Acesso em: 15 de maio de 2019. Disponível em: <http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/cana-de-acucar/arvore/CONTAG01_10_711200516716.html>.

MARIN, F. R.; SENTELHAS, P. C. Análise da Influência dos fenômenos El Niño e La Niña no clima de Piracicaba. In: X CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 1997, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba, SP: Sociedade Brasileira de Agrometeorologia, 1997.

MARIN, F.; NASSIF, D. S. P. Mudanças climáticas e a cana de açúcar no Brasil: Fisiologia, conjuntura e cenário futuro. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, PB, v. 17, p. 232 - 239, 2013. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rbeaa/v17n2/v17n02a15.pdf>>. Acesso em: 20 de julho de 2018.

MARKHANN, C. G. Apparent periodicities in rainfall at Fortaleza. **Journal of Applied Meteorology and Climatology**, Ceará, v. 13, p. 176 - 179, 1974.

MARTINS, M. A. **Estimativa da produtividade da cultura do milho no Semiárido brasileiro, com base no modelo aquacrop e previsão climática sazonal**. 2017. Tese (Doutorado em Ciência do Sistema Terrestre) – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, INPE, São José dos Campos, SP, 2017.

MAVI, H. S.; TUPPER, G. J. **Agrometeorology** – Principles and application of climate studies in agriculture. New York: Food Products Press, 2004. p. 364. ISBN 1 – 56022 – 972 - 1.

MELO, P. **Agreste**. Terra educação. 2015. Disponível em: <<https://www.estudopratico.com.br/agreste-localizacao-caracteristicas-geograficas-e-cultura/>>. Acesso em: 01 de fevereiro de 2019.

MOLION, L. C. B. Aquecimento global, El Niños, Manchas Solares, Vulcões e Oscilação Decadal do Pacífico. **Revista Climanálise**, Cachoeira Paulista, SP, v. 3, n. 1, p. 1-5, ago. 2005.

MOORE, D. S. **The Basic Practice of Statistics**. New York: Freeman, 2007.

MORAES, B. C; ABREU SÁ, L. D. Análise de Wavelet na série de precipitação da floresta nacional de Caxiuana - PA. Congresso Brasileiro Meteorologia, 14, 2006. **Anais...** Florianópolis, RS, CBMET, 2006.

MORENO, N. C.; SILVA, A. A.; SILVA, D. F. Análise de variáveis meteorológicas para indicação de áreas agrícolas aptas para banana e caju no estado do Ceará. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 09, n. 01, p. 1 – 15, 2016.

MORETTIN, P.A. **Ondas e Ondeletas: Da Análise de Fourier à Análise de Ondeletas**, São Paulo: EDUSP, 1999. p. 193.

MOURA, G. B. A.; ARAGÃO, J. O. R.; MELO, J. S. P.; SILVA, A. P. N.; GIONGO, P. R.; LACERDA, F. F. Relação entre a precipitação do Leste do Nordeste do Brasil e a temperatura

dos oceanos. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, PB, v. 13, n. 4, p. 462 – 469, 2009.

MOURA, M. N.; VITORINO, M. I. Variabilidade da precipitação em tempo e espaço associada à zona de convergência intertropical. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 27, n. 4, p. 475 - 483, 2012.

NOAA, National Oceanic and Atmospheric Administration's. National Weather Service, Climate Prediction Equipe Internet Center Centro de Previsão Climática. 2011. Disponível em: >http://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/analysis_monitoring/ensostuff/ensoyears.shtml<. Acesso em: 27 julho 2018.

NOBRE, J. P. G.; ALMEIDA, H. C.; RIBEIRO, L. E.; SILVA, F. D. S; COSTA; R. L. Estimativa da produtividade do milho nas diferentes mesorregiões do estado de Alagoas. **Revista Brasileira de Geografia Física**, Recife, PE, v. 10, n. 04, p. 1100 -1109, 2017. ISSN:1984 - 2295.

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. **Mercator**, Fortaleza, CE, v. 13, p. 107 - 118, 2014. ISSN 1984 - 2201.

NÓBREGA, R. S.; SANTIAGO, G. A. C.; SOARES, D. B. Tendências do controle climático oceânico sob a variabilidade temporal da precipitação no Nordeste do Brasil. **Revista Brasileira de Climatologia**, Curitiba, PR, v. 18, n.12, p. 276 - 292, 2016.

NOTA TÉCNICA. **Produto interno bruto dos municípios em 2015**. Maceió: Alagoas em dados e informações, n. 37, p. 1 - 29, 2017. Disponível em: <dados.al.gov.br>. Acesso em: 07 de junho de 2018.

OHLER, J. G. Disease. In: OHLER, J. G. **Coconut, tree of life**. Roma: FAO, 1984.

OLIVEIRA, L. F. C.; FIOREZE, A. P.; MEDEIROS, A. M. M.; SILVA, M. A. S. Comparação de falhas de séries históricas de precipitação pluvial anual. **Revista brasileira de Engenharia agrícola e Ambiental**, v. 14, n. 11, p. 1186 - 1192, Campina Grande, PB, 2010.

OLIVEIRA, V.; SOUSA, A. J. S. Influência da Oscilação Decadal do Pacífico (ODP) na precipitação no Rio Grande do Sul. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA,

15, 2008, São Paulo. **Anais...** São Paulo: Sociedade Brasileira de Meteorologia, 2008. 1 CDROM.

PASSOS, E. E. M.; SILVA, J. V. da Fonctionnement des stomates de Cocotier (Cocos nucifera) au champ. **Canadian Journal of Botany**, Guelph, v. 68, p. 458 - 460, 1990.

PAULA, G. M. **O fenômeno El Niño Oscilação Sul e a erosividade das Chuvas em Santa Maria – RS**. 2008. 51 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS, 2008.

PEARSON, K. **The grammar of science**. London: J. M. Dent and Company, 1892.

PEDRA, G. U. **Relação dos principais padrões de oscilação do vento na baixa atmosfera e a temperatura mínima mensal no Rio Grande do Sul**. 2011. 153 f. Dissertação (Mestrado em Meteorologia) – Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, RS, 2011.

PENSAMENTO VERDE. **Características da bacia hidrográfica do rio São Francisco**. 2013. Disponível em: <<https://www.pensamentoverde.com.br/meio-ambiente/caracteristicas-da-bacia-hidrografica-do-rio-sao-francisco/>>. Acesso em: 03 de fevereiro de 2019.

PEREIRA, A. R.; ANGELOCCI, L. R.; SENTELHAS, P. C. **Agrometeorologia – fundamentos e aplicações práticas**. Guaíba, RS, 2002. p. 478. ISBN: 85 – 85347 – 71 - 6.

PEREIRA, G. R.; CUELLAR, M. D. Z. Impactos ambientais e socioeconômicos da seca de 2012/2014 no Baixo Jaguaribe, estado do Ceará, Brasil. **Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais**, Natal, RN, p. 8, 2014. Disponível em: <<http://www.geopro.crn2.inpe.br/img/trabalho2.pdf>>. Acesso em: janeiro de 2019.

PEREIRA, L. V. et al. Avaliação de cultivares e híbridos de bananeira em Lavras, MG. **Revista Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 27, n. 1, p. 17 - 25, 2003.

PHILANDER, S. G. **El Niño, La Niña and the Southern Oscillation**. San Diego: Academic Press, 1990. v. 46. ISBN: 9780080570983.

PINTO, H. S.; ASSAD, E. D.; ZULLO JÚNIOR, J.; EVANGELISTA, S. R. DE M.; OTAVIAN, A. F.; ÁVILA, A. M. H.; EVANGELISTA, B. A.; MARIN, F. R.; MACEDO JÚNIOR, C.; PELLEGRINO, G. Q.; COLTRI, P. P.; CORAL, G. **Aquecimento global e a nova geografia da produção agrícola no Brasil**. São Paulo: Embrapa e UNICAMP, 2008. p.

1 - 84. Disponível em: <file:///C:/Users/Windows%2010/Downloads/CLIMA_E_AGRICULTURA_BRASIL_300908_FINAL.pdf >. Acesso em: 18 de setembro de 2018.

ROCKWOOD, A. A.; MADDOX, R. A. Mesoscale and synoptic scale interactions leading to intense convection: The case of 7 June 1982. **Weather and Forecasting**, v. 3, n. 1, p. 51 - 68, 1988.

RODAL, M. J. N.; SALES, M. F.; SILVA, M. J.; SILVA, A. G. Flora de um Brejo de altitude na escarpa oriental do Planalto da Borborema, PE, Brasil. **Acta botânica Brasílica**, v. 19, n. 4, p. 843 - 858, 2005. ISSN 0102 - 3306. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/%0D/abb/v19n4/a20v19n4.pdf>>. Acesso em: 25 de janeiro de 2018.

ROSSATO, L.; ALVALÁ, R. C.; MARENGO, J. A.; ZERI, M.; CUNHA, A. P.; PIRES, L.; BARBOSA, H. A. Impact of soil moisture on crop yields over Brazilian semiarid. **Frontiers in Environmental Science**, v. 5, n. 73, p. 1-16, 2017.

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**. 2011. Trabalho de Conclusão de curso (Bacharelado em Engenharia Ambiental) – Universidade do Vale do Taquari do Centro de Ciências Exatas e Tecnológicas, Lajeado, RS, 2011.

SAMPAIO, Y. S. B.; SAMPAIO, G. R. Um modelo dos impactos da seca sobre a economia do Semi-árido. In: XV ENCONTRO REGIONAL DE ECONOMIA, 2010. Fortaleza. **Anais...** Fortaleza, CE, 2010.

SANTOS, A. T. L. **Cultivo de mandioca no Rio Grande do Sul sob influência do fenômeno ENOS utilizando o modelo Simanihot**. 2017. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Federal de Santa Maria do Centro de Ciências Rurais, Santa Maria, RS, 2017.

SANTOS, E.; MATOS, H.; ALVARENGA, J.; SALES, M. C. L. A seca no Nordeste no ano de 2012: Relato sobre a estiagem na região e o exemplo de prática de convivência com o Semiárido no Distrito de Iguaçú/Canindé-CE. **Revista Geonorte**, Manaus, Ed. 2, v. 1, n. 5, p. 819 - 830, 2012.

SANTOS, E. P.; CORREIA, M. F.; ARAGÃO, M. R. S.; SILVA, F. D. S. Eventos extremos de chuva e alterações no regime hidrológico da Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco: Uma

aplicação do índice RAI (Rainfall Anomaly Index). **Engenharia Ambiental**, v. 8, p. 315 - 330, 2011.

SANTOS, P. C. et al. **Enciclopédia do Estudante: geografia do Brasil: aspectos físicos, econômicos e sociais**. São Paulo: Moderna, 2008.

SEPLAG. **Alagoas em mapas**: acervo de mapas sobre o estado de Alagoas. Maceió, AL: Secretária de Estado do Planejamento e do Desenvolvimento Econômico (SEPLANDE), 2012. p. 1 - 135. Disponível em: <file:///C:/Users/Windows%2010/Downloads/artigos%20da%20tese/alagoasemmapas2012.pdf>. Acesso em: 18 de dezembro de 2018.

SEPLANDE – Secretária de Estado do Planejamento e do Desenvolvimento Econômico. **Alagoas em mapas**: acervo de mapas sobre o estado de Alagoas. Maceió, AL: Secretária de Estado do Planejamento e do Desenvolvimento Econômico (SEPLANDE), 2012. p. 1 - 135. Disponível em: <file:///C:/Users/Windows%2010/Downloads/artigos%20da%20tese/alagoasemmapas2012.pdf>. Acesso em: 14 de janeiro de 2019.

SEPLANDE – Secretária de Estado do Planejamento e do Desenvolvimento Econômico. **Modelo de regionalização para o planejamento de Alagoas**. Maceió, AL: SEPLANDE, 2014. p. 1 - 72. Disponível em: <http://www.ibam.org.br/media/arquivos/estudos/modelo_regionalizacao_alagoas_1.pdf>. Acesso em: 20 de janeiro de 2019.

SILVA, A. A. G; BARROS, A. H. C. Potencial climático para produção de coco (*cocos nucifera* L.) nos tabuleiros costeiros da região nordeste do Brasil. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA E V SIMPÓSIO DE MUDANÇAS CLIMÁTICAS E DESERTIFICAÇÃO NO SEMIÁRIDO BRASILEIRO, 2017, Petrolina / Juazeiro. **Anais...** Petrolina, PE/ Juazeiro, BA: XX CBAGRO e V SMUD, 2017.

SILVA, A. B. P; MOLION, L. C. B. Extremos de precipitação sobre a Costa Leste do Nordeste do Brasil: O Evento de Agosto de 2000. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA, 2002, Foz do Iguaçu. **Anais...** Foz do Iguaçu, PR: CBMET, 2002.

SILVA, B. B; MENDES, F. B. G.; KAGEYAMA, P. Y. **Desenvolvimento econômico, social e ambiental da agricultura familiar pelo conhecimento agroecológico**. Universidade de São

Paulo - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” Pró-Reitoria de Cultura e Extensão Universitária: Programa Aprender com Cultura e Extensão. 2010. Acesso em: 15 de maio de 2019. Disponível em: <<http://www.almanaquedocampo.com.br/imagens/files/caracter%C3%ADsticas%20da%20mandioca%20esalq.pdf>>.

SILVA, D. F. Aplicação de análises de Ondaletas para detecção de ciclos e extremos pluviométricos no Leste do Nordeste do Brasil. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 32, n. 2, p. 187 - 198, 2017.

SILVA, D. F.; SOUSA, F. A. S.; KAYANO, M. T. Uso do IAC e Ondeletas para análise da influência das multi-escalas temporais na precipitação da Bacia do Rio Mundaú. **Revista Engenharia Ambiental**, Espírito Santo do Pinhal, v. 6, n. 1, p. 180 - 195, 2009.

SILVA, G. **Análise da influência climática sobre a produção agrícola em Aiuba (CE)**. 2015. Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado em Agronomia) – UFCA/ Centro de Ciências Agrárias e da Biodiversidade, Crato, CE, 2015.

SILVA, J. S.; LUNA, H. P. L. Modelagem computacional da interdependência entre o fenômeno ENOS e a precipitação pluviométrica em Maceió. In: **Congresso Latino-Iberoamericano de Investigación Operativa**, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional, 2012. p. 1381 – 1392. Disponível em: <<http://www.din.uem.br/sbpo/sbpo2012/pdf/arq0283.pdf>>. Acesso em: 30 de outubro de 2018.

SILVA, S. O.; FLORES, J. C. O.; LIMA, F. P. Avaliação de cultivares e híbridos de bananeira em quatro ciclos de produção. **Pesquisa agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 37, n. 11, p. 1567 - 1574, 2002.

SOUZA, E. B.; ALVES, J. M. B.; REPELLI, C. A. Influência dos Oceanos Pacífico e Atlântico na estação chuvosa Semi-árido nordestino. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, RS, v. 6, n. 2, p. 277 - 283, 1998. ISSN 0104 -1347.

SOUZA, I. A. **Variabilidade climática e deficiência hídrica na Bacia do Una, PE e sua relação com as anomalias de temperaturas dos Oceanos Pacíficos e Atlântico**. 2013. Tese (Doutorado em ciências) – Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2005.

SOUZA, I. A.; ARAGÃO, J. O. R.; LACERDA, F. F.; RODRIGUES, R. S.; MOURA, G. B. A.; FERREIRA, M. A. F.; LACERDA, F. R. A avaliação dos impactos provocados pelo El Niño em algumas culturas no estado de Pernambuco. In: Congresso Brasileiro de Agrometeorologia, 11, 1999, Florianópolis - SC. **Anais...**, Florianópolis, CD-ROM. 1999.

SOUZA, M. J. L.; VIANA, A. E. S.; MATSUMOTO, S. N.; VASCONCELOS, R. C.; SEDIYAMA, T.; MORAIS, O. M. Características agronômicas da mandioca relacionadas à interação entre irrigação, época de colheita e cloreto de mepiquat. **Acta Scientiarum. Agronomy**, Maringá, v. 32, n. 1, p. 45 - 53, 2010. ISSN: 1679-9275. DOI: 10.4025/actasciagron.v32i1.720.

SPIEGEL, M. R. **Estatística**. São Paulo: McGraw-Hill, 1972. p. 580.

SPIEGEL, M. R. **Estatística**. Tradução de Pedro Cosentino, São Paulo: McGraw-Hill do Brasil, 1977. p. 580.

STAGER, J. C.; RUZMAIKIN, A.; CONWAY, D.; VERBURG, P.; MASON, P. J. Sunspots, El Niño, and the levels of Lake Victoria, East Africa. **Journal of Geophysical Research: Atmospheres**, v. 112, n. D15, p. D15106 1-13, 2007. DOI:10.1029/2006JD008362.

STRECK, N. A.; BURIOL, G. A.; HELDWEIN, A. B.; GABRIEL, L. F.; PAULA, G. M. Associação da variabilidade da precipitação pluvial em Santa Maria com a Oscilação Decadal do Pacífico. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 44, n. 12, p.1553 - 1561, 2009.

SUDENE - **Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste. RESOLUÇÃO N ° 115/2017**. Aprova a Proposição nº 113/2017, que acrescenta municípios a relação aprovada pela Resolução CONDEL nº 107, e 27 de julho de 2017. Disponível em: <http://sudene.gov.br/images/arquivos/conselhodeliberativo/resolucoes/resolucao115-23112017-delimitacaodosemiarido.pdf>. Acesso em: 23 de agosto de 2019.

TERACINES, E. B. Impactos econômicos do El Niño 97/98 na produção agrícola brasileira. **Instituto Nacional de Pesquisa Espaciais**, São José dos Campos, SP, 2011.p. 1 - 11. Acesso em: 2018. Disponível em: <<https://docplayer.com.br/41650306-Impactos-economicos-do-el-nino-97-98-na-producao-agricola-brasileira.html>>. Acesso em: 02 de agosto de 2018.

THIERES DA SILVA G. F.; MOURA, M. S. B; SÁ, I. I. S.; ZOLNIER, S.; TURCO, S. H. N.; JUSTINO F.; CARMO, J. F. A.; SOUZA, L. S. B. Impactos das mudanças climáticas na

produção leiteira do estado de Pernambuco: Análise para os cenários B2 e A2 do IPCC. **Revista Brasileira de Meteorologia**, Serra Talhada, PE, v. 24, n. 4, p. 489 - 501, 2009.

TOKESHI, H. Doenças da cana-de-açúcar. PLANALSUCAR, Instituto do Açúcar e do Alcool. 70p. SANGUINO. A. Principais moléstias da cana-de-açúcar. In Cana-de-Açúcar Cultivo e utilização. **Fundação Cargil**, 1987, v. 2, p. 741 – 757.

VALE, M. R.; RAMOS, J. D.; SOUSA, H. U.; JUNQUEIRA, K. P.; MENDONÇA, V. Cultura do coqueiro (*cocos nucifera L.*), **Editora: UFLA**, 2010, 32p. Disponível em: file:///C:/Users/Windows%2010/Downloads/bo1_95.pdf. Acessado em: 27/09/2019.

VALENTE, P. T. **Eventos extremos de precipitação no Rio Grande do Sul no Século XX a partir de dados de reanálise e registros históricos**. 2018. 99 f. Dissertação (Mestrado em geografia) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul do instituto de Geociências, Porto Alegre, RS, 2018.

VAN DER VELDE, M.; TUBIELLO, F. N.; VRIELING, A.; BOURAOU, F. Impacts of extreme weather on wheat and maize in france: evaluating regional crop simulations against observed data. **Climatic Change**, v. 113, p. 751 – 765, 2012.

VASCONCELOS, T. S.; MORAES, J. G. L.; ALVES, J. M. B.; JÚNIOR, S. G. J.; OLIVEIRA, L. L. B.; SILVA, E. M.; SOUSA, G. G. Variabilidade pluviométrica no Ceará e suas relações com o cultivo de milho, feijão-Caupi e mandioca (1987 – 2016). **Revista brasileira de meteorologia**, v. 34, n. 3, p. 431 – 438, 2019.

WENG, H.; LAU, K. M. Wavelets, period doubling, and time-frequency localization with application to organization of convection over the Tropical Western Pacific. **Journal of the Atmospheric Sciences**, v. 51, n. 17, p. 2523 - 2541, 1994.

WOLTER, K.; TIMLIN, M. S. El Niño/Southern Oscillation behaviour since 1871 as diagnosed in an extended multivariate ENSO index. **International Journal of Climatology**, v. 31, n. 7, p. 1074 – 1087, 2011. DOI:10.1002/joc.2336.