



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
CENTRO DE TECNOLOGIA E RECURSOS NATURAIS
UNIDADE ACADÊMICA DE CIÊNCIAS ATMOSFÉRICAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM METEOROLOGIA**



**ANÁLISE DAS VARIABILIDADES INTERANUAIS E INTERDECENAIIS
DE ÍNDICES CLIMÁTICOS PARA O ESTADO DO RIO GRANDE DO NORTE.**

Mayara Monique Almeida Moura Nunes

**Campina Grande, Paraíba
2019**

MAYARA MONIQUE ALMEIDA MOURA NUNES

**ANÁLISE DAS VARIABILIDADES INTERANUAIS E INTERDECENAIAS
DE ÍNDICES CLIMÁTICOS PARA O RIO GRANDE DO NORTE.**

Trabalho de Dissertação apresentado ao Programa de Pós-Graduação em Meteorologia da Universidade Federal de Campina Grande – UFCG, em cumprimento às exigências para obtenção do grau de Mestre em Meteorologia.

Área de concentração: Meteorologia de Meso e Grande Escalas

Sub-área: Climatologia

Orientador: Prof. Dr. José Ivaldo Barbosa de Brito.

**Campina Grande, Paraíba
2019**

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, sempre! A minha mãe (Cida) e irmã (Analu), a Eitonilda que me é apoio e cuidado, aos meus familiares e amigos por se fazerem presentes quando preciso. Grata em demasiado ao Prof. Dr. Ivaldo, querido por todos e de imensurável atenção, o qual sempre se mostrou solícito desde o pedido para que fosse meu orientador até a conclusão deste trabalho. Também aos professores do curso de pós-graduação em Meteorologia pelos conhecimentos compartilhados, aos membros da banca Prof. Dr. Madson Tavares e a Dra. Carmen Becker pela importante contribuição, aos funcionários do Departamento de Ciências Atmosféricas (DCA), enfim, foram muitos os envolvidos neste processo. Minha gratidão a vocês.

RESUMO

O clima na Região Nordeste do Brasil se caracteriza especialmente pelas irregularidades espacial e temporal da precipitação, com períodos de grande estiagem, secas e enchentes que variam de poucos anos a décadas. As variabilidades interanuais da precipitação na região Nordeste, em particular, no Estado do Rio Grande do Norte são influenciadas principalmente pelas oscilações interanuais na TSM do Pacífico Equatorial e Atlântico Tropical. Neste sentido, surge a necessidade de estudar se essas variabilidades influenciam na classificação do clima. O presente estudo tem como objetivo analisar as influências das variabilidades interanuais e interdecenais oceânicas/atmosféricas nos índices de classificação climática de aridez do Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (I_{aUNEP}) e efetivo de umidade de Thornthwaite (I_m) para o estado do Rio Grande do Norte no período de (1950 a 2016). Determinou-se as regiões homogêneas de precipitação do Estado pelo método de K-means. O balanço hídrico climatológico de Thornthwaite e Mather (1955) foi executado ano a ano para 24 localidades, espacialmente distribuídas em todo Estado, para obtenção dos índices I_m e I_{aUNEP} , usados para a classificação climática das regiões homogêneas em diferentes períodos, de acordo com a atuação de eventos oceânicos/atmosféricos de escala interanual (El Niño/La Niña e Gradiente de anomalia de TSM do Atlântico Tropical) e interdecenal (Oscilação Decenal do Pacífico – ODP e Oscilação Multidecenal do Atlântico – OMA). Usou-se o teste t de student para verificar se os índices I_m e I_{aUNEP} , dos diversos períodos de tempo, associados as anomalias de TSM em escalas interanual e interdecenal são estatisticamente diferentes. Como resultado, é observado que, em geral, para uma mesma região a classificação com I_m apresenta climas mais secos que a do I_{aUNEP} . Usando o I_m a maior variabilidade climática foi observada na região 1, com quatro tipos distintos de clima, de semiárido a úmido, enquanto, as menores, com dois tipos de clima na região 6, com clima variando de semiárido a subúmido seco. Nas regiões 2, 3, 4 e 5, observou-se três tipos, e o clima variou de árido a subúmido seco. Utilizando o I_{aUNEP} a maior variabilidade interanual foi observada na região 5, com classificação climática variando de árido a subúmido úmido, ou seja, quatro tipos distintos de clima, nas demais regiões foram observados três tipos de clima. Nas regiões 2 e 6 variabilidade climática de semiárido a subúmido úmido, nas regiões 3 e 4 de árido a subúmido seco e na 1 de subúmido seco a úmido. Independente do índice utilizado, verificou-se que em todas as regiões os períodos mais úmidos estão associados aos anos de ocorrência conjunta da La Niña fase negativa da OMA, enquanto, os mais áridos ocorreram durante os períodos de atuação conjunta do El Niño fase positiva da OMA. As diferenças das médias dos índices I_m ou I_{aUNEP} destes dois períodos são estatisticamente significantes ao $p_valor \leq 0,01$ para todas as seis regiões.

Palavras-chave: TSM, ENOS, Gradiente do Atlântico Tropical, OMA, ODP, Clima, Úmido, Árido, UNEP, Thornthwaite.

ABSTRACT

The climate in the Northeast Region of Brazil is characterized especially by the spatial and temporal irregularities of the precipitation, with periods of great drought interspersed by floods periods that vary from a few years to decades. The interannual variability of precipitation in the Northeast Region, in particular, in the State of Rio Grande do Norte is influenced mainly by the interannual variations in SST of the Equatorial Pacific and Tropical Atlantic. In this sense, the need arises to study if these variabilities influence the classification of the climate. The present study has the objective of analyzing the influence of interannual and interdecadal oceanic/atmospheric variability on the climate indices: aridity index of the United Nations Environment Program (I_{aUNEP}), and moisture index of Thornthwaite (I_m) for the state of Rio Grande do Norte in the period from (1950 to 2016). The homogeneous precipitation regions of the State were determined by the K-means method. The climatic water balance of Thornthwaite and Mather (1955) was performed yearly for 24 locations. The 24 locations are spatially distributed across on the State. The I_m and I_{aUNEP} indices were used for the climate classification of the homogeneous regions in different periods. The interannual periods were El Niño/La Niña and Gradient of SST anomaly of Tropical Atlantic, and interdecadal periods were Pacific Decadal Oscillation (PDO) and Atlantic Multidecadal Oscillation (AMO). Student's t test was used to verify if the I_m and I_{aUNEP} indices of the various times periods associated with SST anomalies in interannual and interdecadal scales are statistically different. As a result, it is observed that, in general, for the same region the classification with I_m presents drier climates than I_{aUNEP} . Using the I_m the greatest climate variability was observed in region 1, with four distinct types of climate, from semiarid to humid, while the lowest, with two types of climate in region 6, with a climate ranging from semiarid to subhumid dry. In regions 2, 3, 4 and 5, three types were observed, and the climate ranged from arid to dry subhumid. Using I_{aUNEP} , the highest interannual variability was observed in region 5, with climatic classification varying from arid to humid subhumid, that is, four distinct types of climate, in the other regions three types of climate were observed. In regions 2 and 6 variability from semiarid to subhumid wet, at 3 and 4 from dry to dry subhumid and 1 from dry to wet subhumid. Regardless of the index used, it was verified that in all the regions the wetter periods are associated to the years of La Niña combined with negative phase of the AMO, while the more arid occurred during the periods of El Niño and positive phase of the AMO. The differences in the means of the I_m or I_{aUNEP} indices of these two periods are statistically significant at $p \leq 0.01$ for all six regions.

Keywords: SST, ENSO, Tropical Atlantic Gradient, AMO, PDO, Climate, Humid, Arid, UNEP, Thornthwaite.

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1 -	ODP média móvel de 11 anos mostrando as fases frias e quentes.....	22
Figura 2.2 -	OMA média móvel de 11 anos mostrando as fases frias e quentes.....	24
Figura 3.1 -	Localização geográfica do Rio Grande do Norte.....	27
Figura 3.2 -	Áreas Gradiente do Atlântico tropical.....	33
Figura 3.3	Áreas dos Niños 1+2, 3, 3.4 e 4.....	34
Figura 4.1 -	Mapa do estado do Rio Grande do Norte com a divisão das regiões através do agrupamento para as 88 localidades.....	44
Figura 4.2 -	Variabilidade interanual de I_m para as seis regiões homogêneas do Rio Grande do Norte. No eixo vertical (y) está represento o I_m , sendo que o eixo da direita é para a região 1, e o da esquerda as demais região. O eixo horizontal (x) representa a evolução do tempo em anos.....	51
Figura 4.3 -	Variabilidade interanual de I_{aUNEP} para as seis regiões homogêneas do Rio Grande do Norte. No eixo vertical (y) está represento o I_{aUNEP} , sendo que o eixo da direita é para a região 1, e o da esquerda as demais regiões. O eixo horizontal (x) representa a evolução do tempo em anos.....	52
Figura 4.4 -	Variabilidade interdecenal de I_m para as seis regiões homogêneas do Rio Grande do Norte. No eixo vertical (y) está represento o I_m , sendo que o eixo da direita é para a região 1 e o da esquerda as demais regiões. O eixo horizontal (x) representa a evolução do tempo em anos.....	53
Figura 4.5 -	Variabilidade interdecenal de I_{aUNEP} para as seis regiões homogêneas do Rio Grande do Norte. No eixo vertical (y) está represento o I_{aUNEP} , sendo que o eixo da direita é para a região 1 e o da esquerda as demais regiões. O eixo horizontal (x) representa a evolução do tempo em anos.....	54
Figura 4.6	Média móvel do valores anuais ODP e OMA x 0,32. Eixo vertical índices ODP e OMA x 0,32 e o eixo horizontal (x) a evolução do tempo em anos.....	54

LISTA DE QUADROS

Quadro 3.1 -	Classificação climática de acordo com o I_m	39
Quadro 3.2 -	Classificação Climática de acordo com o índice de aridez do UNEP.....	40

LISTA DE TABELAS

Tabela 3.1 -	Anos de ODP negativa (fria) e positiva (quente) para o período de 1950 – 2016....	31
Tabela 3.2 -	Anos de OMA negativa (fria) e positiva (quente) para o período de 1950– 2016....	32
Tabela 3.3 -	Anos de El Niño e La Niña para o período de 1950 – 2016.....	32
Tabela 3.4 -	Anos de Gradiente (positivo e negativo) do Atlântico para o período de 1950 – 2016.....	32
Tabela 3.5 -	Exemplo de valores calculados de t do teste de student para diferenças de médias da Região 1. Na parte superior da linha tracejada amarela estão os valores para I_m e na parte inferior para I_{aUNEP} . Na parte superior, o valor 2,207 em azul significa o t calculado para a diferença das médias de I_m de ODP+ e GRAD-, e 4,020 em vermelho é o I_m do período de El Niño versus o de GRAD-. Na parte inferior, 0,298 em preto é o I_{aUNEP} do período de El Niño versus o de GRAD+, e 2,464 em azul é o I_{aUNEP} do período composto El Niño / OMA- versus o do composto La Niña/OMA-	43
Tabela 4.1 -	Valores de I_m para diferentes períodos conforme a atuação dos eventos de escala interdecenais, interanuais e suas sobreposições.....	46
Tabela 4.2 -	Valores de I_{aUNEP} para diferentes períodos conforme a atuação dos eventos de escala interdecenais, interanuais e suas sobreposições.....	49

LISTA DE SIGLAS E SÍMBOLOS

DOL	Distúrbios Ondulatórios de Leste
EMPARN	Empresa de Pesquisa Agropecuária do Rio Grande do Norte
ENOS	El Niño Oscilação Sul
I_a	Índice de Aridez
I_{aUNEP}	Índice de Aridez do UNEP
I_m	Índice Efetivo de Umidade
NEB	Nordeste Brasileiro
ODP	Oscilação Decenal do Pacífico
OMA	Oscilação Multidecenal do Atlântico
SUDENE	Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste
SPSS	Statistical Package for the Social
TSM	Temperatura da Superfície do Mar
UNEP	Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente
VCAN	Vórtice Ciclônico de Altos Níveis
ZCAS	Zona de Convergência do Atlântico Sul
ZCIT	Zona de Convergência Intertropical

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO	12
1.1.	Objetivos	14
1.1.1.	Objetivo geral	14
1.1.2.	Objetivos específicos	14
2.	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	15
2.1.	Principais sistemas de tempo que atuam no Rio Grande do Norte	16
2.1.1.	Zona de Convergência Intertropical	16
2.1.2.	Vórtice Ciclônico de Altos Níveis	17
2.1.3.	Distúrbios Ondulatórios de Leste	18
2.2.	Sistemas oceânicos/atmosféricos de escala interanual	19
2.2.1.	Gradiente do Atlântico Tropical	19
2.2.2.	El Niño Oscilação Sul: El Niño e La Niña	20
2.3.	Sistemas oceânicos/atmosféricos de escala interdecenal	21
2.3.1.	Oscilação Decenal do Pacífico	21
2.3.2.	Oscilação Multidecenal do Atlântico	23
2.4.	Índices climáticos	24
2.5.	Análise de agrupamento	25
3.	MATERIAIS E MÉTODOS	27
3.1.	Área de estudo	27
3.2.	Dados	30
3.3.	Metodologia	34
3.3.1.	Análise de agrupamento	35
3.3.2.	Balço hídrico	36
3.3.3.	Evapotranspiração potencial mensal e anual	37
3.3.4.	Índices climáticos I_m e I_{aUNEP}	38
3.3.5.	Índice de aridez, umidade e efetivo de umidade	39
3.3.6.	Índice de aridez do UNEP (I_{aUNEP})	40
3.3.7.	Estimativa de t de Student para comparações de médias	40
4.	RESULTADOS E DISCUSSÃO	44
4.1.	Análise de agrupamento	44
4.2.	Análise dos índices de classificação climática	45
4.3.	Variabilidade interanual e interdecenal dos Índices I_m e I_{aUNEP}	51
5.	CONCLUSÕES E SUGESTÕES	55
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	56
	APÊNDICES	64
	APÊNDICE 1 – Média Climatológica (1935-1990) da precipitação mensal e anual das 88 localidades do Rio Grande do Norte	65
	APÊNDICE 2 – Valores anuais de I_m e I_{aUNEP} para as localidades da região 1 e a média da região	66
	APÊNDICE 3 - Valores anuais de I_m e I_{aUNEP} para as localidades da região 2 e a média da região	67
	APÊNDICE 4 - Valores anuais de I_m e I_{aUNEP} para as localidades da região 3 e a média da região	68
	APÊNDICE 5 - Valores anuais de I_m e I_{aUNEP} para as localidades da região 4 e a média da região	69

APÊNDICE 6 - Valores anuais de I_m e I_{aUNEP} para as localidades da região 5 e a média da região	70
APÊNDICE 7 - Valores anuais de I_m e I_{aUNEP} para as localidades da região 6 e a média da região	71
APÊNDICE 8 – Regiões homogêneas da precipitação do Rio Grande do Norte usando a média climatológica (1950 – 2016) mensal e anual de 24 postos pluviométricos	72
APÊNDICE 9 - Valores de t calculado do teste de student para diferenças de médias de I_m (parte superior da linha tracejada amarela) e I_{aUNEP} (parte inferior da linha tracejada amarela), durante a atuação de eventos de escalas interanual e interdecenal e compostos interanual/interdecenal para a região 1 (litoral leste).....	73
APÊNDICE 10 - Valores de t calculado do teste de student para diferenças de médias de I_m (parte superior da linha tracejada amarela) e I_{aUNEP} (parte inferior da linha tracejada amarela), durante a atuação de eventos de escalas interanual e interdecenal e compostos interanual/interdecenal para a região 2 (Agreste e parte do litoral norte).....	74
APÊNDICE 11 - Valores de t calculado do teste de student para diferenças de médias de I_m (parte superior da linha tracejada amarela) e I_{aUNEP} (parte inferior da linha tracejada amarela), durante a atuação de eventos de escalas interanual e interdecenal e compostos interanual/interdecenal para a região 3 (terras altas do Planalto da Borborema).....	75
APÊNDICE 12 - Valores de t calculado do teste de student para diferenças de médias de I_m (parte superior da linha tracejada amarela) e I_{aUNEP} (parte inferior da linha tracejada amarela), durante a atuação de eventos de escalas interanual e interdecenal e compostos interanual/interdecenal para a região 4 (terras mais baixas da Chapada do Apodi, litoral e tabuleiro costeiro norte).....	76
APÊNDICE 13 - Valores de t calculado do teste de student para diferenças de médias de I_m (parte superior da linha tracejada amarela) e I_{aUNEP} (parte inferior da linha tracejada amarela), durante a atuação de eventos de escalas interanual e interdecenal e compostos interanual/interdecenal para a região 5 (Médio Piranhas-Açu no RN).....	77
APÊNDICE 14 - Valores de t calculado do teste de student para diferenças de médias de I_m (parte superior da linha tracejada amarela) e I_{aUNEP} (parte inferior da linha tracejada amarela), durante a atuação de eventos de escalas interanual e interdecenal e compostos interanual/interdecenal para a região 6 (Terras com topografia mais elevada do Oeste Potiguar).....	78

1. INTRODUÇÃO

Atualmente, o semiárido brasileiro compreende 1.262 municípios, sendo estes divididos entre os estados de Minas Gerais, Bahia, Sergipe, Alagoas, Pernambuco, Paraíba, Rio Grande do Norte, Ceará, Piauí e Maranhão, determinação esta, que foi estabelecida pelo fato dessas regiões apresentarem precipitação pluviométrica média anual igual ou menor que 800mm; índice de aridez de Thornthwaite igual ou inferior a 0,50 e o déficit hídrico em termos de percentuais diários igual ou acima que 60%, levando em consideração todos os dias do ano. Estende-se por uma área de 1,03 milhão de km², algo equivalente a 12% do total da área do país, com dado populacional de 27 milhões de pessoas (SUDENE, 2017).

O clima é determinado de diversas formas, assim, é possível entendê-lo como os aspectos atmosféricos médios apresentados por uma região (ROLIM et al., 2007). De acordo com Júnior et al., (2005) a determinação climática é definida por índices climáticos e as variáveis essenciais para sua obtenção são: temperatura, precipitação e evapotranspiração, juntamente com as coordenadas do local.

De forma mais específica sobre a climatologia, a Organização Meteorológica Mundial (WMO) particulariza o clima como estado médio do sistema climático, definindo-o como a associação de inúmeras condições da atmosfera atuando em uma determinada área para se fazer comparações entre regiões. O conceito de normal climatológica é qualificado pela WMO como a média dos fatores de tempo estabelecidos num período de 30 anos entre 1961 a 1990 (BECKER, 2017).

O clima no NEB se diferencia de outras localidades do país, especialmente pelas irregularidades espacial e temporal de precipitação. Uma região caracterizada por períodos de grande estiagem, secas e enchentes que variam de poucos anos a décadas, afetando diretamente as condições de vida das populações semiáridas, em particular os mais pobres e pequenos produtores (MARENGO et al., 2011). Em outras palavras, o NEB tem como característica marcante a variabilidade temporal na precipitação pluviométrica. Além da variabilidade temporal, o clima do NEB também apresenta uma grande variabilidade espacial, englobando regiões semiáridas, que apresentam total de precipitação acumulado anual inferior a 500 mm/ano em algumas áreas, bem como regiões úmidas, marcadas por precipitações anuais elevadas, podendo superar os 1.500 mm/ano (MOURA e SHUKLA, 1981; OLIVEIRA, 2014). A propósito, no NEB, está inserida a maior área semiárida do país, nessa região são observados três regimes climáticos com diferentes distribuições

pluviométricas: norte do NEB, que apresenta precipitação máxima em março, regida principalmente pela Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), a parte litorânea úmida que ocorre na costa leste, caracterizada por maiores índices de chuva em maio, e do sul do NEB, que tem precipitação mais elevada em dezembro (KOUSKY, 1979; KAYANO e ANDREOLI, 2009).

No Rio Grande do Norte, é possível verificar que a distribuição espaço-temporal de precipitação é bem específica. Na região que está no litoral leste e adjacência, os máximos mensais de chuvas ocorrem, geralmente de março a junho. Mais ao centro, na parte do Seridó e do litoral norte, e todo oeste do Estado é caracterizado como semiárido, além de sofrer com longos períodos de seca, os maiores totais mensais de precipitação ocorrem de fevereiro a maio. Na porção leste, região do Agreste, que também faz parte do semiárido e têm os meses mais chuvosos de março a junho, é possível verificar algumas características de clima tropical subúmido úmido, assim, se denomina por apresentar chuvas mais regulares e volumosas quando comparado com ao Seridó e parte do litoral norte, de acordo com dados obtidos pela Empresa de Pesquisa Agropecuária do RN (EMPARN).

Nos trópicos, pode-se considerar a precipitação como sendo umas das variáveis climáticas mais importantes, assim, é de suma relevância conhecê-la para que haja um planejamento eficiente frente as diversas atividades humanas. É sabido que há uma intensificação em quantidade e duração dos eventos extremos de chuva nos últimos anos, o que favorece de forma negativa os desastres naturais com inundações e secas severas (MARENGO et al., 2011). Extremos de precipitação têm sido estudados em inúmeras regiões do mundo, devido a sua importância no ciclo biológico e manutenção dos seres vivos no planeta.

Dentre os principais sistemas meteorológicos que agem levando chuvas para a região do NEB, e em particular o Rio Grande do Norte, destacam-se a (ZCIT), os Vórtices Ciclônicos de Altos Níveis (VCANs), Distúrbios Ondulatórios de Leste (DOL), a Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS) e os sistemas frontais, estes dois últimos ocorrem mais ao sul do Nordeste, entretanto, influenciam na precipitação do Rio Grande do Norte de forma indireta.

O intuito principal da classificação climática é identificar zonas com particularidades relativamente homogêneas tanto em clima quanto em biogeografia (ANTONIO, 2017). No Nordeste Brasileiro (NEB) a classificação do clima apresenta uma complexidade devido a sua ampla variabilidade nos aspectos espacial e temporal da

precipitação, além da evaporação ser elevada e a temperatura média estar acima de 24°C e 28°C (BRAGA et al., 2012).

1.1. Objetivos

1.1.1. Objetivo Geral

Analisar as influências das variabilidades interanuais e interdecenais oceânicas/atmosféricas (ENOS, Gradiente de anomalia de TSM do Atlântico Tropical, ODP e OMA) nos índices de classificação climática (índices de aridez do UNEP ($I_{a\text{UNEP}}$) e efetivo de umidade de Thornthwaite (I_m)) para o estado do Rio Grande do Norte num período de 66 anos de dados (1950 a 2016).

1.1.2. Objetivos Específicos

- Determinar regiões homogêneas da precipitação pluvial no estado do Rio Grande do Norte;
- Quantificar os índices $I_{a\text{UNEP}}$ e I_m através do balanço hídrico de Thornthwaite e Mather (1957) para as regiões homogêneas da precipitação pluvial do Rio Grande do Norte;
- Verificar se as possíveis influências das variabilidades interanuais e interdecenais oceânicas/atmosféricas nos índices $I_{a\text{UNEP}}$ e I_m são similares para todo o Estado do Rio Grande do Norte ou apresentam diferenças para cada região homogênea da precipitação pluvial do Estado.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Segundo Araújo et al. (2008), entre os sistemas meteorológicos de escala sinótica que atuam no NEB, os que mais atuam no estado do Rio Grande do Norte são os DOL que agem entre os meses de maio e agosto, se deslocando de leste para oeste até que cheguem continente a dentro. Seu nível de intensidade depende da TSM, também da deformação do vento, dos efeitos da orografia e da forma como a brisa marinha e terrestre circulam, intensificando ou dissipando esse tipo de sistema, e a ZCIT que se forma através do encontro entre os ventos alísios de nordeste e de sudeste, fazendo com que o ar carregado de vapor d'água circule ascendentemente, se resfriando e dando origem às nuvens. Esse sistema tem destaque no norte do NEB como principal causador de chuvas nos meses de fevereiro a maio, mais precisamente na parte oeste do Rio Grande do Norte e interior da Paraíba.

Ressalta-se que, de acordo com Costa et al. (2013), estudos sobre variabilidade climática têm mostrado a importância dos oceanos, principalmente a TSM e as correntes marinhas, que apresentam fundamental contribuição para os processos atmosféricos, além de regular as trocas de calor latente e sensível. Longos períodos de alterações nos aspectos da TSM, sejam de baixa ou alta frequência, podem impactar o clima de maneira significativa, visto que é considerada uma das principais variáveis relacionada as diferentes condições climáticas do globo. Neste contexto, outro aspecto relevante é a influência das anomalias de TSM nos oceanos tropicais (Pacífico e Atlântico) sobre o clima do NEB, estudada em diversos trabalhos. Os episódios de ENOS, nesse sentido, atuam como padrões de conexão termodinâmico (interação oceano-atmosfera) no oceano Pacífico Tropical, considerado em grande escala como uma das causas mais relevantes da variabilidade climática em diversas regiões do globo, incluindo o NEB e em particular o Rio Grande do Norte (MOLION e BERNARDO, 2002; MOLION, 2005; ANDREOLI e KAYANO, 2007; TEIXEIRA e MARTIN-VIDE, 2013; RUSSELL e GNANADESIKAN, 2014). Além do ENOS, como mencionado na introdução, o Gradiente de Anomalia da TSM do Atlântico Tropical também influencia nas chuvas do NEB (MOURA E SHUKLA, 1981, SILVA NÓBREGA et al., 2016). É oportuno destacar que além destes sistemas que atuam em escala interanual também foram estudadas as contribuições dos sistemas de baixa frequência de escala interdecenal, como a Oscilação Multidecenal do Atlântico (OMA) (KAYANO e CAPISTRANO, 2014, KAYANO et al., 2016) e Oscilação Decenal do Pacífico (ODP) (DA SILVA e GALVÍNCIO, 2011; KAYANO et al., 2016).

2.1. Principais Sistemas de Tempo que atuam no Rio Grande do Norte

2.1.1. Zona de Convergência Intertropical

A Zona de Convergência Intertropical pode ser descrita como um aglomerado de nuvens consistentes sobre a porção equatorial do oceano. Mesmo tendo seu posicionamento no hemisfério norte em maior parte durante o ano, entre março e abril se movimenta mais ao sul. O norte do NEB, bem como o norte do Brasil, sofre forte influência desse sistema em seu regime pluviométrico, algo que já é característico (NOBRE e SHUKLA, 1996; MOLION e BERNARDO, 2002).

Reboita et al., (2012) destaca que a ZCIT se forma próximo a linha do equador, onde ocorre a convergência dos ventos alísios de Sudeste e Nordeste ocasionando a formação de precipitação, esse fenômeno muda de posição latitudinalmente durante o ano, aparecendo mais ao Sul do Equador entre os meses de dezembro e maio, caracterizando a estação chuvosa no NEB e mais ao Norte do Equador nas demais estações do ano.

Ao estudarem as altas subtropicais dos atlânticos, Souza e Cavalcanti (2009) perceberam ações significativas da ZCIT nessas regiões. Os mecanismos que posicionam a ZCIT para o NEB são as intensas anomalias da alta subtropical do Atlântico Norte que convergem com os ventos alísios oriundos da região mais ao sul e do resfriamento da TSM no Atlântico Norte.

A Zona de Convergência Intertropical varia no tempo e espaço, os volumes excessivos de precipitação ocorrem devido ao fortalecimento da umidade através da evaporação nas superfícies oceânicas localizadas abaixo dela e também pela evapotranspiração nas regiões do continente. A ZCIT é um dos principais fenômenos que contribui para presença de chuvas no nordeste setentrional brasileiro, de acordo com Araújo (2006), atuando mais intensamente nos estados do Ceará, oeste do Rio Grande do Norte e no interior da Paraíba e Pernambuco, ocorrendo em grande parte nos meses de fevereiro a maio.

Em anos de normalidade, assim considerados, a ZCIT migra sazonalmente de sua posição mais ao norte, a qual se encontra em torno de 14°N entre os meses de agosto e setembro e passa a se posicionar mais a sul, por volta de 2°S durante março e abril, essa migração juntamente com outros fatores que estimulam ou atenuam a presença dos alísios de nordeste e sudeste, é fundamental para determinação das estações chuvosas no norte da região Nordeste (CAVALCANTI, 2016).

2.1.2. Vórtice Ciclônico de Altos Níveis

O Vórtice Ciclônico de Altos Níveis é considerado um dos principais sistemas meteorológicos, responsável pelas alterações que ocorrem nas condições de tempo na região Nordeste, seu desenvolvimento ocorre sobre o Oceano Atlântico e ao adentrar o Brasil afeta a distribuição da precipitação, ocasionando chuvas mais intensas na parte norte do NEB (GAN e KOUSKY, 1986).

No Hemisfério Sul, o sistema tem seu percurso rotatório no sentido horário, originado nas latitudes subtropicais do Oceano Atlântico Sul e seguindo na direção no NEB, sua formação nos altos níveis apresenta características distintas dos ciclones de superfície, onde a convecção se desenvolve no centro, contribuindo para geração de chuvas, já em altos níveis, devido a descendência do ar, é observada uma inibição na formação de nuvens na sua parte central e intensificação ao seu redor (GAN, 1982).

Os VCAN são classificados como vórtices do tipo Palmén, quando sua origem se dá em latitudes extratropicais e vórtices do tipo Palmer, os que se originam nos trópicos, são muitos os impactos desse sistema na precipitação nas regiões Norte e Nordeste do Brasil, em especial quando sua origem se dá sobre o continente (CAVALCANTI, 2016).

Em seu trabalho, que trata sobre as características termodinâmicas dos VCAN no NEB, Reis, 2018 observou que a parte central do VCAN em sua maioria, ocorre sobre áreas semiáridas do nordeste brasileiro, mais precisamente na região central de Pernambuco, litoral nas divisas de Paraíba e Pernambuco, litoral norte e centro da Bahia, podendo indicar que existe uma forte relação desse sistema com os episódios de estiagem na região.

Efeitos sobre as chuvas na região do NEB foram verificados em todo o período (ciclo de vida) do VCAN, uma diminuição na precipitação ocorre no momento em que há presença de vorticidade ciclônica, por outro lado, apresenta chuvas intensas quando a margem oeste do vórtice está nas proximidades ou sobre a localidade, a existência da relação entre o VCAN e as chuvas pode ser vista por imagens de satélite, em que se tem pouca nebulosidade na parte central do VCAN e muita conectividade na parte periférica, esse sistema dispõe de um potencial influenciador tanto no aumento quanto na inibição de chuvas em uma determinada região, dependendo do posicionamento da sua borda (chuva) e da parte mais central (estiagem) (SILVA, 2005).

2.1.3. Distúrbios Ondulatórios de Leste

Estudos de ondas leste geralmente estão voltados para episódios associados ao Oceano Atlântico Norte, isso se dá pelo fato de ter em seu histórico frequentes acontecimentos de tempestades tropicais e furacões, atingindo com mais intensidade as áreas da América Central, do Caribe e da América do Norte, a necessidade de redução dos impactos causados por esses fenômenos levou pesquisadores a se aprofundarem no entendimento de como esse sistema (DOL) influencia essas e outras regiões (NEVES, 2018).

Ao analisar os distúrbios ondulatórios de leste sobre o Oceano Atlântico Equatorial Sul, Ferreira et al., 1990 identificaram amplitudes maiores e desenvolvimento mais estruturado para os trimestres MAM e JJA, no entanto, esses períodos apresentaram características distintas em seus resultados, ondas maiores (6900Km aproximadamente) e mais rápidas em JJA, e em MAM ondas mais curtas (4300Km aproximadamente) e lentas.

O deslocamento de diferentes ondas de leste está frequentemente associado aos ventos troposféricos equatoriais e tropicais de leste, discrepâncias regionais e sazonais na atmosfera tropical são fatores que as difere uma das outras (BARRY e CHORLEY, 2013). Esses distúrbios geralmente são associados as alterações que ocorrem de forma significativa nas condições sinóticas, mais precisamente na componente meridional do vento, acarretando como consequência, umidificação da camada, elevação de nebulosidade e precipitação associada (BARBOSA, 2005).

Neves (2018) mostrou através de estudos sobre os distúrbios ondulatórios de leste que o NEB sofre influências de diversos sistemas atmosféricos tropicais e extratropicais nas escala de tempo e clima, principalmente por estar localizado em uma área tropical, desta forma, outros sistemas podem impulsionar a ocorrência de DOL.

Os regimes pluviométricos das partes norte e leste do NEB têm grande contribuição dos DOL (KOUADIO et al., 2012). Os DOL que surgem no Oceano Atlântico Sul migram na direção oeste e são considerados como um sistema significativamente importante na formação dos eventos extremos de chuva na costa leste e norte do NEB, ocasionando desastres e afetando em especial áreas urbanas (deslizamento, alagamento) (MACHADO et al., 2012; ALVES e NOBRÉGA, 2013).

Em estudos para analisar se os DOL, de fato, afetam o Nordeste Brasileiro, Mota e Gandú (1996) observaram que existe relação das anomalias positivas da precipitação

concentradas nas partes norte e leste do NEB, ocorridas no mês de junho de 1994, com as ondas de leste que chegam sobre essa região.

2.2. Sistemas Oceânicos/Atmosféricos de Escala Interanual

2.2.1. Gradiente do Atlântico Tropical

O papel exercido pela TSM no Atlântico Tropical é indispensável no que se refere a variabilidade climática e temporal, influenciando diretamente na interação existente entre o oceano e a atmosfera através de trocas de massa e energia (BITTENCOURT, 2016).

Em anos que a TSM sobre ao Atlântico Tropical, localizado nas proximidades da linha do equador e 15°S, está acima da média observada entre os meses de março, abril e maio, e o Atlântico Tropical Norte, situado entre 5°N e 20°N, se encontra mais frio que a média, ocasionam o desenvolvimento de um gradiente meridional de anomalias de TSM no sentido norte-sul. Nesse cenário é observado também uma pressão ao nível do mar abaixo da média normal para o Atlântico Sul e acima da normalidade para o Atlântico Norte, os ventos alísios vindos de sudeste em menor intensidade que o habitual e os de nordeste mais fortes, tem ainda o eixo de baixa pressão à superfície e confluência dos alísios se deslocando para o sul e os totais pluviométricos se elevam sobre o norte e nordeste quando comparados com a média normal (NÓBREGA e SANTIAGO, 2014; HASTENRATH e HELLER, 1977).

O Gradiente do Atlântico, fenômeno oceano/atmosférico pode ser caracterizado como uma alteração anômala na TSM no Oceano Atlântico Tropical, assim, quando se tem águas mais quentes no Atlântico Tropical Norte e mais frias no Atlântico Tropical Sul, passa a existir movimentos descendentes que levam ar frio e seco dos altos níveis da atmosfera para as regiões setentrional e central do Nordeste, que abrangem os estados do Maranhão, Piauí, Ceará, oeste do Rio Grande do Norte, Paraíba, Pernambuco e Alagoas e norte da Bahia, o que inibe o desenvolvimento de nuvens, reduzindo consequentemente a precipitação (fase Positiva do Gradiente), o que pode acarretar um período de estiagem. Em contrapartida, águas mais frias no Atlântico Tropical Norte e mais quentes no Atlântico Tropical Sul ocasionam crescimento dos movimentos ascendentes, aumentando os totais pluviométricos devido a intensificação das formações de nuvens (fase Negativa do Gradiente) (HASTENRATH e HELLER, 1977; MOURA e SHUKLA, 1981; ARAGÃO, 1998).

A variabilidade da TSM do Atlântico Sul possui grande relevância na distribuição de chuvas no nordeste brasileiro, estudos têm mostrado evidências da associação do Gradiente (fase negativa) com anomalias positivas da precipitação na parte leste do NEB (AMORIM et al., 2012).

2.2.2. El Niño Oscilação Sul: El Niño e La Niña

O El Niño Oscilação Sul (ENOS), está relacionado com as variações que ocorrem nos padrões da TSM e dos ventos alísios na região do Pacífico Equatorial, mais precisamente entre a costa peruana e a Austrália (NETO et al., 2007).

Em escala global, o ENOS é considerado o mais importante dos fenômenos oceânico/atmosférico no que tange a variabilidade climática interanual, sua componente oceânica oscila entre duas extremidades El Niño (fase quente) e La Niña (fase fria). Quando resultantes da atenuação dos movimentos ascendentes na parte equatorial, gerados pela célula de Walker, que de forma atípica se desloca para leste, o El Niño contribui para os eventos de seca na parte equatorial da América do Sul, de outro modo, El Niño associado a chuvas excessivas (primavera/verão) na porção sudeste da região são originadas de alterações na circulação atmosférica local, o El Niño pode ainda afetar o posicionamento e a intensidade da ZCAS na estação de verão e da ZCIT no outono, modificando assim a distribuição das chuvas nas regiões sudeste e nordeste do Brasil, na La Niña ocorre o inverso, com os padrões de anomalia climáticos e na circulação atmosférica, ao que foi dito para o El Niño (KAYANO et al., 2016; KOUSKY et al., 1984).

Anos de El Niño, os quais se têm um aquecimento maior das águas superficiais na região centro-leste do Pacífico Equatorial, associado ao Gradiente Positivo do Atlântico Tropical ocasionam uma redução no volume de chuvas na parte setentrional do NEB, por outro lado, a La Niña que representa o resfriamento das águas do Oceano Pacífico, associada ao Gradiente Negativo do Atlântico contribui para períodos mais chuvosos na região (FERREIRA e MELO, 2005).

Estudos diversos indicam que episódios de El Niño podem produzir um déficit na precipitação nas regiões Norte e Nordeste do Brasil, o contrário é observado em períodos com presença da La Niña, que geralmente está associada a precipitações elevadas, porém, isso não é sempre notado. Influências das anomalias na Temperatura da Superfície do Mar no Atlântico Tropical Norte/Sul se acoplam aos impactos das anomalias de TSM do

Pacífico Tropical, o que altera os aspectos da incidência de precipitação sobre o Brasil (REBOITA e SANTOS, 2015).

Os períodos de El Niño e La Niña não apresentam um espaço de tempo regular, as médias para o surgimento podem acontecer em intervalos que variam de 2 a 7 anos, ainda assim, são caracterizados como cíclicos. Registros de El Niño mais intensos foram obtidos em 1982/1983 e 1997/1998. As anomalias da TSM chegaram a 4°C e causaram desastres de grandes dimensões na região semiárida do Nordeste, a La Niña também já teve seus episódios ligados a catástrofes ocorridas no NEB em 1984/1985 e 1988/1989 (MARENGO et al., 2011).

2.3. Sistemas Oceânicos/Atmosféricos de Escala Interdecenal

2.3.1. Oscilação Decenal do Pacífico

A Oscilação Decenal do Pacífico foi definida por Mantua et al., (1997) como sendo alterações que ocorrem na TSM do Oceano Pacífico, verificadas em períodos de 20 a 30 anos e acontecem em duas fases: Fase fria, tendo como característica as anomalias negativas de TSM no Pacífico Tropical, ao mesmo tempo apresenta anomalias de TSM positivas no Pacífico Extratropical nos dois hemisférios. O inverso acontece na fase quente, quando se têm anomalias de TSM positivas no Pacífico Tropical e negativas no Pacífico Extratropical.

Estudos sobre os efeitos causados pela ODP na América do Sul despontaram nos anos 2000. Mantua e Hare (2002) mostraram que existe relação entre as variações climáticas interdecenais que ocorrem nos hemisférios norte e sul, apresentando subtropicais mais quentes e latitudes tropicais e médias mais secas. Durante a ODP quente foram observadas anomalias positivas de precipitação na região Sudeste do Brasil. Situações de secas/úmidas num período de 20-30 anos na Amazônia foram observadas por Marengo (2004) que as relacionou às variações que ocorrem na precipitação no Nordeste do Brasil. O índice ODP, mesmo quando proveniente de dados da TSM, tem relação direta com diversos eventos climáticos (precipitação, pressão ao nível do mar, temperatura) ocorridos no Pacífico do Norte e do Noroeste. Existe uma correlação entre ODP e ENOS, produzindo um efeito positivo quando estes estão na mesma fase ou negativo quando estão em fases opostas. (KAYANO e ANDREOLI, 2007).

Molion (2005) mostrou que a ODP teve sua fase negativa (fria) iniciada outra vez em meados de 1999, e deve se manter até 2025, ocasionando, conseqüentemente, um

aumento na frequência dos eventos La Niña. Caso o comportamento da interação Terra/oceano/atmosfera seja similar ao que ocorreu na fase fria anterior da ODP, observada entre 1947-1976, a tendência é de diminuição em torno de 0,15°C até 2025 na média da temperatura global (DA SILVA e GALVÍNCIO, 2011).

Siqueira e Molion (2008) mostram que os totais pluviométricos nas regiões Norte e Nordeste do Brasil, em períodos de La Niña e fase fria da ODP, ficaram abaixo da normal climatológica correspondente à média durante as duas fases da ODP (1948-1998), diferentemente do que é mostrado na literatura. Assim, afirmar que eventos La Niña induzem um aumento de chuvas acima da média nessas localidades se confirma somente para a fase quente da ODP. Já os eventos de El Niño têm o mesmo comportamento tanto na fase fria quanto na fase quente da ODP, influenciando para que a precipitação seja reduzida na região. Ainda se sabe pouco acerca dos impactos, influência e importância da ODP no clima global, entretanto, como os oceanos representam 70% do planeta, sendo que o Oceano Pacífico ocupa a maior parte desse total, a longo prazo, aproximadamente de 50 – 60 anos a ODP certamente apresentará influência na variabilidade climática, podendo até ser confundida com mudanças que ocorrem no clima.

A fase positiva (quente) da ODP está relacionada a episódios El Niño que aparecem nesse período com maior frequência e intensidade, diferentemente os eventos de La Niña que ocorrem menos e em menor intensidade. Estando a ODP em sua fase negativa (fria), acontece o contrário, havendo maior incidência de fenômenos La Niña tendendo a ser mais intensos e menor de El Niño, os quais duram por períodos mais curtos (Andreoli et al. 2005).

A Figura 2.1, média móvel de 11 anos da ODP anual, mostra as fases fria e quente da ODP no período de 1905 a 2015.

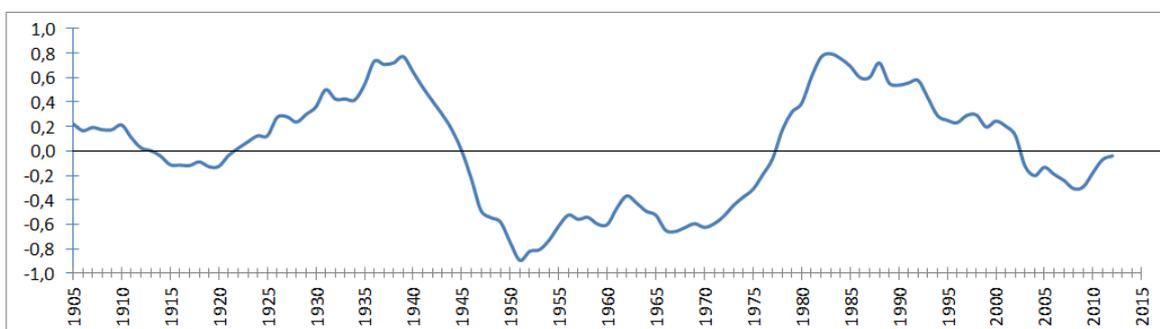


Figura 2.1- ODP média móvel de 11 anos mostrando as fases frias e quentes.

Fonte: Adaptado de JISAO¹, 2018 (<http://research.jisao.washington.edu/pdo/>).

¹ JISAO – Joint Institute for the Study of the Atmosphere and Ocean.

2.3.2. Oscilação Multidecenal do Atlântico

A Oscilação Multidecenal do Atlântico corresponde a uma longa e contínua série que tem duração multidecenal de temperatura do mar do Oceano Atlântico Norte, marcada por fases frias e quentes que podem ter durações entre 20-40 anos (KERR, 2000).

De acordo com Siqueira (2012) a Oscilação Multidecenal do Atlântico é marcada por mudanças na TSM em longos períodos, que ocorrem na parte norte do oceano Atlântico, mais precisamente entre a região do Golfo do México e a Baixa da Islândia. Um índice (Enfield et al., 2001) foi criado no intuito de melhorar as observações da OMA, tendo como base as anomalias da TSM que compreendem a região norte do Atlântico e a região do Golfo do México. Possui similaridade com a ODP por ser considerada de baixa frequência e apresentar duas fases, uma fria e outra quente, quando comparada com os fenômenos El Niño e La Niña, seu ciclo de duração é bem mais extenso. A Figura 2.2 apresenta a média móvel de 11 anos da OMA anual, em que podem ser observadas as fases frias e quentes de 1905 a 2015.

Muito tem sido estudado sobre os efeitos das teleconexões climáticas na hidrologia do NEB, mesmo que haja uma correlação entre os índices climáticos e a variabilidade de precipitação no NEB, alguns fatores mostram que existem diferenças nas relações entre vazão e precipitação. Os índices climáticos OMA e ODP associados aos eventos La Niña ou El Niño atuam de maneira significativa, intensificando a variabilidade fluviométrica do Nordeste (DA SILVA, 2013).

Dantas et al. (2012) investigaram acerca da relação existente entre Oscilações Decenais do Pacífico e Multidecenais do Atlântico com os elevados eventos de precipitação e temperatura do ar na Amazônia Ocidental. As relações entre OMA e ODP atuaram de forma evidente no aumento dos totais de precipitação anual da Amazônia Ocidental, no entanto, para os dias seguidos de seca não apresentaram nenhuma influência.

A precipitação que ocorre sobre o Atlântico tropical na América do Sul, durante a fase quente da OMA (positiva) se desloca para o norte, coincidindo anormalmente com a posição da ZCIT, o que influencia para que haja diminuição de chuvas no norte do nordeste brasileiro no período mais chuvoso (março a maio) (KNIGHT et al., 2005).

Através de dados da bacia do Rio da Prata, Chiessi et al., (2009) mostraram que estatisticamente existe uma periodicidade de 64 anos na oscilação observada e isso se reflete na variabilidade da atividade da ZCAS e das monções na América do Sul, estas associadas a OMA, que durante a sua fase negativa (positiva), o Atlântico Sul

anomalamente quente (frio) aumentaria (diminuiria) a atividade da ZCAS e faria com que houvesse um deslocamento da faixa principal de precipitação da monção em direção ao sul (norte).

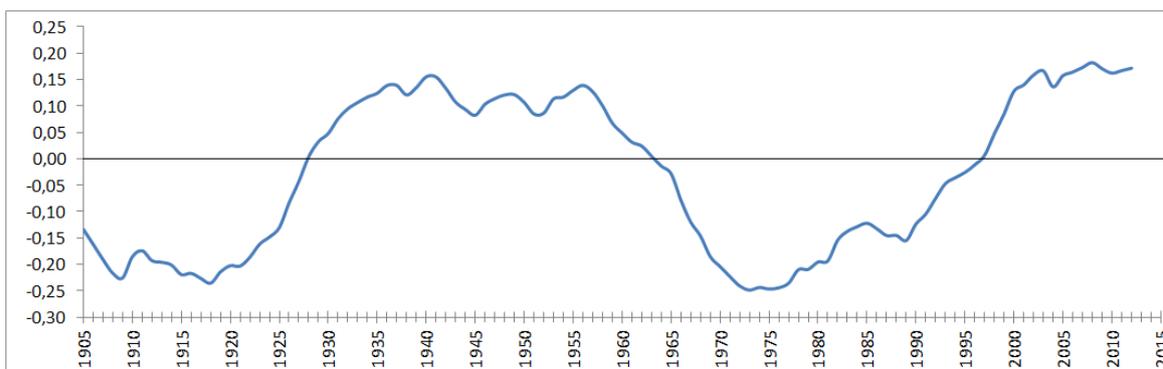


Figura 2.2 - OMA média móvel de 11 anos mostrando as fases frias e quentes.

Fonte: Adaptado de ESRL², 2018 (<https://www.esrl.noaa.gov/psd/data/correlation/amon.us.long.data>).

2.4. Índices Climáticos

A classificação climática de Köppen é uma das mais utilizadas devido a gama de delimitações e também pelas muitas aplicações possíveis nos mais diversos setores que envolvem a climatologia. O método utilizado é regido por critérios de agrupamento que correspondem a um grupo de letras maiúsculas e minúsculas, cada uma delas com a função de classificar características tanto espaciais quanto sazonais (MENDONÇA e DANNI-OLIVEIRA, 2007; PELL, FINLAYSON e MCMAHON PELL et al, 2007).

Thornthwaite (1948) criou os índices de umidade, aridez e efetivo de umidade com o intuito de determinar a classificação climática. Posteriormente, Thornthwaite e Mather (1955) apresentaram o balanço hídrico que utiliza como variáveis de saída a evapotranspiração potencial total anual, o déficit anual de umidade na atmosfera e o excedente anual de água no solo, para melhor determinar o clima nas mais diversas regiões.

Um índice climático simples, mas que fosse eficaz na identificação do clima de uma determinada região foi sugerido por Budyko (1958) tendo como base a razão da evapotranspiração potencial total anual através do saldo de radiação e a precipitação total média anual. Esse índice sofreu modificações pelo UNEP (1992), no qual a razão foi invertida e a estimativa da evapotranspiração potencial foi alterada, assim o novo índice

² Earth System Research Laboratory.

I_{aUNEP} é calculado através da razão entre a precipitação total anual e a evapotranspiração potencial total média anual, esse índice foi utilizado principalmente para classificação de áreas susceptíveis a desertificação.

O Índice de Aridez foi estabelecido desde 1977 em consenso mundial, como um indicador de áreas vulneráveis à desertificação, representando a razão entre quantidade de precipitação anual de água em determinada região e a perda máxima de água para atmosfera (Evapotranspiração Potencial). Tal índice utiliza variáveis quantitativas e é considerado o melhor indicador dessas áreas (CONAMA, 2008; FREITAS, 2005).

O Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA – em inglês United Nations Environment Programme – UNEP), em 1992, estabeleceu o índice de aridez (I_{aUNEP}) tomando como base o índice de aridez de Budyko. Entretanto, o índice proposto pelo UNEP foi o inverso de Budyko, ou seja, a razão da precipitação média total anual pela evapotranspiração potencial média total anual (UNEP, 1992).

Corrêa et al. (2017), utilizando dados de precipitação total mensal e temperatura do ar média mensal de janeiro de 1951 a dezembro de 2014, para as cidades de Crato e Paracuru no Estado do Ceará, calcularam ano a ano os índices I_{aUNEP} e I_m e quantificaram a classificação climática para cada ano e agruparam em intervalos de anos de maneiras diversas, em conformidade com episódios climáticos e fenômenos meteorológicos de grande escala. Verificaram que o clima destas localidades apresentam variabilidade interanual de acordo com os eventos oceânicos/atmosféricos que estão ocorrendo naquele ano.

2.5. Análise de Agrupamento

A análise de agrupamento é um método estatístico de interdependência, também conhecido como análise de conglomerados (cluster analysis) e de acordo com Fávero et al., (2009) sua principal função é a formação de grupos, agrupar um conjunto de dados (casos ou variáveis) de forma homogênea em concordância com a similaridade existente entre eles.

Através da análise de agrupamento pode-se classificar indivíduos de forma que cada um apresente semelhança com os demais que farão parte do mesmo grupo, a partir das características que lhe forem atribuídas. Isso faz com que seja evidenciada a homogeneidade dentro de um grupo e heterogeneidade para formação de novos grupos (HAIR, et al., 2005).

O princípio da análise de agrupamento se baseia no fato de que cada parcela de uma porção amostral multivariada equivale a um ponto pertencente ao espaço euclidiano multidimensional, os resultados de juntar os pontos em grupos são resultantes dos métodos de classificação. Gráficos da estrutura hierárquica, conhecidos como dendogramas são utilizados para representar os resultados finais (CORRAR et al., 2007).

Nos métodos particionais, os padrões são aglomerados em um número k de agrupamentos inicialmente determinados. Uma vantagem significativa desse arranjo quando comparado aos métodos hierárquicos é o padrão conseguir mudar de grupo de acordo com a evolução do algoritmo, poder trabalhar com um grande número de dados e ser completamente mais rápido (FUNG, 2001). Um dos métodos particionais mais empregados é o de K-means, no qual os dados são separados em k agrupamentos respectivamente exclusivos. O K-means, ao contrário dos métodos hierárquicos, não é ordenado em forma de árvore na descrição do agrupamento de dados e se adequa bem para uma quantidade enorme de dados. Existe uma busca do algoritmo pelas partições em que as classes de cada agrupamento permanecem próximas entre si e afastadas das classes de outros grupos. Esse é um algoritmo que se repete com o objetivo de diminuir a soma das distâncias das classes ao centroide de cada grupo formado, para todos os agrupamentos (FUNG, 2001).

Especificamente para o Rio Grande do Norte, Braga et al., (2012), utilizaram dados mensais de 67 postos pluviométricos, no período de 1963 a 2007, e empregaram o método de classificação de grupos K-means e identificaram quatro regiões homogêneas de precipitação, denominadas: Agreste (G1) e Litoral (G2), com chuvas associadas aos sistemas de leste; Alto Apodi e Serra Central (G3), que além da atuação da ZCIT existe um efeito orográfico acentuado, e Central e Norte (G4), com chuvas influenciadas principalmente pela ZCIT.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

3.1. Área de Estudo

O Estado do Rio Grande do Norte está localizado a leste do Ceará e norte da Paraíba, banhado pelo Oceano Atlântico, mais precisamente entre os paralelos de 4°49'53" e 6°58'57" de latitude sul, e meridianos de 34°58'03" e 38°36'12" de longitude oeste. Em termos de território possui uma área de 52.811,126 Km² aproximadamente, e sua população, conforme estimativa do IBGE para 2018, foi de 3.479.010 habitantes (IBGE, 2017). Seus cento e sessenta e sete municípios estão agrupados em quatro mesorregiões geográficas: Agreste Potiguar, Central Potiguar, Leste Potiguar, Oeste Potiguar. (OLIVEIRA et al., 2014; SANTOS et al., 2014).

A Figura 3.1 mostra a posição geográfica do Estado do Rio Grande do Norte no Brasil.

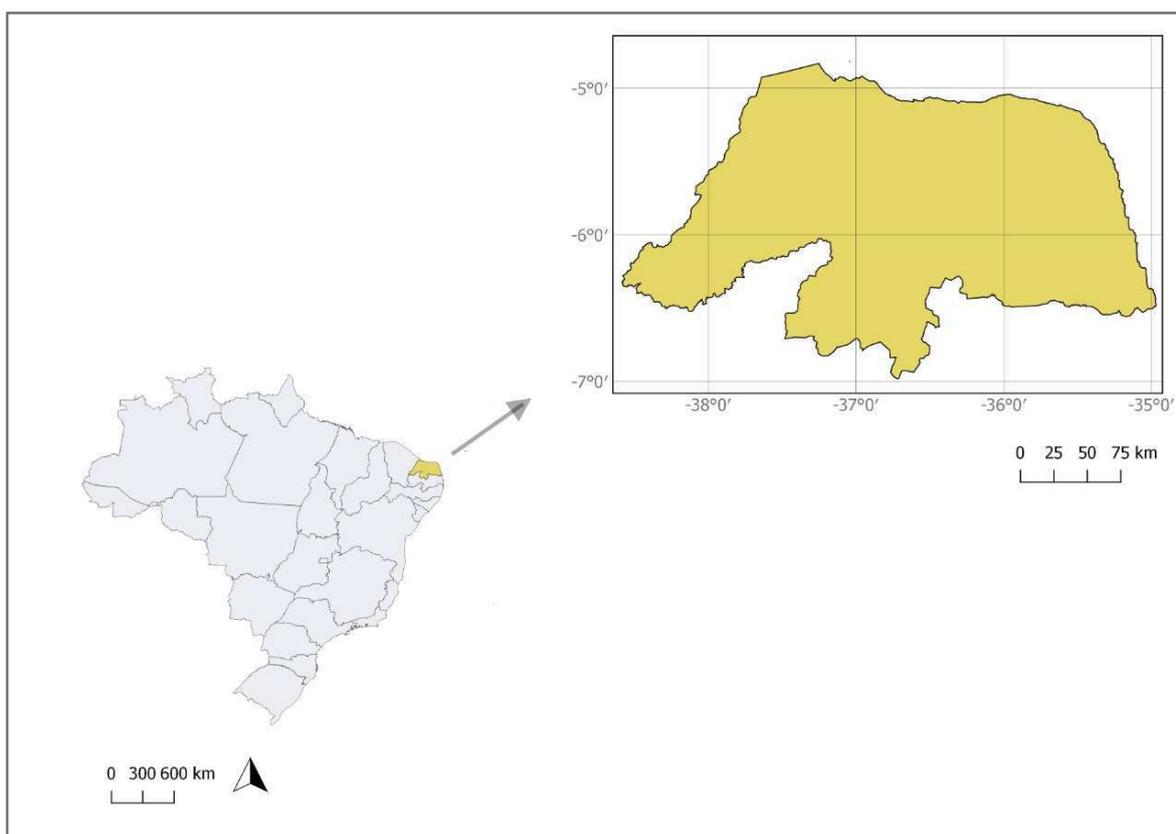


Figura 3.1 – Localização geográfica do Rio Grande do Norte.

Fonte: Autor, 2019. (Software QGIS 2.18)

O Estado é o único que apresenta duas faixas litorâneas distintas (Oriental e Setentrional). O Agreste e o Sertão são caracterizados por diferentes formas de expressões quanto a formações geológicas, já a geomorfologia possui uma pluralidade nas unidades

ambientais do estado, que podem ser vistas através do uso do solo pela agricultura e na ocupação do espaço por diferentes práticas econômicas, além da utilização de energias (JUNIOR et al., 2018).

O relevo do Rio Grande do Norte é formado principalmente por planícies costeiras que abrangem todo litoral do estado, fazem limite de um lado com o mar e do outro lado é onde se tem os tabuleiros costeiros, nestes há predominância de formações dunares; as planícies fluviais que se localizam próximo aos rios, são ainda caracterizadas por terrenos baixos e planos; os tabuleiros costeiros são constituídos em grande parte por argila e marcados por áreas planas e de baixas altitudes, situadas nas proximidades do litoral; as depressões sublitorâneas ficam localizadas entre os tabuleiros costeiros e o planalto da Borborema, onde são encontrados os terrenos rebaixados; o planalto da Borborema abrange uma grande área de terras potiguares e dos estados da Paraíba e Pernambuco, nelas ficam as serras e os picos mais elevados do Estado; depressão sertaneja é onde estão os terrenos baixos que estão situados entre as partes mais altas do planalto da Borborema e da chapada do Apodi; a chapada do Apodi possui terrenos planos com discretas elevações, sendo cortado pelos rios Apodi-Mossoró e Piranhas-Assú; chapada da serra verde também apresenta áreas planas com algumas elevações e ficam entre os tabuleiros costeiros e o relevo residual do “sertão de pedras” (IDEMA, 2016).

Em relação aos solos, podem ser destacados dentre os vários tipos apresentados no Estado: os Luvisolos que fazem parte do centro-sul, são caracterizados por serem rasos e profundos; os Latossolos vermelho-amarelos cobrem praticamente todo o litoral do Rio Grande do Norte, correspondem a solos profundos e bem drenados; os Neossolos estendem-se também em grande parte do litoral e nas margens dos principais rios, com particularidades de drenagem e não hidromórficos; os Planossolos se encontram em poucas áreas do Estado e apresentam perfis rasos; os Argissolos englobam a região do alto oeste, solos com profundidade significativa e boa drenagem; os Cambissolos Eutróficos são encontrados na vegetação de caatinga hipo e hiperxerófila, localidades que possuem relevo plano e bastante ondulado; Solos de mangue ficam próximos as desembocaduras dos rios, como o Potengi e o Curimataú, possuem alto teor de salinidade e bastante matéria orgânica (SILVA et al., 2009).

A hidrografia do território Potiguar é marcada por uma rede de rios que se formam por diversas bacias e entre elas se destacam a do Piranhas/Açu que nasce na Paraíba, adentra o Rio Grande do Norte pela cidade de Jardim de Piranhas e cruza o estado no

sentido sul-norte até desaguar no Atlântico; O Apodi/Mossoró nasce no município de Luís Gomes e também desemboca no Atlântico (MORAES, 2012).

No que diz respeito aos aspectos climáticos e a cobertura vegetal, o estado do Rio Grande do Norte apresenta características de regiões semiáridas. Historicamente marcada por ocupações territoriais, que tinham como base a agricultura e a pecuária, foi posteriormente se reorganizando através do surgimento de novas atividades como a produção de sal, mineração, extração da cera de carnaúba, entre outras. (FELIPE e CARVALHO, 2011).

A vegetação do Estado é composta por caatinga hipoxerófila e hiperxerófila, que são caducifólias e cobrem aproximadamente 80% do território; Mata Atlântica, que inicialmente cobria uma área de aproximadamente 3000 km², em uma faixa próximo ao litoral leste que se estende da divisa com a Paraíba até o município de Ceará-Mirim, atualmente resta somente 900 km²; florestas serranas, espalhadas por áreas de serra no interior do Estado; cerrado, que ocupa uma área ao norte da mata atlântica até o município de Touros, e outra nos municípios de Pedro Velho e Nova Cruz; floresta ciliar de carnaúbas, que ocupa as áreas baixas mais úmidas das planícies fluviais Apodi-Mossoró e Piranhas-Açu; vegetação de dunas e praia, abrangem toda faixa costeira das divisas do Ceará a da Paraíba; mangues, na foz dos rios; floresta subcaducifólia, ocupa uma pequena área a oeste da Mata Atlântica e a leste da caatinga hipoxerófila (FELIPE e CARVALHO, 2011).

De acordo com as normais climatológicas do INMET (Instituto Nacional de Meteorologia – INMET, 2018) novembro é o mês de temperatura máxima mais elevada, em média para todo o Estado, com 34,1°C, e julho a menor temperatura mínima, 21,4°C, com uma produção de amplitude térmica de 12,6°C. A insolação média é da ordem de 2870 horas/ano, a evaporação potencial é superior a 2150 mm/ano. Usando os dados da Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste (SUDENE) se obtém uma precipitação pluvial média anual para todo Estado equivalente a 740 mm/ano. Em conformidade com a classificação climática de Köppen-Geiger, o Rio Grande do Norte tem clima tropical com estação seca de verão no litoral leste e nos extremos sudeste e noroeste e de estepe quente de baixas latitudes e altitudes nas demais áreas do Estado (ALVARES et al., 2014).

Estudos têm mostrado que as variabilidades interanuais e interdecenais da precipitação no Nordeste, o que inclui o Rio Grande do Norte, são influenciadas pelas Oscilações das anomalias de Temperatura da Superfície do Mar (TSM) no Pacífico Equatorial e Atlântico Tropical (interannual) e Oscilações Decenais do Pacífico (ODP) e

Multidecenais do Atlântico (OMA) (MOURA e SHUKLA, 1981; DA SILVA e GALVÍNIO, 2011; KAYANO e CAPISTRANO, 2014).

Ressalta-se que os principais sistemas responsáveis pela ocorrência de chuvas no Estado fazem parte daqueles que atuam no Nordeste Setentrional, que são: Vórtices Ciclônicos de Altos Níveis (VCAN), Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) e Distúrbios Ondulatórios de Leste (DOL). Enquanto os sistemas atmosféricos e oceânicos considerados responsáveis pelas variabilidades interanuais da precipitação no Nordeste Setentrional, o que inclui o Rio Grande do Norte são os seguintes: EL Niño Oscilação Sul (ENOS) (ANDREOLI e KAYANO, 2007), Gradiente de Anomalia da TSM do Atlântico Tropical (SILVA NÓBREGA et al., 2016), e os que geram variabilidades interdecenais: Oscilação Multidecenal do Atlântico (KAYANO e CAPISTRANO, 2014) e Oscilação Decenal do Pacífico (DA SILVA e GALVÍNIO, 2011).

3.2. Dados

Os dados de precipitação referentes as médias climatológicas mensais de 1935 a 1990 das 88 localidades do RN, utilizadas para análise de agrupamento e os valores da precipitação mês a mês empregados no balanço hídrico para determinação dos índices climáticos de 1950 a 2016 são oriundos da SUDENE e da EMPARN, todos encontram-se disponíveis na Unidade de Ciências Atmosféricas (UACA) da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), em: <http://www.dca.ufcg.edu.br/clima/chuvarn.html>.

Quanto à temperatura, foram estimados valores através do software Estima_T disponível em <http://www.dca.ufcg.edu.br/download/estimat.htm> que tem como base o cálculo das temperaturas do ar na região Nordeste do Brasil, dividindo-as em três áreas: 1 – Maranhão e Piauí; 2 – Ceará, Rio Grande do Norte, Paraíba e Pernambuco e 3 – Alagoas, Sergipe e Bahia. De acordo com Cavalcanti e Silva (1994), Cavalcanti et al., 2006, Silva et al., 2006, foram determinados os coeficientes da função quadrática para as temperaturas médias, máxima e mínima mensal em relação as coordenadas de cada localidade: longitude, latitude e altitude, em todas as regiões. Neste trabalho utilizou-se as temperaturas médias.

Os valores dos índice ODP negativa e ODP positiva, são resultantes das anomalias de temperatura no Oceano Pacífico Norte, os de OMA negativa e OMA positiva, são as anomalias que ocorrem na temperatura do Atlântico Norte, bem como os do Gradiente do Atlântico, e foram retirados do portal esrl/noaa:

<https://www.esrl.noaa.gov/psd/data/climateindices/>. Já ao dados de anomalias de TSM das áreas dos Niños são do ncep/noaa, disponíveis em: <https://www.ncep.noaa.gov/>. Vale salientar que todos os dados de precipitação e temperatura para calcular o balanço hídrico, bem como dos índices de anomalias da TSM (ODP, OMA, Gradiente do Atlântico, El Niño e La Niña) foram utilizados para o período de janeiro de 1950 a dezembro de 2016.

Os anos das fases negativa (fria) e positiva (quente) da ODP para o período de dados utilizados estão listados na Tabela 3.1 e da OMA fases negativa (fria) e positiva (quente) na Tabela 3.2. Os de El Niño e de La Niña na Tabela 3.3 e finalizando os anos de Gradiente (positivo e negativo) do Atlântico Tropical na Tabela 3.4. Ressalta-se que a classificação de anos de El Niño, La Niña ou neutro foi tomado como base a anomalia de TSM média ponderada das áreas dos Niños 1+2, 3 e 4, média das médias mensais do período de dezembro do ano j a maio do ano $j+1$. Se a anomalia de TSM média ponderada das áreas dos Niños é superior a $0,4^{\circ}\text{C}$ considera-se o ano $j+1$ como de El Niño, se o valor é inferior a $-0,4^{\circ}\text{C}$ o ano $j+1$ é de La Niña e entre $-0,4^{\circ}\text{C}$ e $0,4^{\circ}\text{C}$ é considerado o ano $j+1$ como neutro. Para a classificação de anos de gradiente positivo, gradiente negativo ou neutro usou-se a metodologia empregada por Alves et al., (2014), porém as áreas consideradas do Atlântico Tropical Norte e Atlântico Tropical Sul para o cálculo do gradiente de anomalia de TSM são diferentes das de Alves et al., (2014), pois optou-se pelas áreas sugeridas pelo ESRL.

Tabela 3.1 – Anos de ODP negativa (fria) e positiva (quente) para o período de 1950 – 2016.

Anos de fase fria da ODP
1950, 1951, 1952, 1953, 1954, 1955, 1956, 1957, 1958, 1959, 1960, 1961, 1962, 1963, 1964, 1965, 1966, 1967, 1968, 1969, 1970, 1971, 1972, 1973, 1974, 1975, 2003, 2004, 2005, 2006, 2007, 2008, 2009, 2010, 2011, 2012, 2013, 2014, 2015, 2016.
Anos de fase quente da ODP
1978, 1979, 1980, 1981, 1982, 1983, 1984, 1985, 1986, 1987, 1988, 1989, 1990, 1991, 1992, 1993, 1994, 1995, 1996, 1997, 1998, 1999, 2000.

Tabela 3.2– Anos de OMA negativa (fria) e positiva (quente) para o período de 1950–2016.

Anos de OMA fria
1964, 1965, 1966, 1967, 1968, 1969, 1970, 1971, 1972, 1973, 1974, 1975, 1976, 1977, 1978, 1979, 1980, 1981, 1982, 1983, 1984, 1985, 1986, 1987, 1988, 1989, 1990, 1991, 1992, 1993, 1994, 1995.
Anos de OMA quente
1950, 1951, 1952, 1953, 1954, 1955, 1956, 1957, 1958, 1959, 1960, 1961, 1998, 1999, 2000, 2001, 2002, 2003, 2004, 2005, 2006, 2007, 2008, 2009, 2010, 2011, 2012, 2013, 2014, 2015, 2016.

Tabela 3.3 – Anos de El Niño e La Niña para o período de 1950 – 2016.

Anos de El Niño
1953, 1958, 1966, 1969, 1977, 1983, 1987, 1992, 1998, 2015, 2016
Anos de La Niña
1955, 1956, 1971, 1974, 1975, 1976, 1984, 1985, 1989, 1996, 1999, 2000, 2008, 2011

Tabela 3.4– Anos de Gradiente (positivo e negativo) do Atlântico para o período de 1950 – 2016.

Anos de Gradiente Positivo do Atlântico
1951, 1954, 1955, 1956, 1958, 1960, 1969, 1970, 1978, 1979, 1980, 1981, 1983, 1992, 1997, 2004, 2005, 2010.
Anos de Gradiente Negativo do Atlântico
1971, 1972, 1973, 1974, 1975, 1984, 1985, 1986, 1988, 1989, 1991, 1994, 1995, 1996, 1999, 2000, 2008, 2009, 2014, 2015.

O gradiente de anomalia de TSM do Atlântico tropical foi tomado como sendo a anomalia de TSM da área do Atlântico Norte (NATL Figura 3.2) menos a do Atlântico Sul (SATL Figura 3.2) do período de janeiro a maio, conforme Alves et al., (2014).

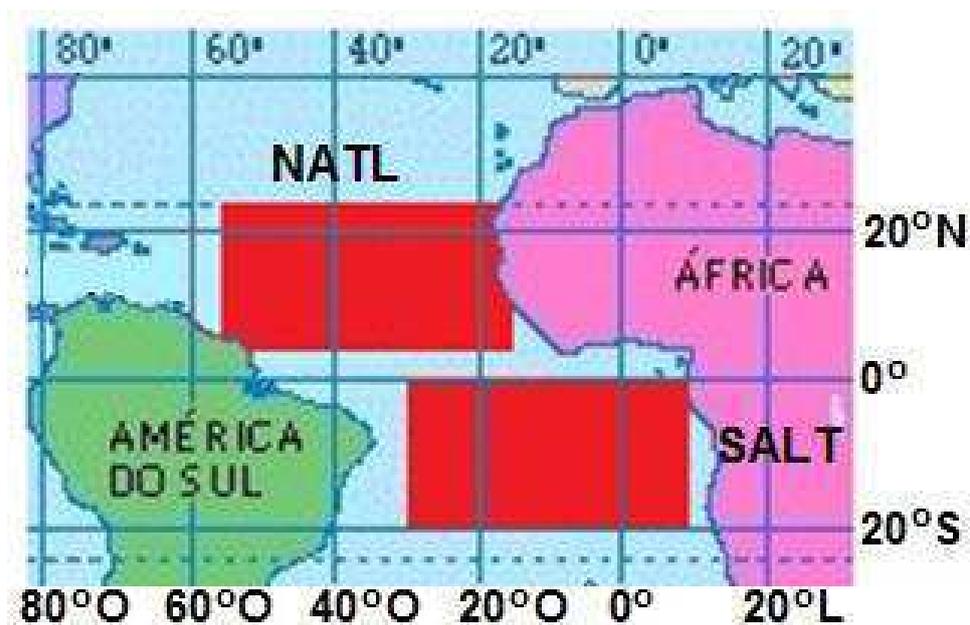


Figura 3.2. Áreas Gradiente do Atlântico tropical.

Fonte: Adaptado ESRL, 2016.

Na Figura 3.3 são observadas as posições geográficas das áreas dos Niños: 1+2, 3 e 4. A área em amarelo é o Niño 1+2, em salmão Niño 3 e em azul Niño 4. Foram considerados anos de El Niño, aqueles em que as anomalias de TSM média ponderada das áreas dos Niños no período de dezembro a maio foi superior a $0,4^{\circ}\text{C}$, e de La Niña inferior a $-0,4^{\circ}\text{C}$. Isto porque, na página virtual do CPC³/NOAA, considera-se período de El Niño aquele em que, durante um período de cinco meses consecutivos, a anomalia de TSM média de três meses seja superior a $0,5^{\circ}\text{C}$, e de La Niña inferior a $-0,5^{\circ}\text{C}$. Exemplo, considera-se a área do Niño 3.4 e as anomalias de TSM dos meses de dezembro de 1949 e janeiro e fevereiro de 1950 desta área, é feita a média das anomalias de TSM dos três meses e lança o valor no mês de janeiro de 1950, em seguida é feita a média das anomalias de TSM dos meses de janeiro, fevereiro e março de 1950 e lança o valor em fevereiro de 1950, continuando é feita a média das anomalias de TSM dos meses de fevereiro, março e abril de 1950 e lança o valor em março de 1950, e assim sucessivamente até fazer a média das anomalias de TSM dos meses de novembro e dezembro de 2016 e janeiro de 2017 e

³ CPC - Climate Prediction Center; NOAA - National Oceanic and Atmospheric Administration.

lançar o valor obtido em dezembro de 2016. Finalmente são determinados os períodos de El Niño aqueles em que, durante um período de cinco meses consecutivos, a anomalia de TSM seja superior a $0,5^{\circ}\text{C}$, e de La Niña inferior a $-0,5^{\circ}\text{C}$. Ao contabilizar os períodos de El Niño e de La Niña de 1950 a 2016 observou-se que aproximadamente 25% do tempo total é período de El Niño e em torno do mesmo valor para La Niña. Portanto, para obedecer a esta percentagem o valor de corte da anomalia de TSM média ponderada das áreas dos Niños no período de dezembro a maio deveria ser de $0,4^{\circ}\text{C}$ para El Niño e $-0,4^{\circ}\text{C}$ para La Niña.

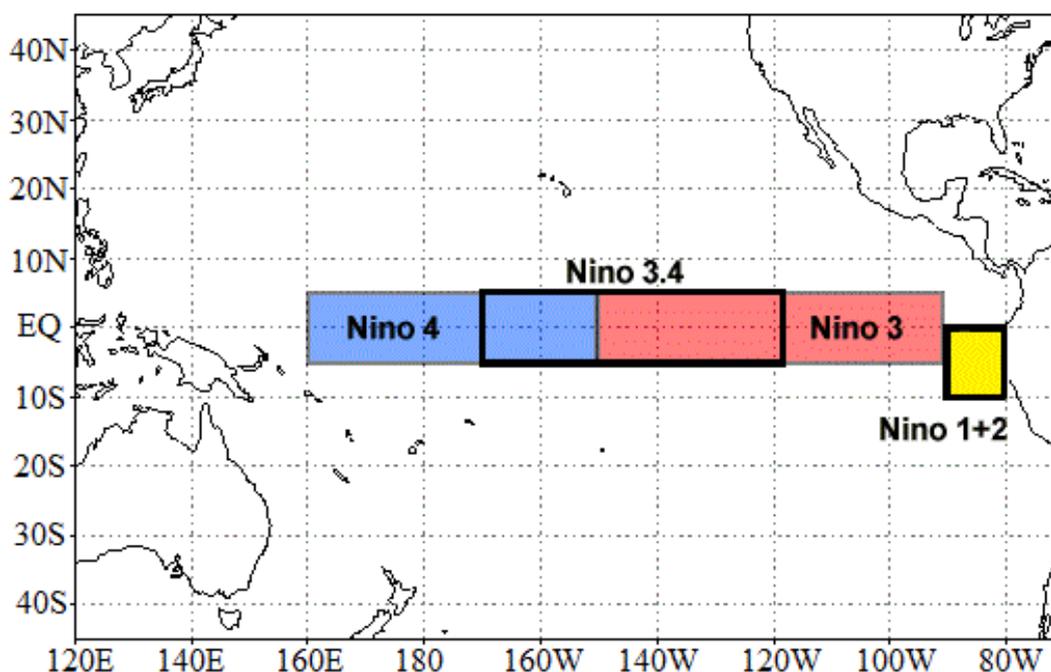


Figura 3.3. Áreas dos Niños 1+2, 3, 3.4 e 4.
Fonte: Adaptado do CPC/NOAA.

3.3. Metodologia

O processo metodológico realizado neste trabalho foi constituído por diversas etapas, que se deram a partir dos cálculos das médias de séries mensais de temperatura do ar, estimada com o `estima_T`, e dos dados climatológicos da precipitação pluvial disponível na UACA. Inicialmente, foram determinadas as regiões homogêneas de precipitação do Rio Grande do Norte utilizando a técnica de K-means, através do SOFTWARE IBM SPSS (Statistical Package for the Social). Estimou-se a evapotranspiração potencial usando a equação de Thornthwaite e determinou-se o balanço hídrico climatológico de Thornthwaite

e Mather (1955) ano a ano de 1950 a 2016. Com os dados de saída do balanço hídrico foram calculados os índices de aridez e umidade e o efetivo de umidade. Com a evapotranspiração potencial e precipitação total anual obteve índice de aridez do UNEP. Usou-se os índices efetivo de umidade e aridez do UNEP para realizar a classificação climática das regiões homogêneas para diferentes períodos, de acordo com a atuação de eventos oceânicos/atmosféricos de escala interanual (El Niño/La Niña e Gradiente de anomalia de TSM do Atlântico Tropical) e interdecenal (ODP e OMA). Usou-se o teste t de student para verificar se os índices efetivo de umidade e aridez do UNEP, dos diversos períodos de tempo, associados as anomalias de TSM e escala interanual e interdecenal são estatisticamente diferentes.

3.3.1. Análise de Agrupamento

Classificar um conjunto de indivíduos que apresentam características similares é o principal objetivo da Análise de Agrupamento, ou seja, organizar dados em grupos de acordo com os aspectos que os tornam iguais. Para tanto, dois métodos existentes podem ser usados para classificação: método hierárquico - não necessita que seja determinada a quantidade de agrupamentos a princípio, os dados são divididos em partes consecutivas, gerando uma reprodução hierárquica dos agrupamentos, os mais utilizados são: ligação simples, ligação completa, ligação média, método centroide e método de Ward; e o método não-hierárquico – a quantidade de grupos é definida a priori, são mais comuns: método aglomerativo de K-means, de MacQueen e o das nuvens dinâmicas (Wilks, 2006; Gong e Richman, 1995).

Para medir a similaridade entre as precipitações totais médios mensais e anuais dos postos pluviométricos, empregou-se a distância euclidiana quadrática, que é a soma dos quadrados das diferenças (HAIR et al., 2005). Logo, a distância euclidiana é obtida pela equação:

$$d_{ij} = \sqrt{\sum_{q=1}^p (X_{iq} - X_{jq})^2} \quad (1)$$

em que:

q são as variáveis (precipitação mensais e anual, q = 1, 2, 3, ..., p)

p é o número total de variáveis (13 doze totais médios mensais e o total médio anual)

X_{iq} é a q-ésima variável da i-ésima observação (i-ésimo posto pluviométrico);

X_{jq} é a q-ésima variável da j-ésima observação (j-ésimo posto pluviométrico).

Na presente pesquisa utilizou-se o método K-means, que particiona os dados em k grupos mutuamente exclusivos e é um dos mais utilizados entre as metodologias particionais. Ressalta-se que neste tipo de técnica os dados são agrupados em um número de grupos escolhidos a priori. O método K-means estabelece que a partição em que as configurações de cada grupo estão mais próximas entre si mais distantes das configurações dos demais grupos. De acordo com Fung (2001), os procedimentos para a obtenção dos grupos são determinados pelos seguintes passos: (a) inicializar com a quantidade de grupo escolhida, (b) para cada par de grupo (i), (j) determine d (i,j) mais próximo, (c) calcule a média de cada grupo (i), (d) repita até obter o número de grupos escolhido: (1) determine (i), (j) tal que d (i,j) seja minimizado, (2) aglomere os grupos (i) e (j), (3) atualize a média de (i) e d (i,j), (e) se ocorrer mudanças nas médias dos grupos retorne ao passo (b), (f) fim da repetição, (g) obtenha os resultados.

No presente estudo foram inicialmente escolhidos 3 grupos, em seguida 4, e assim sucessivamente até 6 grupos, no qual observou-se que seria a melhor configuração composta por essa quantidade de grupos, ou seja, seis regiões homogêneas.

3.3.2. Balanço Hídrico

O balanço hídrico é considerado fundamental em pesquisas relacionadas com a classificação climática em determinados lugares, além de estimar a quantidade excedente ou déficit de água e os tipos de cultivos que melhor se adaptam em uma região (FREITAS, 2009). Método eficaz para estimativa da disponibilidade de água no solo, consiste na aplicabilidade do princípio de conservação de massa para uma localidade que apresente características de solo vegetado calculando o quanto entra e sai de água no solo (PEREIRA et al., 2002).

O Balanço Hídrico climatológico em um determinado período de tempo pode ser obtido pela equação:

$$ETR = Pr + Ir + \Delta As - Pe - Es \quad (2)$$

em que:

ETR - evapotranspiração real;

Pr - precipitação;

Ir - quantidade de água usada na irrigação;

ΔA_s - mudança de umidade no solo;

P_e - percolação;

E_s - escoamento superficial.

Todas essas variáveis são dadas em mm/período considerado.

Um balanço hídrico que fosse capaz de determinar em termos de quantidade o volume de água disponível nos mais variados sistemas climáticos, foi inserido na metodologia utilizada por Thornthwaite (1948) para construção de sua classificação climática, tendo como base a Evapotranspiração Potencial (EP) que pode ser definida como “a quantidade de água evapotranspirada na unidade de tempo por uma cultura verde, de pequeno porte, cobrindo completamente o solo, de altura uniforme e não submetida a quaisquer restrições d’água” (Penman, 1947, apud. Vianello e Alves, 2000).

3.3.3. Evapotranspiração potencial mensal e anual

A estimativa da evapotranspiração potencial mensal, segundo Thornthwaite (1948) pode ser definida pela seguinte fórmula:

$$ETP_{\text{mês}} = 16 \times ((10 \times T / I_{\text{ano}})^a) \times (N/12) \times (\text{Dias}_{\text{mês}}/30) \quad (3)$$

em que:

$ETP_{\text{mês}}$ – Evapotranspiração potencial (mm/mês);

T – Temperatura do ar média mensal ($^{\circ}\text{C}$);

I_{ano} – Índice de calor anual, que é dado pela soma dos 12 índices mensais i_j , ou seja, pela equação:

$$I_{\text{ano}} = \sum_{j=1}^{12} i_j \quad (4)$$

i_j é o índice de calor mensal obtido da seguinte maneira:

$$i_j = (0,2 \times T)^{1,514} \quad (5)$$

a – é uma variável adimensional que é função de I_{ano} , dada por:

$$a = 0,49 + 0,018 \times I_{\text{ano}} - 7,71 \times 10^{-5} \times I_{\text{ano}}^2 + 6,75 \times 10^{-7} \times I_{\text{ano}}^3 \quad (6)$$

N – é o fotoperíodo calculado em função da latitude do local e da declinação solar (Moura et al, 2009), calculado por:

$$N = 2x(h_n/15) \quad (7)$$

h_n é o comprimento do dia do nascer ao pôr do sol, dado por:

$$h_n = \text{Acos}(-\tan(\varphi) \times \tan(\delta)) \quad (8)$$

em que,

φ – é a latitude local

δ – é a declinação do sol, estimada por:

$$\delta = 23,45 \times \text{SEN}((360/365,25) \times (NDA - 81)) \quad (9)$$

NDA – é o dia do ano juliano;

Dias_{mês} – número de dias do mês.

Finalmente, a ETP é a soma das doze ETP_{mês} mensais.

3.3.4. Índices Climáticos

Os índices climáticos de aridez (I_a), umidade (I_u) e efetivo de umidade (I_m) de Thornthwaite (1948) calculados através do Balanço Hídrico como sugerido por Thornthwaite & Mather (1955), foram realizados através de planilhas do Excel por Rolim e Sentelhas (1998), onde adotou-se o mesmo valor (100mm) da Capacidade de Água Disponível (CAD) para todos os municípios, mais precisamente 24 localidades pertencentes ao estado do Rio Grande do Norte, entre 1950 a 2016. As variáveis de entrada do referido Balanço Hídrico são a temperatura do ar média mensal e a precipitação pluvial total mensal, e as de saída: evapotranspiração potencial, deficiência hídrica da atmosfera, excedente de água no solo, evapotranspiração real, todos os totais mensais e anuais, e também o conteúdo médio mensal e anual de umidade do solo. Enquanto o índice de aridez do UNEP ($I_{a\text{UNEP}}$) foi estimado pela razão da precipitação total anual e a evapotranspiração total anual.

3.3.5. Índices de Aridez, Umidade e Efetivo de Umidade

Para determinar o índice de aridez, utilizou-se o método proposto por Thornthwaite (1948):

$$I_a = (DEF_{\text{anual}}/ETP) \times 100 \quad (10)$$

Sendo, o DEF_{anual} – Déficit anual de água no solo,

Enquanto, o índice de umidade é dado por:

$$I_u = (EXC_{\text{anual}}/ETP) \times 100 \quad (11)$$

Em que, o EXC_{anual} - Excedente anual de água no solo

E o índice efetivo de umidade é determinado por:

$$I_m = (I_u - (0,6 \times I_a)) \quad (12)$$

Estes três índices são usados para a classificação climática de Thornthwaite-Matter sendo que o I_m é usado para classificar as terras áridas, semiáridas, subúmidas e úmidas. A propósito no Quadro 3.1 é apresentada a classificação climática básica para uma determinada localidade conforme o valor do I_m .

Quadro 3.1 - Classificação climática de acordo com o I_m .

I_m	Tipo de Clima
$I_m \leq -60$	Hiperárido
$-60 < I_m \leq -40$	Árido
$-40 < I_m \leq -20$	Semiárido
$-20 < I_m \leq 0$	Subúmido Seco
$0 < I_m \leq 20$	Subúmido úmido
$20 < I_m \leq 40$	Úmido 1
$40 < I_m \leq 60$	Úmido 2
$60 < I_m \leq 80$	Úmido 3
$80 < I_m \leq 100$	Úmido 4
$I_m \leq 100$	Superúmido

Fonte: Thornthwaite e Matter, 1955.

3.3.6. Índice de aridez do UNEP (I_{aUNEP})

O índice de aridez do UNEP foi calculado ano a ano dentro do balanço hídrico para todas as localidades através da equação a seguir:

$$I_{aUNEP} = PRP/ETP \quad (13)$$

em que:

PRP – Precipitação total anual (mm/ano);

ETP – Evapotranspiração potencial total anual (mm/ano).

A classificação climática de acordo com o índice de aridez do UNEP (I_{aUNEP}) é apresentada no Quadro 3.2.

Quadro 3.2 – Classificação Climática de acordo com o índice de aridez do UNEP.

Índice de Aridez	Classificação Climática
$I_{aUNEP} < 0,05$	Hiperárido
$0,05 \leq I_{aUNEP} < 0,2$	Árido
$0,2 \leq I_{aUNEP} < 0,5$	Semiárido
$0,5 \leq I_{aUNEP} < 0,65$	Subúmido seco
$0,65 \leq I_{aUNEP} < 1$	Subúmido úmido
$I_{aUNEP} \geq 1$	Úmido

Fonte: Adaptado do UNEP, 1992.

3.3.7. Estimativa de t de Student para Comparações de Médias

Supondo que Y_{OMA-} , S_{OMA-} e N_{OMA-} são a média, o desvio padrão e o número de anos de I_m ou I_{aUNEP} dos períodos da fase negativa da OMA e Y_{OMA+} , S_{OMA+} e N_{OMA+} são a média, o desvio padrão e o número de anos de I_m ou I_{aUNEP} dos períodos da fase quente da OMA. Para testar se as médias Y_{OMA-} e Y_{OMA+} são diferentes pode-se usar um teste t de student, com n_{gl} grau de liberdade, dado por:

$$t = \frac{Y_{OMA-} - Y_{OMA+}}{\sqrt{\frac{s_{OMA-}^2}{N_{OMA-}} + \frac{s_{OMA+}^2}{N_{OMA+}}}} \quad (14)$$

Enquanto, o n_{gl} graus de liberdade é calculado da seguinte forma:

$$n_{gl} = \frac{\left(\frac{s_{OMA-}^2}{N_{OMA-}} + \frac{s_{OMA+}^2}{N_{OMA+}}\right)^2}{\frac{\left(\frac{s_{OMA-}^2}{N_{OMA-}}\right)^2}{N_{OMA-}-1} + \frac{\left(\frac{s_{OMA+}^2}{N_{OMA+}}\right)^2}{N_{OMA+}-1}} \quad (15)$$

Caso o valor de t calculado pela Equação (14) seja superior ou igual ao valor de $t_{crítico}$ obtido com nível de significância α (p_valor) e n_{gl} , diz que as médias são diferentes com $(1-\alpha) \times 100\%$ de confiança estatística, mas se o valor de t calculado é inferior ao de $t_{crítico}$ as médias não são consideradas diferentes.

Detalhes do teste t de student para comparação de médias amostrais pode ser obtido em Kazmier (2006).

Ressalta-se que foram feitos os cálculos do teste t da diferença de média para as médias dos índices I_m e I_{aUNEP} separadamente em todos os períodos de eventos do Atlântico (Gradiente positivo e negativo e fases fria e quente da OMA), do Pacífico (El Niño, La Niña e fases fria e quente da ODP) e de combinações dos eventos Atlântico-Pacífico (períodos conjunto de OMA fria - El Niño, OMA fria - La Niña, OMA quente - El Niño, OMA quente - La Niña, ODP fria - Gradiente positivo, ODP fria - Gradiente negativo, ODP quente - Gradiente positivo, ODP quente - Gradiente negativo). São apresentados todos os valores obtidos de t . Destacando os valores de t cujas médias são diferentes para os níveis de $\alpha = 0,1$, $\alpha = 0,05$ e $\alpha = 0,01$ tanto para I_m como para I_{aUNEP} para as seis regiões homogêneas de precipitação.

Para o entendimento da distribuição nas tabelas do valor de t do teste de student com relação a diferença de média, a Figura 3.4 ilustra alguns resultados dos valores de t obtidos para a Região 1. Na primeira linha da tabela estão listados os fenômenos oceânicos/atmosféricos de escalas interanuais e interdecenais e as combinações de períodos comuns entre elas, o mesmo é verificado na primeira coluna. Na parte superior da linha amarela estão expostos os valores obtidos de t para comparação das médias do I_m , na parte inferior os de t para comparação das médias de I_{aUNEP} . Observa-se que a média de I_m dos períodos de eventos do Gradiente negativo difere da média de I_m dos períodos de eventos de El Niño com significância estatística de 99% ($\alpha = 0,01$), a dos períodos de Gradiente negativo difere da dos períodos de fase quente (positiva) de ODP com significância estatística de 95% ($\alpha = 0,05$), a dos períodos de Gradiente positivo difere da dos períodos

de fase fria (negativa) da ODP com significância estatística de 90% ($\alpha = 0,1$), enquanto, as médias dos períodos de fase fria (negativa) da OMA e dos de La Niña não apresentam diferenças estatisticamente significativas. Por outro lado, verifica-se que as médias de I_{aUNEP} dos períodos de eventos de Gradiente negativo e dos períodos conjuntos de El Niño e fase quente (positiva) da OMA são diferentes com significância estatística de 99% ($\alpha = 0,01$), as dos períodos conjunto de La Niña fase fria (negativa) da OMA e dos períodos El Niño fase fria (negativa) da OMA diferem com significância estatística de 95% ($\alpha = 0,05$), as dos períodos Gradiente positivo fase quente (positiva) da ODP e dos períodos El Niño fase quente (positiva) da OMA diferem com significância estatística de 90% ($\alpha = 0,1$) e as dos períodos de eventos de Gradiente positivos e dos de El Niño não apresenta diferença estatisticamente significativa.

	ODP -	ODP +	Grad -	Grad +	La Niña	El Niño	OMA -	OMA +	Grad - / ODP -	Grad - / ODP +	Grad + ODP -	Grad + / ODP +	La Niña / OMA -	La Niña / OMA +	El Niño / OMA -	El Niño / OMA +
ODP -				1,828												
ODP +			2,207													
Grad -						4,020										
Grad +																
La Niña							0,580									
El Niño																
OMA -																
OMA +																
Grad - / ODP -																
Grad - / ODP +																
Grad + / ODP -																
Grad + / ODP +																
La Niña / OMA -																
La Niña / OMA +																
El Niño / OMA -																
El Niño / OMA +			5,414									1,995		2,464		

Tabela 3.5 Exemplo de valores calculados de t do teste de student para diferenças de médias da Região 1. Na parte superior da linha tracejada amarela estão os valores para I_m e na parte inferior para I_{aUNEPA} . Na parte superior, o valor 2,207 em azul significa o t calculado para a diferença das médias de I_m de ODP+ e GRAD-, e 4,020 em vermelho é o I_m do período de El Niño versus o de GRAD-. Na parte inferior, 0,298 em preto é o I_{aUNEPA} do período de El Niño versus o de GRAD+, e 2,464 em azul é o I_{aUNEPA} do período composto El Niño / OMA- versus o do composto La Niña/OMA-.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Análise de Agrupamento

Com as médias climatológicas mensais e anuais da precipitação pluvial de 88 localidades distribuídas em todo o estado do Rio Grande do Norte (Apêndice 1), dados no período de 1935 a 1990, disponível na UACA/UFCG, foi realizada uma análise de agrupamento, utilizando o método de K-means e escolheu-se seis regiões homogêneas mostradas na Figura 4.1. Verifica-se uma região, denominada de 1, ao longo do litoral leste composta por terras baixas e úmidas, a região 2 abrangem o Agreste Potiguar e uma parte de Litoral Norte, correspondendo uma área de transição entre a planície do litoral leste e as terras mais elevada do Planalto da Borborema, a região 3 encontra-se nas terras de topografia mais elevada da parte central do RN no domínio do Planalto da Borborema, a região 4 abrange a parte norte da Chapada do Apodi e o litoral e Tabuleiros Costeiros norte, a região 5 corresponde as áreas do médio Piranhas-Assú no RN e a região 6 está inserida nas terras com altimetria mais elevando do oeste Potiguar (Figura 4.1).

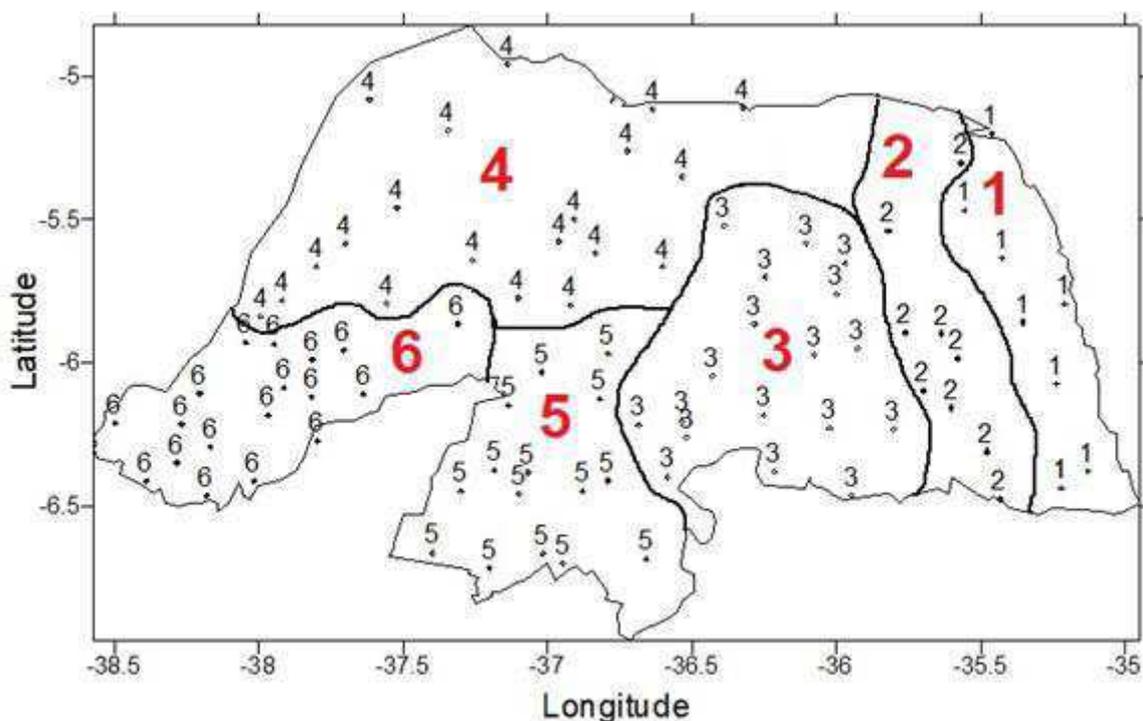


Figura 4.1. Mapa do estado do Rio Grande do Norte com a divisão das regiões pelo método de K-means para as 88 localidades.

Ressalta-se que Braga et al. (2012) realizaram uma análise de agrupamento para o Rio Grande do Norte. Para tanto aplicaram do método de K-means aos três primeiros fatores comuns temporais da precipitação (análise das componentes principais) e obtiveram

quatro regiões homogêneas. No presente trabalho foram realizados testes dividindo o Estado em 4, 5, 6 e 7 regiões homogêneas, entretanto, para o propósito desta pesquisa escolheu-se a divisão em seis regiões homogêneas por melhor representar as características eco-físico-geográficas do Estado.

Entre as 88 localidades, para realização do balanço hídrico ano a ano, foram escolhidas 24 que apresentaram os menores percentuais de dados faltosos. As localidades escolhidas são as seguintes: Região 1 - Natal, Touros, Ceará Mirim, São João do Mipibu; Região 2 – João Câmara, São Paulo do Potengi, Santo Antônio, Nova Cruz; Região 3 – Pedro Avelino, Lages, Currais Novos, Cerro Corá, Santa Cruz; Região 4 – Mossoró, Governador Dix-Sept Rosado, Caraúbas, Angicos, Açú; Região 5 – Jucurutu, Santana dos Matos, Caicó, Parelhas; Região 6 – Patu, Pau dos Ferros.

4.2. Análise dos índices de Classificação Climática

O balanço hídrico foi executado para as 24 localidades ano a ano de 1950 a 2016. Como este período é diferente do utilizado para a análise de agrupamento, que foi de 1935 a 1990, o qual aplicou-se a técnica K-means e determinou-se o número de grupos (regiões homogêneas da precipitação) igual a 6, foi realizado um novo agrupamento, usando a média climatológica mensal e anual da precipitação das 24 localidades no período de 1950 a 2016, também pelo método de K-means e com 6 regiões escolhidas a priori (Apêndice 8). Os resultados obtidos mostraram que as localidades foram agrupadas de acordo com as regiões homogêneas apresentadas na seção 4.1. Entretanto, devido ao número reduzido de localidades, os limites em grupos não são bem definidos como os da Figura 4.1. Para a classificação climática de cada região homogênea foram feitas médias aritméticas de I_m e I_{aUNEP} das localidades de cada região. Exemplo, para a região 6 calculou-se a média de I_m e de I_{aUNEP} das localidades de Patu e Pau dos Ferros, ou seja, a soma dos dois valores dividido por dois. Todas as médias de I_m e de I_{aUNEP} de cada cidade e conseqüentemente a média das regiões estão nos Apêndices (2 a 7).

A Tabela 4.1 apresenta os valores numéricos do índice efetivo de umidade para as seis regiões homogêneas, em cada período de atuação dos eventos interdecenais (OMA, ODP), interanuais (La Niña/El Niño, Gradiente de anomalia de TSM do Atlântico Tropical) e dos compostos interdecenais-interanuais, bem como da média climatológica para todo período de 1950 a 2016.

Para a média climatológica tem-se clima subúmido úmido para a região 1 – litoral leste – e semiárido para as demais regiões (Tabela 4.1). A região 1 apresentou a maior

variabilidade climática, de semiárido nos períodos de atuação da El Niño/OMA+, a úmido em períodos de atuação do Gradiente negativo, GRAD-/(ODP+ ou ODP) e La Niña/OMA-, enquanto, a menor variabilidade climática observou-se na região 6, com clima variando de semiárido a subúmido seco (Tabela 4.1). Na regiões 2, 3, 4 e 5 o clima variou de árido a subúmido seco. Em todas as regiões os períodos mais úmidos são verificados nos anos de ocorrência do composto La Niña/OMA- (Clima úmido na região 1 e subúmido seco nas demais regiões), e os períodos mais secos ocorrem durante a atuação dos composto El Niño/OMA+, em que se tem clima semiárido nas regiões 1 e 6 e árido nas demais (Tabela 4.1).

Tabela 4.1. Valores de I_m para diferentes períodos conforme a atuação dos eventos de escala interdecenais, interanuais e suas sobreposições.

I_m	Região 1	Região 2	Região 3	Região 4	Região 5	Região 6
Média Climatológica	3,80	-28,88	- 35,04	- 36,13	-30,76	- 23,83
ODP -	1,69	- 30,18	- 34,99	- 35,67	-29,04	- 22,20
ODP +	6,18	- 26,82	- 34,73	- 36,78	-33,87	- 27,56
OMA -	14,00	- 25,82	- 31,01	- 32,65	-27,46	- 22,90
OMA +	- 5,59	- 31,79	- 39,14	- 39,88	-34,06	- 24,17
GRAD -	24,65	- 20,25	- 26,14	- 27,60	-22,50	- 17,51
GRAD +	- 9,06	- 34,22	- 40,63	- 43,11	-37,90	- 29,41
La Niña	19,42	- 19,68	- 25,27	- 26,24	-18,53	- 12,78
El Niño	- 10,77	- 36,73	- 43,63	- 45,41	-41,73	- 34,95
GRAD - / ODP -	23,94	- 23,88	- 25,14	- 28,77	-20,18	- 16,11
GRAD - / ODP +	25,24	- 17,27	- 26,96	- 26,64	-24,39	- 18,65
GRAD + / ODP -	- 7,59	- 33,76	- 41,59	- 42,19	-35,93	- 27,60
GRAD + / ODP +	- 11,38	- 34,95	- 39,11	- 44,55	-41,00	- 32,26
La Niña / OMA -	32,56	- 15,35	- 19,58	- 17,79	-9,65	- 6,30
La Niña / OMA +	6,01	- 24,14	- 31,21	- 35,94	-27,57	- 18,42
El Niño / OMA -	- 0,24	- 33,35	- 40,48	- 41,40	-36,09	- 31,68
El Niño / OMA +	- 23,41	- 40,79	- 48,64	- 50,22	-48,49	- 38,88

I_m		Árido
		Semiárido
		Subúmido Seco
		Subúmido úmido
		Úmido 1

Nos Apêndices 9 a 14 são apresentados os resultados dos valores calculados de t do teste de student para comparação de médias dos índices I_m e I_{aUNEP} , de acordo com a atuação dos eventos de escalas interanuais e interdecenais e suas composições para as regiões homogêneas 1 a 6, respectivamente. Os valores grafados em azul são para diferenças de médias com nível de significância de 0,05 e em vermelho 0,01. Observa-se que para o composto El Niño/OMA+ versus o La Niña/OMA- as diferenças das médias dos índices são estatisticamente significantes ao valor $p \leq 0,01$ para todas as seis regiões.

Na Tabela 4.1 observa-se que, para a região 1 nos períodos de atuação dos eventos de escalas interdecenais ODP-, ODP+ e OMA- o clima é classificado como subúmido úmido e nos períodos de OMA+ o clima é classificado como subúmido seco. Nas demais regiões o clima é classificado como semiárido em todos os períodos de atuação dos eventos (ODP-, ODP+, OMA- e OMA+). Ao verificar os Apêndices 9 a 14 nota-se que os cruzamentos ODP-/ODP+ não apresentam diferença significativa com valor $p > 0,05$, no entanto para OMA- versus OMA+, os valores de t calculado apresentam valor $p < 0,01$ (região 1) e valor $p < 0,05$ (regiões 2, 3 e 4) (Apêndices 9 a 12). Por outro lado, na Tabela 4.1 também pode ser observado que ocorrem mudanças na classificação do clima em todas as regiões quando são calculadas as médias de I_m para os períodos de El Niño e comparadas com as dos períodos de La Niña. Os valores de t calculado para as diferenças de médias entre (El Niño versus La Niña) apresentam valor $p < 0,01$, ou seja, as médias de I_m destes períodos são estatisticamente significativas. Enquanto, para as médias de I_m dos períodos de GRAD+ versus GRAD- observa-se mudança no clima, exceto para as regiões 2 e 5, porém nos Apêndices 10 a 13 é apresentado que o t calculado para comparação das médias dos períodos GRAD+ versus GRAD- apresenta valor $p < 0,01$, então as diferenças das médias para estas regiões (2 e 5) são estatisticamente significativas, mesmo que não se observe mudança na classificação climática.

Para períodos de compostos GRAD (+ou-)/ODP (+ou-) também se observa mudanças climáticas na maioria das regiões (Tabela 4.1), para as regiões 1, 4 e 5 o valor calculado de t para diferença de médias I_m de períodos GRAD+/ODP+ versus GRAD-/ODP- apresenta valor $p < 0,05$ (Apêndices 9, 12 e 13), ou seja, as médias são estatisticamente diferentes com confiança de 95%, e apesar de o clima passar de semiárido para subúmido seco, a região 6 não apresentou diferença significativa pelo teste t. De um modo geral, para a análise de I_m médio dos diversos períodos observa-se que períodos de La Niña/OMA- apresentaram clima mais úmido em todas as regiões, seguido pelo de La

Niña e por GRAD-/ODP+, enquanto, o período de El Niño/OMA+ apresentou clima mais seco nas seis regiões, seguido pelo de El Niño e por GRAD+/ODP+ (Tabela 4.1).

Nesta pesquisa observou-se que a La Niña contribui para períodos mais úmidos no Rio Grande do Norte, tanto associado a OMA- (fria) como a OMA+ (quente), tendo uma contribuição mais elevada em períodos de OMA- (fria). Este resultado difere dos apresentados por Kayano e Capistrano (2014) que encontraram precipitação mais elevada em La Niña/OMA+ (quente) do que La Niña/OMA- (fria). Por outro lado, Timmermann et al., (2007) descreveram que a fase fria da OMA está associada com forte variabilidade ENOS e a fase quente com fraca variabilidade do ENOS e que a fase fria é capaz de reduzir a magnitude do ciclo anual da TSM no Pacífico tropical oriental. Possivelmente as descritas por Timmermann et al., (2007) expliquem a forte relação dos compostos do mesmo sinal ENOS/OMA.

Na Tabela 4.2, em que são apresentados os resultados para o índice de aridez do UNEP. Observa-se, ao fazer a climatologia de todo período (1950 a 2016), clima subúmido úmido na região 1, semiárido nas regiões 2, 3, 4 e 5, e clima subúmido seco na região 6. A maior variabilidade climática foi observada na região 5, com classificação climática variando de árido, nos períodos de El Niño /OMA+, a subúmido úmido nos períodos de La Niña/OMA-. Nas regiões 2 e 6 a variabilidade do clima oscilou de semiárido a subúmido úmido, e nas regiões 3 e 4 de árido a subúmido seco, enquanto, na região 1 o clima variou de subúmido seco a úmido, ou seja, enquanto ao longo de todos os períodos analisados a região 5 apresentou quatro tipos de clima, as demais regiões apresentaram três tipos. Semelhante com os resultados obtidos para I_m , ao usar o I_{aUNEP} também observou-se que os períodos mais úmidos são durante a atuação conjunta La Niña/OMA- e os períodos mais secos quando se tem a atuação do composto El Niño/OMA+ (Tabela 4.2).

Tabela 4.2 Valores de I_{aUNEP} para diferentes períodos conforme a atuação dos eventos de escala interdecenais, interanuais e suas sobreposições.

I_{aUNEP}	Região 1	Região 2	Região 3	Região 4	Região 5	Região 6
Média Climatológica	0,88	0,49	0,39	0,37	0,44	0,53
ODP -	0,85	0,47	0,39	0,38	0,46	0,54
ODP +	0,91	0,52	0,39	0,36	0,4	0,49
OMA -	1,00	0,53	0,44	0,42	0,48	0,55
OMA +	0,76	0,45	0,33	0,32	0,39	0,51
GRAD -	1,12	0,61	0,51	0,49	0,55	0,62
GRAD +	0,73	0,41	0,3	0,27	0,34	0,46
La Niña	1,06	0,61	0,52	0,5	0,59	0,67
El Niño	0,70	0,37	0,27	0,24	0,29	0,39
GRAD - / ODP -	1,11	0,56	0,52	0,48	0,57	0,63
GRAD - / ODP +	1,13	0,65	0,5	0,5	0,52	0,6
GRAD + / ODP -	0,73	0,42	0,29	0,28	0,36	0,47
GRAD + / ODP +	0,73	0,41	0,32	0,25	0,31	0,42
La Niña / OMA -	1,21	0,67	0,6	0,62	0,7	0,75
La Niña / OMA +	0,9	0,56	0,44	0,39	0,48	0,6
El Niño / OMA -	0,83	0,31	0,32	0,3	0,38	0,45
El Niño / OMA +	0,54	0,43	0,19	0,16	0,19	0,32

I_{aUNEP}		Árido
		Semiárido
		Subúmido Seco
		Subúmido úmido
		Úmido

Na Tabela 4.2 é possível verificar que existe variação climática entre as escalas de tempo interdecenais ODP- e ODP+ para as regiões 2 e 6 com clima variando de semiárido a subúmido seco, no entanto não apresentou diferença estatística significativa, já entre OMA- e OMA+ na região 2, o clima varia de subúmido seco a semiárido, de acordo com os valores de t calculado, além da região 2, as regiões 1, 3 e 4 (mesmo sem modificar a classificação climática) apresentaram diferença estatística com $\text{valor}_p < 0,01$ e $\text{valor}_p < 0,05$ entre OMA- e OMA+, para o cruzamento dos eventos GRAD- versus GRAD+ é observado mudança de clima em todas as regiões, exceto na região 4, ainda assim, juntamente com as demais obteve $\text{valor}_p < 0,01$ (Apêndices 9 a 14), diferença significativa de 99%, quanto aos compostos GRAD+/ODP+ versus GRAD-/ODP- apresentaram $\text{valor}_p < 0,05$ para as regiões de 1 a 5, e o clima não se alterou apenas na

região 4 (Tabela 4.2), entre La Niña versus El Niño há variação climática nas seis regiões e o valor_p < 0,01 foi observado para todas as regiões neste período, o mesmo ocorre na comparação entre os compostos de eventos El Niño/OMA+ versus La Niña/OMA-, em que o clima muda nas seis regiões com significância de 99% e valor_p < 0,01. Considerando os resultados da análise feita com as médias dos índices I_{aUNEP} em todos os cenários, períodos de La Niña/OMA- foram os que apresentaram climas mais úmidos em todas as regiões, logo em seguida aparece a La Niña e o GRAD-/ODP+, os climas mais secos foram obtidos em períodos de El Niño/OMA+ seguidos por El Niño e também por GRAD+.

Hao e He (2017) descreveram que as monções do leste Asiático apresentavam-se mais intensas nos períodos em que o ENOS e a OMA estavam em fase menos intensificadas quando são observados ENOS e OMA fora de fase. Resultados semelhantes foram obtidos nesta pesquisa, ou seja, períodos mais úmidos em todo Rio Grande do Norte são observados quando ocorre La Niña durante a fase negativa da OMA e mais áridos nos períodos de El Niño e fase positiva da OMA.

Analisando os resultados verifica-se que, de modo geral, o índice efetivo de umidade de Thornthwaite apresenta climas mais secos do que o de aridez da UNEP para as mesmas regiões e períodos de atuações dos eventos de escalas interanuais e interdecenais apresentadas, resultado parecido foi observado por Becker (2017) ao utilizar os dois índices para classificação de áreas e períodos semelhantes no Estado da Paraíba.

4.3. Variabilidade Interanual e Interdecenal dos Índices I_m e I_{aUNEP}

A Figura 4.2 mostra a variabilidade interanual do I_m para as seis regiões homogêneas do Rio Grande do Norte, com exceção do período inicial da década de 1950, observa-se a variabilidade interanual de valores mínimos e máximos de I_m ocorrendo simultaneamente no conjunto de todas as seis regiões. Indicando que os eventos oceânicos/atmosféricos atuam de modo homogêneo em todo Estado. A propósito verifica-se mínimo de I_m nos anos de El Niño (1958, 1983, 1987, 1993, 1997/98) e de Gradiente positivo (1966, 1970, 1990, 2010, 2012), e máximo nos anos de La Niña (1974, 1985, 1989, 2000, 2008, 2011) e Gradiente negativo (1957, 1964, 1967, 1985/86, 1994, 2004, 2009).

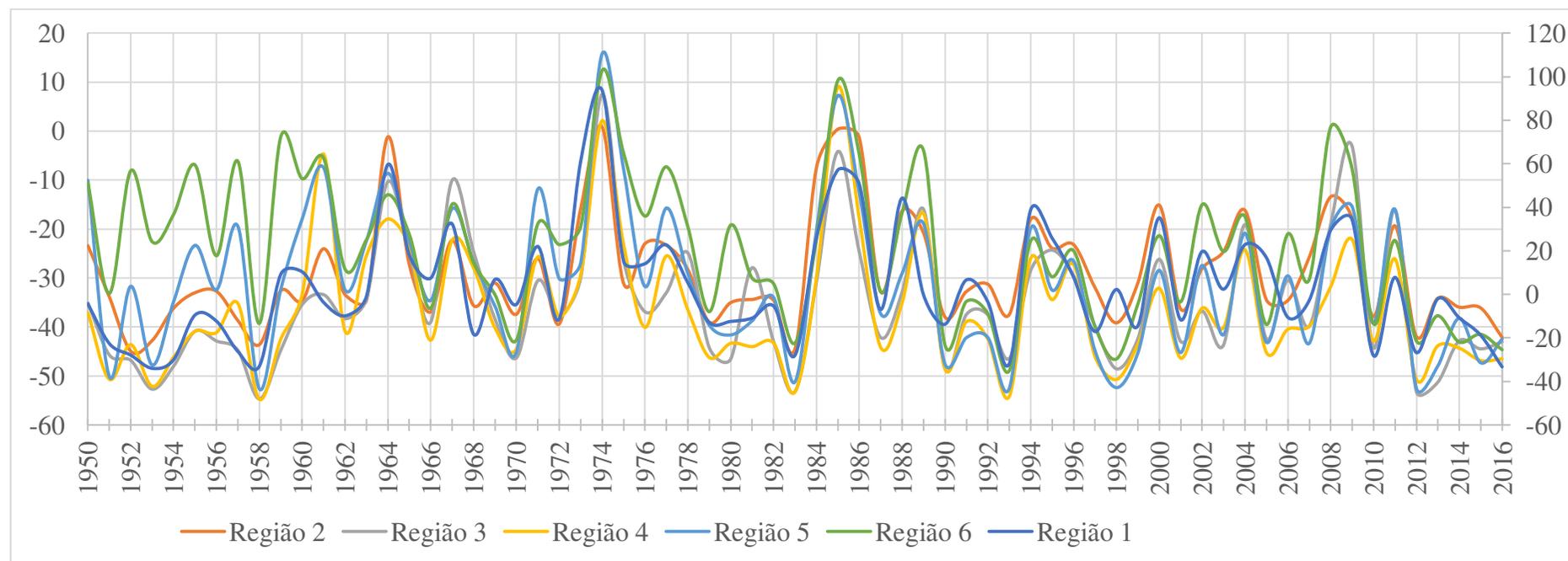


Figura 4.2 Variabilidade interanual de I_m para as seis regiões homogêneas do Rio Grande do Norte. No eixo vertical (y) está represento o I_m , sendo que o eixo da direita é para a região 1, e o da esquerda as demais região. O eixo horizontal (x) representa a evolução do tempo em anos.

A Figura 4.3 apresenta a variabilidade interanual do I_{aUNEP} para as seis regiões homogêneas do Rio Grande do Norte, a variabilidade interanual é a mesma do I_m . Portanto, os comentários para I_m também são válidos para I_{aUNEP} .

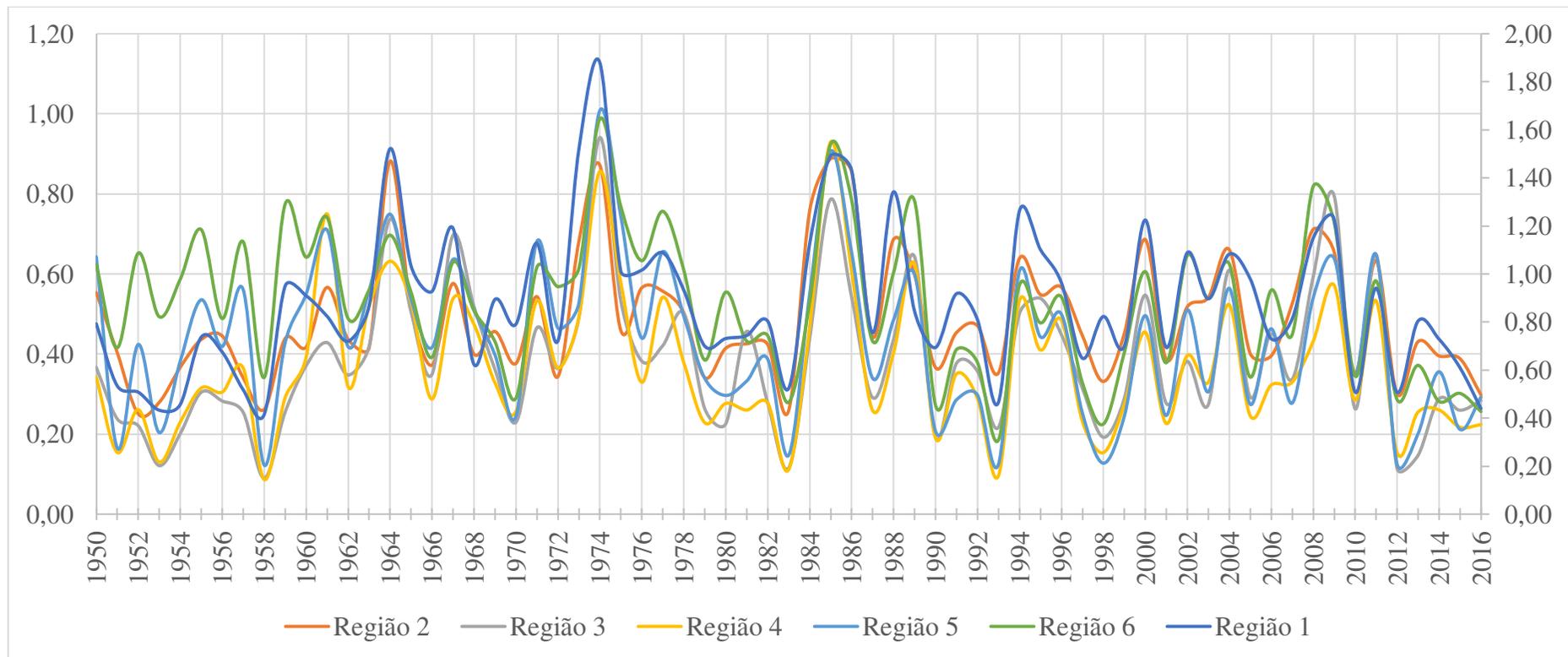


Figura 4.3 Variabilidade interanual de I_{aUNEP} para as seis regiões homogêneas do Rio Grande do Norte. No eixo vertical (y) está represento o I_{aUNEP} , sendo que o eixo da direita é para a região 1, e o da esquerda as demais regiões. O eixo horizontal (x) representa a evolução do tempo em anos.

As Figuras 4.4 e 4.5 mostram a variabilidade interdecenal dos I_m e I_{aUNEP} , respectivamente, para as seis regiões homogêneas do Rio Grande do Norte. Praticamente não é observada variabilidade ao longo de toda série. Apenas no período de 1963 a 1978, verificam-se os índices um pouco mais elevados, período este em que a ODP e OMA estavam nas suas fases negativas (Figura 4.4), porém este aumento é relativamente pequeno em comparação com os demais.

Ressalta-se que as Figuras 4.4 e 4.5 foram construídas a partir da média móvel de 11 anos dos valores anuais dos índices I_m e I_{aUNEP} do período de 1950 a 2016.

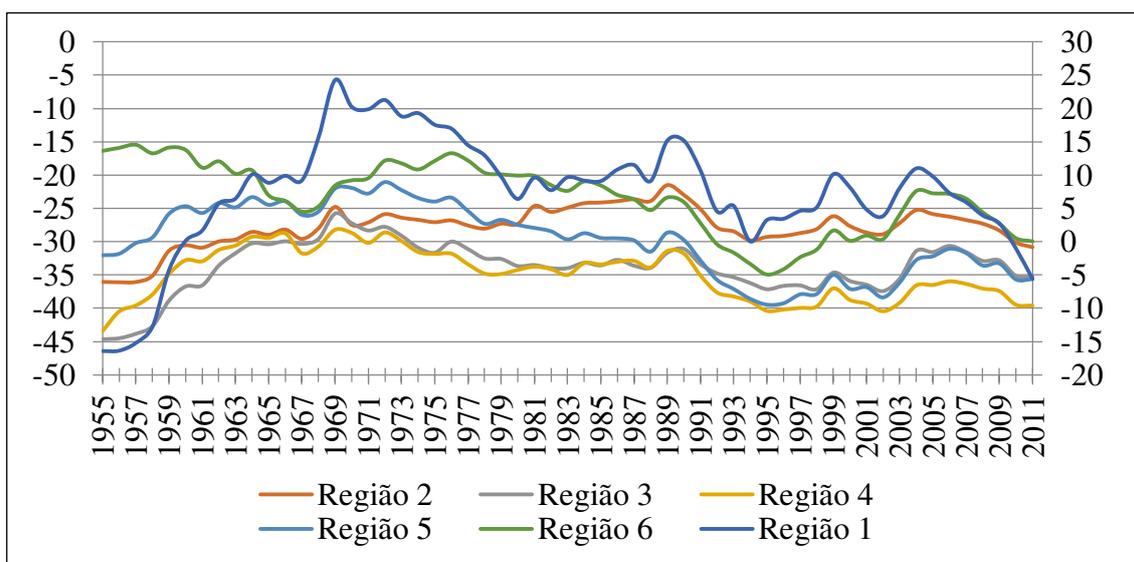


Figura 4.4 Variabilidade interdecenal de I_m para as seis regiões homogêneas do Rio Grande do Norte. No eixo vertical (y) está represento o I_m , sendo que o eixo da direita é para a região 1 e o da esquerda as demais regiões. O eixo horizontal (x) representa a evolução do tempo em anos.

A Figura 4.6 mostra a média móvel de 11 anos dos valores anuais da ODP e OMA x 3,2. Os valores da OMA estão multiplicado por 3,2 para que os mesmo apresentem a uma magnitude equivalente ao de ODP. Este procedimento aumenta a magnitude dos valores positivo e negativo da OMA, mas não modifica a fase, ou seja, as fases negativas continuam negativas e as positivas continuam positivas. Os dados iniciais são de 1948 a 2018, como a média móvel é de 11 anos, o valor para 1953 é a média de 1948 a 1958, para 1954 é a média de 1949 a 1959, e assim sucessivamente até 2013 que é a média de 2008 a 2018.

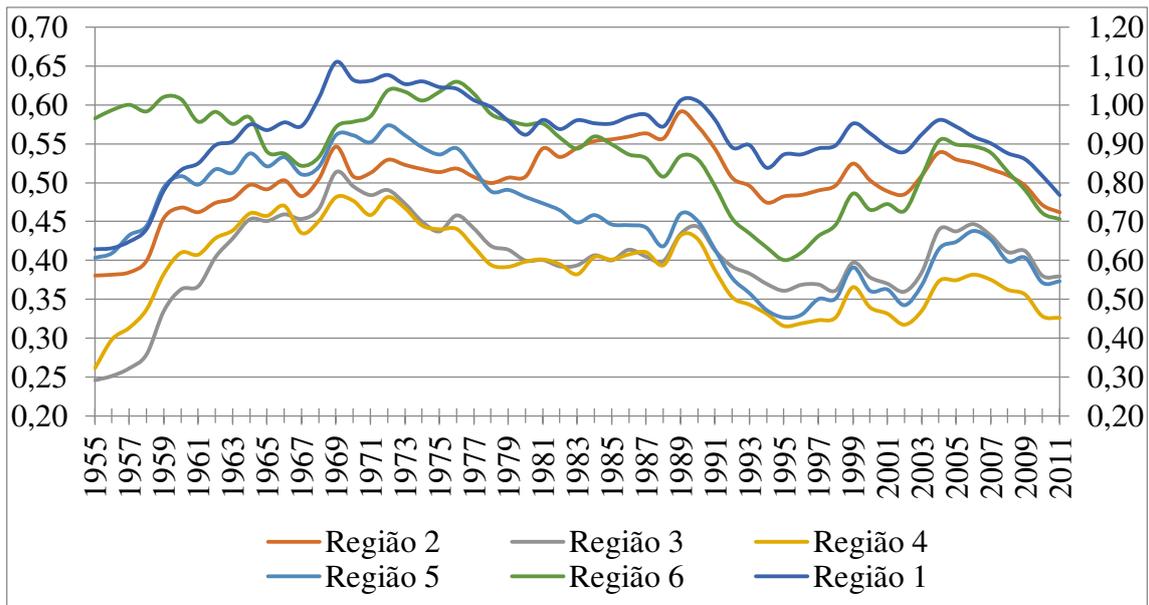


Figura 4.5 Variabilidade interdecadal de I_{aUNEP} para as seis regiões homogêneas do Rio Grande do Norte. No eixo vertical (y) está represento o I_{aUNEP} , sendo que o eixo da direita é para a região 1 e o da esquerda as demais regiões. O eixo horizontal (x) representa a evolução do tempo em anos.

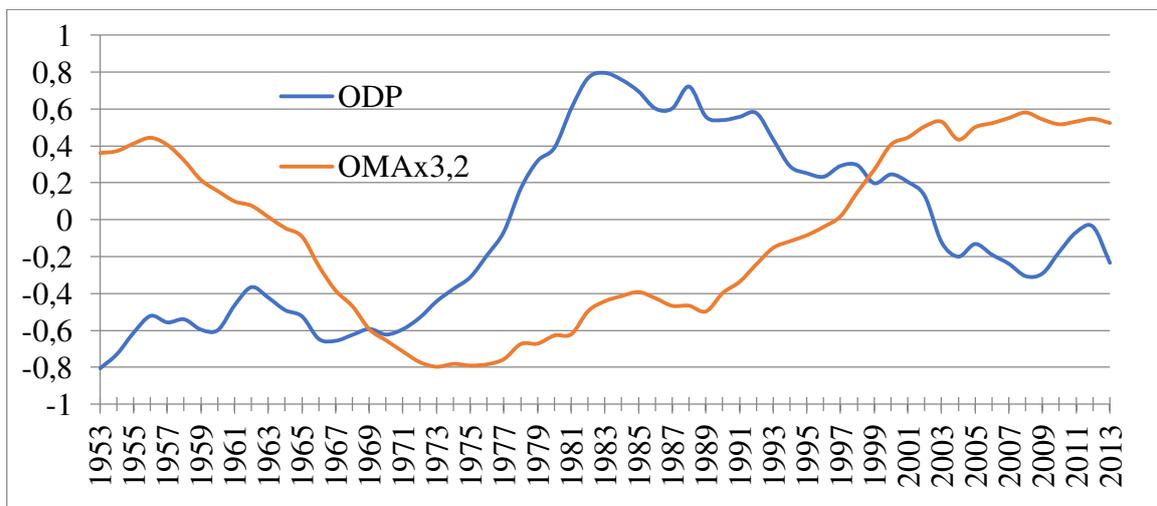


Figura 4.6 Média móvel dos valores anuais da ODP e OMA x 3,2. Eixo vertical índices ODP ou OMA x 3,2 e o eixo horizontal (x) a evolução do tempo em anos.

5. CONCLUSÕES E SUGESTÕES

A atuação dos eventos oceânicos/atmosféricos de variabilidades interanuais e interdecenais tem forte influência sobre os índices I_m e I_{aUNEP} em todas as regiões do Rio Grande do Norte, que produz variabilidade do clima de escala interanual, principalmente, durante a atuação de composto ENOS/OMA, pois os períodos mais úmidos no Rio Grande do Norte estão associados com a atuação conjunta da La Niña e fase negativa da OMA e os mais áridos durante a atuação simultânea do El Niño e fase positiva da OMA.

A divisão do Rio Grande do Norte em seis regiões homogêneas de precipitação pluvial representa melhor as características eco-físico-geográfica do Estado que a divisão em 4, 5 ou 7 regiões.

A classificação do clima com índice efetivo de umidade de Thornthwaite apresenta condições mais áridas que a classificação com I_{aUNEP} , entretanto, a variabilidade temporal segue a mesma configuração com clima mais árido com a atuação El Niño e fase positiva da OMA e mais úmido durante a atuação conjunta de La Niña e fase negativa da OMA.

As variabilidades interanuais da classificação climática no Rio Grande do Norte ocorrem de modo semelhante em todas as regiões do Estado.

Com relação às variabilidades máximas das classificações climáticas de cada região, índices diferentes apontam para intensidade de variabilidades distintas entre as regiões. A propósito, o I_m apresentou a maior variabilidade climática na região 1, com clima variando de semiárido a úmido, enquanto, ao usar o I_{aUNEP} a maior variabilidade verificou-se na região 5, com clima variado de árido a subúmido úmido.

Estudos desta natureza devem ser desenvolvidos para outros Estados e Regiões do País.

Em pesquisas futuras, na elaboração do balanço hídrico climatológico de Thornthwaite e Mather, utilizar a evapotranspiração de referência Penman Monteith FAO em substituição a evapotranspiração potencial de Thornthwaite, usada na presente pesquisa.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES, J. L. M.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, n. 6, p. 711–728, 2014.

ALVES, J. M. B.; CHAVES, R. R.; SERVAIN, J.; SOUZA, E. B.; SILVA, E. M.; SANTOS, A. C. S.; BARBOSA, A. C. B.; OLIVEIRA, C. J.; SOMBRA, S. S.; COSTA, A. A.; PINHEIRO, F. G. M. Modelos acoplados do IPCC-AR4 e o gradiente meridional de temperatura da superfície do mar no Atlântico Tropical: relações com a precipitação no Norte do Nordeste do Brasil.

ALVES, K. M. A. S.; NÓBREGA, R. S. Eventos extremos e risco de inundação: uma análise do comportamento evolutivo dos distúrbios ondulatórios de leste em junho de 2010 sobre a bacia do Rio Una Pernambuco. **Geotextos (Online)**, v. 9, p. 173-189, 2013.

AMORIM, A. C. B.; CHAVES, R.R.; SPYRIDES, M.H.C. Precipitação no leste do nordeste brasileiro (Ineb) e episódios anômalos no oceano atlântico tropical. **Anais XVII do Congresso Brasileiro de Meteorologia. SBMET**, 2012.

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**, v. 25, n. 15, p. 2017-2030, 2005.

ANTONIO, I. C. Índices climáticos e caracterização climática do entorno de Manaus. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 10, n. 4, p. 1120-1133, 2017.

ARAGÃO, J. O. R. O Impacto do ENSO e do Dipolo do Atlântico no Nordeste do Brasil. **Bull Inst. Fr. Études Andines**, v.27, n.3, p. 839-844, 1998.

ARAÚJO, L. E. L.; SOUSA, F. A. S.; RIBEIRO, M. A. F. M.; SANTOS, A. S.; MEDEIROS, P. C. Análise estatística de chuvas intensas na bacia hidrográfica do Rio Paraíba. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 23, n.2, p. 1982-4351, 2008.

ARAÚJO, L. E. **Análise estatística de chuvas intensas na bacia hidrográfica do rio Paraíba**. Dissertação - Campina Grande, UFCG, p. 22, 2006.

BARBOSA, R. L. **Interação das perturbações convectivas iniciadas na costa Norte do Brasil com Distúrbios Ondulatórios de Leste**. Dissertação - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE, 2005, 81p.

BARRY, R; CHORLEY, R. J. **Atmosfera, tempo e clima**. 9ª edição, Porto Alegre: Bookmam, 2013, p.512.

BECKER, C. T. **Índices climáticos para o Estado da Paraíba: determinação e evolução temporal com abordagem na análise espectral**. Tese (Doutorado em Meteorologia) - UFCG, 2017.

BITTENCOURT, L. **Resposta da circulação no oceano Atlântico Tropical oeste ao Modo Meridional do Atlântico**. Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Ceará, 2016.

BRAGA, C. C.; MACEDO, M. J. H.; SILVA, B. B.; BRAGA, R. C. Aplicação dos componentes principais na simulação e consistência de séries temporais. **Revista de Geografia**, v. 29, n. 1, p. 113-125, 2012.

BUDYKO, M. I. **The heat balance of the earth's surface**. Washington: U.S. Department of Commerce, 1958, 258p.

CAVALCANTI, E. P.; SILVA, E. D. V. Estimativa da temperatura do ar em função das coordenadas locais. **Congresso Brasileiro de Meteorologia**, p. 154-157, 1994.

CAVALCANTI, E. R.; COUTINHO, S. F. S.; SELVA, V. S. F. Desertificação e desastres naturais na região do semiárido Brasileiro. **Cadernos de Estudos Sociais**. Recife. Editora Massangana. v. 22. n. 1. p. 19-31, 2006.

CAVALCANTI, I. F. A. **Tempo e Clima no Brasil**. Oficina de textos, 2016.

CHIESSI, C. M.; MULITZA, S.; PATZOLD, J.; WEFER, G.; MARENGO, J. A. Possible impact of the Atlantic Multidecadal Oscillation on the South American Summer monsoon. **Geophysical Research letters**, v. 36, n. 21, p. 5, 2009.

CONAMA. Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resoluções do CONAMA: resoluções vigentes publicadas entre julho de 1984 e novembro de 2008**. 2. ed. p. 928, 2008.

CORRAR, L. J.; PAULO, E.; DIAS FILHO, J. M. **Análise Multivariada: para os cursos de Administração, Ciências Contábeis e Economia**. São Paulo: Atlas, 2007, 344p.

CORRÊA, I. C. P.; BRITO, J. I. B.; E COSTA, A. S. Variabilidade dos índices de umidade e aridez para as cidades de Crato e Paracurú no estado do Ceará. **Journal of Environmental Analysis and Progress**, v. 2, n. 4, p. 549-554, 2017.

COSTA, M. N. M.; BECKER, C. T.; BRITO, J. I. B. Análise das séries temporais de precipitação do semiárido paraibano em um período de 100 anos -1911 a 2010. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v.6, n.4, p. 680-696, 2013.

CUNHA, G. R. Mecanismos do ENOS. **Palestra sobre Previsões Climáticas e a Agricultura do Sul do Brasil**. Embrapa Trigo, 2002, 47p.

DANTAS, L. G.; BRITO, J. I. B.; de RODRIGUES, H. P.; ARAÚJO AIRES, R.; CABRAL, D. E. C. Oscilação Decadal do Pacífico e Multidecadal do Atlântico no Clima da Amazônia Ocidental. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 5, n. 3, p. 609, 2012.

DA SILVA, D. F. Influência interdecadal (ODP e OMA) nas cotas do rio São Francisco. **Revista Brasileira de Geografia Física**. v. 6, n. 6, p. 1529-1538, 2013.

DA SILVA, D. F.; GALVÍNCIO, J. D. Estudo da Influência da Oscilação Decadal do Pacífico no Nordeste do Brasil. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 4, n. 4, p. 665-676, 2011.

EMPRESA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA DO RIO GRANDE DO NORTE – EMPARN. (Disponível em: www.emparn.rn.gov.br). Acessado em 16 de maio de 2018.

ENFIELD, D. B.; MESTAS-NUNEZ A. M.; TRIMBLE, P. J. The Atlantic multidecadal oscillation and its relation to rainfall and river flows in the continental U.S. **Geophysical Research Letters**, v. 28, p. 2077-2080, 2001.

EVERITT, B. S.; DUNN, G. **Applied multivariate analysis**. London: Edward Arnold, 1993. 400p.

FÁVERO, L. P.; BELFIORE, P.; SILVA, F. L.; CHAN, B. L. **Análise de dados: modelagem multivariada para tomada de decisões**, 8ª ed., Elsevier, 2009.

FELIPE, J. L. A.; CARVALHO, E. A. **Atlas Escolar Rio Grande do Norte: espaço geográfico e cultural**. 3ª. Ed. João Pessoa: Grafset, p.128, 2011.

FERREIRA, A. G.; MELLO, N. G. S. Principais sistemas atmosféricos atuantes sobre a região Nordeste do Brasil e a influência dos oceanos Pacífico e Atlântico no clima da região. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 1, n. 1, 2005.

FERREIRA, N. J.; CHAN, C. S.; SATYAMURTI, P. Análise dos distúrbios ondulatórios de leste sobre o Oceano Atlântico Equatorial Sul. In: **ANAIS do VI CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA**, Salvador. p. 462-468, 1990.

FREITAS, J. C. **Análise de agrupamentos na identificação de regiões homogêneas de índices climáticos no Estado da Paraíba**. Dissertação de Mestrado em Meteorologia, Universidade Federal de Campina Grande-PB, p.75, 2009.

FREITAS, M. A. S. Um Sistema de Suporte à Decisão para o Monitoramento de Secas Meteorológicas em Regiões Semiáridas. **Revista Tecnologia (UNIFOR)**, v. Suplem, p. 84-95, 2005.

FUNG, G. **A comprehensive overview of basic clustering algorithms**, Jun, 2001.

GAN, M. A.; KOUSKY, V.E. Vórtices ciclônicos da alta troposfera no oceano Atlântico Sul. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 1, n. 92.651, p. 19-28, 1986.

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

GONG, X.; RICHMAN, M.B. On the Application of Clusters Analysis to growing season precipitation data in North America East of the Rockies. **Journal of Climate**, v.8, p.897-924, 1995.

HAIR, J. F.; ANDERSON, R. E. TATHAM, R. L.; BLACK, W. C. **Análise multivariada de dados**. Porto Alegre: Bookman, 5ª ed., 2005.

HASTENRATH, S.; HELLER, L. Dinâmica dos riscos climáticos no Nordeste do Brasil. **Quartely Journal Royal Meteorological Society**, v. 103, n. 435, p. 77-92, 1977.

HAO, X.; HE, S. Combined Effect of ENSO-Like and Atlantic Multidecadal Oscillation SSTAs on the Interannual Variability of the East Asian Winter Monsoon. **Journal of Climate**, v. 30, p. 2697-2716, 2017.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, 2017. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/rn/panorama>. Acessado em: 10 de março de 2019.

IDEMA - Instituto de Desenvolvimento Econômico e do Meio Ambiente do Rio Grande do Norte). **Anuário Estatístico do Rio Grande do Norte**, 2016.

JÚNIOR, A. S. A.; BASTOS, E.A., BARROS; A.H. C.; SILVA, C. O.; GOMES, A. A. N. Classificação climática e regionalização do semiárido do Estado do Piauí sob cenários pluviométricos distintos. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v.36, n.2, p. 143-151, 2005.

JUNIOR, R. N.; DANTAS, A. A.; GOMES, R. C. C. Cartografias ambientais do Rio Grande do Norte. **Confins - Revista Franco-Brasileira de Geografia**, n.34, 2018. Disponível em <https://journals.openedition.org/confins/12950>, acessado em 20 de julho de 2018.

KAYANO, M. T.; ANDREOLI, R.V.; SOUZA, R.; GARCIA, S.R.; CALHEIROS, A. El Niño e La Niña dos últimos 30 anos: diferentes tipos. **Revista Climanálise**. Edição comemorativa, v.30, 2016.

KAYANO, M. T.; ANDREOLI, R. V. Clima da Região Nordeste do Brasil, cap. 14, p. 213-233. IN: CAVALCANTI, I.F.A.; FERREIRA, N.J.; SILVA, M.G.A.J.; DIAS, M.A.F.S. (eds.), **Tempo e Clima no Brasil**. São Paulo: Oficina de Textos, 2009.

KAYANO, M. T.; ANDREOLI, R. V. Relations of South American summer rainfall interannual variations with the Pacific Decadal Oscillation. **International Journal of Climatology**, v. 27, n. 4, p. 531-540, 2007.

KAYANO, M. T.; KOUSKY, V. E. Intraseasonal (30-60 day) variability in the global tropics: principal models and their evolution. **Tellus**, v. 51, p. 373-386, 1999.

KAYANO, M. T.; CAPISTRANO, V. B. How the Atlantic multidecadal oscillation (AMO) modifies the ENSO influence on the South American rainfall. **International Journal of Climatology**, v. 34, n. 1, p.162-178, 2014.

KAZMIER, L. J. **Estatística Aplicada a Economia e Administração**. 4a Ed. Porto Alegre: Bookman (Coleção Schaum), 2006, 383p.

KERR, R. A. A North Atlantic climate pacemaker for the centuries, **Science**, v. 288, n. 5473, p. 1984-1985, 2000.

KNIGHT, J. R.; ALLAN, R. J.; FOLLAND, C. K.; VELLINGA, M.; MANN, M. E. A. Signature of persistent natural thermohaline circulation cycles in observed climate. **Geophysical Research Letters**, v. 32, n. 20, 2005.

KOUADIO, Y. K., SERVAIN, J., MACHADO, L. A., LENTINI, C. A. Heavy rainfall episodes in the eastern northeast Brazil linked to large-scale ocean-atmosphere conditions in the Tropical Atlantic. **Advances in Meteorology**. p.16, 2012.

KOUSKY, V. E. Frontal influences on Northeast Brazil. **Monthly Weather Review**. v. 107, n. 9, p.1140-1153, 1979.

KOUSKY, V. E.; KAYANO, M. T.; CAVALCANTE, I. F. A. A review of the Southern Oscillation: oceanic-atmospheric circulation changes and related rainfall anomalies. **Tellus**. v. 36, n. 5, p. 490-504, 1984.

MACHADO, C. C. C.; NÓBREGA, R. S.; OLIVEIRA, T. H.; ALVES, K. M. A. S. Distúrbio Ondulatório de Leste como Condicionante a Eventos Extremos de Precipitação em Pernambuco. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 11, p. 146-188, 2012.

MANTUA, N. J.; HARE, S. R.; ZHANG, Y.; WALLACE, J. M.; FRANCIS, R. C. A Pacific interdecadal climate oscillation with impacts on salmon production. **Bulletin of the American Meteorological Society**, v. 78, n. 6, p. 1069-1079, 1997.

MANTUA, N. J.; HARE, S. R. The Pacific Decadal Oscillation. **Journal of Oceanography**. v. 58, p. 35 – 44, 2002.

MENDONÇA, F. A.; DANNI-OLIVEIRA, I. M. Clima: Noções básicas e climas do Brasil. São Paulo: **Editora Oficina de Textos**, p.207, 2007.

MARENGO, J. A.; TOMASELLA, J.; ALVES, L. M.; SOARES, W. R.; RODRIGUEZ, D. A. The drought of 2010 in the context of historical droughts in the Amazon region. **Geophysical Research Letters**, v. 38, n. 12, p. 1, 2011.

MARENGO, J. A. Interdecadal variability and trends of rainfall across the amazon basin. **Theoretical and Applied Climatology**. v. 78, n. 1-3, p. 79-96, 2004.

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**, p. 385 – 422, 2011.

MOLION, L. C. B. Aquecimento global, El Niños, Manchas Solares, Vulcões e Oscilação Decadal do Pacífico, **Climanálise - CPTEC/INPE**, 2005.

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

MORAES, I. R. D. Planejamento e desenvolvimento regional: notas sobre a experiência do Rio Grande do Norte. **Sociedade e Território**, p. 77-96, 2012.

MOTA, G. V.; GANDÚ, A. W. Análise de distúrbios ondulatórios de leste que afetam o Nordeste brasileiro: um estudo de caso. **Anais do IX Congresso Brasileiro de Meteorologia**, Campos do Jordão (SP). p. 450-454, 1996.

MOURA, A. D.; SHUKLA, J. On the dynamics of droughts in northeast Brazil: Observations, theory and numerical experiments with a general circulation model. **Journal of the Atmospheric Sciences**, v. 38, n. 12, p. 2653-2675, 1981.

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

NEVES, D. J. D. **Padrões atmosféricos associados aos distúrbios ondulatórios de Leste do Nordeste do Brasil**. Tese (Doutorado em Meteorologia) – UFCG, 2018.

NÓBREGA, S. R.; SANTIAGO, G. A. C. F. Tendência de temperatura na superfície do mar atlântico e pacífico e variabilidade de precipitação em Pernambuco. **Mercator-Revista de Geografia da UFC**, v. 13, n.1, 2014.

NOBRE, P.; SHUKLA, J. Variations of sea surface temperature, wind stress and rainfall over the tropical Atlantic and South America. **Journal of Climate**, v. 9, n. 10, p. 2464-2479, 1996.

OLIVEIRA, P. T.; SANTOS E SILVA, C. M.; LIMA, K. C. Linear trend of occurrence and intensity of heavy rainfall events on Northeast Brazil. **Atmospheric Science Letters** v. 15, p. 172-177, 2014.

PELL, M. C.; FINLAYSON, B. L.; MCMAHON, T. A. Update world map of the Köppen - Geiger climate classification. **Hydrology and Earth System Sciences**, Munich, v.11, n.1, p.1633-1644, 2007.

PEREIRA, A. R.; ANGELOCCI, L. R.; SENTELHAS, P.C. **Agrometeorologia: fundamentos e aplicações práticas**. Guaíba: Agropecuária, 2002, 478p.

REBOITA, M.; KRUSCHE, N.; AMBRIZZI, T.; PORFÍRIO, R. ROCHA, D. Entendendo o Tempo e o Clima na América do Sul O Sol como Fonte de Energia. **Terra e Didática**, v. 8, n. 1, p. 34–50, 2012.

REBOITA, M. S.; SANTOS, I. Influência de alguns padrões de teleconexão na precipitação no norte e nordeste do Brasil. **Revista Brasileira de Climatologia**. v. 15, 2015.

REIS, J. S DOS. **Características dinâmicas e termodinâmicas dos vórtices ciclônicos de altos níveis no Nordeste do Brasil**. Dissertação de Mestrado, 2018.

ROLIM, G. S.; CAMARGO, M. B. P.; LANIA, D. G.; MORAES, J. F. L. Classificação climática de Köppen e de Thornthwaite e sua aplicabilidade na determinação de zonas agroclimáticas para o Estado de São Paulo. **Bragantia**, v.66, p.711-720, 2007.

RUSSELL, A. M.; GNANADESIKAN, A. Understanding Multidecadal Variability in ENSO Amplitude. **Journal of Climate**. v. 27, 2014.

SAMPAIO, E. V. S. B.; SAMPAIO, Y.; ARAÚJO, T.V.S.B.; SAMPAIO, G.R. **Desertificação no Brasil: conceitos, núcleos e tecnologias de recuperação e convivência**. Recife: Editora Universitária da UFPE, 2003, 202p.

SANTOS E S., C.M.; SILVA, A.; LIMA, K.C. Dynamical downscaling of the precipitation in Northeast Brazil with a regional climate model during contrasting years. **Atmospheric Science Letters**, v. 15, n. 1, p. 50-57, 2014.

SILVA, F. M.; CHAVES, M. S.; LIMA, Z. M. **Classificação e tipos de solos do Brasil e do estado do Rio Grande do Norte. Geografia Física II**. Natal: EDUFRN, 2009.

SILVA, L. A. **A influência do vórtice ciclônico de altos níveis (VCAN) sobre a precipitação do nordeste do Brasil (NEB) e as características associadas**. Dissertação (Mestrado em Meteorologia) – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. São José dos Campos, 2005.

SILVA NÓBREGA, R.; SANTIAGO, C. F.; AYANE, G. Tendências do controle climático oceânico sob a variabilidade temporal da precipitação no Nordeste do Brasil. **Revista de Geografia Norte Grande**, n. 6, p. 9-26, 2016.

SIQUEIRA, A. H. B. **Variabilidade do clima da América do Sul e sua relação com os índices oceânicos e atmosféricos**. Dissertação – Instituto de Ciências Atmosféricas, Universidade Federal de Alagoas, 2012.

SIQUEIRA, A. H. B.; MOLION, L. C. B. El Niño-Oscilação Sul e a Oscilação Decadal do Pacífico. **IX Simpósio de Recursos Hídricos do Nordeste, Anais**, 2008.

SOUZA, P.; CAVALCANTI, I. F. A. Atmospheric centres of action associated with the Atlantic ITCZ position. **International Journal of Climatology**, v. 29, n. 14, p. 2091-2105, 2009.

SUDENE. Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste. Delimitação do semiárido, 2017. Disponível em: (<http://sudene.gov.br/images/arquivos/conselhodeliberativo/documentos/analise-recursos-semiarido-GTsemiarido-nov2017.pdf>), acessado em 04 de janeiro de 2019.

TEIXEIRA, N. F.; MARTIN-VIDE, J. Influência do ENOS na distribuição das precipitações no estado do Paraná, Brasil. **Revista Brasileira de Climatologia**. v. 12, n. 1, 2013.

HORNTHWAITE, C.W. An approach toward a rational classification of climate. New York, **Geographical Review**, v.38, n.1, p.55-94, 1948.

THORNTHWAITE, C. W.; MATHER, J. R. The water balance: publications in climatology. New Jersey: **Drexel Institute of Technology**, p. 104, 1955.

TIMMERMANN, A.; OKUMURA, Y.; AN, S.I.; CLEMENT, A.; DONG, B.; GUILYARDI, E.; HU, A.; JUNGCLAUS, J.H.; RENOLD, M.; STOCKER, T.F.; STOUFFER, R.J.; SUTTON, R, XIE, S.P.; YIN, J. The influence of a weakening of the Atlantic meridional overturning circulation on ENSO. **Journal of Climate**, v. 20, p. 4899–4919, 2007.

UNEP - United Nations Environment Programme. **World atlas of desertification**. Londres: Edward Arnold, p.69, (ISBN 0340555122), 1992.

VALADÃO, C. E. A.; CARVALHO, L. M. V.; LUCIO, P. S.; CHAVES, R. R. Impacts of the Madden-Julian oscillation on intraseasonal precipitation over Northeast Brazil. **International Journal of Climatology**, v. 37, p. 1859-1884, 2017.

VIANELLO, R. L.; ALVES, A. R. **Meteorologia básica e aplicada**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2000, 449p.

WILKS, D. S. **Statistical Methods in the Atmospheric Sciences** 2.ed. London: **Academic Press**, 2006, 649p.

APÊNDICES

Apêndice 1 - Média Climatológica (1935-1990) da precipitação mensal e anual das 88 localidades do Rio Grande do Norte.

Localidade	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	Total	Longitude	Latitude
AREIA BRANCA	39,4	94,6	158,5	170,9	89,5	33,9	16,8	2,8	2,3	0,7	2,1	8	619,5	-37,1369	-4,9561
BARAUNAS	46,5	124,5	218,7	223,6	125,5	61,6	43,1	6,3	2,8	1	3	18,8	875,4	-37,6167	-5,0800
GOV. DIX SEPT ROSADO	54,7	113,7	181,6	178,9	103,7	42,7	18,5	6,4	3,1	3,3	4,5	22,4	733,5	-37,5208	-5,4589
MOSSORO	50,1	102,6	161,6	173,4	106	44	23,9	8,4	2,6	1,8	6,7	18,9	700	-37,3442	-5,1875
MACAU	33,3	67	129,9	146,8	82,4	40,9	25,8	7,9	4	1,3	1	8,6	548,9	-36,6344	-5,1150
PENDENCIAS	33,8	80,3	166,6	153,9	85,5	34,8	23,7	6,5	4,2	1,4	3,3	11,2	605,2	-36,7222	-5,2600
MONSENHOR HONORIO	32,1	92,8	164,8	151,4	73,2	37,9	27,9	3,1	4,6	0,5	2,1	12,2	602,6	-36,5333	-5,3500
GUAMARE	45,5	98,5	201,2	194,3	140,9	64,2	68,8	16	5,6	0,4	2,9	18,7	857	-36,3203	-5,1075
CANA BRAVA	44,3	87	145,5	152,8	127,7	117,9	92,5	42,2	22,7	8,7	8,3	15,1	864,7	-35,5667	-5,3000
TOUROS	41,9	93,9	149,6	201,9	164,8	174,8	123,4	52,1	25,5	7	9,1	13,3	1057,3	-35,4608	-5,1989
TABULEIRO GRANDE	59,2	108,9	224,5	192,8	104,2	42,3	19,1	4,7	2	4,1	5,3	20,4	787,5	-38,0450	-5,9300
PEDRAS DE ABELHAS	49,3	107,3	186,2	186,6	113,3	50,8	26,9	7,4	1,3	2,6	4,4	22,2	758,3	-37,7000	-5,5833
APODI	50,6	124,8	186,2	166,7	100,7	44,9	33,2	7	3,6	3,1	3,6	18,6	743	-37,7989	-5,6642
MALHADA VERMELHA AC	52	96	182,8	191,4	91,3	41,9	22,9	3,4	1,5	1,8	3,9	13,1	702	-37,9167	-5,7833
CARAUBAS	51,7	89,3	167,3	160,3	93,5	36,2	25,6	6,6	1,9	3,8	5,7	19,1	661	-37,5567	-5,7925
ITAU	57,4	99,7	193,8	192,3	90,5	50,5	25,3	7,9	2,9	2,7	6,3	20,2	749,5	-37,9928	-5,8397
RIACHO DA CRUZ	59,8	96,5	217,8	200,2	92,2	49,3	25	5	3,3	5,1	3,8	21,7	779,7	-37,9464	-5,9364
UMARIZAL	65,2	123,2	243,1	228,4	97,8	65,4	38,8	7	4,1	11,9	5,3	28,3	918,5	-37,8144	-5,9906
OLHO D AGUA DOS BORGES	52,5	108,8	194,1	224,9	90,3	44,4	30,4	6,6	5,4	4,8	4,4	19	785,6	-37,7056	-5,9564
UPANEMA	42,6	78	176,5	167,4	94,3	44,7	21,6	7,3	3	2,4	6,9	14,7	659,4	-37,2578	-5,6419
PARAU	38,3	96,8	173,8	168,8	85,4	31,5	22,7	3,3	2,5	0,9	3	12,9	639,9	-37,1014	-5,7744
CAMPO GRANDE	60,9	105,9	204,7	193,9	108,1	40,3	20,5	6,7	3,5	3	4,4	15,5	767,4	-37,3100	-5,8639
ACU	44,6	86,7	144,5	135,6	94,6	38,9	17,4	5,9	2,2	2,1	4,2	15,4	592,1	-36,9586	-5,5767
PATAXO	53,1	100,8	162,6	138,1	70,8	29,3	21,3	3,3	1,5	2,2	6,8	18,4	608,2	-36,8333	-5,6167
ANGICOS	53,1	100,8	162,6	138,1	70,8	29,3	21,3	3,3	1,5	2,2	6,8	18,4	608,2	-36,6011	-5,6656
S, RAFAEL	45	88,9	183,9	180,6	92,1	37,7	16,8	4	2,7	1,6	4,3	13,1	670,7	-36,9206	-5,7994
SANTANA DOS MATOS	52,5	124,4	197,6	180,2	83,5	29,2	18,2	6,1	2,8	3,6	4,8	20,4	723,3	-36,7906	-5,9700
AFONSO BEZERRA	52,5	124,4	197,6	180,2	83,5	29,2	18,2	6,1	2,8	3,6	4,8	20,4	723,3	-36,9056	-5,4983
PEDRO AVELINO	32,2	69,4	133,4	118,5	56,6	25,2	19,4	5,4	2,1	1,9	3,9	11,9	479,9	-36,3881	-5,5217
PEDRA PRETA	21	66,1	121,7	121,5	65,1	38	38,1	14,1	6,2	0,6	2,5	12,3	507,2	-36,1047	-5,5825
LAGES	26,2	64,1	111	107,6	48,7	24,1	15,2	4,7	2,3	0,8	1,4	7,4	413,5	-36,2447	-5,7000
CAICARA DO RIO DO VENTO	33,3	65,3	120,5	115,1	73,5	40,4	40,6	18,9	10	1,1	2,8	14,8	536,3	-35,9983	-5,7603
RECANTO	30,9	46,3	94,7	89,1	48,1	29,1	19,3	10,1	3,4	1,3	2,2	8,3	382,8	-36,2833	-5,8667
S, TOME	24,4	50	102,6	96,7	57,4	44,1	32,3	9,7	1,8	2,1	2,7	7,3	431,1	-36,0753	-5,9725
JOAO CAMARA	36,4	67,9	107,5	118,6	95,2	87,5	71,6	30,8	13	4,5	5,5	10,5	649	-35,8197	-5,5375
PUREZA	54,3	80,7	173,2	175,8	129	142,1	115,2	53,3	32,8	11	10,1	14,1	991,6	-35,5561	-5,4669
JARDIM DE ANGICOS	32,7	65,6	110,4	111,4	74,8	58,3	40,7	17,1	6,5	2,1	3	6,6	529,2	-35,9689	-5,6536
S, PEDRO	24,4	60,8	92,7	136,6	95,7	91,3	86,6	36,1	12,7	3,3	6	11,2	657,4	-35,6344	-5,8981
S, PAULO DO POTENGI	28,3	53,3	101,3	103,2	85,1	78,6	61,5	28,4	13,2	5,4	5,3	10,1	573,7	-35,7628	-5,8950
BARCELONA	32	74,9	120,6	128	89,4	57,7	53,3	22,8	14,2	1,7	3,9	13,9	612,4	-35,9264	-5,9506
BOM JESUS	35,8	66	148,4	176,8	127,1	105,5	117,5	44,5	30,7	5,9	8,4	18,8	885,4	-35,5814	-5,9839
CEARA MIRIM	51,5	93,3	153,7	183,8	161,3	160,3	127,9	65,2	32,7	15,5	12,1	28,6	1085,9	-35,4256	-5,6344
NATAL	58,7	109,4	206,2	249,6	239,3	261,2	209,1	111,3	51,2	18	15,7	25	1554,7	-35,2094	-5,7950
MACAIBA	48,7	88,2	150,5	176,4	160,7	158	117,3	67,3	28,1	12,7	16	24,1	1048	-35,3539	-5,8583
PAU DOS FERROS	63,5	116,5	206,8	164,3	99,8	34,7	19,1	4,8	2,9	5,5	5,9	24,9	748,7	-38,2044	-6,1092
S, MIGUEL	63,3	133,6	208,7	175,5	110,1	49,7	23,7	8,8	8,3	4,3	6,4	19,1	811,5	-38,4969	-6,2119
SANTANA PAU DOS FERROS	82,8	118,4	229,7	208,1	117,3	45,7	29,2	6,5	5,1	6,5	6,6	26,5	882,4	-38,2667	-6,2167
MARCELINO VIEIRA	81	131,4	229,5	173,4	98,9	25,9	17,1	2,9	2,9	6,5	7,5	26,4	803,4	-38,1672	-6,2942
ARAPUA AC	88,6	142,7	221,8	201,7	114,3	45,5	26,6	7,9	7,3	10,5	10,7	34,2	911,8	-38,2833	-6,3500
LUIZ GOMES	83,7	134,2	236,8	185,8	108,6	60,6	34,4	11,6	6,7	10,6	17,9	32,8	923,7	-38,3886	-6,4139
ALEXANDRIA	67,8	133,8	220	167,5	88,3	36,7	18,4	5	2,7	6,7	9,1	26,1	782,1	-38,0158	-6,4125
TENENTE ANANIAS GOMES	85,7	152,3	199,8	189,2	106,7	43,2	27,7	7,6	2,2	9,1	11	25,8	860,3	-38,1797	-6,4650
MARTINS	96,6	181,5	291,7	265,1	130	60,7	34,6	10,1	5,7	8,1	12,6	28,3	1125	-37,9111	-6,0878
LUCRECIA	72,8	142,7	222,3	231,5	106	56	27,4	4,3	3,1	7,9	8,6	31,9	914,5	-37,8156	-6,1200
PATU	71	131,8	236,7	210,1	113	44,9	22,5	7,1	5,3	5,9	7,4	24,4	880,1	-37,6367	-6,1100
CORREDDOR	56,8	102,9	200,5	202,3	73,1	45,5	28,6	2,2	3,1	3,7	5,7	23,3	747,7	-37,9667	-6,1833
JOAO DIAS	70,1	134,2	241,5	228,8	116,3	50,1	22,3	6,6	3,6	8,2	11,5	33,2	926,4	-37,7961	-6,2744
JUCURUTU	64,3	126,6	220,4	205,9	111	40,4	24,6	7,6	4,5	4,2	9,2	28,5	847,2	-37,0203	-6,0339
OITICICA AC	58,6	121,7	191,6	182,1	100	49,9	26,4	6,9	4,4	6,8	5,9	25,8	780,1	-37,1333	-6,1500
S, FERNANDO	51,8	124,2	198,4	178,5	73,6	40,5	33,7	5,5	3,7	3,4	5,6	33,4	752,3	-37,1844	-6,3764
MUNDO NOVO AC	48,3	120,1	190	176,5	71,7	29,7	18,2	4	1,5	2,2	5,3	27,4	694,9	-37,0667	-6,3833
LAGOINHA AC	48,6	126,5	173,4	173	67,3	35,2	21,9	5,5	0,2	6,5	3,8	23	684,9	-37,3000	-6,4500
CAICO	60,2	115,8	184,6	172	67,7	26	15,9	4,8	1,8	4	5,8	29,7	688,3	-37,0978	-6,4583
FLORANIA	50	112,3	184	152,2	70,2	29,1	16,4	5,2	1,9	5,6	7,1	21,8	655,8	-36,8181	-6,1272
S, VICENTE	41,7	79,4	150,4	143,4	70,2	27,6	23,7	7,5	1,8	3,4	6,1	18,3	573,5	-36,6844	-6,2172
TOTORO	47,8	79	120,9	181	62,7	43,7	36	6,7	2,1	9,2	4,6	24,2	617,9	-36,5333	-6,2000
CURRAIS NOVOS	30,3	73,1	115	116,7	55,2	22,5	15,8	6	1,7	3,5	3,3	12	455,1	-36,5178	-6,2608
CRUZETA AC	48,5	92,2	151,8	144,3	61	25,8	18	4,7	2,3	3,1	7	19,6	578,3	-36,7897	-6,4117
GARGALHEIRAS AC	41,9	76,2	140,9	131,3	45,9	22,6	16,1	3	1,9	3,2	3,1	13,1	499,2	-36,5833	-6,4000
CERRO CORA	41,5	67,5	140,8	147	66,5	50,5	30,8	8,5	3,6	1,8	3,9	8,7	571,1	-36,4292	-6,0456
SERRA DO DOUTOR	29,3	77,1	133,4	147,3	96,4	71,6	63,9	28,7	12,8	9,5	8,2	12,3	690,5	-36,2500	-6,1833
STA, CRUZ	29,3	54	102,4	118,8	65,9	53,7	39,2	17,9	7,5	4,5	5	11,5	509,7	-36,0228	-6,2294
CORONEL EZEQUIEL	46,8	80,4	142,7	208,1	81,2	33,8	49,7	17,6	8,5	8,3	5,8	25,8	708,7	-36,2147	-6,3825
SERRA CAIADA	24	51,4	88,2	105	79,2	78	61,3	27,6	11,1	3,3	5,4	9,6	544,1	-35,7000	-6,4392
JANUARIO CICCIO	32,8	59,6	105,8	129,1	105,4	104,2	92,4	42,8	23,3	5,7	10,8	15,5	727,4	-35,6006	-6,1583
TRAIRI AC	30,8	49,5	98,5	122,6	64,2	44,3	53,9	21,5	14,2	4,1	6,2	16,1	525,9	-35,8000	-6,2333
JAPI	28,4	74,3	145,5	120,5	63,7	38,7	47,3	16	8,1	4,2	7,8	10,8	565,3	-35,9467	-6,4650
S, JOSE DO MIPIBU	59,4	99,3	174,5	191,7	184,1	206,1	167,3	77,2	39	16,5	19,2	33,8	1268,1	-35,2378	-6,0747
STO, ANTONIO	31,8	67	111,6	135,3	130,4	121,5	102	48,1	17,5	5,5	6,6	10,7	788	-35,4789	-6,3106
CANGUARETAMA	61,2	102	171,8	205,8	201,4	216,6	163,8	9							

Apêndice 2- Valores anuais de I_m e I_{aunep} para as localidades da região 1 e a média da região.

I_m					
Anos	Natal	Touros	Ceará Mirim	São José do Mipibu	Média
1950	- 17,64	8,49	6,64	-15,1	- 4,41
1951	- 13,38	-31,56	-17,55	-28,1	- 22,66
1952	- 16,21	-19,72	-42,93	-33,1	- 27,99
1953	- 32,45	-34,10	-39,06	-30,6	- 34,04
1954	- 35,60	-14,62	-37,63	-32,4	- 30,05
1955	- 2,57	-8,56	-22,38	-4,5	- 9,50
1956	22,45	-27,79	-42,60	-1,5	- 12,35
1957	- 6,06	-33,73	-28,11	-37,4	- 26,32
1958	- 19,94	-50,49	-32,20	-29,7	- 33,07
1959	30,64	-9,12	-2,34	17,6	9,21
1960	50,40	-30,41	-11,75	33,2	10,35
1961	36,92	-21,49	-19,19	-11,0	- 3,69
1962	26,37	-33,62	-31,54	-0,9	- 9,91
1963	52,82	-19,53	-29,06	-7,8	- 0,89
1964	111,86	26,80	33,04	67,1	59,71
1965	55,37	-4,51	-1,24	22,7	18,07
1966	48,61	-13,15	-13,57	8,0	7,46
1967	50,37	19,42	38,04	21,6	32,36
1968	- 1,28	-29,22	-7,77	-35,1	- 18,35
1969	54,50	-21,44	2,98	-8,6	6,86
1970	22,74	-11,30	-16,77	-13,2	- 4,63
1971	40,76	7,73	12,78	26,7	21,99
1972	- 4,78	-19,44	-14,37	-6,2	- 11,19
1973	152,86	34,62	12,83	44,8	61,28
1974	87,08	38,08	58,98	191,0	93,79
1975	14,98	5,38	-7,63	48,3	15,27
1976	25,56	5,25	-9,87	35,4	14,09
1977	25,51	10,68	6,69	48,0	22,71
1978	- 4,37	-4,07	-7,48	37,2	5,32
1979	0,73	-13,62	-26,14	-12,9	- 12,97
1980	2,52	-18,37	-8,81	-25,2	- 12,46
1981	- 8,03	-15,08	-22,48	1,9	- 10,92
1982	16,35	-18,04	-11,87	-7,9	- 5,37
1983	- 24,14	-20,27	-30,05	-37,8	- 28,05
1984	54,48	7,62	13,59	28,0	25,92
1985	73,92	80,53	21,81	52,4	57,17
1986	77,36	37,85	33,66	54,0	50,71
1987	13,44	-20,05	-6,54	-14,6	- 6,95
1988	62,37	27,50	18,42	68,7	44,24
1989	- 10,25	9,61	9,45	-10,0	- 0,30
1990	- 0,77	-22,53	-11,38	-20,4	- 13,78
1991	9,91	2,27	13,98	0,4	6,63
1992	16,16	-37,24	13,44	-6,2	- 3,47
1993	- 24,45	-33,75	-36,13	-33,4	- 31,94
1994	60,25	-13,02	78,06	30,0	38,82
1995	34,71	21,01	44,40	3,4	25,88
1996	18,97	-10,61	33,71	-10,3	7,94
1997	- 5,85	-37,10	-13,03	-12,5	- 17,12
1998	25,56	-30,24	22,78	-9,2	2,24
1999	- 8,25	-23,48	1,30	-27,8	- 14,55
2000	68,67	4,19	30,52	37,4	35,20
2001	2,82	-9,36	-16,62	-23,7	- 11,72
2002	43,91	4,22	26,16	4,4	19,68
2003	8,81	-14,32	18,46	-3,6	2,34
2004	73,54	6,40	33,09	-21,7	22,82
2005	48,55	18,21	6,08	-5,2	16,91
2006	14,54	-11,09	-17,80	-27,8	- 10,54
2007	31,62	-27,16	-17,63	1,9	- 2,81
2008	86,70	4,28	10,27	16,5	29,45
2009	65,30	28,88	36,08	7,4	34,41
2010	- 6,91	-37,62	-38,19	-29,9	- 28,17
2011	62,55	-31,90	-6,77	7,3	7,80
2012	- 0,73	-40,50	-29,24	-36,7	- 26,80
2013	43,94	-17,36	-28,86	-6,0	- 2,07
2014	27,84	-27,75	-18,38	-24,8	- 10,78
2015	- 0,54	-24,72	-20,55	-29,4	- 18,81
2016	- 13,75	-36,71	-42,40	-40,5	- 33,35

I_{aunep}					
Anos	Natal	Touros	Ceará Mirim	São José do Mipibu	Média
1950	0,65	0,91	0,91	0,69	0,79
1951	0,64	0,42	0,59	0,48	0,53
1952	0,68	0,62	0,28	0,45	0,51
1953	0,46	0,43	0,35	0,49	0,43
1954	0,39	0,62	0,37	0,44	0,46
1955	0,83	0,71	0,61	0,80	0,74
1956	1,05	0,54	0,29	0,82	0,67
1957	0,79	0,39	0,51	0,38	0,52
1958	0,58	0,16	0,44	0,48	0,41
1959	1,18	0,73	0,84	1,05	0,95
1960	1,34	0,45	0,69	1,16	0,91
1961	1,26	0,58	0,67	0,79	0,82
1962	1,11	0,44	0,47	0,86	0,72
1963	1,48	0,65	0,52	0,82	0,87
1964	2,05	1,17	1,26	1,60	1,52
1965	1,43	0,78	0,84	1,09	1,03
1966	1,40	0,66	0,70	0,95	0,93
1967	1,40	1,06	1,25	1,04	1,19
1968	0,83	0,49	0,75	0,41	0,62
1969	1,41	0,55	0,91	0,71	0,89
1970	1,07	0,74	0,66	0,68	0,79
1971	1,35	0,95	1,06	1,14	1,13
1972	0,77	0,61	0,70	0,80	0,72
1973	2,48	1,23	1,02	1,34	1,52
1974	1,81	1,31	1,52	2,87	1,88
1975	1,03	0,91	0,77	1,34	1,01
1976	1,18	0,88	0,78	1,22	1,02
1977	1,10	0,94	0,93	1,39	1,09
1978	0,86	0,80	0,80	1,26	0,93
1979	0,86	0,70	0,55	0,69	0,70
1980	0,93	0,61	0,81	0,58	0,73
1981	0,79	0,67	0,62	0,89	0,74
1982	1,05	0,67	0,75	0,75	0,80
1983	0,60	0,62	0,50	0,37	0,52
1984	1,44	0,92	0,99	1,15	1,12
1985	1,66	1,74	1,14	1,42	1,49
1986	1,72	1,29	1,25	1,46	1,43
1987	0,98	0,61	0,76	0,67	0,75
1988	1,53	1,17	1,06	1,60	1,34
1989	0,75	0,95	0,94	0,75	0,85
1990	0,84	0,60	0,72	0,62	0,69
1991	0,94	0,88	1,02	0,83	0,92
1992	1,05	0,38	1,01	0,80	0,81
1993	0,58	0,44	0,40	0,44	0,46
1994	1,49	0,72	1,65	1,19	1,26
1995	1,19	1,04	1,31	0,86	1,10
1996	1,10	0,73	1,25	0,78	0,96
1997	0,79	0,38	0,71	0,71	0,65
1998	1,08	0,45	1,04	0,72	0,82
1999	0,78	0,58	0,90	0,54	0,70
2000	1,58	0,89	1,16	1,27	1,22
2001	0,87	0,70	0,62	0,58	0,69
2002	1,35	0,92	1,14	0,95	1,09
2003	0,98	0,69	1,07	0,84	0,90
2004	1,64	0,92	1,22	0,54	1,08
2005	1,34	0,95	0,88	0,75	0,98
2006	1,03	0,70	0,65	0,53	0,73
2007	1,21	0,53	0,66	0,84	0,81
2008	1,73	0,89	0,95	1,02	1,15
2009	1,57	1,16	1,24	0,95	1,23
2010	0,80	0,37	0,36	0,50	0,51
2011	1,55	0,46	0,78	0,96	0,94
2012	0,85	0,33	0,46	0,39	0,51
2013	1,29	0,65	0,52	0,75	0,80
2014	1,17	0,53	0,64	0,57	0,73
2015	0,83	0,55	0,60	0,46	0,61
2016	0,75	0,39	0,29	0,32	0,44

Apêndice 3 - Valores anuais de I_m e I_{aunep} para as localidades da região 2 e a média da região.

I_m					
Anos	J. CÂMARA	S. P. DO POTENGI	S. ANTÔNIO	NOVA CRUZ	Média
1950	-28,03	-26,21	-16,01	-23,5	-23,45
1951	-31,40	-32,27	-36,71	-35,2	-33,89
1952	-43,81	-48,38	-42,35	-45,5	-45,00
1953	-47,07	-48,32	-32,97	-42,8	-42,80
1954	-45,74	-42,48	-24,14	-32,5	-36,21
1955	-30,18	-37,47	-22,33	-42,2	-33,04
1956	-36,67	-38,82	-19,15	-36,4	-32,76
1957	-41,30	-43,63	-24,62	-45,4	-38,74
1958	-47,15	-48,10	-32,02	-47,3	-43,65
1959	-40,29	-41,18	-17,25	-31,8	-32,64
1960	-35,74	-34,45	-28,29	-40,1	-34,65
1961	-26,81	-29,95	-3,84	-35,7	-24,07
1962	-33,33	-39,90	-24,46	-36,0	-33,43
1963	-37,55	-41,29	-25,92	-33,7	-34,61
1964	-4,24	-6,67	9,06	-3,0	-1,21
1965	-24,12	-33,87	-17,42	-33,8	-27,32
1966	-41,51	-40,72	-24,02	-41,6	-36,97
1967	-6,56	-22,48	-13,95	-46,4	-22,34
1968	-28,52	-32,50	-32,17	-49,5	-35,66
1969	-34,96	-36,80	-8,97	-43,5	-31,07
1970	-30,22	-42,23	-36,87	-40,4	-37,44
1971	-21,96	-37,56	-9,66	-34,9	-26,03
1972	-41,82	-44,83	-30,61	-40,4	-39,42
1973	-22,96	-29,37	0,95	-11,9	-15,83
1974	-3,25	-13,74	27,61	-7,4	0,79
1975	-27,46	-45,48	-34,37	-17,2	-31,12
1976	-24,17	-41,72	-21,06	-5,1	-23,02
1977	-6,88	-21,70	-22,02	-42,8	-23,36
1978	-34,27	-35,09	-30,09	-13,8	-28,31
1979	-44,72	-46,31	-38,04	-27,1	-39,05
1980	-33,05	-39,17	-38,05	-30,0	-35,07
1981	-28,32	-40,36	-34,50	-34,5	-34,42
1982	-34,06	-40,48	-33,81	-29,9	-34,57
1983	-48,08	-50,48	-38,79	-40,7	-44,52
1984	-14,95	-21,61	10,54	-4,2	-7,55
1985	2,53	-19,00	8,49	9,4	0,36
1986	-9,08	-21,36	12,91	12,0	-1,39
1987	-35,53	-41,66	-24,54	-29,8	-32,87
1988	-25,02	-24,68	-12,26	-3,3	-16,32
1989	-25,55	-38,16	-10,93	-8,8	-20,87
1990	-45,41	-43,36	-33,32	-29,9	-38,01
1991	-29,92	-30,44	-22,64	-48,2	-32,81
1992	-20,88	-32,12	-42,12	-30,1	-31,30
1993	-46,97	-47,95	-10,45	-44,7	-37,52
1994	-7,55	-12,29	-33,37	-19,0	-18,06
1995	-3,41	-29,70	-32,89	-29,8	-23,94
1996	-32,11	-37,55	3,37	-26,6	-23,22
1997	-42,59	-39,87	-22,46	-23,0	-31,97
1998	-31,09	-42,91	-38,04	-44,7	-39,19
1999	-36,76	-48,03	-0,99	-38,5	-31,08
2000	-2,23	-23,22	-36,49	1,3	-15,15
2001	-43,56	-36,19	-23,77	-41,9	-36,36
2002	-33,39	-34,99	-19,89	-24,2	-28,11
2003	-36,99	-44,67	8,40	-25,4	-24,66
2004	-14,37	-21,32	-31,33	2,2	-16,20
2005	-31,47	-39,15	-35,90	-31,4	-34,47
2006	-41,96	-44,73	-15,46	-36,4	-34,65
2007	-41,77	-34,79	-14,36	-12,3	-25,80
2008	-16,61	-9,62	-3,03	-24,6	-13,45
2009	-2,52	-23,07	-36,97	-8,3	-17,71
2010	-50,82	-49,95	-12,05	-38,8	-37,92
2011	-18,71	-14,61	-42,16	-2,0	-19,38
2012	-45,21	-49,80	-28,44	-44,4	-41,96
2013	-37,26	-36,08	-34,05	-29,3	-34,17
2014	-39,49	-40,58	-29,78	-34,2	-36,00
2015	-36,50	-37,38	-40,37	-30,3	-36,14
2016	-38,87	-45,31	-46,80	-37,6	-42,14

I_{aunep}					
Anos	J. CÂMARA	S. P. DO POTENGI	S. ANTÔNIO	NOVA CRUZ	Média
1950	0,51	0,50	0,65	0,55	0,55
1951	0,43	0,41	0,39	0,38	0,40
1952	0,27	0,19	0,29	0,24	0,25
1953	0,22	0,19	0,42	0,29	0,28
1954	0,24	0,29	0,51	0,43	0,37
1955	0,48	0,38	0,59	0,30	0,44
1956	0,39	0,35	0,64	0,39	0,44
1957	0,31	0,27	0,53	0,24	0,34
1958	0,21	0,20	0,42	0,21	0,26
1959	0,33	0,31	0,64	0,47	0,44
1960	0,40	0,43	0,51	0,33	0,42
1961	0,55	0,50	0,80	0,41	0,57
1962	0,44	0,36	0,57	0,40	0,44
1963	0,37	0,31	0,53	0,44	0,41
1964	0,84	0,82	0,99	0,87	0,88
1965	0,55	0,44	0,63	0,44	0,51
1966	0,31	0,32	0,55	0,31	0,37
1967	0,78	0,61	0,70	0,23	0,58
1968	0,50	0,46	0,46	0,18	0,40
1969	0,42	0,39	0,75	0,27	0,46
1970	0,50	0,30	0,39	0,33	0,38
1971	0,63	0,37	0,75	0,42	0,54
1972	0,30	0,25	0,49	0,33	0,34
1973	0,61	0,51	0,87	0,73	0,68
1974	0,84	0,72	1,13	0,79	0,87
1975	0,52	0,24	0,43	0,64	0,46
1976	0,58	0,30	0,60	0,77	0,56
1977	0,77	0,58	0,59	0,29	0,56
1978	0,43	0,42	0,47	0,70	0,50
1979	0,25	0,23	0,37	0,51	0,34
1980	0,45	0,35	0,37	0,49	0,41
1981	0,53	0,33	0,42	0,42	0,43
1982	0,43	0,33	0,44	0,50	0,42
1983	0,20	0,16	0,35	0,32	0,26
1984	0,65	0,62	0,97	0,79	0,76
1985	0,92	0,67	0,98	0,99	0,89
1986	0,76	0,63	1,02	1,01	0,86
1987	0,41	0,31	0,57	0,49	0,44
1988	0,58	0,59	0,75	0,82	0,69
1989	0,56	0,36	0,73	0,74	0,60
1990	0,24	0,28	0,44	0,50	0,37
1991	0,50	0,49	0,62	0,20	0,45
1992	0,63	0,46	0,30	0,50	0,47
1993	0,22	0,20	0,74	0,25	0,35
1994	0,77	0,72	0,44	0,61	0,64
1995	0,80	0,48	0,45	0,47	0,55
1996	0,45	0,37	0,90	0,55	0,57
1997	0,29	0,34	0,57	0,58	0,45
1998	0,42	0,28	0,37	0,25	0,33
1999	0,39	0,20	0,86	0,36	0,45
2000	0,85	0,61	0,39	0,89	0,69
2001	0,27	0,40	0,57	0,30	0,39
2002	0,44	0,42	0,61	0,60	0,52
2003	0,38	0,26	0,96	0,57	0,54
2004	0,70	0,62	0,45	0,87	0,66
2005	0,43	0,35	0,40	0,43	0,40
2006	0,30	0,25	0,63	0,39	0,39
2007	0,30	0,41	0,70	0,69	0,52
2008	0,67	0,73	0,85	0,59	0,71
2009	0,84	0,60	0,38	0,79	0,66
2010	0,15	0,17	0,73	0,35	0,35
2011	0,67	0,72	0,30	0,85	0,63
2012	0,25	0,17	0,53	0,26	0,30
2013	0,38	0,40	0,43	0,51	0,43
2014	0,34	0,32	0,48	0,43	0,40
2015	0,39	0,36	0,33	0,47	0,39
2016	0,35	0,24	0,22	0,37	0,30

Apêndice 4 - Valores anuais de I_m e I_{aunep} para as localidades da região 3 e a média da região.

I_m						
Anos	P. Avelino	Lages	C. Novos	Cerro Corá	Santa Cruz	Média
1950	-41,60	-44,42	-34,42	- 10,01	-44,75	-35,04
1951	-48,94	-51,56	-49,94	- 31,98	-45,93	-45,67
1952	-49,22	-46,04	-45,90	- 45,48	-47,22	-46,77
1953	-55,92	-57,99	-55,04	- 44,28	-50,03	-52,65
1954	-52,34	-55,77	-48,78	- 37,15	-45,74	-47,96
1955	-38,52	-49,24	-46,27	- 28,21	-41,85	-40,82
1956	-42,82	-51,50	-42,65	- 40,83	-36,29	-42,82
1957	-44,24	-49,33	-42,76	- 41,00	-46,26	-44,72
1958	-57,43	-55,97	-55,49	- 50,80	-53,45	-54,63
1959	-45,69	-45,44	-50,18	- 35,58	-46,79	-44,73
1960	-39,68	-39,45	-34,94	- 27,09	-35,78	-35,39
1961	-42,63	-36,15	-34,04	- 19,08	-34,93	-33,37
1962	-43,38	-45,22	-45,39	- 26,22	-31,12	-38,27
1963	-33,31	-38,25	-37,80	- 21,60	-40,32	-34,26
1964	-16,41	-24,49	-18,80	- 26,71	-18,47	-10,29
1965	-41,51	-27,85	-23,05	- 1,42	-33,35	-24,87
1966	-46,06	-40,18	-42,46	- 29,54	-36,53	-38,96
1967	-27,34	-9,02	-11,99	- 20,03	-21,79	-10,02
1968	-35,71	-37,32	-8,80	- 12,70	-28,32	-24,57
1969	-46,82	-41,75	-38,80	- 27,50	-36,70	-38,31
1970	-46,03	-53,08	-49,28	- 40,69	-42,21	-46,26
1971	-34,18	-33,81	-31,53	- 15,03	-37,89	-30,49
1972	-43,32	-40,84	-38,86	- 26,72	-39,02	-37,75
1973	-30,58	-29,47	-35,94	- 24,93	-28,54	-29,89
1974	11,15	-13,24	-3,70	- 32,37	11,08	7,53
1975	-19,23	-30,40	-29,43	- 14,88	-37,67	-26,32
1976	-44,06	-45,50	-34,81	- 28,23	-31,68	-36,85
1977	-38,08	-39,43	-32,72	- 18,02	-36,46	-32,94
1978	-45,45	-47,26	-36,75	- 20,47	25,70	-24,84
1979	-49,61	-47,92	-42,30	- 37,26	-43,90	-44,20
1980	-49,40	-50,42	-46,15	- 42,82	-43,71	-46,50
1981	-39,32	-32,42	-38,66	- 4,22	-24,78	-27,88
1982	-47,53	-49,38	-45,21	- 29,18	-43,26	-42,91
1983	-55,13	-53,28	-54,92	- 49,06	-53,23	-53,12
1984	-39,13	-32,42	-41,65	- 4,05	-36,50	-30,75
1985	-13,00	-14,15	-11,34	- 35,04	-17,40	-4,17
1986	-15,46	-28,99	-27,09	- 16,73	-35,03	-24,66
1987	-47,69	-45,65	-38,26	- 37,76	-41,17	-42,10
1988	-37,86	-42,17	-17,31	- 28,59	-38,25	-32,84
1989	-6,03	-33,01	-14,49	- 3,10	-29,49	-15,98
1990	-53,43	-50,25	-48,75	- 36,76	-53,15	-48,47
1991	-36,82	-39,20	-40,48	- 24,77	-45,83	-37,42
1992	-44,02	-41,39	-32,76	- 21,79	-47,36	-37,46
1993	-54,22	-51,67	-50,88	- 21,48	-53,71	-46,39
1994	-35,88	-14,52	-27,76	- 27,76	-36,20	-28,42
1995	-21,20	-35,40	-18,53	- 8,90	-37,38	-24,28
1996	-22,54	-34,98	-33,99	- 10,53	-45,26	-29,46
1997	-48,01	-47,27	-35,77	- 20,46	-47,35	-39,77
1998	-44,83	-53,57	-53,26	- 38,56	-52,26	-48,49
1999	-42,38	-47,07	-45,15	- 28,30	-49,00	-42,38
2000	-28,64	-43,40	-22,22	- 15,82	-20,72	-26,16
2001	-47,67	-47,99	-44,51	- 31,27	-43,08	-42,90
2002	-38,71	-43,30	-34,80	- 25,46	-41,34	-36,72
2003	-43,44	-49,20	-45,35	- 39,43	-40,83	-43,65
2004	-20,24	-37,55	-13,50	- 4,37	-19,72	-19,08
2005	-48,33	-49,40	-36,14	- 38,76	-39,03	-42,33
2006	-23,91	-40,35	-27,70	- 13,21	-47,03	-30,44
2007	-46,70	-36,46	-43,34	- 34,38	-38,31	-39,84
2008	-36,78	-16,28	-27,80	- 13,31	-27,80	-19,07
2009	-12,19	-10,44	-11,49	- 33,66	-14,80	-3,05
2010	-46,33	-44,26	-49,27	- 37,13	-44,08	-44,21
2011	-27,14	-27,33	-28,88	- 19,50	-16,08	-15,99
2012	-49,38	-52,54	-57,34	- 53,84	-52,55	-53,13
2013	-51,56	-54,05	-57,82	- 43,29	-49,48	-51,24
2014	-44,52	-46,89	-47,42	- 31,39	-43,64	-42,77
2015	-41,32	-49,01	-46,05	- 38,34	-47,39	-44,42
2016	-46,16	-45,20	-44,61	- 34,80	-44,21	-43,00

I_{aUNEP}						
Anos	P. Avelino	Lages	C. Novos	Cerro Corá	Santa Cruz	Média
1950	0,31	0,26	0,37	0,64	0,25	0,37
1951	0,18	0,14	0,17	0,46	0,23	0,24
1952	0,18	0,23	0,24	0,24	0,21	0,22
1953	0,07	0,03	0,08	0,25	0,17	0,12
1954	0,13	0,07	0,19	0,38	0,24	0,20
1955	0,36	0,18	0,23	0,45	0,30	0,30
1956	0,27	0,14	0,29	0,32	0,39	0,28
1957	0,26	0,18	0,29	0,31	0,23	0,25
1958	0,04	0,07	0,08	0,15	0,11	0,09
1959	0,24	0,24	0,16	0,41	0,22	0,25
1960	0,31	0,29	0,39	0,49	0,38	0,37
1961	0,29	0,39	0,43	0,61	0,42	0,43
1962	0,28	0,25	0,24	0,51	0,46	0,35
1963	0,44	0,36	0,37	0,58	0,33	0,42
1964	0,65	0,58	0,64	1,14	0,67	0,74
1965	0,31	0,45	0,52	0,83	0,42	0,51
1966	0,23	0,33	0,28	0,51	0,39	0,35
1967	0,50	0,69	0,69	1,00	0,60	0,70
1968	0,40	0,33	0,70	0,67	0,49	0,52
1969	0,22	0,30	0,35	0,54	0,39	0,36
1970	0,23	0,12	0,18	0,32	0,30	0,23
1971	0,43	0,41	0,46	0,66	0,37	0,47
1972	0,28	0,32	0,35	0,52	0,35	0,36
1973	0,48	0,51	0,36	0,58	0,52	0,49
1974	0,98	0,72	0,83	1,21	0,96	0,94
1975	0,62	0,48	0,50	0,69	0,37	0,53
1976	0,27	0,24	0,42	0,51	0,47	0,38
1977	0,35	0,34	0,41	0,61	0,39	0,42
1978	0,24	0,21	0,39	0,60	1,06	0,50
1979	0,17	0,20	0,29	0,38	0,27	0,26
1980	0,18	0,16	0,23	0,29	0,27	0,22
1981	0,32	0,38	0,32	0,76	0,50	0,46
1982	0,21	0,18	0,25	0,48	0,28	0,28
1983	0,08	0,11	0,08	0,18	0,11	0,11
1984	0,35	0,41	0,31	0,73	0,39	0,44
1985	0,69	0,67	0,71	1,23	0,64	0,79
1986	0,64	0,49	0,51	0,65	0,42	0,54
1987	0,21	0,24	0,33	0,37	0,31	0,29
1988	0,37	0,30	0,63	0,52	0,36	0,44
1989	0,78	0,42	0,66	0,88	0,47	0,64
1990	0,11	0,16	0,19	0,39	0,11	0,19
1991	0,39	0,35	0,33	0,59	0,24	0,38
1992	0,27	0,31	0,41	0,59	0,21	0,36
1993	0,10	0,14	0,15	0,59	0,10	0,22
1994	0,40	0,66	0,51	0,53	0,40	0,50
1995	0,57	0,41	0,60	0,74	0,38	0,54
1996	0,52	0,37	0,41	0,69	0,25	0,45
1997	0,20	0,21	0,38	0,57	0,21	0,31
1998	0,25	0,11	0,11	0,36	0,13	0,19
1999	0,29	0,22	0,25	0,50	0,18	0,29
2000	0,51	0,28	0,60	0,71	0,63	0,55
2001	0,21	0,20	0,26	0,44	0,28	0,28
2002	0,35	0,28	0,42	0,54	0,31	0,38
2003	0,28	0,18	0,24	0,34	0,32	0,27
2004	0,60	0,37	0,71	0,78	0,59	0,61
2005	0,19	0,18	0,39	0,35	0,35	0,29
2006	0,52	0,33	0,50	0,69	0,22	0,45
2007	0,22	0,39	0,28	0,43	0,36	0,34
2008	0,39	0,63	0,50	0,94	0,50	0,59
2009	0,69	0,69	0,70	1,20	0,70	0,80
2010	0,23	0,26	0,18	0,38	0,27	0,26
2011	0,55	0,50	0,51	1,02	0,66	0,65
2012	0,18	0,12	0,04	0,10	0,12	0,11
2013	0,14	0,10	0,04	0,28	0,18	0,15
2014	0,26	0,22	0,21	0,48	0,27	0,29
2015	0,31	0,18	0,23	0,36	0,21	0,26
2016	0,23	0,25	0,26	0,42	0,26	0,28

Apêndice 5 - Valores anuais de I_m e I_{aunep} para as localidades da região 4 e a média da região.

I_m						
Anos	Mossoró	G. D. S. Rosado	Caraúbas	Angicos	Assu	Média
1950	-31,64	-24,02	-41,34	-46,58	- 41,93	-37,10
1951	-49,87	-47,79	-46,94	-54,96	- 54,00	-50,71
1952	-49,40	-37,26	-32,58	-49,90	- 48,96	-43,62
1953	-53,94	-54,16	-52,54	-46,85	- 53,27	-52,15
1954	-43,80	-40,81	-45,58	-48,64	- 52,03	-46,17
1955	-47,96	-36,58	-40,54	-38,64	- 40,76	-40,90
1956	-39,46	-30,93	-43,94	-48,02	- 43,36	-41,14
1957	-44,68	-19,20	-42,75	-35,26	- 34,12	-35,20
1958	-54,18	-57,15	-54,35	-55,01	- 53,19	-54,78
1959	-48,08	-31,93	-44,88	-40,58	- 47,03	-42,50
1960	-36,20	-19,76	-32,88	-37,02	- 40,60	-33,29
1961	-8,50	22,03	2,78	-18,31	- 21,36	-4,67
1962	-40,43	-41,79	-39,92	-36,60	- 45,51	-40,85
1963	-27,24	-14,54	-27,62	-27,13	- 30,46	-25,40
1964	-11,89	-19,00	-21,17	-22,50	- 15,19	-17,95
1965	-7,52	-33,93	-15,47	-23,99	- 37,03	-23,59
1966	-40,63	-41,25	-45,33	-45,36	- 41,01	-42,72
1967	-18,07	-16,46	-29,77	-20,71	- 26,47	-22,29
1968	-25,22	-33,68	-19,34	-27,02	- 34,51	-27,95
1969	-41,12	-41,12	-38,11	-37,16	- 43,64	-40,23
1970	-45,86	-42,04	-43,49	-45,81	- 45,41	-44,52
1971	-23,33	-36,30	-24,56	-15,78	- 28,36	-25,67
1972	-37,08	-28,48	-37,94	-47,66	- 37,97	-37,83
1973	-27,35	-31,83	-21,42	-36,88	- 29,13	-29,32
1974	4,17	-2,86	-4,29	1,76	11,96	2,15
1975	-10,65	-20,93	-22,24	-29,36	- 32,58	-23,15
1976	-44,22	-41,06	-31,68	-41,82	- 41,66	-40,09
1977	-27,81	-31,88	-27,88	-24,54	- 15,28	-25,48
1978	-42,09	-39,15	-23,84	-43,93	- 33,44	-36,49
1979	-47,02	-42,84	-43,12	-50,12	- 48,12	-46,24
1980	-40,65	-42,18	-42,59	-49,09	- 42,25	-43,35
1981	-46,03	-45,67	-45,13	-42,93	- 40,34	-44,02
1982	-38,15	-45,14	-48,00	-43,98	- 41,16	-43,29
1983	-55,44	-55,95	-53,02	-52,41	- 49,74	-53,31
1984	-23,93	-30,98	-28,92	-30,93	- 35,12	-29,97
1985	30,70	10,71	24,39	-7,59	13,08	9,03
1986	-15,31	-17,42	-10,53	-23,13	- 22,95	-17,87
1987	-45,23	-44,89	-39,40	-45,66	- 45,80	-44,20
1988	-23,75	-35,11	-40,58	-41,87	- 34,01	-35,06
1989	-7,87	-27,88	-3,36	-23,08	- 21,97	-16,83
1990	-49,20	-49,91	-45,11	-49,86	- 48,66	-48,55
1991	-37,65	-39,08	-41,76	-38,17	- 38,01	-38,93
1992	-38,19	-41,48	-43,11	-44,80	- 44,70	-42,46
1993	-53,93	-54,74	-55,04	-54,97	- 52,50	-54,24
1994	-15,85	-28,95	-17,72	-36,90	- 30,53	-25,99
1995	-35,99	-42,68	-22,40	-36,40	- 34,64	-34,42
1996	-27,37	-24,47	-21,38	-36,99	- 25,87	-27,22
1997	-41,76	-47,26	-45,17	-49,06	- 46,75	-46,00
1998	-53,02	-52,80	-47,94	-51,78	- 48,21	-50,75
1999	-43,50	-45,71	-40,03	-44,76	- 44,08	-43,62
2000	-29,46	-29,60	-28,34	-36,75	- 36,39	-32,11
2001	-48,13	-45,05	-41,06	-47,90	- 49,73	-46,37
2002	-36,59	-37,89	-38,29	-33,47	- 34,58	-36,17
2003	-37,51	-41,60	-32,22	-45,50	- 43,89	-40,14
2004	-25,97	-19,92	-13,34	-27,62	- 34,24	-24,22
2005	-42,24	-44,74	-46,49	-47,38	- 45,15	-45,20
2006	-41,12	-41,23	-42,68	-40,46	- 36,98	-40,49
2007	-38,77	-42,85	-40,93	-46,27	- 30,38	-39,84
2008	-32,18	-31,19	-35,84	-37,38	- 22,47	-31,81
2009	-17,11	-22,92	-24,65	-16,94	- 28,92	-22,11
2010	-42,26	-42,20	-39,16	-45,58	- 45,23	-42,89
2011	-24,52	-33,30	-19,19	-22,48	- 30,91	-26,08
2012	-53,72	-54,77	-44,63	-48,93	- 51,49	-50,71
2013	-37,69	-44,35	-51,17	-46,10	- 40,02	-43,87
2014	-42,37	-44,67	-40,83	-44,55	- 49,25	-44,34
2015	-45,71	-50,53	-49,20	-42,92	- 46,03	-46,88
2016	-48,40	-52,29	-39,71	-43,93	- 48,34	-46,53

I_{aUNEP}						
Anos	Mossoró	G. D. S. Rosado	Caraúbas	Angicos	Assu	Média
1950	0,40	0,50	0,30	0,22	0,28	0,34
1951	0,17	0,20	0,22	0,08	0,10	0,15
1952	0,18	0,37	0,41	0,17	0,18	0,26
1953	0,10	0,10	0,12	0,22	0,11	0,13
1954	0,27	0,32	0,24	0,19	0,13	0,23
1955	0,20	0,39	0,32	0,36	0,31	0,32
1956	0,34	0,44	0,27	0,20	0,28	0,31
1957	0,26	0,54	0,29	0,38	0,36	0,37
1958	0,10	0,05	0,09	0,08	0,11	0,09
1959	0,20	0,47	0,25	0,32	0,22	0,29
1960	0,35	0,56	0,41	0,34	0,29	0,39
1961	0,73	1,02	0,82	0,61	0,58	0,75
1962	0,33	0,30	0,33	0,39	0,24	0,32
1963	0,52	0,61	0,49	0,51	0,47	0,52
1964	0,69	0,60	0,59	0,61	0,68	0,63
1965	0,70	0,41	0,63	0,53	0,38	0,53
1966	0,32	0,31	0,24	0,24	0,32	0,29
1967	0,58	0,60	0,44	0,56	0,50	0,54
1968	0,48	0,43	0,57	0,49	0,39	0,48
1969	0,31	0,31	0,36	0,38	0,27	0,33
1970	0,24	0,29	0,28	0,24	0,24	0,26
1971	0,56	0,39	0,57	0,64	0,50	0,53
1972	0,38	0,51	0,37	0,21	0,37	0,37
1973	0,54	0,46	0,56	0,39	0,51	0,49
1974	0,87	0,80	0,77	0,86	0,98	0,86
1975	0,72	0,59	0,62	0,51	0,46	0,58
1976	0,26	0,32	0,46	0,30	0,31	0,33
1977	0,53	0,47	0,52	0,53	0,67	0,54
1978	0,30	0,35	0,56	0,27	0,43	0,38
1979	0,22	0,29	0,28	0,16	0,20	0,23
1980	0,32	0,30	0,29	0,18	0,30	0,28
1981	0,23	0,24	0,25	0,28	0,30	0,26
1982	0,36	0,25	0,20	0,27	0,31	0,28
1983	0,08	0,07	0,12	0,13	0,17	0,11
1984	0,54	0,45	0,48	0,45	0,41	0,47
1985	1,16	0,94	1,11	0,75	0,69	0,93
1986	0,63	0,62	0,72	0,53	0,55	0,61
1987	0,25	0,25	0,34	0,22	0,24	0,26
1988	0,54	0,41	0,32	0,30	0,43	0,40
1989	0,74	0,49	0,77	0,56	0,58	0,63
1990	0,18	0,17	0,25	0,17	0,19	0,19
1991	0,37	0,35	0,30	0,36	0,37	0,35
1992	0,35	0,31	0,28	0,25	0,26	0,29
1993	0,10	0,09	0,08	0,08	0,13	0,10
1994	0,65	0,50	0,65	0,38	0,49	0,53
1995	0,40	0,29	0,55	0,39	0,42	0,41
1996	0,49	0,53	0,54	0,37	0,50	0,49
1997	0,30	0,21	0,25	0,18	0,22	0,23
1998	0,12	0,12	0,20	0,14	0,20	0,15
1999	0,27	0,24	0,33	0,25	0,27	0,27
2000	0,49	0,49	0,51	0,39	0,39	0,46
2001	0,20	0,25	0,32	0,20	0,17	0,23
2002	0,39	0,37	0,36	0,44	0,42	0,40
2003	0,37	0,31	0,46	0,24	0,27	0,33
2004	0,50	0,58	0,66	0,47	0,42	0,52
2005	0,30	0,25	0,23	0,21	0,25	0,25
2006	0,31	0,31	0,29	0,32	0,38	0,32
2007	0,35	0,29	0,32	0,23	0,46	0,33
2008	0,41	0,44	0,40	0,38	0,53	0,43
2009	0,62	0,56	0,56	0,63	0,50	0,57
2010	0,30	0,30	0,35	0,24	0,25	0,29
2011	0,56	0,45	0,63	0,55	0,48	0,53
2012	0,10	0,09	0,26	0,18	0,14	0,15
2013	0,32	0,24	0,15	0,23	0,33	0,26
2014	0,29	0,26	0,32	0,26	0,18	0,26
2015	0,24	0,16	0,18	0,28	0,23	0,22
2016	0,19	0,13	0,34	0,27	0,19	0,22

Apêndice 6 - Valores anuais de I_m e I_{aunep} para as localidades da região 5 e a média da região.

I _a					
Anos	Jucurutu	S. dos Matos	Caicó	Parelhas	Média
1950	17,64	-6,67	-23,50	-27,73	-10,07
1951	-46,32	-51,95	-50,74	-51,27	-50,07
1952	-32,01	-32,64	-29,75	-32,28	-31,67
1953	-45,87	-47,95	-49,98	-47,23	-47,76
1954	-22,15	-32,17	-44,33	-40,53	-34,80
1955	-6,21	-11,93	-40,88	-34,32	-23,33
1956	-17,20	-33,01	-38,66	-40,65	-32,38
1957	-13,23	-11,05	-33,48	-20,05	-19,46
1958	-50,66	-52,94	-53,86	-53,02	-52,62
1959	-24,07	-33,86	-35,49	-35,85	-32,32
1960	-4,95	-11,57	-22,15	-33,05	-17,93
1961	17,80	-10,78	-12,39	-24,58	-7,49
1962	-17,21	-35,58	-32,48	-44,32	-32,40
1963	-25,48	-26,56	-12,11	-25,37	-22,38
1964	-10,73	-12,66	0,42	-11,52	-8,62
1965	-24,02	-5,93	-23,43	-36,58	-22,49
1966	-37,31	-33,70	-35,27	-31,94	-34,56
1967	-12,17	-8,64	-27,61	-14,77	-15,80
1968	-27,24	-20,41	-28,02	-30,94	-26,65
1969	-35,76	-44,41	-35,51	-27,28	-35,74
1970	-38,53	-49,46	-43,05	-49,43	-45,12
1971	-29,27	7,29	-15,91	-9,38	-11,82
1972	-33,88	-41,01	-22,48	-23,19	-30,14
1973	-26,72	-22,20	-35,65	-22,96	-26,88
1974	31,97	14,20	13,88	3,02	15,76
1975	-4,07	-7,02	-4,96	-15,03	-7,77
1976	-27,58	-36,05	-35,11	-28,17	-31,73
1977	-18,51	-17,84	-10,79	-15,70	-15,71
1978	-29,35	-30,10	-27,82	-29,04	-29,08
1979	-41,75	-36,62	-41,98	-38,07	-39,60
1980	-41,81	-47,92	-44,76	-31,88	-41,59
1981	-38,54	-37,57	-38,57	-40,20	-38,72
1982	-25,52	-38,23	-34,77	-37,22	-33,94
1983	-53,55	-51,52	-49,61	-49,99	-51,17
1984	-22,76	-15,08	-15,28	-28,14	-20,31
1985	10,34	18,44	13,56	-13,45	7,22
1986	-18,67	-0,79	-10,55	-20,45	-12,61
1987	-43,52	-29,32	-37,94	-38,34	-37,28
1988	-26,14	-27,97	-33,65	-28,39	-29,04
1989	-19,21	-18,48	-20,77	-17,10	-18,89
1990	-48,88	-45,43	-44,37	-51,41	-47,52
1991	-48,44	-39,39	-38,36	-42,43	-42,16
1992	-38,62	-43,81	-43,99	-41,99	-42,10
1993	-52,80	-51,69	-51,49	-54,15	-52,53
1994	-6,45	-15,29	-28,10	-29,51	-19,84
1995	-31,24	-29,80	-38,97	-29,76	-32,44
1996	-18,17	-32,61	-35,39	-19,77	-26,48
1997	-43,43	-48,76	-45,27	-41,57	-44,76
1998	-51,97	-51,70	-54,08	-51,59	-52,34
1999	-45,31	-42,38	-49,89	-43,77	-45,34
2000	-31,53	-38,77	-32,71	-10,67	-28,42
2001	-44,67	-43,98	-45,35	-46,78	-45,20
2002	-24,79	-35,10	-26,29	-23,54	-27,43
2003	-35,16	-41,44	-44,58	-45,09	-41,57
2004	-30,63	-14,32	-26,22	-12,24	-20,85
2005	-46,87	-45,05	-38,62	-41,83	-43,09
2006	-25,91	-29,94	-34,97	-27,37	-29,55
2007	-45,24	-41,20	-42,06	-44,74	-43,31
2008	-29,38	-4,70	-24,93	-20,69	-19,93
2009	-26,78	-5,69	-17,48	-11,59	-15,39
2010	-41,61	-42,96	-35,45	-36,98	-39,25
2011	-10,46	2,23	-24,52	-31,21	-15,99
2012	-48,49	-55,98	-55,01	-50,22	-52,42
2013	-45,47	-50,95	-42,14	-53,27	-47,96
2014	-33,72	-36,96	-41,97	-40,14	-38,20
2015	-45,65	-46,00	-48,12	-49,32	-47,27
2016	-45,12	-48,02	-38,56	-38,11	-42,45

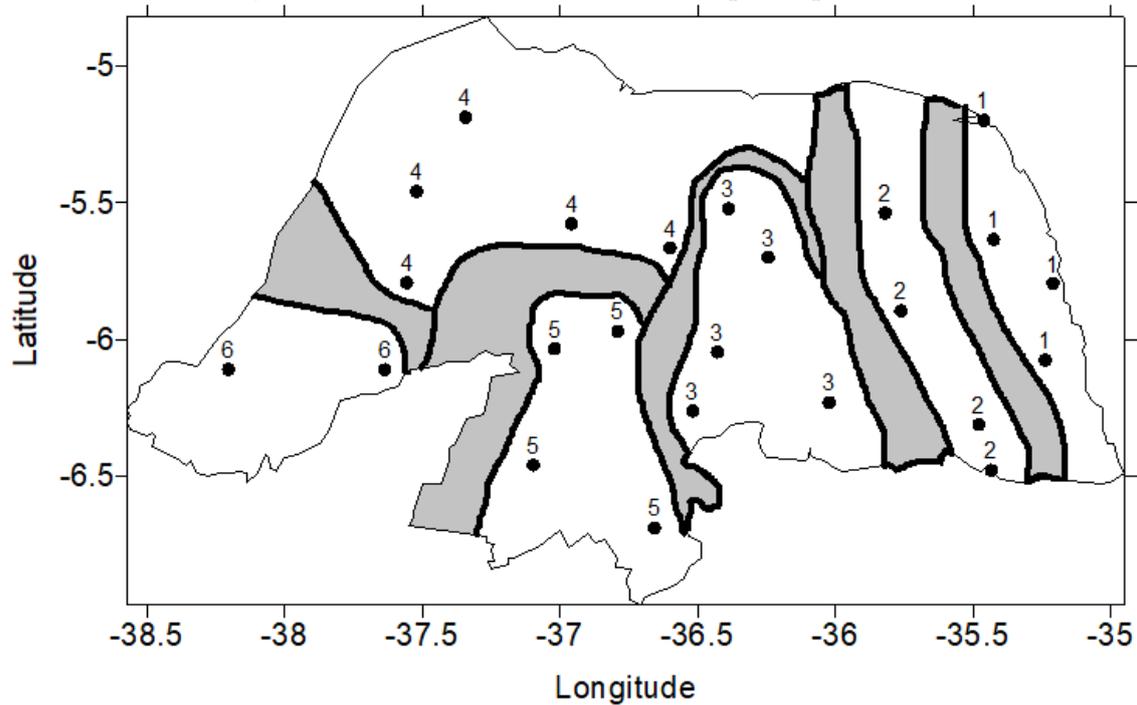
I _{aUNEP}					
Anos	Jucurutu	S. dos Matos	Caicó	Parelhas	Média
1950	0,94	0,68	0,49	0,45	0,64
1951	0,23	0,13	0,15	0,15	0,17
1952	0,40	0,42	0,45	0,43	0,42
1953	0,24	0,20	0,17	0,21	0,20
1954	0,52	0,44	0,26	0,30	0,38
1955	0,76	0,64	0,32	0,42	0,54
1956	0,59	0,42	0,34	0,32	0,42
1957	0,66	0,65	0,39	0,55	0,56
1958	0,16	0,12	0,10	0,12	0,12
1959	0,56	0,42	0,39	0,35	0,43
1960	0,72	0,60	0,49	0,38	0,55
1961	1,00	0,65	0,65	0,54	0,71
1962	0,59	0,41	0,42	0,26	0,42
1963	0,52	0,50	0,69	0,53	0,56
1964	0,72	0,71	0,86	0,71	0,75
1965	0,52	0,74	0,52	0,37	0,54
1966	0,38	0,44	0,40	0,45	0,42
1967	0,67	0,72	0,50	0,66	0,64
1968	0,49	0,56	0,51	0,47	0,51
1969	0,40	0,26	0,41	0,52	0,40
1970	0,34	0,18	0,28	0,18	0,24
1971	0,49	0,90	0,62	0,72	0,68
1972	0,42	0,32	0,58	0,55	0,47
1973	0,55	0,61	0,40	0,55	0,53
1974	1,20	0,99	1,00	0,84	1,01
1975	0,81	0,76	0,75	0,65	0,74
1976	0,51	0,39	0,39	0,47	0,44
1977	0,63	0,65	0,70	0,65	0,66
1978	0,49	0,48	0,52	0,49	0,50
1979	0,30	0,39	0,30	0,37	0,34
1980	0,30	0,20	0,25	0,43	0,30
1981	0,32	0,36	0,32	0,33	0,33
1982	0,50	0,34	0,38	0,34	0,39
1983	0,11	0,14	0,17	0,17	0,15
1984	0,53	0,60	0,59	0,47	0,55
1985	0,98	1,04	0,96	0,65	0,91
1986	0,62	0,77	0,68	0,55	0,66
1987	0,27	0,40	0,35	0,33	0,34
1988	0,51	0,51	0,42	0,50	0,49
1989	0,61	0,59	0,59	0,61	0,60
1990	0,19	0,24	0,26	0,14	0,21
1991	0,19	0,34	0,34	0,27	0,29
1992	0,36	0,27	0,27	0,30	0,30
1993	0,12	0,14	0,14	0,10	0,12
1994	0,76	0,67	0,52	0,48	0,61
1995	0,45	0,50	0,34	0,49	0,44
1996	0,60	0,41	0,41	0,58	0,50
1997	0,28	0,19	0,25	0,31	0,25
1998	0,13	0,14	0,10	0,14	0,13
1999	0,24	0,29	0,17	0,27	0,24
2000	0,47	0,35	0,45	0,70	0,50
2001	0,26	0,27	0,24	0,22	0,25
2002	0,54	0,41	0,52	0,57	0,51
2003	0,41	0,31	0,26	0,25	0,31
2004	0,47	0,63	0,50	0,67	0,56
2005	0,22	0,25	0,33	0,30	0,27
2006	0,50	0,46	0,42	0,48	0,46
2007	0,25	0,31	0,30	0,25	0,28
2008	0,43	0,67	0,53	0,53	0,54
2009	0,53	0,74	0,61	0,68	0,64
2010	0,31	0,28	0,41	0,38	0,35
2011	0,72	0,86	0,54	0,48	0,65
2012	0,19	0,07	0,08	0,16	0,13
2013	0,24	0,15	0,30	0,11	0,20
2014	0,42	0,37	0,30	0,33	0,36
2015	0,24	0,23	0,20	0,18	0,21
2016	0,25	0,20	0,36	0,36	0,29

Apêndice 7 - Valores anuais de I_m e I_{aunep} para as localidades da região 6 e a média da região.

Anos	Im		
	Patu	Pau dos Ferros	Média
1950	15,55	- 36,67	-10,56
1951	-24,36	- 41,90	-33,13
1952	23,42	- 39,55	-8,06
1953	-9,41	- 35,74	-22,57
1954	-1,09	- 32,89	-16,99
1955	-6,47	- 7,34	-6,90
1956	-7,57	- 43,28	-25,43
1957	13,76	- 26,08	-6,16
1958	-39,06	- 39,42	-39,24
1959	35,56	- 37,87	-1,16
1960	13,35	- 32,78	-9,71
1961	10,24	- 21,29	-5,52
1962	-23,15	- 33,20	-28,17
1963	-25,92	- 18,39	-22,16
1964	-9,11	- 16,85	-12,98
1965	-15,25	- 26,86	-21,05
1966	-38,44	- 33,86	-36,15
1967	-12,54	- 17,28	-14,91
1968	-16,93	- 36,77	-26,85
1969	-27,65	- 39,16	-33,40
1970	-38,51	- 46,73	-42,62
1971	-5,94	- 31,84	-18,89
1972	-21,73	- 24,58	-23,16
1973	-22,78	- 16,16	-19,47
1974	18,21	6,57	12,39
1975	5,90	- 14,88	-4,49
1976	-13,23	- 21,47	-17,35
1977	-1,08	- 13,48	-7,28
1978	-13,96	- 25,09	-19,52
1979	-40,76	- 32,94	-36,85
1980	-6,06	- 32,30	-19,18
1981	-34,65	- 25,34	-30,00
1982	-34,55	- 27,70	-31,12
1983	-41,30	- 45,20	-43,25
1984	-11,66	- 32,54	-22,10
1985	54,67	- 34,02	10,33
1986	0,19	- 9,79	-4,80
1987	-27,71	- 37,81	-32,76
1988	-12,28	- 21,07	-16,68
1989	3,81	- 11,73	-3,96
1990	-42,31	- 44,99	-43,65
1991	-31,36	- 38,16	-34,76
1992	-35,45	- 39,01	-37,23
1993	-43,74	- 54,08	-48,91
1994	-13,73	- 31,10	-22,42
1995	-25,31	- 34,11	-29,71
1996	-23,55	- 25,24	-24,39
1997	-42,56	- 37,10	-39,83
1998	-41,88	- 51,13	-46,50
1999	-34,78	- 35,88	-35,33
2000	-18,69	- 23,97	-21,33
2001	-27,12	- 42,58	-34,85
2002	-3,11	- 26,90	-15,01
2003	-14,00	- 35,11	-24,55
2004	-21,77	- 13,07	-17,42
2005	-34,80	- 44,10	-39,45
2006	-13,02	- 28,98	-21,00
2007	-23,56	- 36,99	-30,27
2008	12,95	- 11,36	0,80
2009	7,74	- 23,07	-7,67
2010	-36,07	- 42,49	-39,28
2011	-8,66	- 35,96	-22,31
2012	-40,52	- 45,08	-42,80
2013	-34,74	- 40,61	-37,68
2014	-34,73	- 51,34	-43,04
2015	-37,60	- 45,30	-41,45
2016	-42,67	- 46,56	-44,61

Anos	IaUNEP		
	Patu	Pau dos Ferros	Média
1950	0,90	0,34	0,62
1951	0,53	0,30	0,42
1952	0,98	0,32	0,65
1953	0,63	0,36	0,49
1954	0,75	0,42	0,59
1955	0,73	0,69	0,71
1956	0,70	0,28	0,49
1957	0,90	0,46	0,68
1958	0,35	0,33	0,34
1959	1,18	0,37	0,77
1960	0,89	0,40	0,64
1961	0,91	0,58	0,74
1962	0,55	0,42	0,49
1963	0,54	0,58	0,56
1964	0,76	0,63	0,70
1965	0,62	0,49	0,56
1966	0,36	0,42	0,39
1967	0,65	0,60	0,63
1968	0,63	0,39	0,51
1969	0,52	0,35	0,43
1970	0,36	0,22	0,29
1971	0,78	0,46	0,62
1972	0,59	0,54	0,57
1973	0,58	0,65	0,61
1974	1,06	0,91	0,99
1975	0,88	0,65	0,77
1976	0,67	0,60	0,63
1977	0,83	0,68	0,76
1978	0,68	0,54	0,61
1979	0,32	0,45	0,39
1980	0,71	0,40	0,55
1981	0,41	0,46	0,43
1982	0,40	0,49	0,45
1983	0,31	0,25	0,28
1984	0,66	0,39	0,53
1985	1,43	0,42	0,92
1986	0,86	0,71	0,79
1987	0,52	0,35	0,43
1988	0,66	0,54	0,60
1989	0,88	0,69	0,78
1990	0,29	0,25	0,27
1991	0,46	0,36	0,41
1992	0,41	0,35	0,38
1993	0,27	0,10	0,18
1994	0,69	0,45	0,57
1995	0,53	0,42	0,48
1996	0,56	0,53	0,54
1997	0,29	0,37	0,33
1998	0,30	0,15	0,22
1999	0,42	0,39	0,40
2000	0,64	0,57	0,61
2001	0,47	0,29	0,38
2002	0,78	0,51	0,65
2003	0,66	0,41	0,54
2004	0,59	0,66	0,63
2005	0,42	0,26	0,34
2006	0,65	0,47	0,56
2007	0,52	0,37	0,45
2008	0,94	0,70	0,82
2009	0,91	0,56	0,73
2010	0,40	0,29	0,35
2011	0,77	0,40	0,58
2012	0,32	0,25	0,29
2013	0,42	0,32	0,37
2014	0,42	0,14	0,28
2015	0,36	0,24	0,30
2016	0,29	0,22	0,26

Apêndice 8 – Regiões homogêneas de precipitação do Rio Grande do Norte usando a média climatológica (1950-2016) mensal e anual dos 24 postos pluviométricos.



Apêndice 9 - Valores de t calculado do teste de student para diferenças de médias de I_m (parte superior da linha tracejada amarela) e I_{aUNEP} (parte inferior da linha tracejada amarela), durante a atuação de eventos de escalas interanual e interdecenal e compostos interanual/interdecenal para a região 1 (litoral leste).

	ODP -	ODP +	Grad -	Grad +	La Niña	El Niño	OMA -	OMA +	Grad - / ODP -	Grad - / ODP +	Grad + / ODP -	Grad + / ODP +	La Niña / OMA -	La Niña / OMA +	El Niño / OMA -	El Niño / OMA +
ODP -		0,651	2,926	1,828	1,978	1,678	1,809	1,262	1,711	2,881	1,252	2,204	2,382	0,432	0,234	3,026
ODP +	0,830		2,207	2,323	1,405	2,126	1,056	1,822	1,333	2,197	1,729	2,658	1,986	0,017	0,732	3,367
Grad -	3,056	2,193		4,463	3,272	4,020	1,286	4,051	0,052	0,062	3,665	4,747	0,573	1,687	2,612	5,032
Grad +	1,827	2,539	4,636		0,516	0,240	3,568	0,648	2,573	4,347	0,208	0,418	3,256	1,544	1,104	1,789
La Niña	2,130	1,419	0,495	3,464		3,076	0,580	2,898	0,311	0,560	2,755	3,525	0,909	1,130	1,878	4,085
El Niño	1,723	2,334	4,174	0,298	3,263		3,138	0,738	2,551	3,958	0,377	0,086	3,195	1,559	1,146	1,372
OMA -	1,962	1,040	1,283	3,759	0,603	3,312		3,081	0,749	1,308	2,739	3,901	1,403	0,773	1,638	4,293
OMA +	1,282	2,050	4,226	0,615	3,094	0,769	3,279		2,311	3,949	0,285	1,069	2,997	1,197	0,676	2,246
Grad - / ODP -	1,780	1,306	0,070	2,669	0,279	2,663	0,729	2,410		0,093	2,319	2,749	0,500	1,183	1,717	3,359
Grad - / ODP +	3,043	2,214	0,084	4,557	0,560	4,143	1,333	4,161	0,125		3,612	4,620	0,524	1,704	2,600	4,954
Grad + / ODP -	1,459	2,090	3,963	0,008	3,065	0,246	3,074	0,480	2,514	3,937		0,531	2,962	1,265	0,801	1,719
Grad + / ODP +	1,750	2,452	4,521	0,015	3,395	0,303	3,634	0,575	2,640	4,452	0,019		3,432	1,777	1,388	1,493
La Niña / OMA -	2,544	2,046	0,625	3,457	0,946	3,399	1,464	3,198	0,554	0,561	3,250	3,422		1,757	2,336	3,982
La Niña / OMA +	0,492	0,093	1,773	1,655	1,222	1,689	0,852	1,301	1,220	1,809	1,496	1,623	1,871		0,550	2,586
El Niño / OMA -	0,182	0,837	2,704	1,193	1,984	1,263	1,735	0,773	1,759	2,717	1,039	1,158	2,464	0,569		2,340
El Niño / OMA +	3,283	3,781	5,414	2,025	4,458	1,508	4,702	2,470	3,398	5,359	1,750	1,995	4,324	2,879	2,626	
p_valor ≤ 0,1																
p_valor ≤ 0,05																
p_valor ≤ 0,01																

Apêndice 10 - Valores de t calculado do teste de student para diferenças de médias de I_m (parte superior da linha tracejada amarela) e I_{aUNEP} (parte inferior da linha tracejada amarela), durante a atuação de eventos de escalas interanual e interdecenal e compostos interanual/interdecenal para a região 2 (Agreste e parte do litoral norte).

	ODP -	ODP +	Grad -	Grad +	La Niña	El Niño	OMA -	OMA +	Grad - / ODP -	Grad - / ODP +	Grad + / ODP -	Grad + / ODP +	La Niña / OMA -	La Niña / OMA +	El Niño / OMA -	El Niño / OMA +
ODP -		1,098	3,103	1,825	3,009	2,513	1,554	0,696	1,328	3,496	1,357	1,803	2,848	1,473	0,888	4,873
ODP +	1,141		2,455	2,818	2,629	3,705	0,379	1,900	1,037	3,474	2,591	3,004	3,953	0,941	2,314	5,214
Grad -	3,205	1,801		4,534	0,139	4,884	1,577	3,661	0,698	0,696	3,976	4,319	0,870	0,842	3,148	6,723
Grad +	1,765	2,550	4,637		4,301	1,021	3,147	1,135	2,217	4,722	0,187	0,292	3,675	2,515	0,252	3,290
La Niña	3,110	1,821	0,115	4,425		4,671	1,617	3,514	0,780	0,535	3,834	4,152	0,747	0,924	3,115	6,288
El Niño	2,501	3,120	4,985	1,068	4,802		3,632	1,940	2,643	5,062	1,046	0,624	4,022	2,971	0,900	1,673
OMA -	1,617	0,306	1,617	3,194	1,642	3,700		2,170	0,390	2,146	2,620	3,006	1,933	0,384	1,947	5,671
OMA +	0,709	1,709	3,772	1,040	3,634	1,900	2,246		1,679	3,977	0,763	1,223	3,175	1,883	0,443	4,276
Grad - / ODP -	1,424	0,624	0,684	2,329	0,751	2,796	0,432	1,795		1,197	2,025	2,267	1,287	0,045	1,741	3,639
Grad - / ODP +	3,587	2,324	0,688	4,827	0,553	5,173	2,175	4,081	1,176		4,266	4,568	0,325	1,380	3,533	6,594
Grad + / ODP -	1,407	2,217	4,111	0,082	3,980	1,003	2,729	0,792	2,172	4,395		0,415	3,453	2,260	0,109	2,863
Grad + / ODP +	1,542	2,315	4,155	0,123	4,031	0,792	2,811	0,954	2,255	4,439	0,177		3,647	2,537	0,427	2,367
La Niña / OMA -	2,922	2,071	0,814	3,791	0,710	4,174	1,931	3,276	1,232	0,268	3,586	3,648		1,422	3,079	4,969
La Niña / OMA +	1,567	0,672	0,752	2,577	0,819	3,062	0,466	1,980	0,006	1,272	2,378	2,461	1,304		1,884	4,175
El Niño / OMA -	0,842	1,595	3,138	0,262	3,110	0,961	1,933	0,384	1,795	3,519	0,188	0,322	3,093	1,923		2,164
El Niño / OMA +	4,828	4,947	6,937	3,900	6,564	1,679	5,810	4,160	3,902	6,834	2,823	2,502	5,263	4,317	2,266	
p_valor ≤ 0,1																
p_valor ≤ 0,05																
p_valor ≤ 0,01																

Apêndice 11 - Valores de t calculado do teste de student para diferenças de médias de I_m (parte superior da linha tracejada amarela) e I_{aUNEP} (parte inferior da linha tracejada amarela), durante a atuação de eventos de escalas interanual e interdecenal e compostos interanual/interdecenal para a região 3 (terras altas do Planalto da Borborema).

	ODP -	ODP +	Grad -	Grad +	La Niña	El Niño	OMA -	OMA +	Grad - / ODP -	Grad - / ODP +	Grad + / ODP -	Grad + / ODP +	La Niña / OMA -	La Niña / OMA +	El Niño / OMA -	El Niño / OMA +
ODP -		0,078	2,329	1,800	2,154	2,789	1,205	1,342	1,565	2,096	1,869	0,932	2,363	0,687	1,444	4,286
ODP +	0,068		3,289	2,289	3,531	3,424	1,450	1,731	3,371	2,923	2,603	1,596	5,213	1,231	2,103	5,208
Grad -	2,560	2,386		3,857	0,176	4,691	1,251	3,489	0,151	0,188	3,772	2,655	0,959	0,862	3,310	5,920
Grad +	1,903	1,860	4,224		3,431	0,988	2,958	0,487	2,471	3,608	0,276	0,345	3,240	1,721	0,038	2,557
La Niña	2,272	2,148	0,120	3,658		4,123	1,250	3,117	0,018	0,339	3,425	2,536	0,783	0,933	3,061	5,177
El Niño	2,615	2,542	4,763	0,822	4,155		3,921	1,492	2,959	4,433	0,592	1,036	3,712	2,279	0,843	1,613
OMA -	1,264	1,128	1,401	3,122	1,307	3,755		2,528	0,925	1,033	2,908	1,796	1,739	0,035	2,427	5,339
OMA +	1,36	1,348	3,768	0,564	3,272	1,361	2,605		2,241	3,241	0,708	0,007	3,020	1,456	0,359	3,065
Grad - / ODP -	1,712	1,644	0,136	2,724	0,042	3,130	1,012	2,436		0,274	2,540	1,995	0,655	0,785	2,315	3,734
Grad - / ODP +	2,338	2,177	0,168	3,977	0,264	4,521	1,199	3,525	0,246		3,547	2,475	1,076	0,72	3,101	5,657
Grad + / ODP -	1,836	1,814	3,943	0,191	3,519	0,537	2,905	0,678	2,715	3,730		0,529	3,286	1,818	0,269	1,995
Grad + / ODP +	1,133	1,148	3,039	0,253	2,815	0,857	2,055	0,154	2,273	2,867	0,380		2,710	1,254	0,280	2,152
La Niña / OMA -	2,563	2,482	0,979	3,557	0,833	3,943	1,869	3,277	0,679	1,083	3,515	3,033		1,469	3,054	4,456
La Niña / OMA +	0,763	0,707	0,878	1,847	0,902	2,295	0,019	1,536	0,796	0,755	1,873	1,455	1,493		1,577	3,167
El Niño / OMA -	1,240	1,25	3,201	0,204	0,941	0,834	2,197	0,220	2,350	3,021	0,34	0,048	3,121	1,522		2,142
El Niño / OMA +	4,054	3,926	5,956	2,382	5,230	1,540	5,098	2,897	3,990	5,714	1,942	2,060	4,773	3,228	2,081	
p_valor ≤ 0,1																
p_valor ≤ 0,05																
p_valor ≤ 0,01																

Apêndice 12 - Valores de t calculado do teste de student para diferenças de médias de I_m (parte superior da linha tracejada amarela) e I_{aUNEP} (parte inferior da linha tracejada amarela), durante a atuação de eventos de escalas interanual e interdecenal e compostos interanual/interdecenal para a região 4 (terras mais baixas da Chapada do Apodi, litoral e tabuleiro costeiro norte).

	ODP -	ODP +	Grad -	Grad +	La Niña	El Niño	OMA -	OMA +	Grad - / ODP -	Grad - / ODP +	Grad + / ODP -	Grad + / ODP +	La Niña / OMA -	La Niña / OMA +	El Niño / OMA -	El Niño / OMA +
ODP -		0,311	2,169	2,885	2,044	3,085	0,935	1,556	1,314	1,900	2,064	3,241	2,579	0,080	1,276	5,770
ODP +	0,307		2,963	2,077	3,330	2,779	1,350	1,022	2,468	3,176	1,742	2,508	5,622	0,263	1,412	4,338
Grad -	2,430	2,327		4,348	0,259	4,447	1,245	3,354	0,203	0,180	3,641	4,599	1,333	1,970	2,693	6,415
Grad +	2,872	1,894	4,720		3,759	0,773	3,432	1,292	2,789	3,554	0,309	0,572	3,696	2,185	0,391	3,104
La Niña	2,265	2,244	0,244	4,109		3,958	1,311	2,989	0,395	0,065	3,292	3,996	1,078	1,927	2,612	5,383
El Niño	2,897	2,182	4,549	0,726	4,141		3,594	1,789	3,050	3,770	0,923	0,274	3,897	2,523	0,847	1,644
OMA -	1,031	1,130	1,378	3,553	1,418	3,511		2,290	0,706	1,198	2,685	3,736	2,088	0,865	1,831	5,859
OMA +	1,592	0,930	3,703	1,260	3,299	1,665	2,433		2,134	2,814	0,745	1,754	3,202	1,165	0,341	4,243
Grad - / ODP -	1,485	1,560	0,182	3,015	0,361	3,198	0,807	2,349		0,328	2,459	3,021	1,334	1,275	1,997	4,195
Grad - / ODP +	2,160	2,153	0,17	3,979	0,064	4,031	1,328	3,181	0,301		3,122	3,790	1,116	1,802	2,495	5,123
Grad + / ODP -	2,088	1,449	3,934	0,273	3,578	0,858	2,801	0,756	2,671	3,468		0,759	3,442	1,664	0,167	2,743
Grad + / ODP +	2,990	2,117	4,737	0,468	4,204	0,303	3,633	1,565	3,163	4,082	0,642		3,872	2,526	0,707	2,290
La Niña / OMA -	2,862	2,864	1,394	4,125	1,137	4,249	3,265	3,575	1,351	1,182	3,817	4,236		2,514	3,036	4,749
La Niña / OMA +	0,199	0,426	1,844	2,338	1,835	2,559	0,641	1,400	1,216	1,749	1,862	2,528	2,562		1,107	4,414
El Niño / OMA -	1,066	0,776	2,555	0,463	2,524	0,873	1,646	0,197	1,962	2,451	0,271	0,707	3,093	1,094		2,035
El Niño / OMA +	5,699	4,148	6,909	3,097	5,926	1,644	6,011	4,210	4,570	5,778	2,790	2,283	5,398	4,507	2,084	
p_valor ≤ 0,1																
p_valor ≤ 0,05																
p_valor ≤ 0,01																

Apêndice 13 - Valores de t calculado do teste de student para diferenças de médias de I_m (parte superior da linha tracejada amarela) e I_{aUNEP} (parte inferior da linha tracejada amarela), durante a atuação de eventos de escalas interanual e interdecenal e compostos interanual/interdecenal para a região 5 (Médio Piranhas-Açu no RN).

	ODP -	ODP +	Grad -	Grad +	La Niña	El Niño	OMA -	OMA +	Grad - / ODP -	Grad - / ODP +	Grad + / ODP -	Grad + / ODP +	La Niña / OMA -	La Niña / OMA +	El Niño / OMA -	El Niño / OMA +	
ODP -		1,290	1,549	2,719	2,193	3,209	0,439	1,525	1,351	0,954	1,658	3,550	2,935	0,306	1,241	6,68	
ODP +	1,199		3,627	1,303	4,812	2,484	2,075	0,062	4,111	2,948	0,648	2,259	7,180	1,920	0,660	4,65	
Grad -	1,657	2,511		3,578	0,714	3,963	1,088	2,671	0,324	0,337	2,678	4,215	1,789	0,907	2,144	6,42	
Grad +	2,590	1,061	3,733		3,981	0,948	2,830	1,133	2,679	2,732	0,467	0,894	4,243	2,110	0,315	3,50	
La Niña	2,234	2,978	0,672	4,081		4,332	1,753	3,178	0,221	0,966	3,161	4,548	1,179	1,499	2,609	6,45	
El Niño	2,894	1,674	3,890	0,876	4,231		3,307	1,887	3,086	3,194	1,212	0,175	4,566	2,630	0,914	1,80	
OMA -	0,579	1,629	1,079	2,941	1,695	3,197		1,775	1,074	0,594	1,882	3,576	2,609	0,020	1,453	6,21	
OMA +	1,583	0,179	2,924	1,012	3,361	1,667	2,022		2,094	1,947	0,438	1,984	3,657	1,320	0,353	4,71	
Grad - / ODP -	1,417	2,053	0,309	2,788	0,203	3,115	1,054	2,252			2,219	3,122	1,202	0,983	1,968	4,39	
Grad - / ODP +	1,085	1,905	0,321	2,907	0,914	3,218	0,610	2,195	0,532		2,069	3,310	1,945	0,521	1,723	5,10	
Grad + / ODP -	1,695	0,542	2,871	0,383	3,297	1,082	2,071	0,430	2,357	3,000			1,176	3,681	1,511	0,027	3,16
Grad + / ODP +	2,949	1,557	3,986	0,659	4,315	0,272	3,262	1,556	3,068	3,218	0,906		4,670	2,702	0,846	2,38	
La Niña / OMA -	3,021	3,592	1,784	4,405	1,197	4,597	2,608	3,864	1,198	1,929	3,850	4,624		2,373	3,255	5,98	
La Niña / OMA +	0,364	1,216	0,930	2,139	1,470	2,550	0,066	1,445	0,990	0,567	1,612	2,494	2,373		1,262	4,48	
El Niño / OMA -	1,002	0,243	1,963	0,411	2,376	0,942	1,306	0,143	1,850	1,610	0,139	0,789	3,081	1,116		2,23	
El Niño / OMA +	6,041	4,041	6,512	3,387	6,555	1,757	6,093	4,430	4,608	5,332	3,112	2,327	6,255	4,492	2,270		
p_valor ≤ 0,1																	
p_valor ≤ 0,05																	
p_valor ≤ 0,01																	

Apêndice 14 - Valores de t calculado do teste de student para diferenças de médias de I_m (parte superior da linha tracejada amarela) e I_{aUNEP} (parte inferior da linha tracejada amarela), durante a atuação de eventos de escalas interanual e interdecenal e compostos interanual/interdecenal para a região 6 (Terras com topografia mais elevada do Oeste Potiguar).

	ODP -	ODP +	Grad -	Grad +	La Niña	El Niño	OMA -	OMA +	Grad - / ODP -	Grad - / ODP +	Grad + / ODP -	Grad + / ODP +	La Niña / OMA -	La Niña / OMA +	El Niño / OMA -	El Niño / OMA +
ODP -		1,413	1,118	2,020	2,124	3,105	0,200	0,567	0,927	0,739	1,197	2,338	2,775	0,651	1,569	3,453
ODP +	1,239		3,173	0,588	4,612	2,304	1,496	1,089	3,406	2,747	0,011	1,442	6,343	2,704	1,200	3,387
Grad -	1,429	2,269		2,655	0,908	3,545	1,222	1,513	0,196	0,207	1,917	2,901	1,768	0,142	2,140	3,858
Grad +	2,129	0,614	3,020		3,534	1,260	1,706	1,378	1,969	2,128	0,380	0,622	3,889	1,825	0,363	1,864
La Niña	2,427	3,139	0,881	3,927		4,326	2,181	2,460	0,459	1,029	2,717	3,687	0,998	0,857	2,789	4,562
El Niño	2,962	1,632	3,666	1,196	4,452		2,787	2,500	2,670	2,991	1,417	0,536	4,562	2,601	0,498	0,718
OMA -	0,082	1,215	1,271	2,008	2,215	2,839		0,341	1,012	0,851	0,998	2,075	2,818	0,750	1,418	3,185
OMA +	0,754	0,555	1,957	1,310	2,905	2,279	0,759		1,202	1,107	0,730	1,798	3,038	0,964	1,214	2,938
Grad - / ODP -	1,083	1,704	0,179	2,127	0,438	2,727	1,012	1,438		0,339	1,574	2,252	1,210	0,283	1,869	3,036
Grad - / ODP +	1,055	1,877	0,196	2,518	1,010	3,206	0,940	1,549	0,313		1,554	2,431	1,827	0,034	1,855	3,364
Grad + / ODP -	1,343	0,189	2,309	0,362	3,130	1,359	1,321	0,715	1,778	1,945		0,873	3,251	1,386	0,598	1,952
Grad + / ODP +	2,272	1,035	3,082	0,558	3,876	0,545	2,195	1,623	2,330	2,669	0,800		4,050	2,135	0,088	1,177
La Niña / OMA -	2,975	3,552	1,730	4,144	1,001	4,638	2,816	3,348	1,172	1,805	3,558	4,171		1,614	3,302	4,808
La Niña / OMA +	0,870	1,613	0,196	2,136	0,916	2,811	0,785	1,302	0,309	0,022	1,694	2,341	1,673		1,711	2,988
El Niño / OMA -	1,270	0,491	2,026	0,124	2,642	0,649	1,276	0,857	1,765	1,797	0,346	0,244	3,147	1,650		1,023
El Niño / OMA +	4,074	2,678	4,607	2,327	5,355	1,029	3,897	3,382	3,426	4,100	2,357	1,551	5,396	3,621	1,407	
p_valor ≤ 0,1																
p_valor ≤ 0,05																
p_valor ≤ 0,01																