



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO  
CENTRO DE TECNOLOGIA E GEOCIÊNCIAS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL  
ÁREA DE TECNOLOGIA AMBIENTAL E RECURSOS HÍDRICOS**

**JANAINA MARIA OLIVEIRA DE ASSIS**

**VARIABILIDADE DO CLIMA E CENÁRIOS FUTUROS DE  
MUDANÇAS CLIMÁTICAS NO TRECHO SUBMÉDIO DA BACIA  
HIDROGRÁFICA DO RIO SÃO FRANCISCO**

**(Tese de Doutorado)**

Recife, novembro de 2016

JANAINA MARIA OLIVEIRA DE ASSIS

**VARIABILIDADE DO CLIMA E CENÁRIOS FUTUROS DE  
MUDANÇAS CLIMÁTICAS NO TRECHO SUBMÉDIO DA BACIA  
HIDROGRÁFICA DO RIO SÃO FRANCISCO**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Área de Concentração em Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos da Universidade Federal de Pernambuco – UFPE, em cumprimento às exigências para a obtenção do título de Doutor.

**Prof.<sup>a</sup> Dra. Maria do Carmo Martins Sobral**  
Orientadora- UFPE

**Prof.<sup>a</sup> Dra. Werônica Meira de Souza**  
Coorientadora – UFRPE/ UAG

Recife, novembro de 2016

Catálogo na fonte  
Bibliotecária Valdicêa Alves, CRB-4 / 1260

A848v Assis, Janaina Maria Oliveira de.  
Variabilidade do clima e cenários futuros de mudanças climáticas no trecho submédio da bacia hidrográfica do rio São Francisco. / Janaina Maria Oliveira de Assis. - 2016.  
187folhas, Il.; Tabs.; Qua.; Abr. e Sigl.

Orientadora: Prof.<sup>a</sup> Dra. Maria do Carmo Martins Sobral.  
Coorientadora: Prof.<sup>a</sup> Dra. Werônica Meira de Souza.

Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Pernambuco. CTG.  
Programa de Pós-Graduação Engenharia Civil, 2016.

Inclui Referências Anexas e Apêndices.

1. Engenharia Civil. 2. Semiárido. 3. Modelos climáticos. 4. Precipitação pluviométrica. 5. Recursos hídricos. I. Sobral, Maria do Carmo Martins. (Orientadora). II. Souza, Werônica Meira de (Coorientadora).

UFPE

624 CDD (22. ed.)

BCTG/2017-27



UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL

A comissão examinadora da Defesa de Tese de Doutorado

**VARIABILIDADE DO CLIMA E CENÁRIOS FUTUROS DE MUDANÇAS  
CLIMÁTICAS NO TRECHO SUBMÉDIO DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO  
SÃO FRANCISCO**

Defendida por

Janaina Maria Oliveira de Assis

Considera a candidata APROVADA

Recife, 01 de novembro de 2016

Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Maria do Carmo Martins Sobral – Orientadora  
Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Werônica Meira de Souza – Coorientadora

Banca Examinadora:

---

Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Maria do Carmo Martins Sobral - UFPE  
(Orientadora)

---

Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Josiclêda Domiciano Galvíncio - UFPE  
(Examinadora externa)

---

Ana Lúcia Bezerra Candeias - UFPE  
(Examinadora externa)

---

Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Sylvana Melo dos Santos – UFPE  
(Examinadora interna)

---

Prof. Dr. José Roberto Gonçalves Azevedo - UFPE  
(Examinador interno)

*À minha família*

*Aos meus pais, José Adonias de Assis e Jaciara Oliveira de Assis*

*Às minhas irmãs Luciana Maria Oliveira de Assis e Carla Patrícia Oliveira de Assis*

Dedico

## AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a DEUS, pois a Ele devo todas as minhas vitórias e todos os preciosos ensinamentos das fases difíceis pelas quais passei.

Aos meus pais, José Adonias de Assis e Jaciara Oliveira de Assis, pela dedicação e compreensão. Agradeço por se esforçarem tanto para me dar a formação necessária para chegar onde estou. Às minhas irmãs Luciana Maria Oliveira de Assis e Carla Patrícia Oliveira de Assis, obrigada pelo companheirismo e segurança que me guiam em vários momentos da vida. Agradeço a Everaldo Leite Albuquerque Júnior pelo amor e paciência e pelo incentivo sempre presente em todas as conquistas e em todas as dificuldades.

Um agradecimento especial à professora e orientadora Dr<sup>a</sup> Maria do Carmo Sobral, a quem tanto admiro pela sua inteligência e simplicidade. Obrigada pela oportunidade que me foi dada, por tudo o que aprendi e pela colaboração em apoiar e estimular as minhas decisões.

Outro agradecimento mais do que especial à Professora e coorientadora Dr<sup>a</sup> Werônica Meira de Souza, pela amizade e pelo aprendizado pessoal, científico e acadêmico que me foi passado. Obrigada por todo o apoio durante a pesquisa de doutorado e pela confiança em mim depositada.

À Universidade Federal de Pernambuco – UFPE, ao Centro de Tecnologias e Geociências – CTG, ao Departamento de Engenharia Civil e ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil pela construção do ideal de formação de pesquisadores e pelo apoio acadêmico ao longo do curso.

Aos professores do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil pelos ensinamentos que tanto contribuíram e sempre contribuirão para a minha constante evolução acadêmica e profissional.

Às secretárias do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil Andrea Negromonte e Claudiana Santiago pela assistência constante.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - CNPq, pelo financiamento da pesquisa de doutorado e pelas bolsas de estudos concedidas no âmbito do programa de Doutorado Sanduíche para Argentina e Alemanha.

À Technische Universitat Berlin - TUBERLIN e ao Institute for Climate Impact Research – PIK, pelo aprendizado científico durante o programa de Intercâmbio acadêmico realizado na Alemanha, em especial ao Prof. Dr. Johann Köppel, Dr<sup>a</sup> Marianna siegmund-schultze e Dr. Hagen Koch.

Aos amigos e colegas do Grupo de Pesquisa Gestão Ambiental da UFPE Renata Caminha, Gustavo Melo, Maiara Souza, Claudia Oliveira, Gérsica Moraes, Ariane Cardoso, Érika Tavares, Nailza Arruda, Maristela Casé, André Ferreira, Alessandra Maciel, Gilberto Queiroz. Obrigada pela amizade e cooperação acadêmica.

Aos autores do Software RClindex, Xuebin Zhang e Feng Yang por disponibilizarem o software gratuitamente.

A todas as pessoas e instituições públicas e privadas que colaboraram para o desenvolvimento dessa pesquisa.

A todos aqueles que direta ou indiretamente cooperaram para o fecho desta tese de doutorado, minha profunda gratidão.

*O homem chega, já desfaz a natureza  
Tira gente, põe represa, diz que tudo vai mudar  
O São Francisco lá pra cima da Bahia  
Diz que dia menos dia, vai subir bem devagar  
E passo a passo vai cumprindo a profecia  
Do beato que dizia o Sertão ia alagar  
O Sertão vai virar mar  
Dá no coração  
O medo que algum dia  
O mar também vire Sertão...*

Sá e Guarabyra

## RESUMO

As variabilidades climáticas e possivelmente as mudanças climáticas têm intensificado a problemática da escassez hídrica, sobretudo em áreas áridas e semiáridas do planeta, com alteração nos padrões pluviométricos e na temperatura. O objetivo deste trabalho é analisar as tendências climáticas e os cenários climáticos futuros para o trecho Submédio da bacia hidrográfica do rio São Francisco, visando propor estratégias de mitigação e adaptação dos impactos da variabilidade climática nessa região. Para realização deste objetivo foram utilizados dados diários de precipitação pluviométrica de 36 postos pluviométricos no período de 1964 a 2014, fornecidos pela Agência Pernambucana de Águas e Clima (APAC), Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) e Agência Nacional das Águas (ANA). Foram também utilizados dados de anomalias de Temperatura da Superfície do Mar (TSM) do Oceano Pacífico Equatorial nas regiões de Niño 1+2, Niño 3, Niño 3.4 e Niño 4, e Índices dos oceanos Atlântico Norte (TNAI) e Atlântico Sul (TSAI) no período de 1964 a 2014, oriundos da base de dados da Administração Nacional do Oceano e Atmosfera (NOAA). Para geração dos cenários foram utilizados dados do modelo ETA para os anos de 2025 e 2055 adquiridos junto ao Centro de Previsão de Tempo e Clima do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (CPTEC/INPE). Como metodologia, primeiramente foi utilizado o Índice de Anomalia de Chuvas (IAC) para caracterizar os períodos extremos secos e chuvosos, em seguida foi utilizado o software RClindex para o cálculo de 11 índices de extremos climáticos, visando monitorar e detectar as mudanças do clima e alteração do padrão pluviométrico da região. Após o processamento do RClindex foi realizada a correlação entre os 11 índices climáticos com os índices oceânicos do Pacífico e Atlântico. Foram simulados cenários futuros regionalizados para as variáveis precipitação e temperatura na região do Submédio São Francisco dos anos 2025 e 2055 com o modelo regional ETA. Por último, foram propostas estratégias para mitigação dos efeitos das variabilidades climáticas na região de estudo. Das análises efetuadas conclui-se que houve uma alteração no padrão pluviométrico do Submédio São Francisco. Os índices de extremos climáticos indicaram tendência negativa em praticamente todos os índices, com destaque para diminuição da precipitação total anual, e tendências positivas apenas para o índice de dias consecutivos secos, apontando um aumento considerável do número de dias consecutivos sem chuvas, situação que converge para a escassez hídrica na região. Constatou-se que as precipitações com tendências negativas são mais influenciadas pelas variações da Temperatura da Superfície do Mar (TSM) no oceano Pacífico em relação às variações no oceano Atlântico, evidenciando que o fenômeno El Niño influencia na redução das chuvas na bacia do Submédio São Francisco. Os resultados do índice de Anomalia de Chuva indicaram também modificação importante no padrão da precipitação, com aumento da ocorrência de anos secos em detrimento aos anos chuvosos. Diagnosticou-se que a partir da década de 1980 os anos secos passaram a predominar, se agravando na década de 1990, que se configurou como a mais seca de todo o período estudado, com a ocorrência de dois El Niños de forte intensidade. Os cenários climáticos mostraram que existe tendência de diminuição da precipitação em torno de 150 mm a 300 mm para os anos de 2025 e 2055. Já para a temperatura, estes cenários preveem aumento da temperatura em torno de 1°C a 2°C também para os anos 2025 e 2055, respectivamente. Por fim, as estratégias propostas visam mitigar os efeitos da escassez hídrica na região semiárida, indicando medidas adaptativas e preventivas às recorrentes secas que ocorrem na região.

**Palavras-chave:** semiárido, modelos climáticos, precipitação pluviométrica, recursos hídricos,

## ABSTRACT

Climate variability and possibly climate change has intensified increasingly the problem of water scarcity, especially in arid and semi-arid areas of the planet, with changes in rainfall patterns and temperature. The objective of this study is to analyze climate trends and future climate scenarios for Submédio São Francisco, aiming to propose mitigation strategies of climate variability impacts in the region. For realization of the project were used daily data of rainfall in the 1964-2014 period, provided by Pernambuco Water and Climate Agency, National Institute of Meteorology and the National Water Agencies; Temperature anomalies of the sea surface (SST) Pacific Ocean Equatorial regions of Niño 1 + 2, Niño 3, Niño 3.4, and Niño 4, and indices of North Atlantic (TNAI) and South Atlantic (TSAI) in the 1964 period 2014, derived from the database of the National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA) .; and model data ETA for the years 2015 and 2055 purchased from the CPTEC / INPE (Weather Forecast Center and Climate of the National Institute for Space Research). First we used the Rainfall Anomaly Index (IAC) to characterize the dry and rainy extreme periods then was used the RCLindex software to calculate 11 indices of climate extremes, aiming to monitor and detect climate changes and change in rainfall pattern Of region. After processing the RCLindex was carried out the correlation between the 11 climate indices with the ocean indices Pacific and Atlantic. simulated were regionalized future scenarios for the variables precipitation and temperature for the Lower-middle São Francisco the years 2025 and 2055 with the ETA model. Finally, it was proposed strategies for mitigating the effects of climate variability in the study region. The analysis performed it was concluded that there was a change in the rainfall pattern of the Creative Commons License. The extremes indices indicated negative trend in virtually all indices, especially decrease in annual rainfall, and positive trends only for the index dry consecutive days, indicating a considerable increase in the number of consecutive days without rain, a situation that converges to water scarcity in the region. It was found that the precipitation with negative trends are more influenced by variations in sea surface temperature (SST) in the Pacific Ocean in relation to changes in the Atlantic Ocean, suggesting that the El Niño influences the reduction in rainfall in the São Submédio basin Francisco. The results of Rain Anomaly index also indicated significant change in the pattern of rainfall, with increased occurrence of dry years over the wet years. It diagnosed that from the 1980s the dry years began to predominate, worsened in the 1990s, which was configured as the driest of all the period studied, with the occurrence of two El Niños intensive. The climate scenarios showed that there is a tendency of decrease in precipitation around 150mm to 300mm for the years 2025 and 2055. As for the temperature, these scenarios predict increased temperatures around 1 ° C to 2 ° C also for the years 2025 and 2055 respectively. Finally, the proposed strategies aimed at mitigating the effects of water scarcity in the semiarid region, indicating adaptive and preventive measures to recurrent droughts that occur in the region.

**Keywords:** semiarid, climate model, rainfall, water resources

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Arranjo institucional do Sistema Estadual de Meio Ambiente de Pernambuco .....	55
<b>Figura 2.</b> Emissões de gases de efeito estufa em 2005 e 2020 .....	61
<b>Figura 3.</b> Estrutura do Plano Estadual de Mudanças Climáticas de Pernambuco .....	66
<b>Figura 4.</b> Estrutura organizacional do Comitê de Bacia do Rio São Francisco .....	68
<b>Figura 5.</b> Composição por segmento do Comitê de Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco - usuários .....	68
<b>Figura 6.</b> Composição por segmento do Comitê de Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco - estados .....	69
<b>Figura 7.</b> Localização do Submédio São Francisco nos estados de Pernambuco e Bahia .....	74
<b>Figura 8.</b> Distribuição espacial da climatologia da precipitação pluviométrica anual no Submédio São Francisco .....	75
<b>Figura 9.</b> Tendência do número de anos consecutivos secos na região semiárida do Nordeste brasileiro a partir da análise de 1961 – 1990 .....	76
<b>Figura 10.</b> Classificação do uso do solo no Submédio São Francisco .....	78
<b>Figura 11.</b> Modelo digital de elevação do Submédio São Francisco .....	80
<b>Figura 12.</b> Caracterização da região hidrográfica do rio São Francisco.....	82
<b>Figura 13.</b> Distribuição espacial dos postos pluviométricos no Submédio do rio São Francisco.....	85
<b>Figura 14.</b> Identificação das regiões de Niño 1+2, Niño 3, Niño 3.4 e Niño 4 no oceano Pacífico Equatorial (a), e das regiões do TNAI e TSAI no Oceano Atlântico Tropical (b).....	91
<b>Figura 15.</b> Representação dos postos interligados por trechos retilíneos no Submédio São Francisco.....	96
<b>Figura 16.</b> Representação das linhas que interligam os postos pluviométricos .....	97
<b>Figura 17.</b> Representação da área de influência de cada posto pluviométrico na sub-bacia do Submédio São Francisco .....	98
<b>Figura 18.</b> Distribuição espacial da Precipitação Total Anual (PRCPTOT) do Submédio São Francisco em mm/ano (1964 – 2014).....	103
<b>Figura 19.</b> Gráfico da tendência linear da Precipitação Total Anual (PRCPTOT) do Submédio São Francisco em mm/ano (1964-2014).....	104
<b>Figura 20.</b> Distribuição espacial do Número Máximo de Dias Consecutivos Secos (CDD) do Submédio São Francisco em dias/ano (1964 – 2014).....	105

<b>Figura 21.</b> Gráfico da tendência linear do Número de Dias Secos Consecutivos (CDD) do Submédio São Francisco em dias/ano do (1964-2014) .....	107
<b>Figura 22.</b> Distribuição espacial do Número de Dias Consecutivos Úmidos (CWD) do Submédio São Francisco em dias/ano (1964 – 2014).....	108
<b>Figura 23.</b> Gráfico da tendência linear do Número Máximo de Dias Consecutivos com Chuva (CWD) do Submédio São Francisco em dias/ano do (1964-2014) .....	109
<b>Figura 24.</b> Distribuição espacial dos índices climáticos R10mm (a), R20mm (b) e R50mm (c) no Submédio São Francisco em dias/ano (1964 – 2014).....	111
<b>Figura 25.</b> Gráfico da tendência linear do Número de dias/ano onde a precipitação $\geq 10$ mm (R10mm) no Submédio São Francisco em dias/ano do (1964-2014).....	112
<b>Figura 26.</b> Gráfico da tendência linear do Número de dias/ano onde a precipitação $\geq 20$ mm (R20mm) no Submédio São Francisco em dias/ano do (1964-2014).....	113
<b>Figura 27.</b> Distribuição espacial do índice Simples de Intensidade Diária da precipitação (SDII) do Submédio São Francisco em mm/dia (1964 – 2014) .....	114
<b>Figura 28.</b> Distribuição espacial dos índices RX1day (a) RX5day (b), no Submédio São Francisco em mm/dia (1964 – 2014).....	116
<b>Figura 29.</b> Gráfico da tendência linear do máximo mensal de precipitação em 1 dia (RX1day) no Submédio São Francisco em dias/ano do (1964-2014) .....	117
<b>Figura 30.</b> Gráfico da tendência linear do máximo mensal de precipitação em 5 dias (RX5day) no Submédio São Francisco em dias/ano do (1964-2014) .....	118
<b>Figura 31.</b> Distribuição espacial dos índices R95p (a) e R99p (b) do Submédio São Francisco em mm/dia (1964 – 2014) .....	119
<b>Figura 32.</b> Gráfico da tendência linear dos dias muito úmidos (R95p) no Submédio São Francisco em dias/ano do (1964-2014) .....	120
<b>Figura 33.</b> Gráfico da tendência linear dos dias extremamente úmidos (R99p) no Submédio São Francisco em dias/ano do (1964-2014) .....	120
<b>Figura 34.</b> Correlações entre os índices climáticos PRCPTOT, R10mm, R20mm, R95p, R99p e RX1day e região do oceânico Pacífico Niño 1+2.....	125
<b>Figura 35.</b> Correlações entre os índices climáticos PRCPTOT, R10mm, R20mm, R95p, R99p e RX1day e região do oceânico Pacífico Niño 3 .....	125
<b>Figura 36.</b> Correlações entre os índices climáticos PRCPTOT, R10mm, R20mm, R95p e região do oceânico Pacífico Niño 3.4.....	126
<b>Figura 37.</b> Correlações entre os índices climáticos PRCPTOT, R10mm e R20mm, e região do oceânico Pacífico Niño 4.....	127

<b>Figura 38.</b> Correlações entre os índices climáticos PRCPTOT, CDD, R10mm, R20mm e R95p e o índice no oceânico Pacífico IOS .....	128
<b>Figura 39.</b> Correlações entre os índices climáticos R10mm, R20mm e SDII e região do oceânico Atlântico Norte TNA.....	130
<b>Figura 40.</b> Correlações entre o índice climático SDII e região do oceânico Atlântico sul TSA.....	130
<b>Figura 41.</b> Índice de anomalia de chuva no Submédio São Francisco .....	131
<b>Figura 42.</b> Classificação do Índice de Anomalia de Chuva do Submédio São Francisco, para o ano de 1974.....	134
<b>Figura 43.</b> Classificação do Índice de Anomalia de Chuva do Submédio São Francisco, para o ano de 1985.....	135
<b>Figura 44.</b> Classificação do Índice de Anomalia de Chuva do Submédio São Francisco, para o ano de 1993.....	136
<b>Figura 45.</b> Classificação do Índice de Anomalia de Chuva do Submédio São Francisco, para o ano de 1998.....	137
<b>Figura 46.</b> Classificação do Índice de Anomalia de Chuva do Submédio São Francisco, para o ano de 2012.....	138
<b>Figura 47.</b> Cenários climáticos da precipitação pluviométrica para o ano de 2025. Baseline (a), Eta-High2025 (b), Eta-Mid2025 (c), Eta-Low2025 (d) .....	140
<b>Figura 48.</b> Cenários climáticos da precipitação pluviométrica para o ano de 2055. Eta-High2055 (a), Eta-Mid2055 (b), Eta-Low2055 (c) .....	141
<b>Figura 49.</b> Cenários climáticos da temperatura média do ar para o ano de 2025. Baseline (a), Eta-High2025 (b), Eta-Mid2025 (c), Eta-Low2025 (d) .....	143
<b>Figura 50.</b> Cenários climáticos da temperatura média do ar para o ano de 2055. Eta-High2055 (a), Eta-Mid2055 (b), Eta-Low2055 (c) .....	144

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1.</b> Dados de entrada para o RClimdex 3.2.1 .....	47
<b>Tabela 2.</b> Índices climáticos dependente da precipitação pluviométrica diária com definições e unidades .....	87
<b>Tabela 3.</b> Exemplificação da organização dos dados de índices climáticos e oceânicos .....	93
<b>Tabela 4.</b> Classes de Intensidade do índice de Anomalia de Chuva.....	94
<b>Tabela 5.</b> Tendências dos índices climáticos extremos dependentes da precipitação pluviométrica para 36 localidades distribuídas no trecho Submédio da bacia do São Francisco.....	101
<b>Tabela 6.</b> Correlações entre os índices climáticos e os índices oceânicos do Pacífico e Atlântico .....	122

## LISTA DE QUADROS

<b>Quadro 1.</b> Principais metas obrigatórias de adaptação do Plano Estadual de Mudanças Climáticas .....	66
<b>Quadro 2.</b> Principais metas obrigatórias de Mitigação do Plano Estadual de Mudanças Climáticas .....	67
<b>Quadro 3.</b> Estratégias de adaptação aos efeitos das mudanças climáticas no semiárido voltadas aos recursos hídricos .....	147
<b>Quadro 4.</b> Estratégias de adaptação aos efeitos das mudanças climáticas no semiárido voltadas à otimização da agricultura .....	148
<b>Quadro 5.</b> Estratégias de adaptação aos efeitos das mudanças climáticas no semiárido em relação aos serviços de infraestrutura .....	148
<b>Quadro 6.</b> Estratégias de adaptação aos efeitos das mudanças climáticas no semiárido com base na conservação da biodiversidade .....	149
<b>Quadro 7.</b> Estratégias de adaptação aos efeitos das mudanças climáticas no semiárido com base no desenvolvimento de tecnologias .....	149
<b>Quadro 8.</b> Estratégias de adaptação aos efeitos das mudanças climáticas no semiárido voltadas à participação social .....	150

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ANA	Agência Nacional de Águas
APAC	Agência Pernambucana de Águas e Clima
AR4	<i>Fourth Assessment Report</i> , Quarto Relatório de Avaliação (IPCC)
ASCII	<i>American standard code for information interchange</i>
BA	BAHIA
BESM	<i>Brazilian Earth System Model</i> , Modelo Brasileiro do Sistema Terrestre
CBHSF	Comitê de Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco
CCI	<i>Climatic Chang Index</i> , Índice de Mudanças Climáticas
CCI/CLIVAR	<i>International Research Programme on Climate Variability and Predictability</i>
CCR	Câmara Consultiva Regional
CDC	Centro de Diagnóstico do Clima
CDD	Dias consecutivos secos
CEMA	Conferência Estadual de Meio Ambiente
CERH	Comitê Estadual de Recursos Hídricos
CH <sub>4</sub>	Metano
CIPOMA	Companhia de Policiamento do Meio Ambiente
CNRH	Conselho Nacional de Recursos Hídricos
CO <sub>2</sub>	Dióxido de Carbono
COBH	Comitê de Bacia Hidrográfica
CODECIPE	Coordenadoria de Defesa Civil de Pernambuco
CODEVASF	Companhia de Desenvolvimento dos Vales do São Francisco e Parnaíba
COMDEMA	Conselho Municipal de Meio Ambiente
COMPESA	Companhia Pernambucana de Saneamento
CONDEPE/FIDEM	Agência Estadual de Planejamento e Pesquisa de Pernambuco
CONSEMA	Conselho Estadual de Meio Ambiente
CPRH	Agência Estadual de Meio Ambiente
CPRM	Serviço Geológico do Brasil
CPTEC	Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos
CRH	Conselho Estadual de Recursos Hídricos
CWD	Dias úmidos consecutivos
EMATER	Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
ENOS	El Niño Oscilação Sul
ETCCDMI	<i>Expert Team on Climate Change Detection Monitoring and Indices</i>
EUA	Estados Unidos da América
FAEPE	Federação da Agricultura do Estado de Pernambuco
FAPESP	Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo
FEMA	Fundo Estadual de Meio Ambiente
FIEPE	Federação das Indústrias do Estado de Pernambuco
FUSAM	Fundação de Saúde Amauri de Medeiros
GEE	Gases de Efeito Estufa

HIDROWEB	Sistema de Informações Hidrológicas da Agência Pernambucana de Água e Clima
IAC	Índice de Anomalia de Chuva
IBAMA	Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis
ICMBio	Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade
INCT-MC	Instituto Nacional de Pesquisa em Mudanças Climáticas Globais
INPE	Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
ION	Índice Oceânico Niño
IOS	Índice de Oscilação Sul
IPCC	<i>Intergovernmental Panel on Climate Change</i> , Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas
IPA	Empresa Pernambucana de Pesquisa Agropecuária
ITEP	Instituto de Tecnologia do Estado de Pernambuco
MCG	Modelos de Circulação Globais
MCTI	Ministérios da Ciência, Tecnologia e Inovação
MMA	Ministério do Meio Ambiente
N <sub>2</sub> O	Óxido Nitroso
NCDC	<i>National Climate Data Centre</i> , Centro Nacional de Dados Climáticos
NCEP	<i>National Centers for Environmental Prediction</i>
NOAA	<i>National Oceanic and Atmospheric Administration</i> , Administração Oceânica e Atmosférica Americana
ODP	Oscilação Decadal do Pacífico
OMM	Organização Mundial de Meteorologia
ONG	Organização Não Governamental
PBMC	Painel Brasileiro de Mudanças Climáticas
PE	PERNAMBUCO
PEDI	Parque Estadual Dois Irmãos
PERH	Plano Estadual de Recursos Hídricos
PFPMCG	Programa FAPESP de Pesquisa em Mudanças Climáticas Globais
PNM	Pressão ao Nível do Mar
PNMC	Plano Nacional de Mudanças Climáticas
PNRH	Política Nacional de Recursos Hídricos
PRCPTOT	Precipitação Total Anual
R10mm	Número de dias com precipitação acima de 10 mm
R20mm	Número de dias com precipitação acima de 20 mm
R50mm	Número de dias com precipitação acima de 50 mm
R95p	Dias muito úmidos
R99p	Dias extremamente úmidos
Rede CLIMA	Rede Brasileira de Pesquisa em Mudanças Climáticas Globais
Rx1day	Quantidade máxima de precipitação em 1 dia
Rx5day	Quantidade máxima de precipitação em 5 dias consecutivos
SDII	Índice simples de intensidade diária
SECTEC	Secretaria de Ciência e Tecnologia
SECTMA	Secretaria de Ciência, Tecnologia e Meio Ambiente

SEMAS	Secretaria de Meio Ambiente e Sustentabilidade
SEPLAG	Secretaria de Planejamento e Gestão
SIGRH/PE	Sistema Integrado de Gerenciamento de Recursos Hídricos do Estado de Pernambuco
SINGREH	Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos
SIRH	Sistema de Informações de Recursos Hídricos
SISNAMA	Sistema Nacional do Meio Ambiente
SRH	Secretaria de Recursos Hídricos e Energéticos
TMAX	Temperatura Máxima
TMIN	Temperatura Mínima
TNAI	<i>North Atlantic Temperature Index</i>
TSAI	<i>South Atlantic Temperature Index</i>
TSM	Temperatura da Superfície do Mar
VCAS	Vórtices Ciclônicos de Ar Superior
ZCIT	Zona de Convergência Intertropical
ZEEC	Zoneamento Ecológico Econômico Costeiro

## SUMÁRIO

<b>APRESENTAÇÃO DA AUTORA</b> .....	20
<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	22
1.1 JUSTIFICATIVA .....	24
1.2 HIPÓTESE.....	25
1.3 OBJETIVOS .....	25
<b>1.3.1 Objetivo geral</b> .....	25
<b>1.3.2 Objetivos específicos</b> .....	25
1.4 ESTRUTURA DA TESE.....	25
<b>2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA</b> .....	27
2.1 MUDANÇAS CLIMÁTICAS E VARIABILIDADE DO CLIMA .....	27
2.2 MODELOS GLOBAIS DOS CENÁRIOS FUTUROS CLIMÁTICOS .....	30
2.3 IMPACTOS DA VARIABILIDADE CLIMÁTICA NOS RECURSOS HÍDRICOS ..	34
2.4 INFLUÊNCIA DOS OCEANOS PACÍFICO E ATLÂNTICO NO COMPORTAMENTO DA PRECIPITAÇÃO PLUVIOMÉTRICA .....	38
2.5 ÍNDICES DE EXTREMOS CLIMÁTICOS DE PRECIPITAÇÃO PLUVIOMÉTRICA.....	41
2.6 CÁLCULO DOS ÍNDICES DE EXTREMOS CLIMÁTICOS .....	45
2.7 ÍNDICE DE ANOMALIA DE CHUVA .....	47
2.8 ASPECTOS LEGAIS E INSTITUCIONAIS .....	50
<b>2.8.1 Política Nacional de Meio Ambiente</b> .....	51
<b>2.8.2 Política Nacional de Recursos Hídricos</b> .....	55
<b>2.8.3 Política Nacional sobre Mudança do Clima</b> .....	60
<b>2.8.4 Política Estadual de Enfrentamento às Mudanças Climáticas</b> .....	64
<b>2.8.5 O Comitê da Bacia Hidrográfica do rio São Francisco</b> .....	67
<b>2.8.6 Interação entre as políticas públicas analisadas</b> .....	71
<b>3. MATERIAIS E MÉTODOS</b> .....	73
3.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO .....	73
<b>3.1.1 Localização da área de estudo</b> .....	73
<b>3.1.2 Classificação climática</b> .....	74
<b>3.1.3 Características físicas</b> .....	77
3.2 DADOS CLIMÁTICOS .....	83
3.3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS .....	86

3.3.1 Índices climáticos extremos de precipitação pluviométrica .....	86
3.3.2 Índices Oceânicos no Pacífico e no Atlântico .....	90
3.3.3 Correlação linear .....	91
3.3.4 Índice de Anomalia de Chuva – IAC .....	93
3.3.5 Método de Thiessen .....	95
3.3.6 Cenários climáticos .....	98
<b>4. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>100</b>
4.1 ANÁLISE DOS ÍNDICES DE EXTREMOS CLIMÁTICOS .....	100
4.2 ANÁLISE DOS ÍNDICES OCEÂNICOS NO PACÍFICO E ATLÂNTICO .....	122
4.3 ANÁLISE DOS ÍNDICES DE ANOMALIA DE CHUVA .....	130
4.4 ANÁLISE DOS CENÁRIOS CLIMÁTICOS .....	139
<b>5. ESTRATÉGIAS DE ADAPTAÇÃO AOS EFEITOS DAS MUDANÇAS CLIMÁTICAS .....</b>	<b>146</b>
<b>6. CONCLUSÕES .....</b>	<b>152</b>
<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>155</b>
<b>ANEXO A - Localização dos postos pluviométricos .....</b>	<b>170</b>
<b>APÊNDICE A - Tendência dos índices climáticos e o valor estatístico p.....</b>	<b>171</b>
<b>APÊNDICE B – Cálculo do valor mensal dos índices RX1day e RX5day .....</b>	<b>174</b>
<b>APÊNDICE C – Valores calculados dos Índices de Anomalia de Chuva.....</b>	<b>176</b>
<b>APÊNDICE D - correlações entre os índices climáticos extremos da precipitação e as anomalias de TSM para as regiões dos oceanos Atlântico e Pacífico. ....</b>	<b>177</b>

## APRESENTAÇÃO DA AUTORA

### **MsC. Janaina Maria Oliveira de Assis**

A autora possui mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente - Rede PRODEMA, pela Universidade Federal de Pernambuco, concluído no ano de 2012 e possui graduação em bacharelado em Geografia pela Universidade Federal de Pernambuco, concluído em 2009. Possui experiência profissional na área de climatologia e análises ambientais, tendo atuado, primeiramente como bolsista de iniciação científica (2006 – 2009) e, posteriormente como geógrafa (2009-2011), fazendo parte da equipe técnica do Laboratório de Meteorologia de Pernambuco – LAMEPE e do laboratório de Hidrometeorologia do Instituto de Tecnologia de Pernambuco - HIDROMET-ITEP (2011 – 2012). Durante este período desenvolveu atividades de pesquisa voltadas à climatologia, atuando também no monitoramento da rede pluviométrica do estado de Pernambuco e na consistência estatística dos metadados e dados climáticos.

A doutoranda desenvolveu atividades de docência como Professora Tutora do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Pernambuco – IFPE entre os anos de 2013 a 2015, ministrando as disciplinas Desenvolvimento e Meio Ambiente, Planejamento Ambiental e Sistema Integrado de Gestão e, desenvolveu estágio de docência durante o período do doutorado, ministrando a disciplina Ecologia Aplicada à Engenharia, do curso de graduação Engenharia Civil da UFPE, sob a supervisão da Profa. Dra. Maria do Carmo Sobral.

A autora ampliou seus conhecimentos acadêmicos através da realização de estágios de doutorado sanduíche, financiados pelo CNPq e CAPES, na *Technische Universitat Berlin* e *Institute for Climate Impact Research*, na Alemanha, entre dezembro de 2015 a junho de 2016 e na *Facultad de Ingeniería da Universidad Nacional de Cuyo*, na Argentina, entre os meses de outubro a dezembro de 2014. Diante do exposto, a doutoranda apresenta o conhecimento necessário na área de atuação de sua pesquisa de doutorado, possuindo embasamento técnico, teórico e científico para o desenvolvimento da tese, além de contar com a colaboração de uma equipe multidisciplinar de professores e pesquisadores que possuem uma vasta experiência nas diferentes áreas da climatologia, gestão e planejamento ambiental, sensoriamento remoto e geoprocessamento.

O presente trabalho é fruto do Projeto interdisciplinar de cooperação científica internacional entre Brasil e Alemanha, *INNOVATE (Interplay between the multiple uses of water reservoirs via Innovative coupling of substance cycles in aquatic and terrestrial ecosystems)*. O interesse principal do Projeto *INNOVATE* é estudar as relações entre mudanças climáticas e formas de

uso da terra e da água na região do São Francisco. O projeto visa ajudar a encontrar alternativas sustentáveis para o desenvolvimento regional, providenciando conhecimentos para o suporte de decisões econômicas e ambientais no futuro.

## 1. INTRODUÇÃO

As variabilidades climáticas ameaçam transformar o planeta em um lugar mais desconfortável, com alterações na temperatura e precipitação em diferentes regiões do mundo. Projeta-se uma atmosfera mais quente e com mais ocorrências de eventos extremos, em frequência e intensidade, acarretando secas mais rigorosas e enchentes mais desastrosas. As variabilidades climáticas e/ou as mudanças climáticas tem intensificado cada vez mais a problemática da escassez hídrica, sobretudo em áreas áridas e semiáridas do planeta, que apresentam uma grande tendência à aridização, acompanhada da alteração nos padrões pluviométricos.

De acordo com o Quarto relatório do *Intergovernmental Panel on Climate Change* (IPCC-AR4, 2007), as projeções futuras associadas aos impactos das mudanças climáticas apontam para o aumento da frequência dos eventos extremos nas áreas semiáridas do Nordeste do Brasil, provocando, nesta região, secas mais prolongadas. Reforçando esta afirmação, pesquisadores do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE têm desenvolvido modelos regionais para cenários futuros, com maior resolução espacial. Tais modelos indicam que a temperatura poderá aumentar em função dos cenários, de 1,5 a 2,5 °C e em até 3 a 5,5 °C, até o final do século XXI, sobretudo na região semiárida brasileira. Com o aquecimento haverá aumento na evaporação e diminuição da disponibilidade hídrica (INSA, 2011).

Segundo o Relatório do Painel Brasileiro de Mudanças Climáticas (PBMC, 2013), é provável que o semiárido nordestino tenha sua precipitação reduzida em até 20% até 2040. Este relatório também indica que todo o Brasil deverá ficar ao menos 3°C mais quente até o fim do século e as precipitações podem aumentar, em média, em 30% nas regiões Sul e Sudeste e diminuir em até 40% nas regiões Norte e Nordeste. Esses percentuais do PBMC são prognósticos climáticos estimados em valores médios tomando por base os cenários do IPCC, onde estes indicam aumento de 1 a 3°C e 2 a 4°C nos cenários otimistas e pessimistas, respectivamente.

Outros resultados do Relatório do Painel Brasileiro de Mudanças Climáticas (PBMC, 2013), indicam que não apenas nos padrões pluviométricos as mudanças do clima e consequente alteração do ciclo hidrológico se evidenciam. Há grande tendência de que a mudança do clima poderá afetar as taxas de recarga de águas subterrâneas, ou seja, o recurso águas subterrâneas renováveis e os níveis de águas subterrâneas. Do mesmo modo o aumento global de temperatura tem efeito significativo no aumento da evaporação, o que poderá prejudicar a eficiência de armazenamento nos reservatórios superficiais. Esses estudos indicam ainda que o impacto da

mudança do clima deve considerar a diversidade hidrológica do território brasileiro. Diversos estudos têm sido realizados para identificação de tendências em diferentes regiões e bacias hidrográficas brasileiras, considerando as variações naturais e os possíveis efeitos da mudança do clima.

O PBMC foi criado em setembro de 2009, resultado de uma ação conjunta entre os Ministérios da Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI) e do Ministério do Meio Ambiente (MMA), fornecendo avaliações científicas sobre as mudanças climáticas para o Brasil, incluindo os impactos, vulnerabilidades e ações de adaptação e mitigação.

O IV relatório do IPCC (IPCC, 2007) indica que, em média, na maioria dos modelos, existe uma maior probabilidade de redução das chuvas no Nordeste brasileiro, como consequência das mudanças climáticas globais. As projeções apresentadas no Relatório do Clima do INPE (CPTEC/INPE, 2007) mostram que, pelo fato de praticamente todos os modelos convergirem numa situação de clima mais seco, considera-se essas projeções como tendo um grau de certeza grande. Considerando o modelo do Centro Climático Britânico, o HadCM3 e o cenário pessimista, relata-se uma tendência de extensão da deficiência hídrica para a região Nordeste do Brasil, particularmente para a região semiárida, que sofre uma forte tendência de “aridização” até o final do século XXI (INSA, 2011).

O déficit hídrico constatado no semiárido juntamente com as altas taxas de evapotranspiração vem repercutindo negativamente em setores como agricultura, abastecimento de água, geração de energia elétrica, entre outros. Tendo em vista que a disponibilidade hídrica no semiárido é bastante dependente da pluviometria, o abastecimento de água depende predominantemente das chuvas, uma vez que o aquífero tem pouca capacidade de armazenamento.

Para analisar as variabilidades climáticas e as mudanças climáticas sobre o Nordeste do Brasil, é importante identificar os processos que influenciam o padrão das distribuições pluviométricas, tanto espacial quanto temporal. Um fator relevante a ser destacado nesse contexto, é a irregularidade na distribuição dos índices pluviométricos, associado à alta variabilidade interanual da precipitação na região tropical, com anos secos e outros chuvosos. Segundo Marengo (2011), diversos fatores podem contribuir para explicar a alta variabilidade da precipitação sobre o Nordeste do Brasil, dentre os quais, podem ser citados, a flutuação nos valores de Temperatura da Superfície do Mar (TSM) do Oceano Pacífico Tropical e do Atlântico. No geral, os valores das anomalias das TSMs, do Pacífico Tropical e Atlântico, estão

associados a mudanças no padrão da circulação da geral da atmosfera e conseqüente variações na precipitação do Nordeste do Brasil.

No Nordeste brasileiro a precipitação é uma das variáveis meteorológicas mais importantes, sua variabilidade espacial e temporal é determinante para caracterizar o clima local. Nesse contexto este trabalho tem como objetivo analisar as tendências climáticas e os cenários futuros para o Submédio São Francisco. Diante do exposto, esta pesquisa busca responder à seguinte pergunta: Com base nas séries históricas de precipitação e nos cenários do clima futuro é possível detectar tendências de longo período no padrão de chuva relacionadas às variabilidades climáticas?

### 1.1 JUSTIFICATIVA

O semiárido nordestino é uma região bastante afetada, tanto economicamente e socialmente, como em relação a eventos naturais, principalmente pelas secas. Estudos frequentes do IPCC-AR4 de 2007, apontam impactos como déficit hídrico, aumento da temperatura, maior evapotranspiração, entre outros. Em um mundo com desigualdades nos recursos naturais, sociais e econômicos, já pode-se afirmar que as variabilidades climáticas poderão, ainda mais, influenciar nas desigualdades regionais e/ou intra-regionais.

Diante desses cenários, é preocupante o fato de o semiárido brasileiro ser apontado como uma das regiões da América do Sul mais vulneráveis, podendo sofrer com a diminuição da frequência de chuvas, com secas mais prolongadas e frequentes, com o aumento dos processos de desertificação, e, conseqüentemente, com o aumento dos índices de pobreza e migração.

Estudos do MMA (2010), afirmam que se se mantiver o nível atual de degradação ambiental no Nordeste, é possível que até 2050 o semiárido venha a se tornar árido, o subúmido seco venha a se tornar semiárido, e o subúmido úmido venha a se tornar subúmido seco. Nesse contexto, a vulnerabilidade social do semiárido brasileiro aumentará significativamente, com graves conseqüências políticas, econômicas e sociais para todo o País.

O motivo da escolha do Submédio São Francisco como área de estudo se deu em função primeiramente da importância da bacia hidrográfica do rio São Francisco, não apenas pelo volume de água transportado em uma região semiárida, mas também por sua contribuição histórica e econômica para a região. Optou-se pelo Submédio por ser o trecho mais representativo da porção semiárida da bacia, que abrange mais de 50% do estado de Pernambuco e boa parte da porção Norte do estado da Bahia e, também em função da disponibilidade e acesso às séries de dados climáticos.

## 1.2 HIPÓTESE

Esta pesquisa encontra-se ligada à hipótese de que as variabilidades climáticas e possivelmente as mudanças no clima têm exercido impactos nos recursos hídricos, na economia e na população, associados principalmente aos extremos climáticos (secas e enchentes). Pressupõe-se que se as previsões do IPCC se confirmarem, essas variabilidades climáticas causarão impactos diretamente nos recursos hídricos, acarretando aumento da frequência e intensidade de eventos climáticos extremos na região do Submédio São Francisco, com probabilidade de ocorrência de secas mais intensas e prolongadas.

## 1.3 OBJETIVOS

### 1.3.1 Objetivo geral

Analisar as tendências climáticas e os cenários futuros para o Submédio São Francisco, visando propor estratégias de mitigação dos impactos da variabilidade climática nessa região.

### 1.3.2 Objetivos específicos

- Avaliar os índices de detecção de mudanças climáticas da precipitação pluviométrica e as tendências climáticas nas escalas espacial e temporal através do software RClimdex;
- Identificar a influência dos oceanos Pacífico e Atlântico no comportamento das chuvas do Submédio São Francisco a partir da correlação entre as TSMs e os índices climáticos;
- Identificar e caracterizar os extremos climáticos (períodos secos e chuvosos) utilizando o índice de Anomalia de Chuva (IAC);
- Determinar os cenários climáticos futuros para as variáveis da precipitação pluviométrica e temperatura média do ar para os anos de 2025 e 2055;
- Propor estratégias para mitigar os efeitos das variabilidades climáticas no Submédio do São Francisco.

## 1.4 ESTRUTURA DA TESE

A tese está estruturada em seis capítulos dispostos conforme apresentado a seguir.

No primeiro capítulo está a introdução, que apresenta o tema, a hipótese, justificativa da pesquisa e os objetivos gerais e específicos.

No segundo capítulo encontra-se a fundamentação teórica, onde é feita a conceituação científica da pesquisa, abordando os conceitos e discussões acadêmicas sobre os índices de extremos climáticos; método de cálculo dos índices de extremos climáticos; influência dos oceanos Pacífico e Atlântico no comportamento da precipitação pluviométrica; índice de anomalia de chuva; considerações sobre mudanças e variabilidade do clima; modelos globais e regionais dos cenários futuros climáticos; impactos da variabilidade climática nos recursos hídricos e aspectos legais e institucionais.

No terceiro capítulo estão descritos os materiais e métodos utilizados na pesquisa, com a delimitação e caracterização da área de estudo, classificação climática, características físicas e os procedimentos metodológicos utilizados para a concretização de cada objetivo e obtenção dos resultados.

No quarto capítulo estão apresentados os resultados obtidos no decorrer da investigação, tendo como instrumento as análises dos índices de extremos climáticos, índices oceânicos no Pacífico e Atlântico, índices de anomalia de chuva, análise dos cenários climáticos e a discussão sobre cada um deles, simultaneamente.

No quinto capítulo são descritas as estratégias de adaptação e mitigação à convivência no semiárido e enfrentamento dos eventos de estiagem e seca, divididas pelos temas: recursos hídricos, agricultura, governança, infraestrutura, conservação da biodiversidade e uso de tecnologias.

No sexto capítulo estão as conclusões da pesquisa, apresentando as principais considerações acerca dos resultados obtidos.

Em seguida são apresentadas as referências bibliográficas utilizadas para a construção da tese, incluindo artigos científicos, teses, dissertações, livros, websites e demais fontes de informações científico-acadêmicas. Por fim são apresentados os apêndices e anexos.

## 2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Neste capítulo encontra-se a conceituação que delimita o campo teórico da pesquisa, auxiliado por conceitos de mudanças climáticas. Introduce sobre mudanças e variabilidades do clima; modelos globais e regionais dos cenários futuros climáticos; impactos da variabilidade climática nos recursos hídricos; influência dos oceanos Pacífico e Atlântico no comportamento da precipitação pluviométrica; índices de extremos climáticos de precipitação pluviométrica; cálculo dos índices de extremos climáticos; índice de anomalia de chuva e aspectos legais e institucionais.

### 2.1 MUDANÇAS CLIMÁTICAS E VARIABILIDADE DO CLIMA

Muito se tem cogitado, tanto no meio científico como na mídia em geral, sobre possíveis mudanças climáticas globais que estariam em curso, modificando os padrões climáticos. Especula-se que, a emissão cada vez maior de gases poluentes, principalmente o dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), estaria comprometendo, de forma sem precedente, o meio ambiente. Entre as possíveis evidências destas alterações no ambiente local estariam: o efeito estufa, a inversão térmica e principalmente alteração no ciclo hidrológico (ARAÚJO, 2009).

Significativas mudanças climáticas globais foram observadas ao longo do século passado. Como foi relatado no documento síntese de construção do 5º Relatório de Avaliação (AR5) do Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas (IPCC, 2013). O aquecimento do sistema climático é inequívoco e muitas das mudanças observadas foram sem precedentes e sobre diferentes escalas temporais (STOCKER et. al., 2013). A síntese do relatório também indicou que eventos extremos de clima estão relacionados ao aumentando da frequência, gravidade e duração da precipitação (SELEY et. al., 2014; YILMAZ et. al., 2014). De acordo com Grassi et. al. (2013), Change et. al. (2013) e Zhang et. al. (2014), os eventos climáticos extremos estão diretamente relacionados com mudanças climáticas, que tem induzido anomalias hidrológicas e térmicas, refletindo diretamente no modo de vida de toda população e alterando as relações existentes.

O clima desempenha determinado controle em relação às atividades humanas e o desenvolvimento das mesmas. Na maioria das vezes, essas atividades são diversificadas em função das condições climáticas locais e os eventos extremos, que estejam ligados à temperatura e à precipitação fora da normalidade, interferem diretamente na qualidade de vida das

populações. As condições climáticas ocorrem diferentemente no ponto de vista espacial e os fenômenos climáticos variam na escala sazonal e interanual, podendo se apresentar de maneira favorável ou desfavorável em diferentes momentos e lugares (SALGUEIRO, 2005).

Dessa forma, a frequente atenção às mudanças climáticas globais levou a Organização Mundial de Meteorologia (OMM) a criar o *Intergovernmental Panel on Climate Change* (IPCC) no ano de 1988. Desde que foi implantado, o IPCC elabora relatórios com descrição de diagnóstico e previsão do clima global. O relatório de 2007 descreve que, no século XX, houve um aumento de 0,65°C na média da temperatura global. Para a precipitação, o aumento variou de 0,2% a 0,3% na região tropical, compreendida entre 10° de latitude Norte e 10° de latitude Sul, cujas causas podem ser de ordem natural ou antrópica ou, ainda, uma soma das duas (IPCC, 2007).

Os cenários elaborados através de modelos matemáticos baseados em dados registrados dos oceanos, biosfera e atmosfera, preveem um aumento entre 1,4°C e 5,8°C na temperatura média global até o final do século XXI, considerando o cenário mais pessimista (IPCC, 2007). No entanto, em estudos da OMM, a temperatura poderá subir em até 0,088°C por década, chegando próximo da situação mais otimista indicada no relatório do IPCC.

Com o aquecimento global, espera-se, para um futuro próximo, cenário de clima mais extremo com secas, inundações e ondas de calor mais frequentes. Impactos como a elevação do nível dos oceanos e furacões mais intensos e mais frequentes, também poderão ser sentidos, como o exemplo do derretimento das geleiras nos polos (SALATI et al., 2007). Segundo Thomas (2004), com a elevação das temperaturas, algumas espécies de plantas e animais estarão ameaçadas de extinção até o ano 2050, considerando-se o cenário mais otimista.

De acordo com a OMM, a mudança climática corresponde a todas as formas de inconstâncias climáticas, independente da sua natureza estatística, escala temporal ou causas físicas. Pode ser considerada como qualquer alteração de um dos principais elementos do clima, ou seja, temperatura, precipitação, pressão, umidade do ar, que persista por mais de 30 anos. No que se refere à variabilidade climática, esta pode ser definida como a maneira pela qual os elementos climáticos variam no interior de um determinado período de registro em uma série temporal. A variabilidade climática é também definida por ciclos que se repetem em intervalos fixos de tempo, como os episódios de El Niño / Oscilação Sul (ENOS) que apresentam periodicidades de 22, 11, 6 e 3 anos, de diferentes magnitudes e, portanto, responsáveis por graus variados de impactos regionais (IPCC, 1995).

Na região Nordeste e em particular no semiárido é grande a variabilidade da precipitação no tempo e no espaço, sendo frequente a ocorrência de períodos secos durante a estação chuvosa que, dependendo da intensidade e duração, provocam intensos danos na agricultura, tanto irrigada quanto de sequeiro, gerando impactos mais severos na segunda.

Apesar da dificuldade de se separar as variações climáticas naturais daquelas resultantes da ação antrópica, o quarto relatório do IPCC (IPCC-AR4, 2007) conclui, de acordo com bases científicas das mudanças climáticas, com acima de 90% de confiança, que o aquecimento global dos últimos 50 anos é causado em grande escala pelas atividades humanas. Segundo o MMA (2008), o aquecimento do planeta pela interferência humana, apesar de incerto quanto à sua magnitude, tornou-se um fato aceito pela comunidade científica. Por ser global, o problema une a todos em torno de si, na busca por caminhos e soluções que permitam que a civilização continue a prosperar em sua trajetória futura.

Existem inúmeras incertezas quanto aos cenários de mudanças climáticas, que vão desde a pertinência de se usar modelos climáticos globais para estimar alterações decorrentes do aquecimento global, passando pelas incertezas quanto às emissões dos gases de efeito estufa no século XXI, como também pelos limites dos modelos na representação dos processos físicos. Além disso, segundo Marengo (2007a):

“Uma outra fonte de incerteza relacionada é a dificuldade que estes modelos têm para representar adequadamente características do clima regional, que é onde há interesses de se avaliar impactos em setores econômicos, na sociedade e no meio ambiente”.

Além disso, tem sido recorrente, tanto nos modelos globais do quarto Relatório do IPCC (IPCC-AR4, 2007) quanto nos modelos regionais, a convergência para o aumento da temperatura na América do Sul, não existindo consenso quanto à precipitação. Entretanto, estudos relacionados às mudanças climáticas, baseados em dados observacionais, vêm demonstrando a redução de precipitações em regiões áridas e semiáridas no mundo (MOURA et. al., 2006; LACERDA et. al., 2010). Na Austrália o Ministério das Mudanças Climáticas espera uma redução do escoamento superficial provocado pela mudança no sistema de precipitação, combinado com o aumento da evapotranspiração, a redução de vazão nas próximas décadas em importantes bacias será severa (DEPARTMENT OF CLIMATE CHANGE, 2012).

Resultados do Sumário Executivo do primeiro Relatório de Avaliação Nacional (PBMC, 2013), do Painel Brasileiro de Mudanças Climáticas, indicam que não apenas nos padrões pluviométricos as mudanças do clima e consequente alteração do ciclo hidrológico se

evidenciam. Há grande tendência de que a mudança do clima poderá afetar as taxas de recarga de águas subterrâneas, ou seja, o recurso águas subterrâneas renováveis e os níveis de águas subterrâneas. Do mesmo modo o aumento global de temperatura tem efeito significativo no aumento da evaporação o que poderá prejudicar a eficiência de armazenamento nos reservatórios superficiais.

No caso do semiárido do Nordeste brasileiro, por já apresentar alto potencial para evaporação em função de altas temperaturas, independentemente do que possa vir a ocorrer com as chuvas diante do aquecimento global, já passaria a existir maior evaporação dos corpos hídricos superficiais como lagos, açudes e reservatórios, possibilitando maior presença de vapor de água na atmosfera e, conseqüentemente contribuindo para o aumento do efeito estufa e o aquecimento global. Dessa forma permitiria uma maior condensação e, portanto, a possibilidade de chuvas mais episódicas. De acordo com Marengo (2007a), as mudanças climáticas em curso apontam que as temperaturas podem aumentar de 2 a 5°C no Nordeste do Brasil, até o final do século XXI. Diante disso, estima-se que a caatinga será substituída por uma vegetação mais árida. O clima mais quente e seco afeta diretamente as atividades produtivas e poderá provocar grandes levas de migração para as grandes cidades da região ou para outras regiões do país.

Segundo o Índice de Mudanças Climáticas (CCI), na América do Sul para o futuro, preparado pelo Instituto Meteorológico da Suíça, as regiões brasileiras mais vulneráveis à variabilidade e mudanças de clima são a Amazônia e o Nordeste do Brasil. Bessat (2003) afirma que:

“As mudanças climáticas previstas deverão repercutir nas grandes áreas de florestas e de pastagens, nos ecossistemas das montanhas e nas áreas de transição entre os tipos de vegetação, por serem considerados extremamente vulneráveis”.

Ainda de acordo com o mesmo autor, a evolução do clima terá conseqüências maiores sobre o ciclo hidrológico, modificando a intensidade e a distribuição espaço-temporal das precipitações, o escoamento de superfície e a recarga dos lençóis freáticos, com incidência sobre os ecossistemas naturais e as atividades humanas.

## 2.2 MODELOS GLOBAIS DOS CENÁRIOS FUTUROS CLIMÁTICOS

Um grande desafio para os cientistas é estimar futuras mudanças climáticas e, instrumentos muito úteis para estas estimativas são os modelos climáticos. No entanto, não é possível para qualquer modelo simular exatamente a complexidade do mundo real. É por isso que as saídas dos modelos climáticos só podem ser tomadas como projeções de possíveis mudanças climáticas futuras.

Informações sobre as alterações climáticas a nível global, regional e escalas locais são necessárias a fim de desenvolver a adaptação e estratégias de mitigação em patamar nacional e internacional. Essa informação ainda é afetada por um alto nível de incerteza, os limites do nosso conhecimento e a modelagem do sistema climático (GIORGI, 2005).

As projeções de cenários climáticos são realizadas, comumente, através de Modelos Climáticos Globais (GCMs). Tratam-se de modelos numéricos capazes de descrever os principais processos físicos e dinâmicos da atmosfera, do oceano e da superfície terrestre, bem como as interações entre esses componentes e os mecanismos de retroalimentação (feedbacks), simulando a resposta do clima global às concentrações de gases de efeito estufa e de aerossóis (Campos, 2011).

De acordo com Santos e Mendes (2015), nos modelos climáticos as principais incertezas são análogas às que são encontradas nos modelos de previsão do tempo e tem a sua origem na impossibilidade de simular seguramente os fenômenos à escala de quilômetro. As tentativas de parametrizar tais fenômenos não revelam inteiramente o problema.

Segundo Murphy et. al. (2004) e Stainforth, Aina e Christensen (2005), resultados obtidos permitem concluir que a incerteza no aumento projetado da temperatura média global até o final do século XXI é ainda considerável, sobretudo à escala regional. Para diminuir a incerteza será necessário que os modelos adquiram a capacidade de descrever os processos atmosféricos em escalas da ordem de 1 km, como por exemplo, a distribuição espacial do vapor de água e das nuvens.

Ainda de acordo com Murphy et al. (2004) e Stainforth, Aina e Christensen (2005) para poder quantificar com menor incerteza as variações projetadas para os vários indicadores do clima, tais como a temperatura média, a distribuição da precipitação ao longo do ano e a frequência dos fenômenos climáticos extremos, é necessário desenvolver a investigação sobre o clima e construir modelos climáticos mais realistas, que incluam os vários subsistemas e descrevam fenômenos em escalas espaciais menores do que as dos modelos atuais.

De acordo com Chapman, Stainforth e watkins (2013), os modelos climáticos têm melhorado ao longo das décadas. Um exemplo disso pode ser observado nos diferentes modelos trabalhados nos relatórios do IPCC de 1995 e no de 2007. Os modelos de clima que estão sendo utilizados para a construção quinto relatório do IPCC (IPCC, 2013a), garantem a sensibilidade dos modelos utilizados anteriormente, no entanto são atualmente mais realistas, sobretudo em relação aos eventos de precipitação e aumento dos gases de efeito estufa. Ainda de acordo com

Chapman, Stainforth e watkins (2013), um aumento da resolução e parametrização física dos modelos implica em uma representação mais realista das variáveis meteorológicas, embora isto não apresente a mesma configuração em relação aos modelos globais e regionais.

Embora o enorme avanço científico e computacional das últimas décadas tenha possibilitado um maior entendimento do sistema climático e contribuído valiosamente para a análise das possíveis causas e futuros impactos das mudanças climáticas globais, as incertezas que permeiam as projeções de clima, tais como as reportadas pelo quarto relatório do IPCC, ainda continuam muito grandes, principalmente em escala regional (SANTOS e MENDES, 2015).

Estudos já realizados apontam para a fragilidade dos modelos. Keirle e Hayes (2007) afirmam que quando se trata de quantificar os potenciais impactos das alterações climáticas sobre os recursos hídricos, ainda mais problemas surgem. Os Modelos de Circulação Globais (MCG) geralmente operam em uma escala sazonal ou anual em todos os continentes, mas são necessárias escalas muito menores (temporal e espacial) para a captação em modelagem hidrológica. Por exemplo, a resolução espacial do Modelo 43 “Hadley Centre's” HadGEM1 é de 135 km x 135 km, o que significa que para um grande rio, como o Danúbio sua bacia hidrográfica é representada apenas por 45 grades (como a área da sua bacia hidrográfica é de cerca de 817.000 km<sup>2</sup>), enquanto que um bom número de rios na Cornualha (Inglaterra) estão apenas a poucos quilômetros da fonte para o mar, nesse caso a resolução espacial oferecidas pelo HadGEM1 é totalmente inadequada.

Uma outra questão colocada por Keirle e Hayes (2007) é em relação à precipitação, pois os MCG's apresentam uma resolução espacial geralmente grosseira, ou seja, eles geram uma precipitação média ao longo de uma grade para um longo período de tempo e grandes escalas espaciais. Todavia, eles não levam em conta a variação espacial e temporal da precipitação em uma escala mais detalhada, que pode produzir resultados significativos, que normalmente são esquecidos nos estudos de impactos climáticos. A situação complica-se ainda mais se levado em conta a diversidade geológica, do uso da terra e dos padrões de uso da água, os quais influenciam diretamente o regime hidrológico regional e local, produzindo respostas diferenciadas à variabilidade e modificações climáticas. Apesar disso, Klein et. al. (2013), afirma que as simulações de precipitação melhoraram, embora as dificuldades em escala regional ainda permaneçam sub e superestimando a intensidade dos eventos de precipitação.

Por outro lado, resultados positivos também são relatados em favor dos modelos atmosféricos e climáticos. Mendes e Marengo (2010) realizaram uma regionalização por meio de redes

neurais artificiais e auto correlações em cinco modelos globais (CGCM3, CSIRO, ECHAM5, GFDL2.1 e MIROC-m) do IPCC-AR4 para a bacia Amazônica. Na comparação com dados observados, constataram um ajuste muito bom nos dados indicando a técnica de redes neurais como uma alternativa viável na modelagem da precipitação. Também foram observadas pequenas diferenças entre as duas metodologias utilizadas sendo que a rede neural teve melhor desempenho para o clima atual.

O sumário executivo do Primeiro Relatório da Avaliação Nacional sobre Mudanças Climáticas, (PBMC, 2014) aponta três principais tipos de incertezas inerentes às simulações do clima: i) as concentrações e emissões dos gases de efeito estufa, ii) a arquitetura do modelo numérico e iii) as parametrizações dos processos que ocorrem em escala inferior à da grade dos modelos.

Em relação às incertezas na modelagem do clima, segundo Ambrizzi (2007), toda técnica de regionalização ou “*downscaling*” contém erros derivados do modelo global que força o modelo regional, e ainda que isto não seja um erro na regionalização, precisa ser levado em conta. Técnicas diferentes de regionalização podem produzir diferentes simulações do clima local ainda que todas fossem forçadas pelo mesmo modelo global. Em relação às incertezas nas parametrizações, não há uma solução unânime que resolva corretamente os processos físicos.

Mesmo com as incertezas existentes em relação aos modelos climáticos, que apresentam limites espaciais em sua escala, resultados do Grupo de Trabalho 1 do Painel Brasileiro de Mudanças Climáticas ao Primeiro Relatório da Avaliação Nacional sobre Mudanças Climáticas (PBMC, 2014), indicam que os modelos climáticos regionais e globais têm apresentado avanço acelerado nos últimos anos em relação à representação de processos e fenômenos críticos para estudo das mudanças climáticas globais, seus impactos sobre o Brasil e ações de mitigação. Parte do avanço vem do aumento da resolução espacial e parte da inclusão de controles climáticos provenientes de novas componentes do sistema e da interação entre elas.

O Brasil tem se destacado nesta área, através do desenvolvimento de modelos atmosféricos globais e regionais, a exemplo dos modelos atmosféricos globais do INPE/CPTEC (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais / Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos) e do modelo regional ETA. Como fruto da maturidade em modelagem atmosférica e ambiental brasileira, surgiu e está em pleno desenvolvimento o Modelo Brasileiro do Sistema Terrestre (*Brazilian Earth System Model - BESM*), coordenado pelo INPE com participação de diversas Universidades e instituições de pesquisa no Brasil e no exterior, com suporte do Programa FAPESP de Pesquisa em Mudanças Climáticas Globais (PFPMCG), Instituto Nacional de

Pesquisa em Mudanças Climáticas Globais (INCT-MC) e a Rede Brasileira de Pesquisa em Mudanças Climáticas Globais (Rede CLIMA). O BESM é baseado no modelo acoplado oceano-atmosfera global do INPE/CPTEC, ao qual estão sendo integrados componentes de química atmosférica e aerossóis, vegetação dinâmica, fogo e hidrologia continental, gelo e biogeoquímica marinha, além da descarga fluvial nos oceanos. Característica marcante do BESM é sua ampla gama de atuação, abrangendo escalas de tempo de dias à paleoclimática (PBMC, 2014).

Nóbrega (2010) confirma esses avanços em relação aos modelos atmosféricos. Em estudo sobre cenários e incertezas da modelagem climática para o Nordeste do Brasil quando afirma que os modelos recentes incorporam melhorias na resolução espacial e tratamento completo de alguns processos físicos que antes eram negligenciados. De fato, a incorporação de melhorias deve implicar em modelagem mais eficiente.

Ainda segundo Nóbrega (2010), a evolução dos modelos tem permitido realizar simulações climáticas mais realísticas que permitem examinar possíveis climas futuros simulando cenários imagináveis, como por exemplo o aumento de dióxido de carbono atmosférico e desmatamento tropical, para o futuro, utilizando representações das entradas, armazenamento e a transferência entre os componentes do sistema climático.

### 2.3 IMPACTOS DA VARIABILIDADE CLIMÁTICA NOS RECURSOS HÍDRICOS

O semiárido nordestino tem como característica marcante a grande variabilidade climático, sobretudo relacionada à precipitação pluviométrica. Esta variabilidade e a ocorrência de eventos extremos de secas caracterizam os níveis de vulnerabilidade aos quais estão expostos a população, gerando incertezas associadas a uma potencial mudança climática. De acordo com Souza Filho (2003), o gerenciamento de recursos hídricos é parte de uma solução que seja sustentável e que consiga gerenciar os riscos associados às incertezas.

A precipitação é a principal entrada no sistema hidrológico, desta forma, as alterações nos padrões pluviométricos, induzidas por fatores naturais ou mudança do clima, são as que interferem diretamente na vazão. Diante disso, Ferreira (2004) assegura que o clima, a vegetação, o uso do solo, a topografia e as características pluviométricas são os processos chave, que regulam os processos hidrológicos das bacias hidrográficas, como a vazão, durante os eventos de precipitação.

Segundo Coutinho et al (2015), o semiárido do Nordeste brasileiro também é caracterizado como sendo uma região com alto potencial para a evaporação, em função das altas temperaturas e baixa umidade do ar. Do mesmo modo Marengo (2011) afirma que o Semiárido brasileiro representa uma das regiões mais vulneráveis do país às mudanças e à variabilidade do clima e, sobretudo é uma região bastante associada às secas. Especificamente no Nordeste brasileiro, uma análise realizada por Marengo (2015), no IPCC AR4, descreveu que no cenário climático pessimista as temperaturas do ar aumentariam de 2 a 4°C e as chuvas se reduziriam entre 15 e 20% até o final do século XXI. No cenário otimista, o aquecimento seria entre 1 a 3°C e a chuva decresceria em torno de 10 a 15% em relação ao presente. Esse Estudo se baseou nas projeções do IPCC, com base no modelo HadCM3.

É importante ressaltar que o aumento da temperatura associado à mudança do clima será suficiente para causar maior evaporação dos lagos, açudes e reservatórios (MARENGO, 2008). Ou seja, se não há aumento no volume de chuvas, a água se tornará um bem mais escasso, com sérias consequências para a sustentabilidade do desenvolvimento regional.

Existem atualmente na literatura muitos estudos que contribuíram para a detecção das influências das mudanças climáticas sobre os recursos hídricos, em diversas escalas. Esses estudos criam cenários hipotéticos de modificação do clima e utilizam os resultados dos cenários e modelos de circulação geral e regional do IPCC, acoplando esses resultados ao modelo hidrológico. Alguns resultados de determinados estudos foram trazidos para configurar a questão das mudanças climáticas em detrimento aos recursos hídricos.

Veiga e Magrini (2013), em análise das regulamentações e estratégias específicas para os recursos hídricos e mudanças climáticas fizeram uma revisão bibliográfica reunindo estudos mais abrangentes na área e com objetivo de apresentar proposições para o Brasil. Os autores concluíram que existe evidência científica de que as mudanças climáticas afetam potencialmente os recursos hídricos e as atividades que dele dependem, tais como abastecimento público, setores produtivos, produção de energia, revitalização de bacias para proteção de ecossistemas. Entretanto, os autores relataram a existência de incertezas sobre a magnitude e abrangência dos possíveis impactos das mudanças climáticas na distribuição espacial e temporal dos recursos hídricos.

Os impactos das mudanças climáticas globais foram estimados por Fernandes, Nóbrega e Galvão (2008) na evaporação do reservatório Epitácio Pessoa, localizado na região semiárida do Nordeste brasileiro. Neste estudo, a evaporação foi simulada de acordo com o cenário B1

(cenário otimista) do IPCC para o período de 2011 a 2030. O IPCC considerou (no relatório AR4) quatro cenários, sendo dois otimistas B1 e B2, onde B2 é considerado mais otimista do que o primeiro, e dois cenários pessimistas A1 e A2, sendo o A2 se configura como o mais pessimista. Os cenários gerados indicam um aumento médio de 2,1% na evaporação, durante o período analisado. Esses resultados são devido à umidade relativa do ar e às mudanças de temperatura. Albuquerque et al (2006) utilizou a mesma metodologia, entretanto avaliaram além da evaporação, as mudanças pluviométricas no reservatório de Poço Fundo, localizada no Agreste pernambucano. Os cenários utilizados no relatório do IPCC AR4 de 2007 foram substituídos por quatro cenários mais simplificados, chamados de “*Representative Concentration Pathways*” (RCPs), que são: RCP2.6, RCP4.5, RCP6.0 e RCP8.5 Eles se referem à quantidade de energia absorvida pelos gases de efeito estufa (GEE). O RCP8.5 é considerado o pior cenário, imaginando como será caso a sociedade não tome nenhuma medida para lidar com o clima. Gradualmente, o RCP2.6 é o cenário de menor dano, onde o comprometimento da humanidade para evitar o aquecimento seria máximo (IPCC, 2013b).

Na análise de estudos também fora do Brasil, Abdula e A-Omari (2008) analisaram o escoamento superficial e evapotranspiração real em bacia hidrográfica do semiárido da Jordânia, em longo prazo. Nesse estudo foram estabelecidos doze cenários hipotéticos de mudanças climáticas. A maioria deles foi criado a partir de cenários associados ao aumento da temperatura de 2 a 4°C e mudanças na precipitação de 0%, 10%, 20%, -10% e -20%. Estes cenários foram usados como base para observação entre temperatura, escoamento superficial e precipitação. Os resultados convergiram para um decréscimo no escoamento superficial.

Em uma ampla análise, a nível global Arnell (1999a) analisou a interferência das mudanças climáticas em relação aos recursos hídricos e apontou o aumento do escoamento superficial em regiões de alta latitude na Ásia equatorial e Sudeste da Ásia e na África e uma diminuição em muitas regiões subtropicais. Em outro estudo, no mesmo ano Arnell (1999b) analisou, para a Europa, essas interferências em escala continental, simulando o escoamento superficial em uma resolução espacial de aproximadamente 2000 km<sup>2</sup> através de um modelo hidrológico de marco escala e fazendo uso de quatro cenários de mudanças climáticas, sendo dois pessimistas e dois otimistas. Todos os cenários convergiram para a redução do escoamento superficial no Sudeste na Europa, ocorrendo o contrário no Norte Europeu.

Em outro estudo mais recente em relação aos outros, Arnell (2004), analisou a relação entre as mudanças climáticas e o crescimento da população em uma situação de futuro estresse global e regional de recursos hídricos a partir de projeções climáticas feitas utilizando seis modelos

climáticos. O escoamento superficial dos rios foi simulado usando uma resolução de  $0,5^\circ \times 0,5^\circ$ , com os dados de entrada do clima corrente e futuro em um modelo hidrológico de macro escala, aplicados para 1300 bacias e pequenas ilhas, agregados aos modelos de projeção de população. Um dos resultados aponta que em 2055, 5,6 bilhões de pessoas viverão em situação de estresse hídrico, no cenário A2, que representa o cenário mais pessimista e somente 3,4 bilhões nos cenários A1 (pessimista) e B1 (otimista).

Em estudo para o município de Taubaté-SP, Hororikoshi (2007) utilizou dados observados de temperatura e precipitação, nos períodos de 1992 a 2005 e 1965 a 2005, respectivamente e dados estimados também de temperatura e precipitação gerados pelo modelo HadCM3, do período de 2010 a 2099). O autor utilizou a metodologia do balanço hídrico climatológico de Thornthwait e Mather (1955) na análise de disponibilidade hídrica futura. Os resultados encontrados apontam para um aumento da temperatura entre  $0,5$  a  $2,7^\circ\text{C}$  e um aumento da precipitação de aproximadamente 80 mm a 150 mm.

Segundo Marengo (2007a) um conjugado de doze modelos climáticos do IPCC mostrou qualitativamente e quantitativamente, capacidades na simulação de tendências regionais de vazão, com dados observados desde o início do século XX, e para o século XXI, a integração do grupo desses modelos projetam regiões de aumento e diminuição de vazão na América do Norte, América do Sul, África, Europa e Ásia. No entanto, esse mesmo autor afirma também a necessidade de uma detecção prévia da variabilidade observada de clima em qualquer região de estudo, em escalas de tempo mais extensas possível. Isso vai servir de base para analisar o clima do futuro, tentando, assim, separar a variabilidade natural observada, da variabilidade forçada por atividades humanas que induzem às mudanças climáticas e às variabilidades nos regimes hidrológicos.

Em estudo na Grã-Bretanha, Arnell e Reynard (1996) analisaram a influência que as mudanças climáticas causam no escoamento superficial de 21 bacias hidrográficas, utilizando um modelo de chuva-vazão e a criação de cenários de mudanças climáticas no período compreendido entre 1990 a 2050. Os autores observaram que em relação às mudanças climáticas no escoamento superficial há uma variabilidade clara entre os cenários, entretanto, em geral, há a tendência de sazonalidade de fluxo. Já nos cenários mais úmidos, o aumento do escoamento superficial ocorre em todos os meses do ano.

Diante da apresentação de estudos que contribuíram para a detecção das influências das mudanças climáticas sobre os recursos hídricos, com exemplos no Brasil e em outras partes do

mundo, evidencia-se que as mudanças do clima, seus impactos causados e a adaptação a estes impactos, devem estar previstos nos planos de recursos hídricos, em diferentes escalas, assim como constata-se que a vulnerabilidade dos recursos hídricos não depende apenas da mudança do clima, mas também da trajetória do desenvolvimento, que de forma sustentável tende a contribuir com a diminuição da vulnerabilidade, aumento da resiliência e consequente aumento da capacidade de adaptação.

#### 2.4 INFLUÊNCIA DOS OCEANOS PACÍFICO E ATLÂNTICO NO COMPORTAMENTO DA PRECIPITAÇÃO PLUVIOMÉTRICA

Devido à localização no extremo leste da América do Sul tropical, o Nordeste do Brasil está submetido à influência de fenômenos meteorológicos que lhe conferem características climáticas peculiares, únicas em semiáridos de todo mundo. Com destaque para a variabilidade interanual da precipitação, que é devido, principalmente, à influência de fenômenos de grande escala, resultantes da interação entre a atmosfera e os oceanos tropicais. Além disso, em geral, a precipitação se concentra praticamente em um período de 3 a 5 meses, com grande variabilidade espacial e temporal em suas mesorregiões (SOUZA et. al., 2001).

Um fator relevante a ser destacado é a irregularidade na distribuição das chuvas, associada à alta variabilidade interanual da precipitação na região tropical, propiciando a ocorrência de anos extremos (secas prolongadas e chuvas intensas). Diversos fatores podem contribuir para explicar a alta variabilidade da precipitação sobre o Nordeste do Brasil, dentre os quais, podem ser citados a flutuação nos valores de Temperatura da Superfície do Mar (TSM) do oceano Pacífico Tropical Equatorial e do Atlântico tropical. No geral os valores das anomalias das TSMs, nesses oceanos estão associados a mudanças no padrão geral da circulação atmosférica e consequentes variações na precipitação no Nordeste do Brasil (LACERDA et. al., 2010).

Ewald (2010), em estudo sobre alterações na precipitação, realizado no período de 1965 a 2008, em Marechal Candido Rondon - PR correlacionou os eventos ENOS (El Niño Oscilação Sul) aos índices de severidade obtidos através do Índice de Anomalia de Chuva (IAC). Seus resultados mostraram fortes relações entre a ocorrência dos fenômenos El Niño e La Niña com os anos mais chuvosos e mais secos, respectivamente.

Outros trabalhos mostram que a precipitação nessa região é bastante sensível a extremos de temperatura da superfície do mar no Pacífico equatorial, assim como as anomalias de

temperatura da superfície do Atlântico, associadas ao dipolo de anomalias de temperatura da superfície do mar do Atlântico (UVO et. al., 1996).

O fenômeno El Niño – Oscilação Sul (ENOS) guarda uma íntima relação de causa e efeito com as secas intensas no semiárido nordestino e com as inundações catastróficas ocorridas nas regiões Sul e Sudeste do Brasil. Quando o fenômeno El Niño se apresenta totalmente configurado, traz como consequências a redução das chuvas no Nordeste brasileiro, principalmente sobre o setor norte - (estação chuvosa: fevereiro a maio); o aumento das chuvas sobre a região Sul durante dezembro, janeiro e fevereiro; inverno mais quente sobre parte da região Sul e região Sudeste e ventos fortes em altos níveis sobre as regiões Sul e Sudeste do país (GEO BRASIL, 2002).

Ainda de acordo com Geo Brasil (2002), o El Niño de 1992-1993, que segundo diversas medidas efetuadas, foi considerado o mais forte neste século, não foi previsto e nem mesmo reconhecido pelos cientistas em seus estágios iniciais. Esse episódio foi marcado por excepcional elevação da temperatura da superfície do mar no Pacífico Equatorial e causou grandes alterações climáticas no Brasil. Praticamente toda a região Sul e Sudeste apresentaram, nos trimestres de março-abril-maio e de junho-julho-agosto de 1983, precipitações que superaram os níveis normais, de modo significativo. Na região Nordeste, devido ao regime de chuvas irregular, os impactos ambientais e econômicos do El Niño, desse período foram muito severos. Após três anos de precipitação baixa, o El Niño de 1992-1993 provocou uma das maiores secas da história do Nordeste.

Os anos de 1970, 1983, 1990, 1992 e 1999 foram classificados como anos secos, com destaque para 1993 e 1998, os quais podem ser considerados como extremamente secos. Segundo Souza (1999), isso se verificou devido à presença de dipolo desfavorável ocasionando uma seca severa em todo o setor do Nordeste. Aragão et. al. (1998a) comentaram que as chuvas foram reduzidas em torno de 70% no Estado de Pernambuco, causando grandes problemas de abastecimento humano e animal. Isto se deveu ao fato do fenômeno El Niño ter se iniciado em 1997 e intensificado em 1998 e sendo considerado um dos episódios mais intensos do último século.

De modo geral, ocorrem anos de secas após anos de ocorrência do fenômeno El Niño, como se pode citar, em 1998 ocorreu um El Niño forte, mas a seca ocorreu no mesmo ano, porém se estendendo para o ano seguinte, em 1999. Entretanto, segundo Aragão et. al. (1998a), não basta surgir El Niño para que haja seca. Ainda segundo os mesmos autores, El Niño nem sempre é

sinônimo de seca e, mesmo quando esta ocorre, os efeitos do El Niño nem sempre significam a mesma ameaça.

Estudos observacionais e estatísticos realizados por Hastenrath e Heller (1977) e simulações numéricas por Moura e Shukla (1981), Servain (1991), Nobre e Shukla (1996), evidenciaram um padrão de anomalias da TSM sobre o Oceano Atlântico Tropical, comumente chamado de padrão de Dipolo do Atlântico, e que este padrão está associado a anomalias de precipitação sobre a região Nordeste e Norte do Brasil.

O Dipolo do Atlântico é o fenômeno oceano/atmosférico identificado como uma mudança anômala na temperatura da superfície água do mar no Oceano Atlântico Tropical, ou seja, quando as águas do Atlântico Tropical Norte estão mais quentes e as águas do Atlântico Equatorial e Tropical Sul estão mais frias existem movimentos descendentes transportando ar frio e seco dos altos níveis da atmosfera sobre a região setentrional, central e sertão do Nordeste inibindo a formação de nuvens e diminuindo a precipitação (Fase Positiva do Dipolo), podendo causar secas. Por outro lado, quando as águas do Atlântico Tropical Norte estão mais frias e as águas do Atlântico Tropical Sul estão mais quentes existem aumento nos movimentos ascendentes sobre estas regiões, intensificando a formação de nuvens e aumentando os totais pluviométricos (Fase Negativa do Dipolo) (HASTENRATH e HELLER, 1977; MOURA e SHUKLA, 1981; ARAGÃO, 1998b).

Tal padrão de anomalias de TSM possibilita a ocorrência de gradientes meridionais de anomalias de TSM, os quais influenciam bastante na posição latitudinal da ZCIT (Zona de Convergência Intertropical), alterando assim a distribuição sazonal de precipitação pluviométrica sobre o Atlântico Equatorial, parte norte do Nordeste do Brasil, até a parte central da Amazônia (NOBRE; SHUKLA, 1996). Nos anos em que as TSM sobre o Atlântico Tropical Sul (entre a linha do equador e 15°S) estão mais altas do que a média de longo período durante março-abril-maio e o Atlântico Tropical Norte (entre 5°N e 20°N) está menos aquecido do que a média, há formação de um gradiente meridional de anomalias de TSM no sentido de norte para sul. Nessa situação observa-se no mesmo período uma Pressão ao Nível do Mar (PNM) mais baixa do que a média sobre o Atlântico Sul e mais alta do que a média sobre o Atlântico Norte, os alísios de sudeste mais fracos do que a média e os alísios de Nordeste mais intensos do que a média, o eixo de baixa pressão à superfície e confluência dos ventos alísios deslocados mais para sul, relativamente ao seu posicionamento médio, e totais pluviométricos acima da média sobre o norte do Nordeste (HASTENRATH e HELLER, 1977).

## 2.5 ÍNDICES DE EXTREMOS CLIMÁTICOS DE PRECIPITAÇÃO PLUVIOMÉTRICA

Nos últimos tempos os cientistas têm despertado para um interesse maior pelo estudo dos extremos climáticos, como chuvas intensas e secas severas, em função principalmente das variabilidades do clima, ocasionadas pela atividade humana e pelos processos naturais. Muitos desses estudos consideram as variações da precipitação pluviométrica como um importante índice de detecção de mudanças climáticas em virtude de seu registro observacional razoavelmente longo e de qualidade.

Os eventos extremos, como secas severas ou grandes enchentes podem causar grandes transtornos à população, seja com inundações nos grandes centros urbanos, como também estiagens prolongadas na zona rural (FARIAS e NÓBREGA, 2010). Segundo Donat et al (2013) e Garcia et. al. (2014), existe um grande consenso de que o aumento da frequência e intensidade de alguns eventos extremos são esperados em todo o mundo ao longo das próximas décadas. Tais eventos normalmente impedem as atividades econômicas, afetando os recursos naturais e a infraestrutura social e econômica criada pelo homem. A vulnerabilidade é particularmente alta em áreas economicamente menos desenvolvidas, que são dependentes de atividades do setor primário como a principal fonte de subsistência (JOSHI et al., 2014).

Chang et. al. (2013) e Gregow et. al. (2012) partilham da mesma premissa ao afirmarem que medidas mitigatórias aos eventos climáticos extremos são cruciais para o meio socioeconômico e ambiental, uma vez que estes eventos sempre podem causar grandes perdas ambientais, econômicas e sociais, incluindo o risco de perdas de vidas humanas.

De acordo com Souza e Azevedo (2012), as variabilidades climáticas exercem influência significativa sobre as atividades humanas, pois podem oscilar quanto à temperatura, precipitação e frequência de eventos extremos, como às secas e às chuvas intensas, resultando em impactos na agricultura, nos recursos hídricos, na saúde, no meio ambiente, em escala local ou regional. Do mesmo modo, os eventos extremos são encargos adicionais para os sistemas de saúde (SELVEY et. al. 2014) uma vez que as alterações relacionadas com o clima aumentam a demanda por esses serviços (CASATI et al 2013; RUMMUKAINEN, 2013).

Inúmeros outros estudos utilizam a temperatura média para estabelecer o nível e o significado das mudanças climáticas observadas no último século. Isto ocorre porque prevê-se que a temperatura média global responda à mudança na forçante radiativa associada com os Gases de Efeito Estufa crescentes (GEE).

Braganza et. al. (2003) afirma que a temperatura média é também um indicador da variabilidade interna do clima em simulações com modelos e em observações. É também usada com regularidade como índice mais simples de variabilidade e sinais de mudança global do clima. Segundo Hansen, Sato e Ruedy (2012), para qualquer mudança na temperatura média global, uma ampla variedade de alterações é possível em escalas locais. Ainda segundo o mesmo autor, é em escala local que os impactos das mudanças climáticas são sentidos diretamente e é onde as decisões de planejamento de adaptação devem ser tomadas.

De acordo com Braganza et. al. (2004), outros estudos usaram outros índices de padrões de temperatura também considerados simples, são eles: i) o contraste inter-hemisférico e a magnitude do ciclo anual. ii) o contraste de temperatura entre a superfície e o oceano. iii) o gradiente térmico meridional. Estes índices são em geral utilizados para descrever a variabilidade e mudança global do clima e são associados com os fatores dinâmicos que definem aspectos da vasta circulação atmosférica. Espera-se que eles detenham informação independente da temperatura média global para variações internas do clima. Os índices também representam as características principais da modelagem da temperatura superficial e dos GEE crescentes na atmosfera.

Estudos de Klein Tank e Konnen (2003) definiram as tendências dos períodos extremos de temperatura e obtiveram que no período compreendido entre 1976 e 1999 foi determinado um aumento dos casos extremos e da variabilidade da temperatura média. Já Folland et. al. (1999), com o intuito de atender às demandas traçadas pelo IPCC, recomendaram índices térmicos baseados em percentis para simular as ondas de calor no verão e as ondas de frio no inverno. Em outro estudo, Folland et. al. (2002) propuseram uma comparação entre as tendências em diferentes índices climáticos com o intuito de comprovar se a variabilidade climática nas diferentes regiões do planeta possui a mesma equivalência. Os resultados obtidos desse estudo revelaram que, em relação à temperatura, as tendências mostraram um amplo padrão de aquecimento tropical, enquanto as tendências extratropicais têm sido mais variáveis. Entre as décadas de 1940 a 1970 a mudança térmica foi inicialmente concentrada no Atlântico Norte e regiões próximas. O hemisfério norte mostrou resfriamento, enquanto o hemisfério sul mostrou o aquecimento. Já a partir da década de 1980 o aquecimento foi globalmente sincronizado, porém, mais enfatizado no hemisfério norte.

Já em relação à precipitação, Folland et. al. concluiu que registros instrumentais de precipitação de superfície terrestre mostram um aumento de 0,5 a 1% por década em grande parte do hemisfério norte e nas altas latitudes. Em contraste, em grande parte das áreas tropicais e

subtropicais, a precipitação diminuiu em torno de 0,3% por década. No Hemisfério Sul, o padrão de chuvas em parte do Pacífico Sul mudou desde meados da década de 1970, associado à ocorrência mais frequente do El Niño-Oscilação Sul (ENOS).

Groisman et. al. (1999) foram os pioneiros no desenvolvimento de estudo sobre chuvas extremas em diversos países do planeta, em diferentes continentes, dentre eles, foram estudados os países: Noruega, Polônia, Antiga União Soviética, Austrália, China, Estados Unidos, Canadá e México. Estes estudos utilizaram a modelagem estatística *gama*, que é um modelo estatístico simples de precipitação diária, e, chegaram à conclusão de que o parâmetro de forma da distribuição da precipitação permanece regionalmente e temporalmente estável. O número de dias com precipitação permanece mais ou menos estável, enquanto o parâmetro de escala é altamente variável no tempo e no espaço. Isto implica uma probabilidade de que mudanças na precipitação média mensal nesses países serão associadas desproporcionalmente a grandes extremos climáticos.

Posteriormente foram publicados outros trabalhos, de grande repercussão na sociedade acadêmica, também examinando as tendências climáticas e a variabilidade dos índices extremos. Podemos citar entre os mais importantes estudos de Klein Tank e Konnen (2003), Frich et al. (2002) e Haylock e Goodess (2004).

Segundo Santos (2006), pesquisas sobre mudanças nos extremos de chuva observaram um aumento, comparado com os resultados publicados recentemente, desde o 2º Relatório de Avaliação do IPCC, identificando uma necessidade maior em tal estudo. Alguns países, entre eles, os Estados Unidos (KARL e KNIGHT, 1998), Austrália (HAYLOCK e NICHOLLS, 2000), Reino Unido (OSBORN et. al., 2000) e alguns países europeus, como a Suíça (FREI e SCHAR, 2001), Itália (BRUNETTI et. al., 2002), Noruega (BENESTAD e MELSOM, 2002) e Bélgica (VAES, WILLEMS e BERLAMONT, 2002) realizaram estudos sobre eventos extremos de chuva. Estudos regionais são, porém, menos frequentes e a diversidade de métodos empregados para estudos entre países tornam os estudos específicos mais difíceis.

No entanto, apesar de menos frequentes, os estudos em escalas regionais em relação às tendências climáticas também obtiveram grande impacto e repercussão. Hastenrath e Greischar (1993) examinaram séries históricas de precipitação em uma rede de estações bem distribuídas sobre o Nordeste brasileiro e não detectaram tendências significativas para condições mais úmidas ou secas na região. Já os resultados de Moncunill (2006), em estudo para o estado do Ceará, encontrou uma tendência de diminuição na precipitação total anual. Nessa mesma linha,

Haylock et. al. (2006) identificaram tendência de diminuição das chuvas anuais em duas localidades no Ceará, ratificando, ainda que com uma amostragem menor, o fato de que as tendências de diminuição estão prevalecendo. Assis, Sobral e Souza (2012) também encontraram tendências de diminuição pluviométrica para bacias hidrográficas do Sertão de Pernambuco, além de tendências de aumento dos dias consecutivos secos. Diferentemente, Santos e Brito (2007) encontraram tendência de aumento da precipitação para os estados da Paraíba e Rio Grande do Norte.

Com o objetivo de instituir uma maior quantidade de índices climáticos que poderiam ser calculados para diferentes climas e habilitado para que fosse realizada a comparação entre diferentes regiões, começaram a surgir, a partir da década de 1990 e mais recentemente em maior amplitude, os Seminários Internacionais, que estão cada vez mais empenhados em desenvolver índices para extremos de clima.

De acordo com Santos (2006), havia ainda uma aspiração de fazer análises mais regionais, com uma crescente necessidade de abranger resultados de regiões que não possuíam estudos publicados. Principalmente países não desenvolvidos, em função de não possuírem recursos suficientes para realizar estes estudos e também pela menor acessibilidade a registros de dados, tendo em vista que estes países detêm menos registros digitalizados e conseqüentemente de qualidade reduzida para as análises de extremos, que são muito sensíveis e necessitam de dados climáticos de razoável período e boa qualidade. Manton e Nicholls (1999) classificaram o Sudeste da Ásia e o Pacífico como regiões fundamentais no desenvolvimento desses estudos de tendências climáticas, devido, principalmente, a sua vulnerabilidade com respeito à variabilidade da precipitação, à exposição aos ciclones tropicais e à alta densidade populacional.

A Equipe de Especialista em Monitoramento, Detecção, e Índices de Mudanças Climáticas do ETCCDMI (*Expert Team on Climate Change Detection, Monitoring and Index*) foi constituída juntamente com o CCI/CLIVAR, que é o conselho que monitora os índices de extremos climáticos. Seguindo a publicação de Frich et al. (2002), o ETCCDMI identificou regiões fundamentais para promover estudos sobre mudanças climáticas: o Caribe, América do Sul (que inclui o Brasil e conseqüentemente a região semiárida do Nordeste brasileiro, indicada pelo IPCC como uma das áreas mais vulneráveis às ações das mudanças do clima) e Central, África e Ásia Central e Oeste. Foi decidido realizar seminários regionais como a melhor estratégia para estabelecer as pesquisas nestas regiões (MANTON et. al., 2001). Foram organizados dois seminários no ano de 2001, em Marrocos e na Jamaica. Estes seminários foram de extrema relevância uma vez que foram comparados resultados de diferentes países e regiões e discutidos

o nível de alteração climática que vem ocorrendo em regiões de maior susceptibilidade, como é o caso das regiões áridas e semiáridas de todo planeta.

Além dos eventos extremos de precipitação, que são caracterizados pelas chuvas intensas que causam graves impactos econômicos e ambientais, é importante destacar os eventos climáticos das secas, que atingem muitas regiões em todo mundo, sendo as mais vulneráveis as regiões semiáridas. Alguns países se destacam na conjuntura da gestão de recursos hídricos, sobretudo os que possuem alguma porção localizada em regiões semiáridas e que enfrentaram intensos conflitos pelo uso da água em função da escassez hídrica. Dentre esses exemplos, alguns países se destacaram, apresentando medidas de implementação e prática de ações efetivas de enfrentamento à seca, firmadas em robustos planos de gestão integrada de bacias hidrográficas, como é o caso da Austrália (Gross e Dumaresq, 2014), Espanha (Vargas-Amelin e Pinado, 2014) e Estados Unidos (Lysác e Bugge-Henriksen, 2014).

## 2.6 CÁLCULO DOS ÍNDICES DE EXTREMOS CLIMÁTICOS

O cálculo dos índices de extremos climáticos é feito por meio do software RClindex, que é utilizado para a detecção de tendências dos índices de extremos climáticos. Calcula 27 índices climáticos oriundos da precipitação pluviométrica e da temperatura do ar e possui alguns pré-requisitos para o cálculo dos índices:

### Controle de qualidade dos dados no RClindex 3.2.1

O controle de qualidade dos dados é um pré-requisito para o cálculo dos índices por meio do software RClindex 3.2.1. O controle de qualidade atende aos seguintes procedimentos:

- a) substitui todos os valores faltosos (estes já devem estar codificados como -99.9) para formatos internos reconhecidos pelo R (isto é, declara-os como não disponíveis).
- b) substitui todos os valores da matriz de dados que sejam considerados não aceitáveis também por -99.9; referidos valores incluem:
  - Valores de precipitação menores que zero (notadamente absurdo);
  - Temperatura mínima diária superior à máxima diária.

Como característica a mais de implementação, o controle de qualidade dos dados também elimina valores extremos de temperaturas máximas e mínimas diárias. Os valores extremos são valores diários que estejam fora da área definida pelo usuário. Como o objetivo geral da

pesquisa é identificar sinais de mudanças climáticas no Submédio São Francisco, utilizando os índices dependentes da precipitação pluviométrica, então, o controle de qualidade referente aos dados de temperatura não foi analisado.

O valor p calculado pelo teste de t-student representa o nível de significância estatística, caso o valor de p de um índice qualquer seja igual ou inferior a 0,1 a tendência do índice é estatisticamente significativa em 90%, se for igual ou inferior a 0,05 em 95% e para p menor que 0,01 tem-se uma tendência com significância estatística de 99%.

O teste estatístico t-student foi utilizado nesse trabalho por que é uma das distribuições mais utilizadas na estatística, com aplicações que vão desde a modelagem estatística até testes de hipóteses. Outros métodos poderiam ser igualmente utilizados, como testes paramétricos de Mann-Kendall, regressão linear e Pettitt, no entanto o software RClindex aplica, em seu pacote operacional, o paramétrico teste de t-student.

Tal teste foi usado nesse trabalho para considerar significativas ou não, os valores das tendências encontrados. Uma das mais utilizadas distribuições para pequenas amostras é a t-student, a qual é bastante utilizado nos estudos de meteorologia (KOUSKY e KAYANO, 1994; KAYANO e KOUSKY, 1996; CASTRO, 2002; SILVA e SOUZA, 2013), e pode ser calculado da seguinte forma:

$$tc = \frac{t}{\sqrt{(n-2) + t^2}} \quad (1)$$

Em que:

$tc$  = valor valor do percentil

$c$  = grau de liberdade. Foi usado = 95 ou 95%;

$t$  = valor do percentil

#### Formato de entrada dos dados no RClindex 3.2.1

Todos os arquivos de dados são lidos e escritos em formato de lista de colunas, com exceção do arquivo de dados, que é processado na etapa anterior, que é de controle de qualidade dos dados. Abaixo estão descritos os requisitos para os dados de entrada do RClindex 3.2.1:

- Arquivo de texto ASCII (*American standard code for information interchange*);

- Colunas de sequências: ano, mês, dia, precipitação, temperatura máxima, temperatura mínima. A unidade para a precipitação (PRCP) é em milímetro (mm) e para temperatura (TMAX, TMIN), considera-se grau Celsius (°C);
- O formato requer que as colunas sejam espaçadas, com cada elemento separado por um ou mais espaços;
- Para os registros dos dados serem reconhecidos pelo RCLimdex3.2.1, os dados faltosos devem, necessariamente, ser codificados como -99.9 e os registros dos dados devem estar em ordem cronológica, como mostra a Tabela 1.

**Tabela 1.** Dados de entrada para o RCLimdex 3.2.1

ANO	MÊS	DIA	PRCP	TMAX	TMIN
1965	1	13	2.1	-99.9	-99.9
1965	1	14	17.0	-99.9	-99.9
1965	1	15	6.5	-99.9	-99.9
1965	1	16	0.0	-99.9	-99.9
1965	1	17	18.4	-99.9	-99.9
...	...	...	...	...	...
1994	8	13	-99.9	-99.9	-99.9
1994	8	14	0.0	-99.9	-99.9
1994	8	15	7.1	-99.9	-99.9

Na Tabela 1 estão representados um período de dados do posto pluviométrico localizado no município de Triunfo (a exemplo), utilizado nesse estudo. Tem-se para a primeira linha, o significado de que no dia 13 de janeiro de 1965 ocorreu precipitação de 2,1 mm, como para esse estudo só foram utilizadas séries de precipitação, no lugar das temperaturas foi colocado -99.9, este procedimento permite que os dados sejam rodados e os resultados dos índices fornecidos. A compreensão para as outras linhas é análoga. Acrescenta-se, ao entendimento, que o 0 (zero) na quarta coluna e quinta linha indica que não choveu na data correspondente, enquanto -99.9 na mesma coluna e oitava linha, indica que não houve registro de dados e, portanto, o dado é faltoso. (RCLIMDEX 1.0 – MANUAL DEL USUARIO, 2004).

## 2.7 ÍNDICE DE ANOMALIA DE CHUVA

Para analisar os impactos das mudanças do clima sobre o Nordeste brasileiro, é importante identificar os processos que influenciam o padrão das distribuições pluviométricas tanto espacial quanto temporal. Um fator relevante a ser destacado nesse contexto, é a irregularidade na distribuição dos índices pluviométricos, associado à alta variabilidade interanual da

precipitação na região tropical, com anos secos e outros chuvosos. Diversos fatores podem contribuir para explicar a alta variabilidade da precipitação sobre o Nordeste do Brasil, dentre os quais, podem ser citados, a flutuação nos valores de TSM do Oceano Pacífico Tropical e do Atlântico.

Baseado nesta precipitação irregular, é necessário realizar um monitoramento através de índices climáticos, uma vez que, através deles se pode desenvolver um sistema de acompanhamento das características dos períodos secos ou chuvosos, com informações anuais ou mensais, com as quais se pode conhecer intensamente a climatologia de uma determinada região e verificar os impactos que o clima causa sobre a distribuição pluviométrica, através da regionalização da precipitação (ARAÚJO, MORAES NETO e SOUZA, 2009a)

O Índice de Anomalia de Chuva (IAC) é um cálculo que tem sido muito utilizado e expandido na Região Nordeste do Brasil, uma vez que tem por função caracterizar os períodos extremos secos e chuvosos e a intensidade desses eventos tanto em escala temporal como em escala espacial. Um ponto decisivo na utilização de um índice como esse, assim como de qualquer outro índice climático, se dá na escolha do patamar a ser estabelecido para a definição de um período de seca. Nesse sentido, Freitas (2004 e 2005), observou que com base no mesmo é possível fazer uma comparação das condições atuais de precipitação em relação aos valores históricos, servindo ainda para avaliar a distribuição espacial do evento, consoante sua intensidade.

Diante desse fator, a aplicação do IAC tem se mostrado uma ferramenta de fundamental importância para a análise das séries de precipitação, sendo considerada de fácil aplicação procedimental, devido aos recursos computacionais e à determinação qualitativa das anomalias. O IAC pode ainda ser aplicado como ferramenta para o acompanhamento dos estudos climáticos de determinada localidade ou região, monitorando, gerando diagnósticos e prognósticos climáticos.

Os estudos sobre as precipitações nos últimos anos em escalas menores, locais e regionais têm sido responsáveis pelo aumento na publicação e divulgação dos trabalhos científicos relacionado às mudanças climáticas, principalmente na área ligada aos eventos extremos e às anomalias (MARENGO, 2007).

Em escala temporal, observa-se que a aplicação do IAC tem gerado cada vez mais resultados robustos, que auxiliam nos estudos sobre as mudanças e variabilidades climáticas, principalmente associadas às anomalias da precipitação pluviométrica. Em estudo para o

Agreste paraibano, na região da Borborema, Azevedo e Silva (1994) compararam diversos índices que fossem capazes de mostrar o grau de severidade das secas e a umidade do solo. Para este fim os autores utilizaram o cálculo do IAC, que se mostrou de fácil aplicação para a análise desejada.

Gonçalves et. al. (2006), em estudo com 15 estações localizadas no Rio São Francisco, no período de 1972 a 1986, mostrou que a quantidade de anos secos é predominante na área de estudo. Entretanto, o cálculo do IAC aplicado em áreas à jusante do reservatório de Sobradinho, mostra a ocorrência de cheias no Sertão nordestino nos anos de 1979 e 1985, porém sem representatividade, uma vez que a incidência de anos secos é substancialmente maior na região.

Araújo Moraes Neto e Souza (2009b) aplicaram o IAC como uma ferramenta de análise da climatologia na bacia hidrográfica do rio Paraíba e sua relação na variabilidade do padrão da precipitação na área de estudo. Na análise dos dados de precipitação pluviométrica nas primeiras datas do século XX até os primeiros anos do século XXI os resultados apresentavam um desvio no comportamento das chuvas até o início da década de 1960, onde até esta década foram observados anos secos consecutivos. Após esse período ocorreu a diminuição da frequência dos anos secos. No mesmo estudo, para as sub-bacias do Médio e Baixo Paraíba, foi observada semelhança na alternância entre anos secos e chuvosos ao longo da série de IAC.

Em aplicação na bacia hidrográfica do rio Mundaú, Silva, Souza e Cayano (2009) buscavam identificar o comportamento da precipitação, através de análise do IAC no período de 1955 a 1991. Os resultados mostraram que o ano de 1974 foi considerado o ponto de desvio em relação às chuvas na bacia. Antes de 1974 ocorreram mais anos chuvosos e após 1974 houve a inversão, com a predominância de anos secos em relação aos anos chuvosos.

Marcuzzo, Melo e Rocha (2011), em estudo para o Mato Grosso, no período de 1977 a 2006 utilizou o IAC para analisar a variação espaço-temporal da precipitação pluviométrica. Os resultados mostraram que houve a predominância de anos secos em relação aos anos úmidos.

Silva Junior et. al., (2011) utilizaram o IAC na microrregião do Gurupi – TO, no período entre 1974 a 2006, utilizando cinco estações pluviométricas, com o intuito de observar a variabilidade pluviométrica na região. Os resultados mostraram a ocorrência de grande variabilidade pluviométrica regional, onde foram analisados eventos classificados como muito secos durante oito anos consecutivos, entre 1988 a 2003.

Em estudo para a região metropolitana de Fortaleza, Silva et al (2012a) utilizou o IAC como ferramenta de análise para verificar a influência do fenômeno ENOS e da ODP (Oscilação Decadal do Pacífico) na variabilidade das chuvas. Os resultados mostraram que a associação de fases quentes e frias do ENOS e da ODP promoveram diminuição e aumento, respectivamente, das chuvas para a área de estudo.

Chechi e Sanches (2013), em estudo no Alto Uruguai gaúcho, no período entre 1957 a 2012, analisaram o comportamento do fenômeno ENOS utilizando o IAC como método de análise. Os resultados mostraram que o EL Niño atuou com maior frequência em relação ao La Niña.

Por fim Assis et. al. (2013) encontraram resultados semelhantes para a bacia do rio Pajeú, Sertão de Pernambuco, em análise dos anos de 1960 a 2012. Os resultados mostraram que até a década de 1980 prevaleceram os anos chuvosos, entretanto intercalados por anos secos. A partir da década de 1980, passou a predominar os anos secos, sobretudo entre 1990 a 2000, onde foram registrados oito anos secos contra apenas dois anos chuvosos.

## 2.8 ASPECTOS LEGAIS E INSTITUCIONAIS

A descrição das principais políticas públicas destinadas à problemática ambiental, sobretudo dos recursos hídricos e de mudanças climáticas do Semiárido Nordeste é necessária para auxiliar a compreensão da atuação nesta região e subsidiar a formulação de novas formas de ação considerando além das dimensões econômica, social e ambiental, as demais dimensões da sustentabilidade. Nesse sentido, estão descritas abaixo as principais políticas públicas relacionadas ao tema destinadas à região.

Optou-se por realizar uma análise pormenorizada de três políticas nacionais específicas, divididas nos eixos ambiental, hídrico e climático, de acordo com sua finalidade principal. Primeiramente, é apresentado o eixo ambiental por meio da Política Nacional de Meio Ambiente, em seguida Política Nacional de Recursos Hídricos e por fim Política Nacional sobre Mudança do Clima.

Estas legislações foram escolhidas por entender-se que, na esfera federal, são aquelas que podem influenciar mais diretamente a questão da convivência no semiárido e suas medidas mitigatórias. Posteriormente, foram analisadas as seguintes políticas públicas estaduais do estado de Pernambuco: i) Sistema Estadual de Meio Ambiente. ii) Política Estadual de Enfrentamento às Mudanças Climáticas; iii) Política Estadual de Recursos Hídricos. Em seguida, foram analisadas as interações entre estas políticas e sua aplicação no Semiárido. Vale

ressaltar que para a análise das políticas públicas estaduais, estas foram feitas apenas para o estado de Pernambuco, que é o alvo maior de análise desta tese.

### **2.8.1 Política Nacional de Meio Ambiente**

A Política Nacional de Meio Ambiente, tem por finalidade a preservação, melhoria e recuperação da qualidade ambiental propícia à vida, visando assegurar, no país, condições ao desenvolvimento socioeconômico, aos interesses da segurança nacional e à proteção da dignidade da vida humana.

Instituída pela Lei Federal nº 6.938/81 (BRASIL, 1981), que dispõe e institui o Sistema Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formação e aplicação, e dá outras providências, essa política define conceitos básicos, como o de meio ambiente, degradação e poluição e, determina seus objetivos, diretrizes e instrumentos. Trata-se de um conjunto de metas, instrumentos e mecanismos de gestão ambiental que visam reduzir os impactos negativos da ação antrópica sobre o meio ambiente no Brasil.

Dentre os principais objetivos desta Política destacam-se: i) compatibilização do desenvolvimento econômico-social com a preservação da qualidade do meio ambiente e do equilíbrio ecológico; ii) definição de áreas prioritárias de ação governamental relativa à qualidade e ao equilíbrio ecológico; iii) estabelecimento de critérios e padrões de qualidade ambiental e de normas relativas ao uso e manejo de recursos ambientais; iv) difusão de tecnologias de manejo do meio ambiente, divulgação de dados e informações ambientais e formação de uma consciência pública sobre a necessidade de preservação da qualidade ambiental e do equilíbrio ecológico; e v) imposição, ao poluidor e ao predador, da obrigação de recuperar e/ou indenizar os danos causados e, ao usuário, da contribuição pela utilização de recursos ambientais com fins econômicos.

Esta legislação prevê ainda que as atividades empresariais públicas ou privadas serão exercidas em consonância com as diretrizes da Política Nacional do Meio Ambiente, que a fim de operacionalizar a sua execução dispõe dos instrumentos:

- Estabelecimento de padrões de qualidade ambiental;
- Zoneamento ambiental;
- Avaliação de impactos ambientais;
- Licenciamento e a revisão de atividades efetiva ou potencialmente poluidoras;

- Incentivos à produção e instalação de equipamentos e a criação ou absorção de tecnologia, voltados para a melhoria da qualidade ambiental;

O Sistema Nacional do Meio Ambiente (SISNAMA) é o conjunto de órgãos e instituições encarregados da proteção ao meio ambiente nos níveis federal, estadual, distrital e municipal, representando a articulação e o arranjo institucional dos órgãos e entidades ambientais em todas as esferas da administração pública, com o objetivo de trabalhar as políticas públicas ambientais de uma maneira integrada. O SISNAMA foi criado por meio da Política Nacional de Meio Ambiente e regulamentado pelo Decreto nº 99.274/1990 (MMA, 1990) e tem a finalidade de estabelecer um conjunto articulado e descentralizado de ações para a gestão ambiental no país, integrando e harmonizando regras e práticas específicas que se complementam nos três níveis de governo.

### **Sistema Estadual de Meio Ambiente de Pernambuco**

A proteção do meio ambiente em Pernambuco é realizada em consonância com a União e municípios. A efetiva execução do processo permanente de gestão ambiental em Pernambuco se dá através de um arranjo institucional, considerando o Sistema Estadual de Meio Ambiente. Este envolve a participação de órgãos na esfera federal e municipal, responsáveis pela execução da Política Nacional de Meio Ambiente. Tais órgãos são representados pelo Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA) e Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio), bem como pelo Poder Público Municipal e pelos Conselhos Municipais de Meio Ambiente (COMDEMAS).

O Sistema Estadual de Meio Ambiente é constituído pelos órgãos e entidades do Estado, responsáveis pela gestão ambiental. Sua composição compreende:

*Conselho Estadual de Meio Ambiente (CONSEMA)* - Órgão Superior, instituído através da Lei nº10.560, de 10 de janeiro de 1991 (BRASIL, 1991), e disciplinado pela Lei nº 11.021, de 03 de janeiro de 1994, reformuladas pelas Leis nº 11.721, de 01 de janeiro de 1999, e nº 11.734, de 30 de dezembro de 1999. Órgão colegiado, consultivo e deliberativo e de composição paritária, formado por representantes de entidades governamentais e da sociedade civil organizada, tendo por competência definir os sistemas, as políticas e os planos de proteção do meio ambiente e dos recursos ambientais; estabelecer padrões e critérios relativos ao controle e à manutenção da qualidade ambiental, visando ao uso sustentável dos recursos naturais;

deliberar sobre a aplicação dos recursos do Fundo Estadual de Meio Ambiente (FEMA), de acordo com o artigo 79 do Decreto nº 21.698, de 08 de setembro de 1999.

Secretaria de Ciência, Tecnologia e Meio Ambiente (SECTMA), atual Secretaria de Ciência e Tecnologia (SECTEC) - órgão central da administração direta do poder executivo estadual. Regulamentada pelo Decreto Estadual nº 30.369, de 19 de abril de 2007, tem por finalidade e competência a formulação, fomento e execução das ações de política estadual de desenvolvimento científico, tecnológico e de inovação; o planejamento, a coordenação e a implementação da política estadual de proteção do meio ambiente; a promoção e o apoio às ações e atividades de incentivo à ciência, às ações de ensino superior, pesquisa científica e extensão, bem como o apoio às ações de polícia científica e medicina legal; além de instituir e gerir os centros tecnológicos do Estado. Em janeiro de 2011, através da Lei nº 14264/11 a SECTMA teve sua estrutura alterada, ficando responsável apenas pela Ciência e Tecnologia, atual SECTEC.

A Secretaria de Meio Ambiente e Sustentabilidade (SEMAS) foi criada em 2011 após o desdobramento da SECTMA, que deixou de abranger a tarefa de cuidar das políticas estaduais de meio ambiente e ficou responsável apenas pela Parte de Ciência e Tecnologia (atual SECTEC). A SEMAS têm como principal tarefa a implementação das políticas públicas ambientais do estado de Pernambuco, instituídas no final de 2010, a fim de promover a preservação do meio ambiente e o desenvolvimento sustentável. Estas políticas estaduais setorializadas, de responsabilidade da SEMAS, representam um marco no trato das questões ambientais em Pernambuco.

As políticas estaduais setorializadas são desenvolvidas de forma integrada com as instituições vinculadas, a Agência Estadual de Meio Ambiente (CPRH) e o Parque Estadual Dois Irmãos (PEDI), e em parceria com municípios, iniciativa privada, entidades de classe e Organizações Não Governamentais (ONGs) na busca de soluções inovadoras e criativas que integrem as cadeias produtivas locais, consolidando ações com foco na economia verde e sustentabilidade de todas as regiões do Estado.

Agência Estadual de Meio Ambiente (CPRH) - Órgão Executor, instituído pela Lei Complementar nº 049, de 31 de janeiro de 2003, anteriormente denominada Agência Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos, vinculada à SECTMA (Atual SECTEC). Em dezembro de 2009, a lei nº 13.968 modifica a denominação e a competência do órgão para Agência Estadual de Meio Ambiente, transferindo a execução das políticas estaduais de

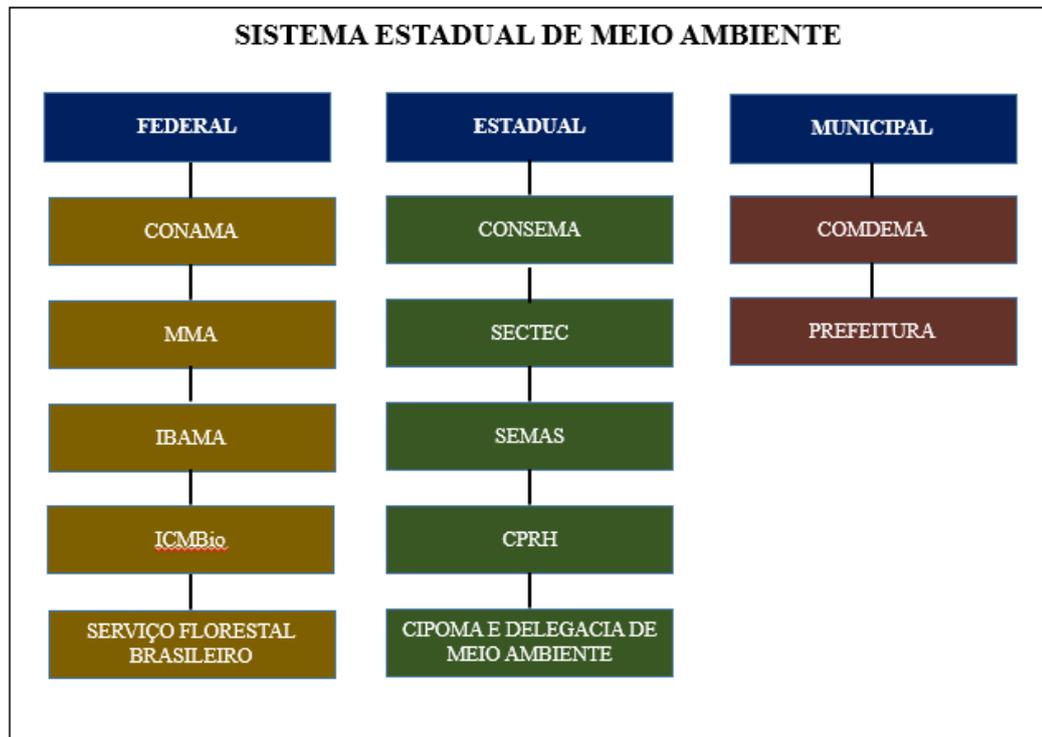
recursos hídricos para a Secretaria de Recursos Hídricos e Energéticos. A responsabilidade da Agência pelo licenciamento e fiscalização de atividades relacionadas à preservação das riquezas hidrográficas do estado, no entanto, fica mantida. Com a criação, em 2011, da SEMAS, desvinculada da Secretaria de Ciência e Tecnologia, a CPRH passa a integrar a nova pasta, que compreende ainda o Parque de Dois Irmãos. A CPRH é responsável pelo licenciamento e pela fiscalização ambiental, por realizar ações ecológicas educativas, pela conservação e pela recuperação dos recursos naturais de Pernambuco.

Companhia de Policiamento do Meio Ambiente - CIPOMA (Companhia Vasconcelos Sobrinho) - Órgão Seccional, vinculado à Polícia Militar de Pernambuco. Tem por objetivo exercer o policiamento ostensivo para proteger o patrimônio ambiental do Estado e assegurar a execução da política ambiental, visando à sustentabilidade dos recursos naturais.

Delegacia do Meio Ambiente – Órgão da Polícia Judiciária. Vinculado à Secretaria de Defesa Social de Pernambuco, foi instituído com o objetivo de atender denúncias e realizar apurações de crimes contra o meio ambiente.

Completando o Sistema Estadual de Meio Ambiente, ressalta-se que o Governo do Estado, por meio do Decreto nº 31.508, de 14 de março de 2008, instituiu a realização das Conferências Estaduais de Meio Ambiente (CEMAs), a cada dois anos, que devem ser precedidas de Conferências Municipais. O mesmo instrumento aponta como um dos objetivos das Conferências: firmar-se como instância de deliberação e orientação para o estabelecimento de políticas públicas estaduais de meio ambiente. A Figura 1 apresenta a estrutura organizacional e institucional do sistema de meio ambiente do estado de Pernambuco.

**Figura 1.** Arranjo institucional do Sistema Estadual de Meio Ambiente de Pernambuco



**Fonte:** adaptado de Pernambuco (2010b).

Os cenários atuais sobre vulnerabilidade ambiental de Pernambuco e as possíveis consequências decorrentes das mudanças globais do clima, em nosso território, exigiram da SECTMA – atual SECTEC - que o compromisso e o desafio de desenvolver políticas públicas ambientais que dessem conta dessas consequências e promovessem ações que favorecessem a capacidade de resiliência dos sistemas naturais e da qualidade de vida da sociedade. Nesse contexto, foram elaboradas pela SECTMA a Política Estadual de Enfrentamento às Mudanças Climáticas e a Política Estadual de Combate à Desertificação e Mitigação dos Efeitos da Seca, que atualmente são de responsabilidade da SEMAS.

### 2.8.2 Política Nacional de Recursos Hídricos

A legislação brasileira trata a água como um bem público dotado de valor econômico. Aliado a isso, sabe-se que a situação hídrica na região semiárida do Nordeste brasileiro se encontra em constante situação de escassez. Nesse sentido, há a necessidade de adequação às legislações específicas sobre recursos hídricos.

O Ministério do Meio Ambiente, a partir da década de 1990, passou a desenvolver ações relevantes para o semiárido, inicialmente com a criação da Secretaria de Recursos Hídricos

(SRH) em 1995. Tal Secretaria tem o papel de formular a Política Nacional de Recursos Hídricos, promover a integração da gestão dos recursos hídricos com a gestão ambiental, dar suporte ao Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH), instruir os Conselhos Estaduais e os Comitês de Bacias Hidrográficas.

A Lei 9.433/97 (BRASIL, 1997) definiu a Política Nacional de Recursos Hídricos em seus fundamentos, objetivos e instrumentos, e regulamentou a criação do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos (SINGREH). Esta Lei estabeleceu, como fundamentos da Política Nacional de Recursos Hídricos, que:

- A água é um bem de domínio público;
- A água é um recurso natural limitado, dotado de valor econômico;
- Em situações de escassez o uso prioritário dos recursos hídricos é o consumo humano e a dessedentação de animais;
- A gestão dos recursos hídricos deve proporcionar, sempre, o uso múltiplo das águas;
- A bacia hidrográfica é a unidade territorial para implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos e atuação do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos;
- A gestão dos recursos hídricos deve ser descentralizada e contar com a participação do Poder Público, dos usuários e das comunidades.

De acordo com o Ministério do Meio Ambiente (MMA, 2006a), o modelo de gerenciamento adotado no Brasil incorpora novos princípios e instrumentos de gestão, embora já aceitos e praticados em vários países, enquadra-se no modelo sistêmico de integração participativa, que determina a criação de uma estrutura, na forma de matriz institucional de gerenciamento, responsável pela execução de funções específicas, e adota o planejamento estratégico por bacia hidrográfica, a tomada de decisão por intermédio de deliberações multilaterais e descentralizadas e o estabelecimento de instrumentos legais e financeiros.

Para Tundisi, (2003) a abordagem da gestão de recursos hídricos tendo a bacia hidrográfica como unidade de planejamento e gerenciamento instituída pela PNRH (Política Nacional de Recursos Hídricos) promove a integração de cientistas, gerentes e tomadores de decisão com o público em geral, permitindo que eles trabalhem juntos em uma unidade física com limites definidos.

## **Sistema Nacional de Gerenciamento dos Recursos Hídricos**

O Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos foi criado pela PNRH, e tem como principais objetivos: i) coordenar a gestão integrada das águas; ii) arbitrar os conflitos relacionados com os recursos hídricos; iii) implementar a Política Nacional de Recursos Hídricos; iv) planejar, regular e controlar o uso, a preservação e a recuperação dos recursos hídricos; e v) promover a cobrança pelo uso de recursos hídricos. A seguir é apresentada uma síntese das competências das instituições e órgãos colegiados.

**Conselho Nacional de Recursos Hídricos:** é o órgão superior do SINGREH, composto por ministérios e secretarias da Presidência da República com atuação no gerenciamento ou no uso das águas, bem como por representantes dos conselhos estaduais de recursos hídricos, dos usuários e da sociedade civil (MMA, 2006a).

De acordo com o Decreto Federal nº 4.613/2003 está entre as competências deste Conselho: i) promover a articulação do planejamento de recursos hídricos com os planejamentos nacional, regionais, estaduais e dos setores usuários; ii) deliberar sobre os projetos de aproveitamento de recursos hídricos, cujas repercussões extrapolem o âmbito dos Estados em que serão implantados; iii) analisar propostas de alteração da legislação pertinente a recursos hídricos e à Política Nacional de Recursos Hídricos; iv) estabelecer diretrizes complementares para implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos, aplicação de seus instrumentos e atuação do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos; v) acompanhar a execução e aprovar o Plano Nacional de Recursos Hídricos, dentre outras.

*Agência Nacional de Águas:* A Agência Nacional de Águas (ANA) foi criada a partir da Lei Federal nº 9984/2000 (BRASIL, 2000), e tem como missão implementar e coordenar a gestão compartilhada e integrada dos recursos hídricos e regular o acesso a água, promovendo seu uso sustentável em benefício das atuais e futuras gerações.

Compete à ANA “regular e fiscalizar, quando envolverem corpos d’água de domínio da União, a prestação dos serviços públicos de irrigação, se em regime de concessão, e adução de água bruta, cabendo-lhe, inclusive, a disciplina, em caráter normativo, da prestação desses serviços, bem como a fixação de padrões de eficiência e o estabelecimento de tarifa, quando cabíveis, e a gestão e auditoria de todos os aspectos dos respectivos contratos de concessão, quando existentes” (Art. 4º, inciso XIX, Lei nº 9.984/2000).

*Conselhos de Recursos Hídricos dos Estados e do Distrito Federal:* São órgãos colegiados deliberativos e normativos em cada ente federativo. São responsáveis pelo planejamento, normatização e articulação das Políticas Estaduais de Recursos Hídricos.

*Comitês de Bacia Hidrográfica:* De acordo com a ANA (2013) os Comitês de Bacia Hidrográfica são órgãos colegiados formados por representantes do poder público, usuários e sociedade civil com atribuições normativas, deliberativas e consultivas a serem exercidas na bacia hidrográfica de sua jurisdição.

Devem ser formados por 1/3 de órgãos governamentais, 1/3 de usuários e 1/3 da sociedade civil. Isso automaticamente leva a criação de grupos com formações distintas, exercitando-se assim não apenas a interdisciplinaridade, como também a interinstitucionalidade da gestão dos recursos hídricos.

*Órgãos dos poderes públicos federal, estaduais, do Distrito Federal e municipais cujas competências se relacionem com a gestão de recursos hídricos:* É importante destacar que os estados e Distrito Federal devem criar órgãos executivos de suas Políticas Estaduais de Recursos Hídricos a fim de facilitar a gestão de recursos hídricos a um nível mais local. Ressalta-se que a criação de estruturas municipais para tratar da gestão de recursos hídricos deve ser incentivada, pois é neste nível que a resolução dos conflitos pode ocorrer de maneira mais eficaz.

*Agências de Água:* Denominadas também de agências de bacia, são entidades dotadas de personalidade jurídica, criadas para dar suporte administrativo, técnico e financeiro aos comitês de bacia, sendo requisitos essenciais para a sua instituição a prévia existência do comitê e sua viabilidade financeira, assegurada pela cobrança do uso de recursos hídricos (MMA, 2006a).

De acordo com Tundisi (2003), os avanços no sistema de planejamento e gerenciamento das águas resultam da incorporação de processos conceituais (adoção da bacia hidrográfica como unidade de planejamento e gerenciamento e a integração econômica e social), processos tecnológicos (uso adequado de tecnologias de proteção, conservação, recuperação e tratamento) e processos institucionais (integração institucional em uma unidade fisiográfica).

### **Política Estadual de Recursos Hídricos de Pernambuco**

Em 30 de dezembro de 2005, foi aprovada a lei nº 12.984 (PERNAMBUCO, 2005) que dispõe sobre a Política Estadual de Recursos Hídricos e o Sistema Integrado de Gerenciamento dos

Recursos Hídricos. Partindo da premissa de que água é um recurso natural limitado, dotado de valor econômico, social e ambiental, a Lei enfatiza que o gerenciamento dos recursos hídricos deve ser compatível com as diretrizes do desenvolvimento regional e local. Nesse particular, a água é considerada um elemento estratégico para o crescimento sustentável de Pernambuco e que, por conseguinte, está atrelada à proteção do meio ambiente e à inclusão social que podem ser impulsionadas por ações participativas e descentralizadas previstas na Lei.

O Plano Estadual de Recursos Hídricos - PERH, devidamente compatibilizado com os planos de desenvolvimento econômico, social e ambiental da União, do estado de Pernambuco e dos municípios, estabelecerá as diretrizes e critérios gerais para o gerenciamento dos recursos hídricos no Estado levando em conta, os seguintes elementos:

- Objetivos e diretrizes de ações conjugadas do Estado e dos municípios com relação ao aproveitamento múltiplo, controle, conservação, proteção e recuperação dos recursos hídricos;
- O processo de planejamento interativo das ações e intervenções, resultante de discussão dos planos regionais, municipais e setoriais do uso da água;
- O monitoramento hidroclimático, zoneamento das disponibilidades hídricas efetivas, os usos prioritários e a previsão dos impactos ambientais advindos do conjunto de programas e projetos propostos;
- Os programas de desenvolvimento institucional, tecnológico e gerencial, de valorização profissional e de comunicação social no campo dos recursos hídricos;
- Compatibilização das questões de inter-bacias e consolidação dos programas anuais e plurianuais das bacias hidrográficas;
- O desenvolvimento de tecnologia e legislação específica para as peculiaridades do semiárido;
- As diretrizes e critérios para a participação financeira do Estado no fomento de programas, definidos mediante articulação institucional, técnica e financeira com a União, os estados vizinhos, os municípios e entidades internacionais de cooperação.

O Sistema Integrado de Gerenciamento de Recursos Hídricos do Estado de Pernambuco - SIGRH/PE tem por finalidade formular, atualizar, aplicar, coordenar e executar a Política Estadual de Recursos Hídricos, assim como formular, atualizar e aplicar o Plano Estadual de Recursos Hídricos no estado de Pernambuco. O SIGRH/PE é composto pelos seguintes órgãos públicos colegiados e executivos:

*Comitê Estadual de Recursos Hídricos – CERH:* órgão superior deliberativo e consultivo do sistema. O CERH é composto por um representante de cada uma das seguintes entidades, cujas atividades se relacionem com o gerenciamento ou uso dos recursos hídricos, a proteção do meio ambiente e o planejamento estratégico:

- Secretaria de Recursos Hídricos e Energéticos - SRH;
- Secretaria de Meio Ambiente e Sustentabilidade - SEMAS
- Secretaria de Planejamento e Gestão – SEPLAG;
- Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural – EMATER;
- Agência Estadual de Meio Ambiente – CPRH;
- Companhia Pernambucana de Saneamento – COMPESA;
- Fundação de Saúde Amauri de Medeiros – FUSAM;
- Empresa Pernambucana de Pesquisa Agropecuária – IPA;
- Instituto de Tecnologia do Estado de Pernambuco – ITEP;
- Representante dos Comitês de Bacias Hidrográficas.

*Comitês de Bacia Hidrográfica – COBHs:* colegiado de apoio técnico local, com atuação nas unidades hidrográficas nominadas pelo Plano Estadual de Recursos Hídricos.

*Secretaria de Recursos Hídricos e Energéticos – SRHE:* órgão de planejamento e gestão do sistema, responsável pela formulação e gestão integrada das Políticas de Recursos Hídricos e de Saneamento.

*Agência Pernambucana de Águas e Clima:* A APAC tem por finalidade executar a Política Estadual de Recursos Hídricos e regular o uso da água, no âmbito dos recursos hídricos estaduais e federais nos termos em que lhe forem delegados, bem como realizar monitoramento hidrometeorológico e previsões de tempo e clima no Estado. A APAC foi criada pela Lei nº 14.028, de 26 de março de 2010.

### **2.8.3 Política Nacional sobre Mudança do Clima**

Em 29 de dezembro de 2009 foi instituída a Política Nacional sobre a Mudança do Clima (PNMC), por meio da Lei nº 12.187/2009 (BRASIL, 2009). A PNMC visa incentivar o desenvolvimento e aprimoramento de ações de mitigação no Brasil, colaborando com o esforço mundial de redução das emissões de gases de efeito estufa, bem como tem por objetivos a criação de condições internas para lidar com os impactos das mudanças climáticas globais, assim como medidas de adaptação, que é tida como iniciativas e medidas para reduzir a

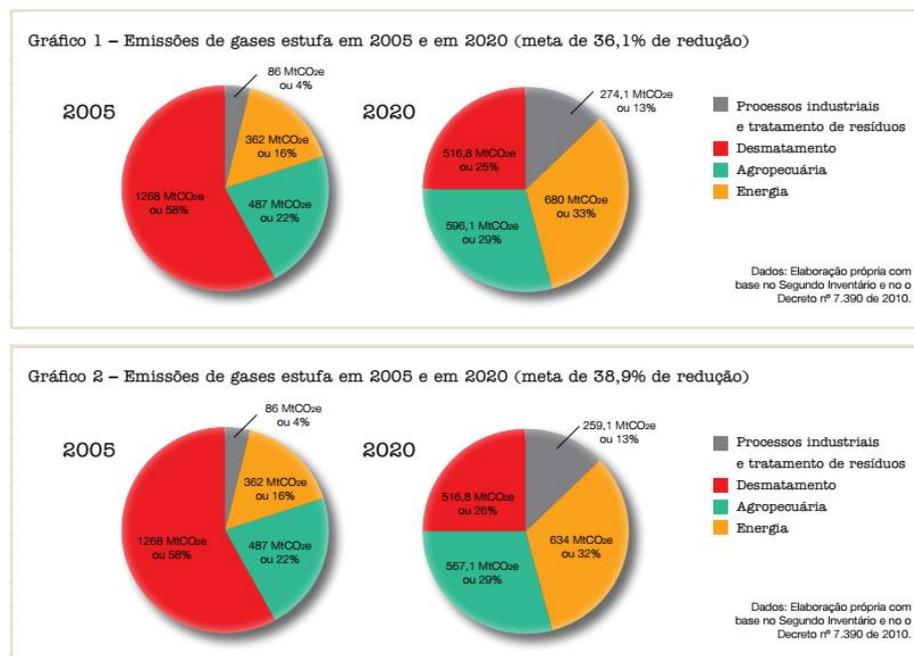
vulnerabilidade dos sistemas naturais e humanos frente aos efeitos atuais e esperados da mudança do clima.

Segundo o Decreto nº 7.390/2010, que regulamenta a Política Nacional sobre Mudança do Clima, a linha de base de emissões de gases de efeito estufa para 2020 foi estimada em 3,236 GtCO<sub>2</sub>-eq. Assim, a redução absoluta correspondente ficou estabelecida entre 1, 168 GtCO<sub>2</sub>-eq e 1,259 GtCO<sub>2</sub>-eq, 36,1% e 38,9% de redução de emissões, respectivamente (BRASIL, 2010)

O Brasil muito tem feito para o enfrentamento do problema, tornando-se uma das principais referências mundiais quanto à conquista de soluções adequadas perante esse desafio, uma vez que já cumpriu dois terços da meta de reduzir suas emissões de gases estufa entre 36,1% e 38,9% em 2020, em relação ao que emitiria se nada fosse feito (Figura 2). Esse objetivo foi definido em 2009, como oferta do Brasil ao Acordo de Copenhague, e ao mesmo tempo inscrito na lei da Política Nacional sobre Mudança Climática, sancionada no ano de 2009.

Apenas com duas ações, a redução do desmatamento na Amazônia e no cerrado, o país já havia atingido, em 2012, 72,5% da meta global (28,21% de redução de emissões). Tal resultado aconteceu de forma independente da implantação da lei. O desmatamento na Amazônia já vinha caindo desde 2005 e, no cerrado, a meta havia sido cumprida e ultrapassada antes mesmo da criação da lei (GREENPEACE, 2013).

**Figura 2.** Emissões de gases de efeito estufa em 2005 e 2020



**Fonte:** Greenpeace (2013)

De acordo com a análise da Figura 2, em ambos os cenários, o Brasil emitirá menos gases estufa em 2020 do que emitiu em 2005. Isso é positivo, uma vez que o Brasil caminha para ter um perfil de emissões mais próximo de países desenvolvidos no ano de 2020.

### **Plano Nacional sobre Mudança do Clima**

O Plano Nacional sobre Mudança do Clima é anterior à Política Nacional de Mudanças Climáticas. Foi criado em 2008 e visa incentivar o desenvolvimento e aprimoramento de ações de mitigação no Brasil, colaborando com o esforço mundial de redução das emissões de gases de efeito estufa, bem como objetiva a criação de condições internas para lidar com os impactos que ocorram devido à mudança do clima. O Plano estrutura-se em quatro eixos: oportunidades de mitigação; impactos, vulnerabilidades e adaptação; pesquisa e desenvolvimento; e educação, capacitação e comunicação.

O Plano Nacional sobre Mudança do Clima constitui-se em um marco relevante para a integração e harmonização de políticas públicas, seguindo as diretrizes gerais da Política Nacional. É fruto do trabalho do Comitê Interministerial sobre Mudança do Clima e de seu Grupo-Executivo, com a colaboração de outros colegiados e instâncias como o Fórum Brasileiro de Mudanças Climáticas, a Comissão Interministerial de Mudança Global do Clima, a III Conferência Nacional do Meio Ambiente.

O Plano Nacional sobre Mudança do Clima trata também das oportunidades de mitigação nos principais setores emissores de gases de efeito estufa e das estratégias de ação visando maximizar o aproveitamento do potencial de mitigação que cada setor apresenta (MMA, 2008).

Ainda de acordo com MMA (2008), entende-se por mitigação, as mudanças e substituições tecnológicas que reduzam o uso de recursos e as emissões por unidade de produção, bem como a implementação de medidas que reduzam as emissões de gases de efeito estufa e aumentem os sumidouros de carbono. Dentre as tecnologias e práticas de mitigação por setor, com base no IPCC (2007), são consideradas as mais relevantes, para as condições brasileiras, as que se seguem:

Setor de Energia – melhoria da eficiência da oferta e distribuição de energia, substituição de combustíveis mais carbono-intensivos por aqueles com menor teor de carbono ou por combustíveis de fontes renováveis, e, captação e armazenamento de carbono.

Setor de Transportes – utilização de veículos eficientes, de sistemas ferroviários, de transportes coletivos em substituição aos particulares e planejamento do uso da terra e do sistema de transportes.

Setor de Edificações – utilização de equipamentos eficientes e de energia solar, além da adoção de um sistema de planejamento integrado que permita ganhos de eficiência no uso da energia.

Setor de Indústria – utilização de equipamentos eficientes, adoção de práticas de reciclagem e de substituição de materiais, controle das emissões de gases, captação e armazenamento de carbono.

Setor Agrícola – manejo adequado para aumentar o armazenamento de carbono no solo, recuperação de áreas degradadas, intensificação da pecuária bovina, melhorias em cultivos e na fertilização para reduzir emissões de CH<sup>4</sup> e N<sub>2</sub>O e estabelecimento de culturas energéticas.

Setor de Silvicultura/Florestas – redução do desmatamento, estímulo ao manejo florestal sustentável, ao florestamento e reflorestamento e ao uso de produtos e subprodutos florestais, obtidos em bases sustentáveis, para geração de energia.

Setor de Resíduos – recuperação do metano de aterros sanitários, incineração com recuperação energética e reciclagem.

Além disso, o IPCC 2007 recomenda o incentivo a mudanças no estilo de vida, a adoção de programas educativos e de conscientização social visando a superação de barreiras à aceitação das medidas necessárias pelo mercado (MMA, 2008).

O IPCC (2007) afirma ainda que existe uma ampla variedade de políticas e instrumentos para que governos criem incentivos para as medidas de mitigação. Quatro critérios principais devem ser usados para avaliar as políticas e os instrumentos: eficácia ambiental, eficácia em relação a custos, efeitos de distribuição, inclusive a equidade, e viabilidade institucional.

O Plano Nacional sobre Mudança do Clima trata-se de um plano não só interministerial, mas nacional, isto é, deve contar com a contribuição tanto de estados e municípios como dos diversos setores da sociedade - algo que ocorreu a contento em sua elaboração, com a realização de consultas públicas e de reuniões setoriais promovidas pelo Fórum Brasileiro de Mudanças Climáticas, bem como por meio da consideração das deliberações da 3<sup>a</sup> Conferência Nacional do Meio Ambiente.

#### **2.8.4 Política Estadual de Enfrentamento às Mudanças Climáticas**

Em 17 de junho de 2010 foi instituída a Política Estadual de Enfrentamento às Mudanças Climáticas do estado de Pernambuco, através da Lei 14090/2010. Esta tem por objetivo garantir à população que o Poder Público promova os esforços necessários para aumentar a resiliência da população pernambucana à variabilidade e às mudanças climáticas em curso, bem como contribuir com a redução das concentrações dos gases de efeito estufa na atmosfera, em níveis não danosos às populações e aos ecossistemas, assegurando o desenvolvimento sustentável (PERNAMBUCO, 2010a).

Os resultados das pesquisas globais mostram que Pernambuco constitui um dos estados mais vulneráveis do Brasil aos efeitos das mudanças do clima. Enquanto na área litorânea vem sendo intensificado o processo erosivo, as mesorregiões do Sertão e Agreste padecem do fenômeno das secas. Este quadro poderá levar a processos migratórios, deslocando as populações afetadas pelas secas para os centros urbanos, sobrecarregando os serviços nessa região e agravando cada vez mais a condição socioeconômica da população (PERNAMBUCO, 2011).

De acordo com Pernambuco (2010b), a resposta às mudanças climáticas demanda uma ação estratégica conjunta e coordenada do estado de Pernambuco com os níveis nacional, regional e internacional, considerando-se as especificidades socioeconômicas e setoriais, assim como os impactos e as vulnerabilidades específicas no território pernambucano. Medidas para enfrentar as mudanças do clima devem ser realizadas entre as diferentes pastas da administração pública, em todos os níveis do governo, o que precisa ser realizado em conjunto com os setores da sociedade e acadêmicos. Deve ser aplicado de forma integrada e em complementaridade, levando em consideração a importância do desenvolvimento social e econômico sustentável.

Reconhecendo a importância da participação de todos no processo de construção de uma Política Estadual, Pernambuco tornou prioridade o processo de escuta à sociedade, abrindo espaço para que entidades ambientais e interessados dos mais diversos segmentos contribuíssem no seu processo de construção. A Política Estadual de Enfrentamento às Mudanças Climáticas não é uma legislação exclusiva para juristas, mas sim para todos profissionais que, de algum modo, lidam com as questões ambientais. Ela se destina à sociedade, que almeja viver em um ambiente saudável e protegido, sem abrir mão do desenvolvimento econômico, desde que seja de forma sustentável. Pernambuco trilhou um caminho para estabelecer sua Política de Enfrentamento às Mudanças Climáticas (SEMAS, 2011).

Em 2008, foi criado um Comitê Estadual de Enfrentamento das Mudanças Climáticas (Decreto N° 31.507/2008) e seu Grupo Executivo, formado por 13 secretarias de estado, seguido do Fórum Estadual de Mudanças Climáticas (Decreto N° 33.015/2009). Ambos contam hoje com a participação de cientistas e pesquisadores de diversos centros internacionais, nacionais e estadual, voltados para o monitoramento do clima e seus efeitos em Pernambuco e tem por competência propor diretrizes e normas para a instituição da política e do plano de ação no âmbito do Estado. (SEMAS, 2011).

A Política Estadual de Enfrentamento às Mudanças Climáticas tem como objetivos fundamentais garantir que o Poder Público promova os esforços necessários para aumentar a resiliência da população à variabilidade e às mudanças climáticas em curso e, também, contribuir com a redução das concentrações dos gases de efeito estufa na atmosfera, em níveis não danosos à população e aos ecossistemas.

Dentro da política estadual de enfrentamento às mudanças climáticas, vale a pena salientar o Plano Estadual de Mudanças Climáticas, que é um instrumento que visa fundamentar e orientar a implantação dessa política estadual de mudanças climáticas em longo prazo, com horizonte de planejamento compatível com o período de implantação de seus programas e projetos.

As Metas obrigatórias do Plano Estadual de Mudanças Climáticas estão descritas no Artigo 23 da Lei Estadual N° 14.090, de 17 de junho de 2010, que “Institui a Política Estadual de Enfrentamento às Mudanças Climáticas de Pernambuco”, onde fica determinado como um dos instrumentos de implementação da Política Estadual de Enfrentamento às Mudanças Climáticas, o Plano Estadual de Mudanças Climáticas, que visa fundamentar e orientar a implantação da Política Estadual de Mudanças Climáticas à longo prazo, com horizonte de planejamento compatível com o período de implantação de seus programas e atividades (PERNAMBUCO, 2011).

O Plano Estadual de Mudanças Climáticas é formado por dois componentes: Adaptação e mitigação; três eixos temáticos: combate à desertificação, gerenciamento costeiro e gestão urbana; e três áreas de atuação: monitoramento e controle ambiental, educação, pesquisa e tecnologia e instrumentos econômicos, conforme consta na Figura 3.

**Figura 3.** Estrutura do Plano Estadual de Mudanças Climáticas de Pernambuco

**Fonte:** Adaptado de SEMAS (2011)

O Plano Estadual de Mudanças Climáticas possui, dentre outras, metas obrigatórias que se dividem em adaptação e mitigação. Os quadros 1 e 2 apresenta as metas mínimas previstas em Lei Estadual, juntamente com as principais atividades e os agentes envolvidos em cada uma dessas atividades.

**Quadro 1.** Principais metas obrigatórias de adaptação do Plano Estadual de Mudanças Climáticas

<b>ADAPTAÇÃO: METAS MÍNIMAS PREVISTAS EM LEI ESTADUAL</b>	
<b>ATIVIDADES</b>	<b>AGENTES ENVOLVIDOS</b>
Revisão do Zoneamento Ecológico Econômico Costeiro – ZEEC - de Pernambuco, incluindo os novos condicionantes decorrentes das Mudanças Climáticas	SEMAS, Pref. dos Municípios Litorâneos, Universidades, ONG`S
Elaboração do Zoneamento Ecológico Econômico do semiárido de Pernambuco, incluindo as questões decorrentes dos efeitos das mudanças climáticas	SEMAS, EMBRAPA, CONDEPE/FIDEM, Universidades, ONG`S
Diagnóstico dos sistemas naturais das bacias hidrográficas de Pernambuco, identificando as potencialidades e disponibilidades hídricas das bacias e sua evolução face aos cenários de aquecimento para os anos de 2020, 2030, 2040 e 2050.	SEMAS, SRHE, CPRH, Compesa, APAC, ANA, CODEVASF, Universidades, ONG`S
Identificação e Diagnóstico das áreas críticas de desertificação no território de Pernambuco	SEMAS, EMBRAPA, Universidades, ONG`S X
Elaboração do Mapa de Vulnerabilidade Ambiental do semiárido de Pernambuco	SEMAS, EMBRAPA, CONDEPE/FIDEM, Universidades, ONG`S
Diagnóstico da infraestrutura urbana e da Defesa Civil Estadual e Municipal, frente à eventos extremos nos municípios de médio e grande porte de Pernambuco	SEMAS, Pref. Municipais, CODECIPE, Universidades, ONG`S

**Fonte:** Adaptado de SEMAS (2011).

**Quadro 2.** Principais metas obrigatórias de Mitigação do Plano Estadual de Mudanças Climáticas

<b>MITIGAÇÃO: METAS MÍNIMAS PREVISTAS EM LEI ESTADUAL</b>	
<b>ATIVIDADES</b>	<b>AGENTES ENVOLVIDOS</b>
Inventário de emissão dos gases de efeito estufa da Agricultura, Pecuária, Mineração e Indústria de Pernambuco	SEMAS, CPRH, FAEPE, EMBRAPA, IPA, Universidades, ONG'S, SNC, FIEPE, CPRM,
Inventário de emissões de CO2 continental e marinho de Pernambuco	SEMAS, CPRH, Universidades, ONG'S
Inventário de emissões dos gases de efeito estufa pela geração de energia em Pernambuco	SEMAS, CPRH, SRHE, Universidades, ONG'S
Inventário de emissões dos gases de efeito estufa pela destinação final dos resíduos sólidos em Pernambuco	SEMAS, CPRH, Pref. Municipais, Universidades, ONG'S
Metas e estratégias de redução da emissão dos gases de efeito estufa da Agricultura, Pecuária, Mineração e Indústria de Pernambuco	SEMAS, CPRH, FAEPE, EMBRAPA, IPA, Universidades, ONG'S, SNC, FIEPE, CPRM,
Estabelecimento das diretrizes e critérios para os Projetos de Redução de Emissões pelo Desmatamento e Degradação Florestal (REDD) em Pernambuco	SEMAS, CPRH, IBAMA, Universidades, ONG'S

**Fonte:** Adaptado de SEMAS (2011).

De acordo com PERNAMBUCO (2011), a adaptação é entendida como um “conjunto de iniciativas e estratégias que permitem a adaptação, nos sistemas naturais ou criados pelos homens, a um novo ambiente, em resposta à mudança do clima atual ou esperada” e a mitigação consiste na “ação humana para reduzir as emissões por fontes ou ampliar os sumidouros de gases de efeito estufa”.

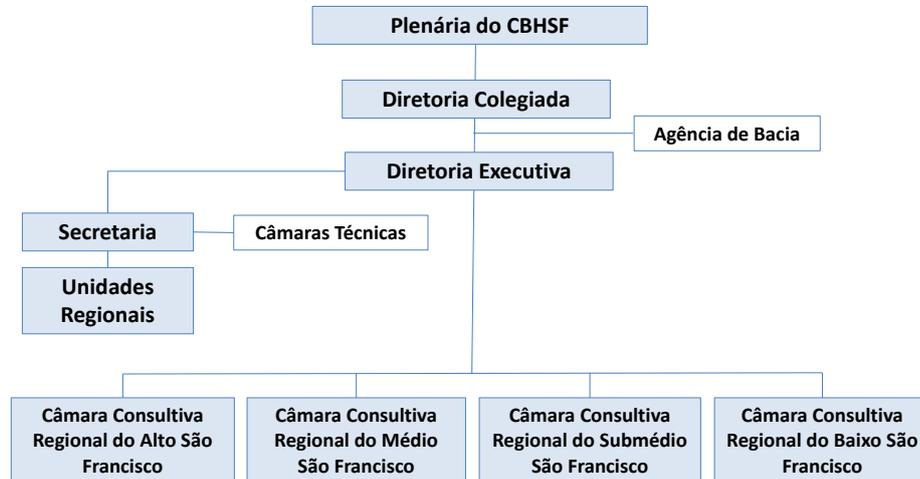
O Plano Estadual de Mudanças Climáticas conta também com metas setoriais, que são fundamentadas nos setores econômicos e de atividades relacionadas na Lei da Política de Enfrentamento às Mudanças Climáticas.

### **2.8.5 O Comitê da Bacia Hidrográfica do rio São Francisco**

Uma vez que este trabalho tem como objeto de estudo o Submédio São Francisco, sub-bacia do rio São Francisco, julga-se relevante uma breve análise do Comitê de Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco (CBHSF). O CBHSF foi fundado em 2001, por meio de Decreto Presidencial em 5 de junho de 2001 e é um dos mais atuantes do país. É formado por 62 membros titulares e expressa, na sua composição tripartite, os interesses dos principais atores envolvidos na gestão dos recursos hídricos da bacia. Em termos numéricos, os usuários somam 38,7% do total de membros, o poder público (federal, estadual e municipal) representa 32,2%, a sociedade civil detém 25,8% e as comunidades tradicionais 3,3%. Além desses, compõe o comitê os membros das diretorias executiva (03 membros), colegiada (07 membros) e os coordenadores das

Câmaras Consultivas Regionais (CCRs). A Figura 4 apresenta a estrutura organizacional do CBHSF.

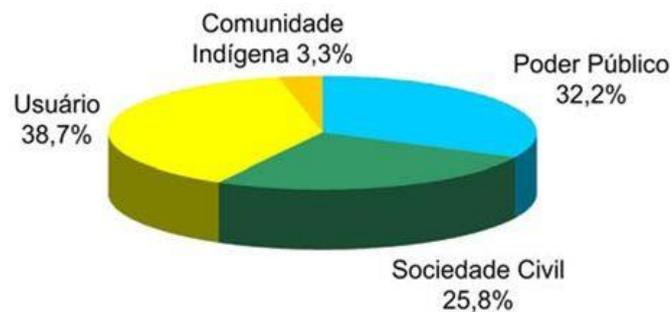
**Figura 4.** Estrutura organizacional do Comitê de Bacia do Rio São Francisco



Fonte: CBHSF (2015a).

Os Membros do CBHSF no período (2013-2016) representam em sua maioria usuários, poder público e sociedade civil (Figura 5).

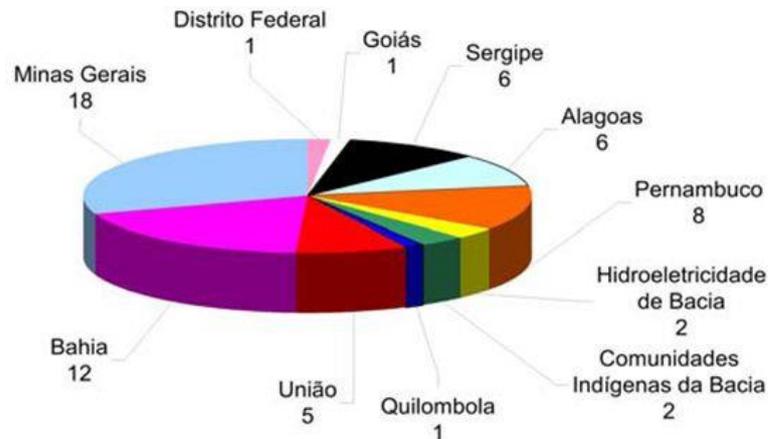
**Figura 5.** Composição por segmento do Comitê de Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco - usuários



Fonte: CBHSF (2015a).

Dentre os Estados com maior representação, também no período de 2013-2016, no Comitê destacam-se a Bahia, Minas Gerais e Pernambuco (Figura 6).

**Figura 6.** Composição por segmento do Comitê de Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco - estados



**Fonte:** CBHSF (2015a).

Além dos membros do Comitê existem os membros das diretorias executiva (03 membros), colegiada (07 membros) e os coordenadores das Câmaras Consultivas Regionais (CCRs).

Através da análise e leitura das atas das plenárias do CBHSF, constatou-se que a questão referente à preocupação com a convivência no semiárido, as sucessivas secas e as medidas de adaptação, mitigação e resiliência à pouca disponibilidade hídrica já era posto em pauta desde as primeiras reuniões. Nesse momento serão destacadas as Plenárias que enfatizaram as questões climáticas e ambientais e os impactos advindos na região semiárida. As atas completas dessas plenárias são encontradas no endereço: <http://cbhsaofrancisco.org.br/documentacao/atas/atas-das-plenarias/>.

*A Plenária realizada em Salvador - BA, entre os dias 26 e 27 de outubro de 2004, trata sobre os usos externos das águas do rio São Francisco, com as primeiras discussões e preocupações acerca da transposição do rio. Nesse contexto, foi levantada a questão das secas que são sucessivas na região e a indagação se o problema da pouca disponibilidade hídrica será resolvido com a aprovação e execução do projeto.*

*A Plenária realizada em Pirapora – MG, em 17 de julho de 2005 teve como uma das pautas da reunião a questão sobre os desalinizadores nos municípios de Pernambuco e Bahia, a implantação de cisternas financiadas pela CODEVASF e apresentação de propostas sobre convivência para o semiárido através do plano de combate à desertificação.*

*A Plenária realizada em Recife -PE, em 8 de dezembro de 2005, trata sobre a Agência de Bacia e sobre o projeto de transposição do rio São Francisco, que, nas circunstâncias da época,*

defendia que o uso externo das águas da bacia seria, prioritariamente, para abastecimento humano e dessedentação animal. Desse modo, inviabilizando o projeto de transposição, uma vez que este priorizaria as atividades econômicas em relação aos demais usos da água e, afetaria negativamente áreas de comprovada escassez hídrica na bacia.

*A Plenária realizada em Belo Horizonte – MG nos dias 4 e 5 de julho de 2012*, teve como uma das pautas a questão dos problemas de convivência com a Seca e o momento atual de cada região, com exposição de palestras sobre o tema e suas possíveis medidas de adaptação.

*A Plenária realizada em Penedo – AL entre os dias 27 e 29 de novembro de 2012*, enfatiza que a região Nordeste está vivendo a maior seca dos últimos anos, mas, ao mesmo tempo, se pode comemorar o fato de se reunir vários segmentos e autoridades com objetivo de discutir e definir propostas e soluções direcionadas à preservação do rio e desenvolvimento sustentável das regiões ribeirinhas. Em outro momento da reunião são apresentados a implantação de benefícios e Programas que beneficiam à população e diminuem à problemática de convivência do semiárido, dentre eles: Programa Água Doce, Programa Água para todos, Programa de Recuperação das Nascentes, entre outros.

*A Plenária realizada em Salvador – BA nos dias 19 e 20 de agosto de 2013*, teve discussões sobre as questões ambientais e climáticas da bacia, incluindo a redução da vazão do Reservatório de Sobradinho, e a seca no semiárido.

*A Plenária realizada em Jaboatão dos Guararapes – PE nos dias 5 e 6 de dezembro de 2013*, aborda mais uma vez a problemática da estiagem, que é repercutida em nível nacional. Um dos focos da plenária é a revisão do Plano de Baía do rio São Francisco, é enfatizado que o Nordeste está vivendo um momento crítico devido à seca prolongada e, que à época foi feita uma política de recursos hídricos que não falava de estiagem. Outra abordagem na Plenária foi sobre a elaboração, pelo Comitê, de um novo Plano de Bacia que também pense no desenvolvimento do semiárido.

*A Plenária realizada em Belo Horizonte – MG nos dias 22 e 23 de maio de 2014*, aborda como ponto chave da reunião a revisão do Plano Decenal da Bacia Hidrográfica do rio São Francisco. Uma das pautas apresentadas referem-se à situação da seca prolongada que está afetando seriamente a capacidade de geração de energia, abastecimento de água, além de outras grandes adversidades.

*A Plenária realizada em Maceió – Al nos dias 20 e 21 de novembro de 2014*, tem como principal foco o momento de crise hídrica que a bacia está vivendo, é abordado que a convivência com a escassez de água não é novidade na bacia do rio São Francisco e que há uma tendência de achar que tudo é produto da questão climática, mas se não houver gestão não adianta. Um dos relatos na reunião aponta que a velocidade que a crise ambiental se agrava é muito maior do que a velocidade que o ser humano consegue deter e, que são exigidos do planeta recursos naturais que são limitados. Outra pauta da reunião foi sobre a criação imediata de um Pacto das Águas, onde o CBHSF e ANA não podem ficar apenas na disfunção de administrar a crise, mas ver o horizonte a médio e longo prazo. Foi abordada a necessidade de um protocolo para os usuários, de como agir em tempos de escassez. E por fim, houve uma pauta sobre a revisão do sistema de outorga e necessidade de mudança no modelo e matriz energética na Bacia do São Francisco.

Diante do exposto, fica evidente o constante acompanhamento e preocupação do CBHSF com a questão ambiental, sobretudo em relação à convivência da população com os longos períodos de estiagem hídrica na Bacia. Instrumentos de apoio e programas de mitigação à problemática são frequentemente instituídos pelo comitê, que em parceria com órgãos governamentais, ONGs e membros da sociedade civil estimulam o grau de resiliência contra os eventos das constantes secas que comovem a região.

### **2.8.6 Interação entre as políticas públicas analisadas**

Deve-se entender que nenhuma política existe isoladamente em um território e, o seu grau de interação com outras políticas públicas pode influenciar positivamente a eficiência de sua ação. Nesse sentido, os pontos de intersecção entre as políticas descritas neste capítulo são apresentados no sentido de fornecer caminhos para buscar uma aplicação mais eficiente destes diplomas legais.

A existência de políticas públicas voltadas para o Semiárido brasileiro foi intensificada nos últimos 12 anos (sobretudo a partir de 2003), como foi demonstrado anteriormente. No entanto as políticas voltadas às questões das mudanças climáticas foram instituídas apenas a partir do ano de 2010. Apesar da dinamização destas políticas públicas, muito ainda há por fazer, uma vez que a região semiárida atravessa uma das piores secas das últimas décadas e, muitos indicadores socioeconômicos voltados a esta problemática ainda são insatisfatórios.

A Política Estadual de enfrentamento às mudanças climáticas tem como um de seus princípios a integração e articulação entre as políticas públicas governamentais municipais, estaduais e

federais e as iniciativas não governamentais, dos povos e comunidades tradicionais e da agricultura familiar, demais setores produtivos, do empresariado e detentores de terra, visando a otimizar a aplicação dos recursos financeiros e o intercâmbio de conhecimentos e informações sobre o combate à seca, a fim de promover o desenvolvimento sustentável local.

Também não se pode realizar irrigação em uma área com histórica escassez de água, sem cumprir e considerar as exigências realizadas na Política Nacional de Recursos Hídricos e na Política Nacional de meio ambiente que visam a manutenção dos serviços ambientais fornecidos pela área.

Nesse sentido, o êxito da interface da gestão de recursos hídricos com as políticas de enfrentamento às mudanças climáticas está no desenvolvimento de metodologias e elaboração de instrumentos apropriados à cada especificidade, exigindo procedimentos tecnológicos e econômicos para otimizar os usos múltiplos da água, buscando garantir a disponibilidade e a qualidade deste recurso.

### **3. MATERIAIS E MÉTODOS**

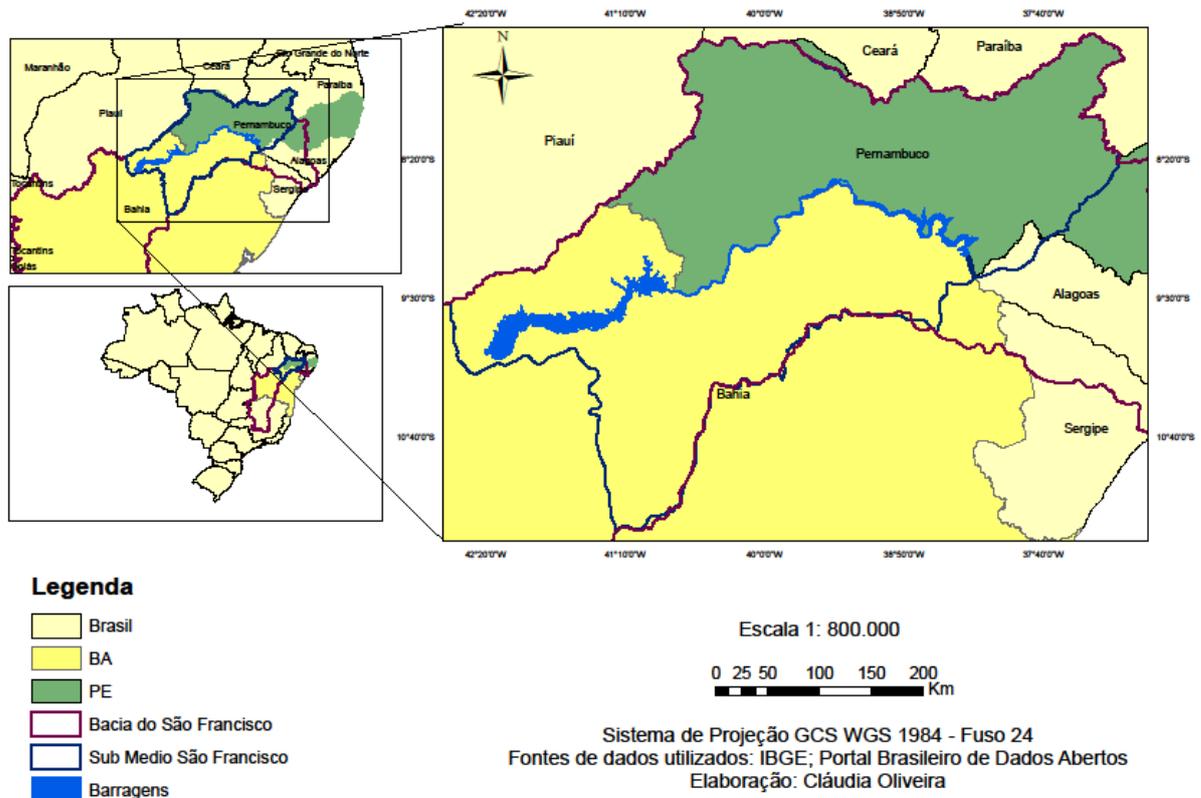
Neste capítulo são apresentados os materiais e métodos aplicados na presente pesquisa, com a delimitação e caracterização da área de estudo, classificação climática, características físicas e os procedimentos metodológicos utilizados para a realização dos objetivos e obtenção dos resultados.

#### **3.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO**

##### **3.1.1 Localização da área de estudo**

O trecho Submédio da bacia hidrográfica do rio São Francisco está localizado na porção semiárida do Nordeste brasileiro, no oeste do estado de Pernambuco e norte do estado da Bahia, entre os meridianos 43°W e 37°W e paralelos 7°S e 12°S. A altitude do Submédio varia entre 192 e 1271 m, com média da ordem de 400 m. Compreende uma área de aproximadamente 122 mil km<sup>2</sup>, abrangendo municípios de dois estados do Nordeste brasileiro (Figura 7). A região do Submédio corresponde a 17% da área total da bacia do São Francisco e estende-se da barragem de Sobradinho até a barragem de Xingó. Inclui as sub-bacias dos rios Pontal, Garças, Brígida, Terra Nova, Pajeú e Moxotó na margem esquerda e Salitre, Poço, Curaçá, Vargem e Macururé na margem direita. As principais cidades do Submédio são Petrolina e Serra Talhada, em Pernambuco e Juazeiro e Paulo Afonso, na Bahia. Nesse trecho do São Francisco destacam-se as represas de Paulo Afonso I, II, III e IV, Xingó, Itaparica e Moxotó (EMBRAPA, 2009; CBHSF, 2015b).

**Figura 7.** Localização do Submédio São Francisco nos estados de Pernambuco e Bahia



O Submédio São Francisco abrange toda a mesorregião do Sertão de Pernambuco e grande parte da mesorregião do Agreste. Na parte localizada no estado de Pernambuco, está limitada na porção leste com o trecho Baixo da bacia do São Francisco. Já na parte localizada no estado da Bahia, o Submédio São Francisco abrange grande parte da mesorregião do Vale do São Francisco e pequena parcela do Centro Norte, se limitando ao sul com o trecho Médio da bacia do São Francisco, no município de Remanso. No total, o Submédio São Francisco abrange 83 municípios, sendo 59 localizados em Pernambuco e 24 na Bahia.

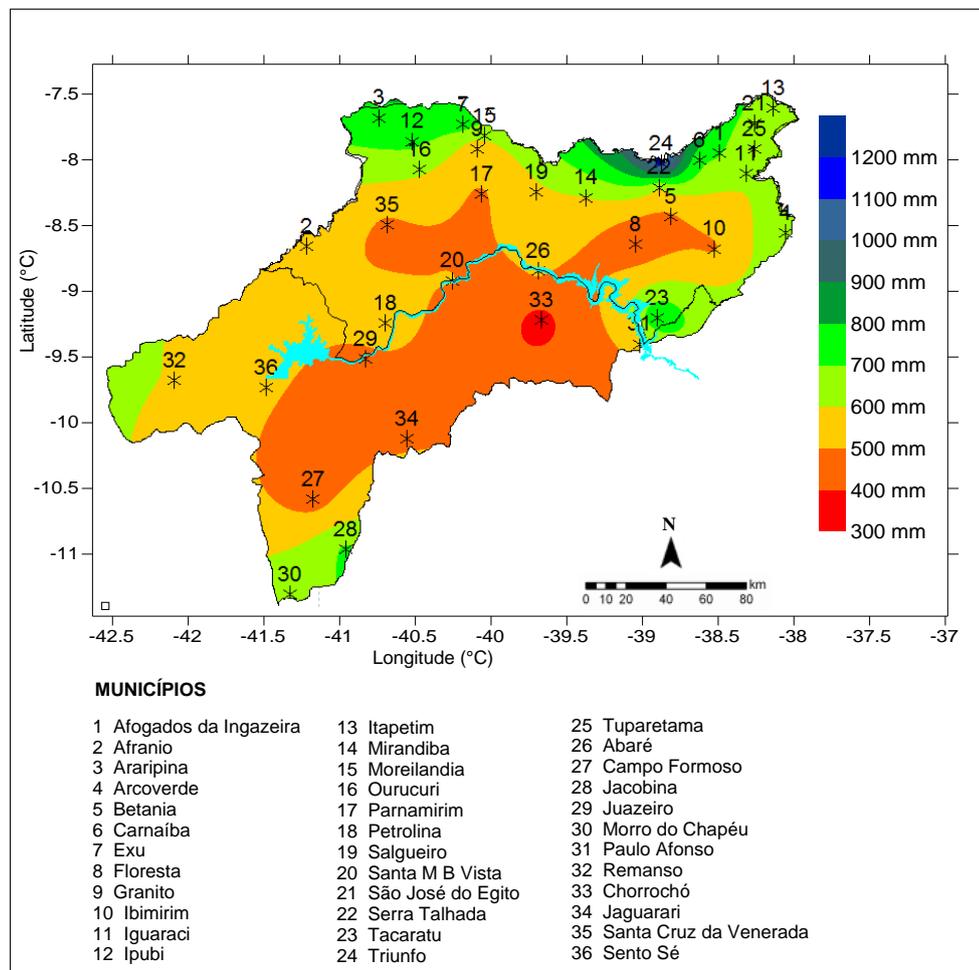
### 3.1.2 Classificação climática

Do ponto de vista climático, a área do Submédio São Francisco é caracterizada pela grande irregularidade das precipitações pluviométricas e apresenta como principal período chuvoso os meses de janeiro a abril. As chuvas que ocorrem no Sertão têm sua origem nas Frentes Frias, nos Vórtices Ciclônicos de Ar Superior (VCAS) e na Zona de Convergência Intertropical (ZCIT). O início da pré-estação chuvosa ocorre em dezembro (extremo oeste) e está associado às instabilidades das Frentes Frias e aos VCAS, que atua principalmente nos meses de janeiro

e fevereiro. A partir de fevereiro ou março, dependendo do ano, a ZCIT começa a atuar em todo o Sertão, que já se encontra em seu principal período chuvoso (CBHSF, 2015, SECTMA, 2006).

Os totais pluviométricos anuais oscilam, em média, entre 300 e 1200mm (Figura 8), com maiores valores observados no Alto Sertão pernambucano com valores acima de 600 mm, e os menores no Sertão de São Francisco de Pernambuco e Bahia com totais entre 300 e 600 mm, em média. Na área da bacia estudada, destaca-se o município de Triunfo, localizado no Sertão do Pajeú de Pernambuco, diferentemente dos demais, é o único que apresenta totais anuais superiores a 900 mm, chegando aos 1200 mm, que é explicado pela altitude, considerado o ponto mais alto de Pernambuco.

**Figura 8.** Distribuição espacial da climatologia da precipitação pluviométrica anual no Submédio São Francisco

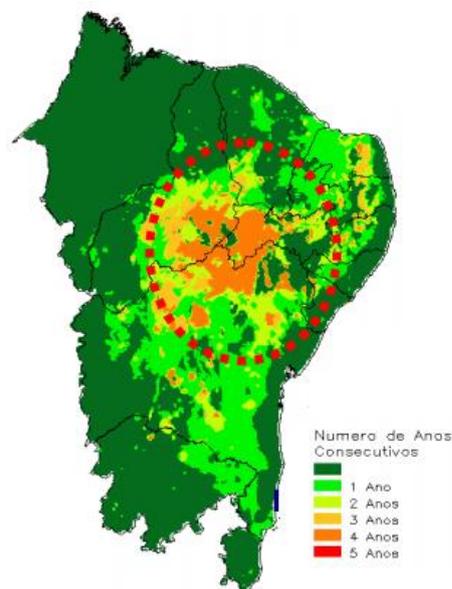


O Semiárido é um sistema complexo e que apresenta tendências observáveis na sua variabilidade climática ao longo do tempo, em várias escalas no tempo e no espaço. A variabilidade climática se dá de forma sazonal, entre os meses com precipitação e os meses sem precipitação significativa durante o ano. Ainda apresenta variabilidade com os grandes ciclos,

com os períodos de anos de grandes secas. A variabilidade se dá em escalas de tempo ainda maiores ao longo de décadas e séculos (BARRETTO, 2010).

Na área de estudo a estação seca pode se prolongar por 7 a 10 meses. A semiaridez é bem acentuada na parte mais baixa, próximo ao rio São Francisco, que apresenta o maior número de anos consecutivos secos (Figura 9), chegando a 4 anos seguidos com precipitações abaixo do esperado (MARENGO, 2007). Ressalta-se que nessa área os totais anuais oscilam de 300 a 600 mm.

**Figura 9.** Tendência do número de anos consecutivos secos na região semiárida do Nordeste brasileiro a partir da análise de 1961 – 1990



**Fonte:** CPTEC/INPE (2007).

A região onde está inserida a bacia do Submédio São Francisco, apresenta clima do tipo BSw'h' e BSwh', quente e seco, segundo a classificação climática de Köppen. O clima é tropical tendendo a seco, isso se dá em função da irregularidade da ação das massas de ar (Tropical e Equatorial). O tipo climático BSw'h' se caracteriza como clima semiárido, quente, tipo estepe, com estação chuvosa retardada para outono. As mesmas características se observam para o tipo climático BSwh', no entanto, este tem a estação chuvosa no verão, apresentando um inverno seco e um verão que concentra toda a precipitação anual.

Em relação ao regime térmico, suas temperaturas são elevadas com médias anuais em torno de 28°C, tendo sido observadas máximas em torno de 40°C nos períodos de estiagem, geralmente ao sul, onde a precipitação se encontra em torno de 500 mm anuais.

### 3.1.3 Características físicas

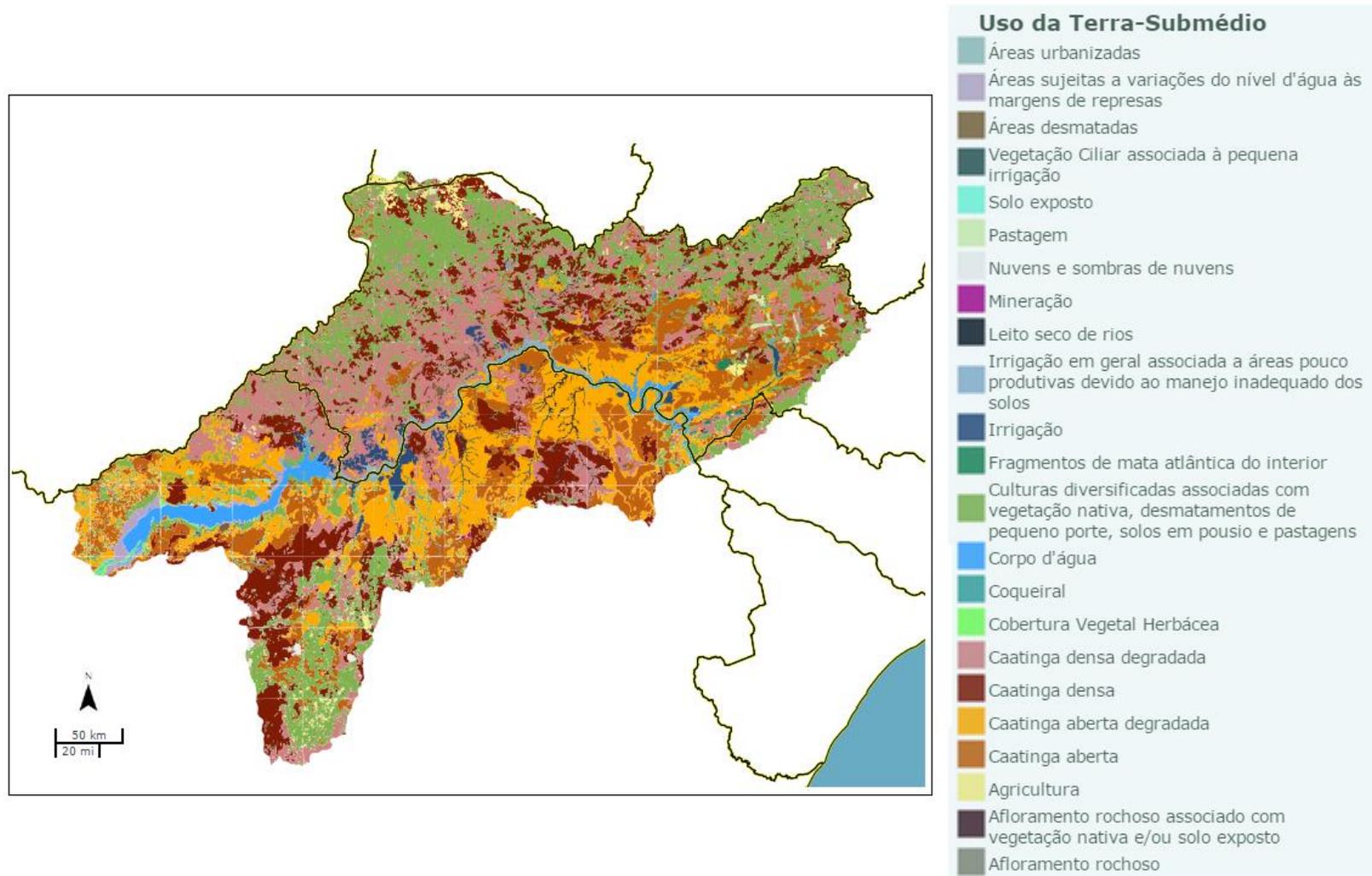
#### Uso e ocupação do solo

A Figura 10 apresenta 23 diferentes classes que discriminam o uso do solo e os tipos de vegetação presentes na área de estudo. Essa análise possibilita uma estimativa da quantificação dos impactos ambientais atuais e potenciais da região do Submédio São Francisco.

Na parte mais ao norte, na Chapada do Araripe, no Alto Pajeú, no extremo leste da bacia, e na porção sul, localizada no estado da Bahia, observa-se predominância de culturas diversificadas, associadas com a vegetação nativa, juntamente com desmatamento de pequeno porte e áreas de pastagem. Comparando este mapa de uso e ocupação do solo ao mapa da climatologia da precipitação (Figura 8), é possível notar que essa região coincide com as áreas com maior regime pluviométrico anual.

Mais ao centro da bacia, na parte inserida no estado da Bahia, mais precisamente na região que circunda o rio São Francisco, observa-se a predominância da vegetação Caatinga aberta degradada, que se expande na parte sul, abaixo do rio São Francisco. Comparando ao mapa de climatologia da precipitação (Figura 8), é possível observar que esta região de caatinga degradada é a área que apresenta menor índice pluviométrico anual, não passando dos 500 mm. Na parte inserida no estado de Pernambuco há menor incidência da Caatinga aberta degradada em relação à Bahia, encontrando-se em maior abrangência na mesorregião do Agreste pernambucano. No Sertão de Pernambuco foi diagnosticada maior quantidade de áreas com a Caatinga densa, em sua maior parte, também degradada. Uma observação importante é a relação existente entre o uso do solo e a pluviometria climatológica, constata-se que o clima influencia diretamente na dinâmica de ocupação do solo.

**Figura 10.** Classificação do uso do solo no Submédio São Francisco



**Fonte:** Construído a partir do I3geo – MMA (2016)

A cobertura vegetal do Submédio São Francisco vem sendo gradativamente degradada e destruída em grande parte pela ação antrópica, sobretudo pela necessidade de subsistência, que promoveu a implantação de campos de cultivos de milho, feijão, mandioca, entre outros. No entanto, a ação mais predatória implantada foi a pecuária irracional extensiva que, através das queimadas para formação de pastagens e as taxas de lotação praticadas, desequilibraram o ecossistema. A Caatinga Hiperxerófila ocupa a maior parte da região com formações vegetais mais densas nos relevos ondulados do norte e na zona de entalhe do Rio São Francisco. A Caatinga Hipoxerófila é bem representada nos pediplanos e nos relevos residuais altos do sudoeste (EMBRAPA, 2009).

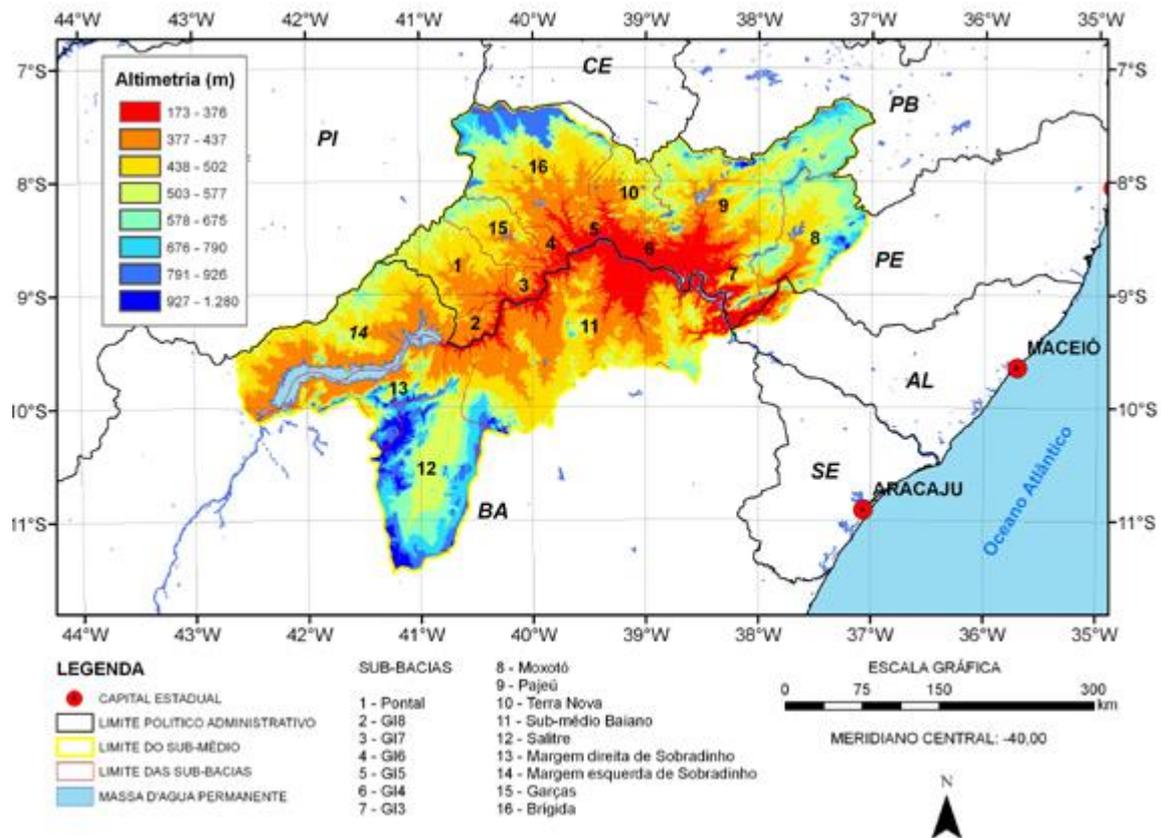
### Relevo

A região do Submédio São Francisco apresenta uma altitude média de 400 m, considerada satisfatória para o cultivo de diversas culturas. As oscilações na altitude são bastante variáveis, em torno de 170 a 1200 m, onde as menores altitudes são encontradas nas proximidades do leito do rio São Francisco, elevando-se à medida que se afasta do rio. No geral, observa-se a presença de um relevo plano, suave, onde as maiores altitudes concentram-se nos limites da área do Submédio. (Figura 11).

Na parte mais preservada da Depressão Sertaneja, o relevo é suave ondulado de média a grande amplitude com eixos de drenagem pouco marcados, enquanto que nas áreas periféricas mais dissecadas o relevo passa a ser ondulado côncavo-convexo. Aproximando-se do leito do Rio São Francisco, o relevo torna-se bastante monótono com vertentes convexas e incisões pouco profundas (EMBRAPA, 2009).

Comparando-se o mapa de climatologia histórica (Figura 8) com o mapa de relevo observa-se grande influência das altitudes sobre a precipitação. As áreas do Submédio que apresentam menor altimetria são as que também apresentam o menor regime pluviométrico, ficando os maiores índices pluviométricos onde se observam as maiores altitudes, localizadas nos limites da área de estudo.

**Figura 11.** Modelo digital de elevação do Submédio São Francisco



Fonte: EMBRAPA (2016)

## Solo

Em relação aos solos, há predominância de solos das classes dos Latossolos e Argissolos, além da ocorrência de Neossolos Quartzarênicos, Planossolos, Cambissolos, Vertissolos, Luvisolos e, nas áreas mais movimentadas, principalmente, Neossolos Litossolos. Os Luvisolos e os Neossolos Litólicos são pouco profundos e muito suscetíveis à erosão; os Neossolos Quartzarênicos e os Neossolos Regolíticos apresentam textura muito grosseira, refletindo-se em altas taxas de infiltração, baixa retenção de umidade e baixa fertilidade; os Planossolos contêm altos teores de sódio (EMBRAPA, 2008).

Os solos irrigáveis são pouco extensos, sendo os Vertissolos, Argissolos, Latossolos e alguns Cambissolos, os principais. Com os modernos sistemas de irrigação localizada (microaspersão e gotejamento), os Neossolos Quartzarênicos foram incorporados aos sistemas produtivos. Margeando todo o rio e seus afluentes, encontra-se a faixa de Neossolos Flúvicos e Cambissolos Flúvicos. Os riscos de salinização dos solos na região são altos. Por outro lado, quanto à erosão, devido à maioria das áreas nesta região apresentar declividade inferior a 6%, os riscos são

reduzidos, exceto os Planossolos, tornando estes solos bastante favoráveis à irrigação (CODEVASF, 1999; EMBRAPA, 2008).

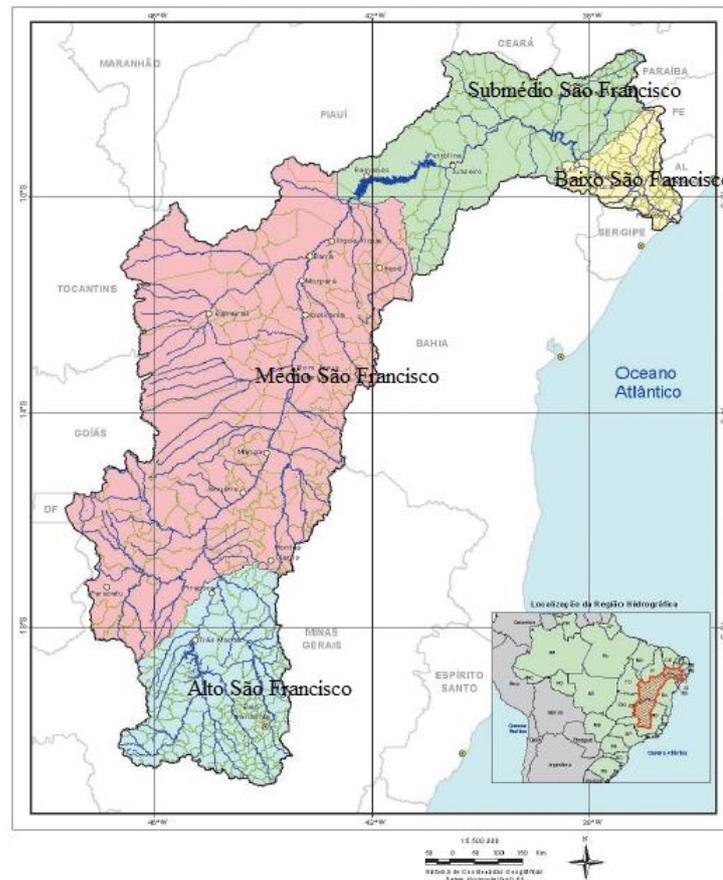
### Geologia

Em relação à geologia, predominam os terrenos do Proterozóico, em particular os do Neoproterozóico em 29% da região, abrangendo terrenos de importantes bacias sedimentares, que são Araripe, Tucano e Jatobá (CBHSF, 2015b). O domínio é das rochas ígneas e metamórficas do Pré-Cambriano Indiferenciado com algumas áreas de ocorrências dos calcários do Grupo Bambuí e dos calcários Quaternários da Formação Caatinga na margem direita do São Francisco. As coberturas Terciárias-Quaternárias ocupam a parte norte e sudoeste. Por outro lado, a região norte é constituída pela Chapada do Araripe, onde ocorrem localmente os arenitos cretácicos da Formação Exu e os siltitos e folhelhos calcíferos da Formação Santana. Já nas proximidades de Paulo Afonso, na margem direita do São Francisco, observa-se uma grande área de Formação Mariza, constituída de arenitos Cretácicos que fazem parte da região conhecida como o “Raso da Catarina”. Do outro lado, na margem esquerda, existem ocorrências das coberturas detríticas Terciárias-Quaternárias, acompanhadas por unidades Siluro-Devonianas da Formação Taracatu. Por outra parte, e em ambas as margens capeando rochas mais antigas, encontram-se as Formações Jurássicas do Grupo Brotas e Formação Aliança, e as Formações Cretácicas do Grupo Ilha e Formação Candeias (MMA, 2006b).

### Hidrografia

A bacia hidrográfica do rio São Francisco está dividida em quatro regiões fisiográficas que são: São Francisco Alto, São Francisco Médio, São Francisco Submédio e São Francisco Baixo conforme mostrado na Figura 12.

**Figura 12.** Caracterização da região hidrográfica do rio São Francisco



**Fonte:** MMA (2006b).

Sua região hidrográfica abrange 639.219 km<sup>2</sup> de área de drenagem (7,5% do país) e vazão média de 2.850 m<sup>3</sup>/s (2% do total do país). O rio São Francisco tem 2.700 km de extensão e nasce na Serra da Canastra em Minas Gerais, escoando no sentido sul-norte pela Bahia e Pernambuco, quando altera seu curso para leste, chegando ao Oceano Atlântico através da divisa entre Alagoas e Sergipe (MMA, 2006b).

Assim, a sua parte inicial, tomando como referência a área montanhosa onde o rio nasce, na Serra da Canastra, a 1.280 km de altitude, ganhou a denominação de Alto São Francisco. Estendendo-se até a cidade de Pirapora, no centro-norte de Minas Gerais, a região perfaz uma área de 111.804 km<sup>2</sup>. Escoando no sentido sul-norte, no trecho seguinte o rio atravessa todo o oeste da Bahia, até o ponto onde se formou o lago represado de Sobradinho, no município de Remanso. Nessa região, a bacia é denominada Médio São Francisco. É a maior das quatro divisões, alcançando 339.763 km<sup>2</sup>.

Depois de Remanso, o rio inflexiona o seu curso para o leste, constituindo-se na divisa natural entre os estados da Bahia e de Pernambuco, até alcançar o limite com Alagoas. É o Submédio

São Francisco, a segunda maior região, com 155.637 km<sup>2</sup>. A partir daí o rio segue na direção leste, formando a segunda divisa natural, dessa vez entre os estados de Alagoas e Sergipe. É o Baixo São Francisco, uma área de 32.013 km<sup>2</sup>, onde o rio São Francisco deságua no Oceano Atlântico (CBHSF, 2015a).

### 3.2 DADOS CLIMÁTICOS

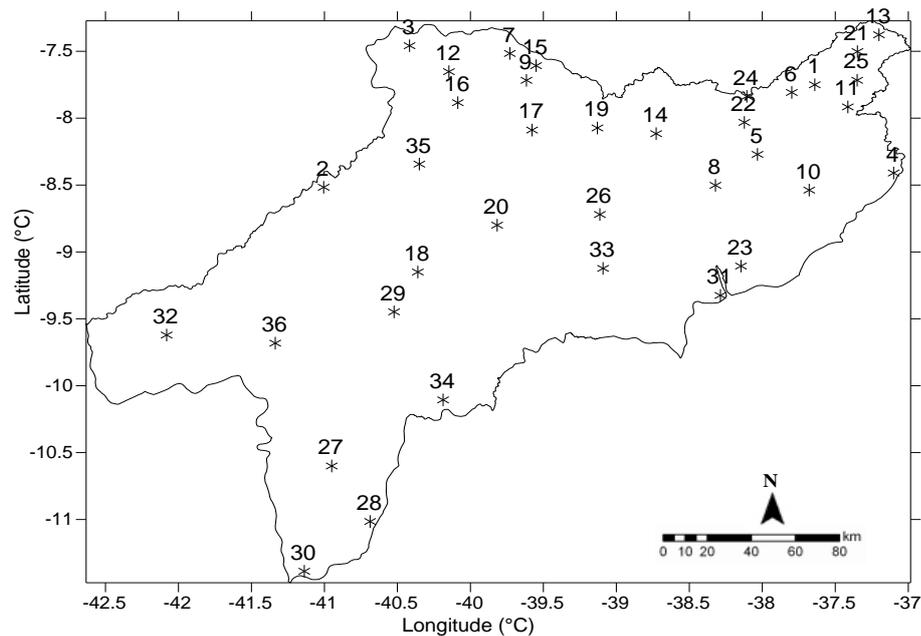
Foi realizado o levantamento das séries históricas diárias e anuais de precipitação pluviométrica de 83 postos pluviométricos localizados na bacia do Submédio do rio São Francisco no período de 1964 a 2014. Estes dados foram obtidos na Agência Pernambucana de Águas e Clima (APAC), através do banco de dados online, disponível no endereço: <http://www.apac.pe.gov.br/meteorologia/monitoramento-pluvio.php> e na Agência Nacional de Águas (ANA), em seu sistema de informações hidrológicas - HIDROWEB, disponível no endereço: <http://hidroweb.ana.gov.br/>.

Serão utilizados dados das anomalias de Temperatura da Superfície do Mar (TSM) do oceano Pacífico Equatorial nas regiões de Niño 1+2, Niño 3, Niño 3.4 e Niño 4, e Índices dos oceanos Atlântico Norte (TNAI) e Atlântico Sul (TSAI) no período de 1964 a 2014, oriundos da base de dados do Centro de Diagnóstico do Clima (CDC) da Administração Nacional do Oceano e Atmosfera (NOAA) dos Estados Unidos da América (EUA).

Dados modelados de precipitação pluviométrica e temperatura média do ar serão adquiridos junto ao CPTEC/INPE (Centro de Previsão de Tempo e Clima do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais) para os anos de 2025 e 2055, a partir do modelo regional ETA, cujos dados são baseados no modelo global HadCM3, do Centro Climático do Reino Unido (Hadley Centre).

Preliminarmente foram analisados para a área de estudo os dados de precipitação de estações pluviométricas localizadas em todos os 83 municípios localizados no Submédio São Francisco, sendo 59 municípios em Pernambuco e 24 municípios na Bahia. Entretanto, muitos dos postos pluviométricos localizados nessas áreas não tinham uma série de dados com o período mínimo de 30 anos e muitos dos que tinham não passaram pelo controle de qualidade, uma vez que apresentavam falhas e/ou dados duvidosos. Vale ressaltar que a disponibilidade e qualidade das séries de dados pluviométricos, em especial os mais antigos, representaram um desafio para este estudo, visto que são de difícil aquisição e disponibilizados de forma bruta e sem consistência estatística.

Após a avaliação detalhada da qualidade e homogeneidade dos dados foram selecionados 36 postos pluviométricos em diferentes municípios, sendo 26 no estado de Pernambuco e 10 no estado da Bahia, os quais apresentaram dados com uma boa qualidade e representaram a região de estudo, apresentando uma boa distribuição espacial. Ressalta-se a importância do tratamento dos dados pluviométricos utilizados para esta pesquisa. Todos os dados foram criteriosamente trabalhados e consistidos através de métodos estatísticos. A qualidade destes dados representa a robustez dos resultados apresentados, nesse ponto vale salientar que esta etapa da pesquisa se prolongou por dois anos, entre coleta e consistência, e se configurou como o alicerce no qual está estruturada toda a pesquisa. A Figura 13 apresenta a distribuição espacial dos 36 postos pluviométricos utilizados neste trabalho, e conforme pode ser observado, apesar de a área possuir uma distribuição satisfatória de postos pluviométricos, nota-se que a região norte, localizada no alto Pajeú, possui maior quantidade de postos, sendo mais bem representada. As coordenadas geográficas se encontram no Anexo A.

**Figura 13.** Distribuição espacial dos postos pluviométricos no Submédio do rio São Francisco**MUNICÍPIOS**

1 Afogados da Ingazeira	13 Itapetim	25 Tuparetama
2 Afranio	14 Mirandiba	26 Abaré
3 Araripina	15 Moreilandia	27 Campo Formoso
4 Arcoverde	16 Ourucuri	28 Jacobina
5 Betania	17 Parnamirim	29 Juazeiro
6 Carnaíba	18 Petrolina	30 Morro do Chapéu
7 Exu	19 Salgueiro	31 Paulo Afonso
8 Floresta	20 Santa M B Vista	32 Remanso
9 Granito	21 São José do Egito	33 Chorrochó
10 Ibimirim	22 Serra Talhada	34 Jaguarari
11 Igaraci	23 Tacaratu	35 Santa Cruz da Venerada
12 Ipubi	24 Triunfo	36 Sento Sé

Para gerar os mapas a partir dos dados climáticos, foi utilizado o método de krigagem. Esse método se baseia na interpolação de dados, usando dados tabulares e a localização geográfica para calcular as interpolações. Na krigagem os valores intermediários dos dados são preservados e o resultado final é uma superfície contínua de dados mais suavizados, minimizando os contrastes entre os polígonos. A krigagem utiliza funções matemáticas para acrescentar pesos maiores nas posições mais próximas aos pontos amostrais e pesos menores nas posições mais distantes e, criar assim os novos pontos interpolados com base nessas combinações lineares de dados (VIOLA et al., 2010).

Viola et. al. (2010), comprovou a melhor funcionalidade do método da krigagem nas pesquisas de interesse climático. Segundo o autor, o método de krigagem apresentou bom desempenho em comparação aos outros métodos abordados, apresentando erro absoluto médio variando entre 12 a 20%, enquanto outros métodos de interpolação apresentavam erros superiores a 40%.

Nesse trabalho foi escolhido o interpolador krigagem porque de acordo com a literatura relacionada a trabalhos climáticos para a região Nordeste do Brasil é um método de regionalização de pontos por isolinhas bem aceito, sobretudo para a construção de mapas espaciais de precipitação e demais produtos calculados a partir da precipitação pluviométrica. Outros métodos de interpolação matemática, como IDW, Spline de tensão e Topo-to-Raster também poderiam ter sido aplicados como método interpoladores, no entanto, em função do que foi esclarecido anteriormente, neste trabalho decidiu-se pela aplicação do interpolador krigagem.

### 3.3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

O aumento ou diminuição da precipitação pluviométrica afeta diretamente o ciclo hidrológico, e conseqüentemente, toda a sociedade e a economia de uma região. Assim, para alcançar os objetivos propostos no presente trabalho e visando mitigar os impactos da variabilidade climática no Submédio São Francisco, utilizar-se-ão os procedimentos descritos a seguir:

#### **3.3.1 Índices climáticos extremos de precipitação pluviométrica**

Com o propósito de detectar as tendências dos índices de extremos climáticos no Submédio da bacia hidrográfica do rio São Francisco foi utilizado o software RClimdex 3.2.1, recomendado pela OMM é um programa utilizado para o cálculo de índices de extremos climáticos visando monitorar e detectar mudanças climáticas. Foi desenvolvido por Byron Gleason, pesquisador do National Climate Data Centre (NCDC) da NOAA (*National Oceanic and Atmospheric Administration*) e tem sido empregado recentemente em workshops e oficinas de índices climáticos da CCI/CLIVAR (*International Research Programme on Climate Variability and Predictability*) desde 2001. Este software é de distribuição gratuita e está disponível no *website* dos índices da ETCCDMI (<http://cccma.seos.uvic.ca/ETCCDMI>).

O RClimdex 3.2.1 calcula todos os 27 índices básicos (11 relacionados com a precipitação e 16 com a temperatura) recomendados pelo *Expert Team on Climate Change Detection Monitoring and Indices* (ETCCDMI) e fornece, para cada índice calculado, informações estatísticas, tais como tendência linear calculada pelo método de mínimos quadrados, nível de significância estatística da tendência (valor p), coeficiente de determinação ( $R^2$ ) e erro padrão de estimativa, além dos gráficos das séries anuais.

O RCLimdex 3.2.1, foi aplicado, nesse trabalho, para o cálculo de todos os índices climáticos provenientes da precipitação pluviométrica. Vale ressaltar que a falta de disponibilidade e qualidade dos dados históricos de temperatura para a área de estudo impossibilitaram uma análise climática mais detalhada, ficando esta relacionada apenas aos 11 índices derivados da precipitação pluviométrica (Tabela 2).

**Tabela 2.** Índices climáticos dependente da precipitação pluviométrica diária com definições e unidades

ÍNDICE	NOME DO INDICADOR	DEFINIÇÃO	UNIDADE
<b>PRCPTOT</b>	Precipitação total anual nos dias úmidos	Precipitação total anual nos dias úmidos ( $RR^* \geq 1\text{mm}$ )	mm
<b>CDD</b>	Dias consecutivos secos	Número máximo de dias consecutivos com $RR^* < 1\text{mm}$	dias
<b>CWD</b>	Dias úmidos consecutivos	Número máximo de dias consecutivos $RR \geq 1\text{mm}$	dias
<b>R10mm</b>	Número de dias com precipitação acima de 10 mm	Número de dias por ano em que a precipitação foi $\geq 10\text{mm}$	dias
<b>R20mm</b>	Número de dias com precipitação acima de 20 mm	Número de dias por ano em que a precipitação foi $\geq 20\text{mm}$	dias
<b>R50mm</b>	Número de dias com precipitação acima de 50 mm	Número de dias por ano em que a precipitação foi $\geq 50\text{mm}$	dias
<b>SDII</b>	Índice simples de intensidade diária	Precipitação anual total dividida para o número de dias úmidos (definidos por $PRCPTOT \geq 1\text{mm}$ )	mm/dia
<b>Rx1day</b>	Quantidade máxima de precipitação em 1 dia	Máximo mensal de precipitação em 1 dia	mm
<b>Rx5day</b>	Quantidade máxima de precipitação em 5 dias consecutivos	Máximo mensal de precipitação em 5 dias consecutivos	mm
<b>R95p</b>	Dias muito úmidos	Precipitação total anual em que $RR > 95$ percentil	mm
<b>R99p</b>	Dias extremamente úmidos	Precipitação total anual em que $RR > 99$ percentil	mm

\*RR indica precipitação diária

Fonte: RCLIMDEX 1.0 - manual Del usuário (2004).

Os índices climáticos acima descritos fornecem gráficos das séries anuais, compostos pelas tendências e calculadas pelo método de regressão linear dos mínimos quadrados, com significância estatística, mostrando estatisticamente os ajustes destas tendências lineares aos gráficos. O cálculo destes índices tornou-se de grande importância, pois com os valores das

tendências lineares foi possível criar uma distribuição espacial, os sinais de detecção de mudanças climáticas na área de estudo.

Os índices climáticos básicos, definidos pelo ETCCDMI, utilizados foram os seguintes:

- *PRCPTOT* (Precipitação total anual dos dias úmidos\*)

Seja  $RR_{ija}$  quantidade diária de precipitação num dia  $i$  de um período  $j$ . Se  $I$  representa o número de dias em  $j$ , então:

$$PRCPTOT_j = \sum_{i=1}^I RR_{ij} \quad (2)$$

\*Considera-se dias úmidos, os dias com precipitação igual ou acima de 1 mm (RCLIMDEX 1.0 – MANUAL DEL USUARIO, 2004).

- *CDD* (Dias secos consecutivos)

Seja  $RR_{ija}$  quantidade diária de precipitação em um dia  $i$  de um período  $j$ . O índice de extremo climático CDD indica o número máximo de dias consecutivos em que a chuva diária foi menor que 1 mm ( $RR_{ij} < 1mm$ ) no período  $j$ . A unidade do índice CDD é dia. Então:

$$RR_{ij} < 1mm \quad (3)$$

- *CWD* (Dias úmidos consecutivos)

Seja  $RR_{ij}$  a quantidade diária de chuva no dia  $i$  e período  $j$ . O índice de extremo climático CWD indica o número máximo de dias consecutivos em que a chuva diária foi maior ou igual a 1 mm ( $RR_{ij} \geq 1mm$ ) no período  $j$ . A unidade do índice CWD é dia. No cálculo do índice CWD aplicou-se a mesma metodologia descrita para o índice CDD para os dados faltantes. Então:

$$RR_{ij} \geq 1mm \quad (4)$$

- *R10* (Número de dias com chuva maior ou igual a 10 mm)

Seja  $RR_{ij}$  o montante de precipitação diária acumulado em um dia  $i$  de um período  $j$ ; São contados os dias em que:

$$RR_{ij} \geq 10mm \quad (5)$$

- *R20* (Número de dias com chuva maior ou igual a 20 mm)

Seja  $RR_{ij}$  o montante de precipitação diária acumulada em um dia  $i$  de um período  $j$ . São contados os dias em que:

$$RR_{ij} \geq 20mm \quad (6)$$

- $Rnn$  (Número de dias acima de  $nn$  mm) \*

Seja  $RR_{ij}$  a quantidade diária de precipitação em um dia  $i$  de um período  $j$ . Se \*  $nn$  representa qualquer valor razoável de precipitação diária então, soma-se, então, o número de dias em que:

$$RR_{ij} \geq nnmm \quad (7)$$

\* Neste estudo se utilizou  $nn=50$  mm, pois com isto se pode observar o comportamento deste índice, de chuva extrema, na região.

- $SDII$  (Índice simples de intensidade diária)

Seja  $RR_w$  a quantidade diária de precipitação nos dias úmidos,  $w(RR \geq 1mm)$  em um período  $j$ . Se  $W$  representa o número de dias úmidos em  $j$ ; então:

$$SDII_j = \frac{\sum_{w=1}^W RR_{wj}}{W} \quad (8)$$

- $Rx1day$  (Quantidade máxima de precipitação em um dia)

Seja  $RR_{ij}$  o total diário de precipitação num dia  $i$  e num período  $j$ ; logo, os valores máximos de 1 dia para o período  $j$  são:

$$Rx1day_j = \max(RR_{ij}) \quad (9)$$

- $Rx5day$  (Quantidade máxima de precipitação em cinco dias)

O índice de extremo climático  $rx5day$  representa a chuva máxima registrada em cinco dias consecutivos no período  $j$ , então:

$$Rx5day_j = \max(RR_{kj}) \quad (10)$$

Em que:  $RR_{kj}$  é a quantidade de chuva para o intervalo de cinco dias terminando em  $k$  dentro do período  $j$ , sendo  $j$  uma estação específica do ano ou o ano como um todo. A unidade do índice  $rx5day$  é mm.

- $R95p$  (Dias muito úmidos)

Seja  $RR_{wj}$  a quantidade diária de precipitação em um dia úmido ( $RR \geq 1.0mm$ ) em um período  $j$  e seja  $RR_{wn95}$  o 95º percentil da precipitação nos dias úmidos no período 1964-2014. Se  $W$  representa o número de dias úmidos no período, então:

$$R95 p_j = \sum_{w=1}^W RR_{wj} \text{ where } RR_{wj} > RR_{wn95} \quad (11)$$

–  $R99 p$  (Dias extremamente úmidos)

Seja  $RR_{wj}$  a quantidade diária de precipitação em um dia úmido ( $RR \geq 1.0mm$ ) em um período  $j$  e seja  $RR_{wn99}$  o 99º percentil da precipitação nos dias úmidos no período 1964-2014. Se  $W$  representa o número de dias úmidos no período, então:

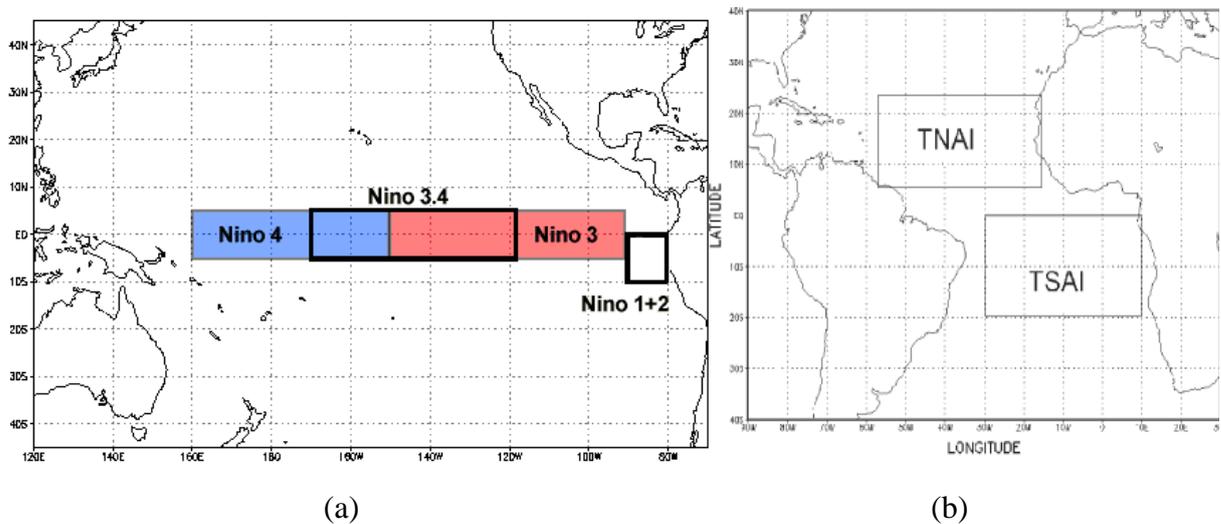
$$R99 p_j = \sum_{w=1}^W RR_{wj} \text{ where } RR_{wj} > RR_{wn99} \quad (12)$$

### 3.3.2 Índices Oceânicos no Pacífico e no Atlântico

Após o processamento dos dados a partir do RCLimdex, foi realizada a correlação entre os índices climáticos, que apresentaram significância estatística, com as anomalias de Temperatura da Superfície do Mar (TSM), visando identificar a influência do oceanos Pacífico e Atlântico no comportamento das chuvas do Submédio São Francisco.

Foram utilizados os índices oceânicos medidos no Pacífico e no Atlântico nas regiões de Niño 1+2 (0-10°S, 90°W-80°W), Niño 3 (5°N-5°S, 150°W-90°W), Niño 3.4 (5°N-5°S, 170°W-120°W) e Niño 4 (5°N-5°S, 160°E-150°W), Figura 14a, Índice mensal do Atlântico Tropical Norte (TNAI), que é a anomalia de TSM na área compreendida entre 5°N-23,5°N e 15°W-57,5°W, e Índice mensal do Atlântico Tropical Sul (TSAI), que é a anomalia de TSM na área compreendida entre 0-20°S e 10°E-30°W (Figura 14b). Ressalta-se que as áreas do TNAI e TSAI correspondem à região associada ao padrão de Dipolo do Atlântico Tropical (Moura e Shukla, 1981; Servain, 1991).

**Figura 14.** Identificação das regiões de Niño 1+2, Niño 3, Niño 3.4 e Niño 4 no oceano Pacífico Equatorial (a), e das regiões do TNAI e TSAI no Oceano Atlântico Tropical (b)



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

Os índices utilizados e suas regiões oceânicas estão descritos a saber:

- Niño 1+2 – na parte oeste do oceano Pacífico equatorial próxima à costa do Peru na América do Sul.
- Niño 3 – entre as regiões Niño 1+2 e Niño 3.4 no oceano Pacífico equatorial.
- Niño 3.4 – na porção central do oceano Pacífico equatorial entre a América do Sul e o continente australiano.
- Niño 4 – na parte oeste do oceano Pacífico equatorial próxima ao continente australiano.
- Índice de Oscilação Sul (IOS) – entre as ilhas australianas de Tahiti e Darwin no oceano Pacífico equatorial.
- Índice Oceânico Niño (ION) – na região Niño 3.4 do oceano Pacífico equatorial.
- Índice Atlântico Tropical Norte (TNAI) – na porção norte do oceano Atlântico ou acima da linha do equador.
- Índice Atlântico Tropical Sul (TSAI) – na porção sul do oceano Atlântico ou abaixo da linha do equador.

### 3.3.3 Correlação linear

Para o cálculo das correlações lineares entre os índices de extremos climáticos e os índices de anomalias de TSM nos oceanos Pacífico e Atlântico foi utilizado o Método de Pearson, que é mais divulgado, também conhecido como Coeficiente de Correlação do Momento Produto

(Figueiredo Filho e Silva Junior, 2009). O coeficiente de correlação populacional (parâmetro)  $\rho$  e sua estimativa amostral estão intimamente relacionados com a distribuição normal bivariada, cuja função densidade de probabilidade é dada pela equação 13:

$$f_{X,Y}(X, Y) = \frac{1}{2\pi\sigma_X\sigma_Y\sqrt{1-\rho^2}} \exp \left\{ -\frac{1}{2(1-\rho^2)} \left[ \left( \frac{X-\mu_X}{\sigma_X} \right)^2 - 2\rho \left( \frac{Y-\mu_Y}{\sigma_Y} \right) + \left( \frac{Y-\mu_Y}{\sigma_Y} \right)^2 \right] \right\} \quad (13)$$

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

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

$\sigma_X$  é o desvio padrão de X;

$\sigma_Y$  é o desvio padrão de Y.

O Estimador de Máxima Verossimilhança é dado pela equação 14:

$$\hat{\rho}_{X,Y} = \hat{\rho} = \frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})(Y_i - \bar{Y})}{n \sqrt{\sum_{i=1}^n \frac{(X_i - \bar{X})^2}{n}} \sqrt{\sum_{i=1}^n \frac{(Y_i - \bar{Y})^2}{n}}} = \frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})(Y_i - \bar{Y})}{n \hat{\sigma}_X \hat{\sigma}_Y} \quad (14)$$

Em que:

$n$  é o número de observações da amostra;

$\bar{X}$  é a média aritmética de X;

$\bar{Y}$  é a média aritmética de Y.

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

A significância do coeficiente de correlação foi avaliada a partir do teste de hipótese t-Student, para os níveis de significância de 1%, 5% e 10% e graus de liberdade de  $(n-2)$ . As rejeições às hipóteses nulas  $H_0$  irão identificar a existência de correlação linear entre as combinações realizadas. Para testar a hipótese de que o coeficiente de correlação linear é igual a zero, tem-se que:  $H_0: \rho=0$  e  $H_1: \rho \neq 0$ , conforme a equação 15:

$$t = \frac{\hat{\rho}\sqrt{n-2}}{\sqrt{1-\hat{\rho}^2}} \sim t_{n-2} \quad (15)$$

Em que:

$t_0$  é a estatística do teste;

$n$  é o tamanho da amostra;

$r$  é a estimativa do coeficiente de correlação linear.

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

$$|t_0| > t_{\alpha/2(n-2)} \quad (16)$$

Para fins de esclarecimentos, a Tabela 3 apresenta um exemplo da organização dos dados para o cálculo das correlações entre os índices climáticos e os índices oceânicos.

**Tabela 3.** Exemplificação da organização dos dados de índices climáticos e oceânicos

Índices oceânicos		Índices climáticos						MÉDIA CDD
		Posto Pluvio 1	Posto pluvio 2	...	...	Posto pluvio 35	Posto pluvio 36	
IOS	Cor.de Pearson	-0,342	-0,229	...	...	-0,117	-0,284	-,295*
NINI3	Cor.de Pearson	0,29	0,259**	...	...	0,03	0,291	0,208
TNA	Cor.de Pearson	-0,038	0,026	...	...	-0,037	0,051	-0,082
TSA	Cor.de Pearson	-0,199	-0,218	...	...	0,021	-0,107	-0,204
ONI	Cor.de Pearson	0,185*	0,154*	...	...	-0,046	0,282	0,127
Niño1+2	Cor.de Pearson	0,189	0,259	...	...	0,053	0,317	-0,232
Nino3	Cor.de Pearson	0,311**	0,137	...	...	-0,026	0,207	0,101
Nino3.3	Cor.de Pearson	0,27	0,196	...	...	-0,017	0,278	0,158

### 3.3.4 Índice de Anomalia de Chuva – IAC

Para caracterizar os anos extremos secos e chuvosos no Submédio da bacia hidrográfica do rio São Francisco, utilizou-se o Índice de Anomalia de Chuva (IAC), que analisa a frequência que ocorrem anos secos e anos chuvosos e a intensidade do evento. A partir da metodologia de Rooy (1965) e adaptado para o Nordeste do Brasil por Freitas (2004), avalia-se a variabilidade

climática através da confecção dos índices climáticos espacializados no tempo e no espaço, detectando períodos considerados extremamente úmidos ou secos.

A avaliação do grau de severidade e duração dos períodos secos e úmidos será feita através do cálculo do índice IAC (FREITAS 2004 e 2005), obtido a partir das equações 17 e 18:

$$IAC = 3 \left[ \frac{(N - \bar{N})}{(\bar{M} - \bar{N})} \right], \text{ para anomalias positivas} \quad (17)$$

$$IAC = -3 \left[ \frac{(N - \bar{N})}{(\bar{X} - \bar{N})} \right], \text{ para anomalias negativas} \quad (18)$$

Sendo:

$N$  = precipitação anual (mm);

$\bar{N}$  = precipitação média anual da série histórica (mm);

$\bar{M}$  = média das 10 maiores precipitações anuais da série histórica (mm);

$\bar{X}$  = média das 10 menores precipitações anuais da série histórica (mm).

Anomalias positivas são valores acima da média histórica e anomalias negativas são valores abaixo da média histórica de precipitação. A partir da metodologia proposta por Freitas (2004 e 2005) e Araújo et al. (2007), foi utilizada a classificação de anos secos e úmidos como indicador climático para a intensidade destas anomalias, conforme mostra a Tabela 4.

**Tabela 4.** Classes de Intensidade do índice de Anomalia de Chuva

	<b>Faixa do IAC</b>	<b>Classe de Intensidade</b>
<b>Índice de Anomalia de Chuva (IAC)</b>	Acima de 4	Extremamente úmido
	2 a 4	Muito úmido
	0 a 2	Úmido
	0 a -2	Seco
	-2 a -4	Muito seco
	Abaixo de -4	Extremamente Seco

Fonte: Freitas (2004 e 2005)

### 3.3.5 Método de Thiessen

Para a análise das séries temporais na bacia do Submédio do rio São Francisco dos índices de extremos climáticos e do IAC, foi utilizada a média ponderada, através dos polígonos de Thiessen, que melhor atribui valores médios de precipitação pluviométrica às bacias hidrográficas. O método de Thiessen é um dos mais usuais para a determinação da precipitação média, pois consiste em atribuir um fator de peso aos totais precipitados em cada pluviômetro, proporcionais à área de influência de cada um (VILLELA e MATOS, 1975), conforme equação 19:

$$\bar{P} = \frac{\sum_{i=1}^n A_i P_i}{A} \quad (19)$$

Em que:

$\bar{P}$ : é a precipitação média no polígono (mm);

$A_i$ : é a precipitação no posto  $i$  (mm);

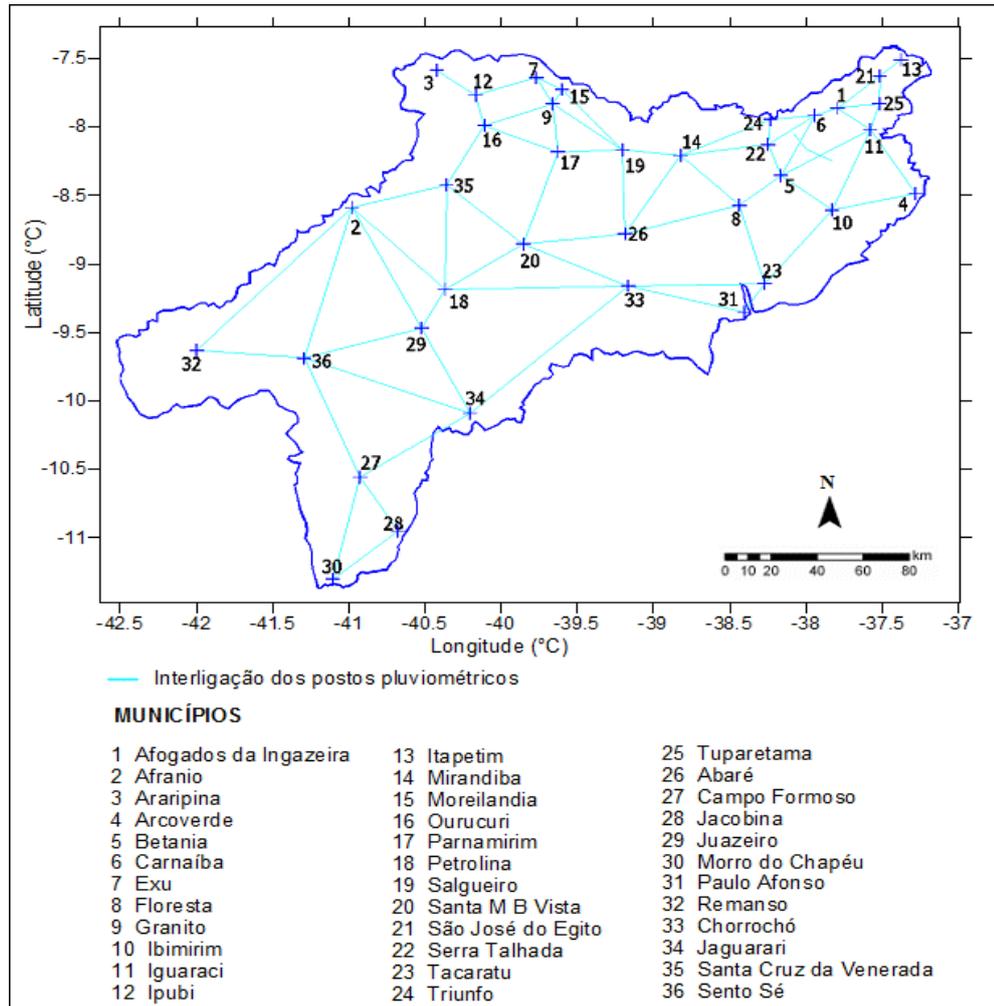
$P_i$ : é a área do respectivo polígono (km<sup>2</sup>);

$A$ : é a área total do polígono.

Dessa forma, para traçar os polígonos de Thiessen, também apresentado por Tucci (1997), foi utilizado o software AutoCad, composto pelas seguintes etapas:

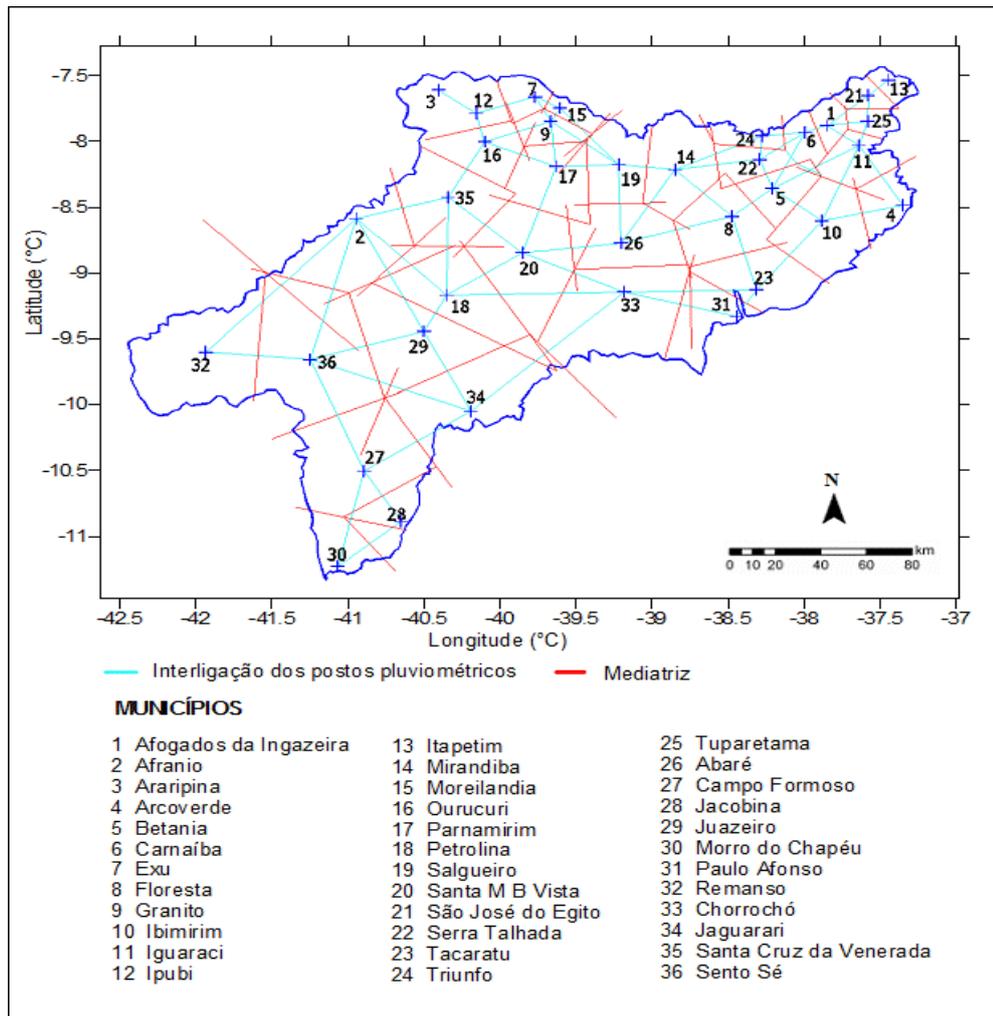
- Os postos são interligados por trechos retilíneos, conforme apresentado na Figura 15.

**Figura 15.** Representação dos postos interligados por trechos retilíneos no Submédio São Francisco



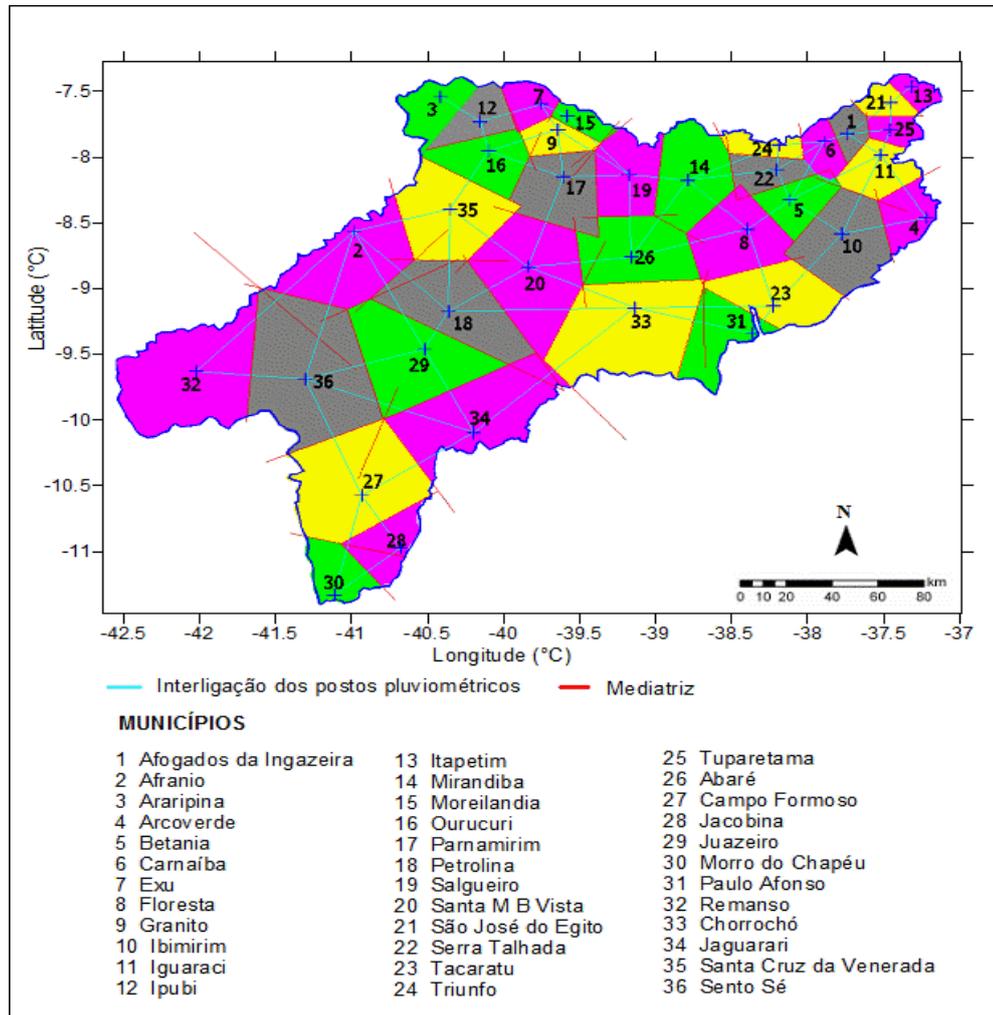
- Traçam-se linhas perpendiculares aos pontos médios de cada linha que interliga os dois postos e prolongam-se estas linhas até que as mesmas se interceptem (linha vermelha), conforme apresentado na Figura 16.

**Figura 16.** Representação das linhas que interligam os postos pluviométricos



- Define-se o polígono pela intersecção das linhas, o qual corresponde à área de influência de cada posto, conforme apresentado na Figura 17.

**Figura 17.** Representação da área de influência de cada posto pluviométrico na sub-bacia do Submédio São Francisco



### 3.3.6 Cenários climáticos

Para gerar os cenários regionalizados para a Submédio da bacia hidrográfica do rio São Francisco foram adquiridos junto ao CPTEC/INPE (Centro de Previsão de Tempo e Clima do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais) os cenários climáticos, que correspondem aos anos de 2025 e 2055 para as variáveis precipitação pluviométrica e temperatura média para o cenário A1B. Estes são baseados no modelo global HadCM3, modelo do Centro Climático do Reino Unido (Hadley Centre), que gera condições de contorno e fornece condições iniciais para o modelo regional ETA.

O nome do modelo ETA, deriva da letra grega (eta), que indica a coordenada vertical (MESINGER, 1984). O modelo de área limitada ETA, ou seja, de mesoescala, foi desenvolvido pela Universidade de Belgrado em conjunto com o Instituto de Hidrometeorologia da

Iugoslávia, e se tornou operacional no National Centers for Environmental Prediction (NCEP) (MESINGER et al., 1988). Esse modelo foi instalado no CPTEC/INPE em 1996 com o fim de complementar a previsão numérica de tempo que vem sendo realizada desde o início de 1995 com o modelo de circulação geral atmosférica, assim como, estimar com maior grau de confiabilidade, sistemas organizados em mesoescala (ALVES et. al., 2004).

A versão do modelo ETA que roda operacionalmente no CPTEC/INPE é hidrostática com resolução horizontal de 40 km, além de outros de 20 km, ambas as resoluções com 38 camadas na vertical, e cobrem praticamente toda a América do Sul (MOURA, 2010). Utiliza-se a técnica de *downscaling* que segundo Marengo (2006, p20) é uma técnica que consiste na regionalização dos cenários climáticos obtidos por modelos globais usando modelos regionais (*downscaling* dinâmico).

Pela necessidade de se ter resultados mais específicos e detalhados, as simulações dos cenários foram regionalizadas pela técnica de *downscaling*, já que os modelos globais apresentam uma baixa resolução. A partir desses dados, foi gerado um recorte espacial para o Submédio do Rio São Francisco com os cenários climáticos para os anos de 2025 e 2055.

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Neste capítulo são apresentados os resultados obtidos no decorrer da investigação, tendo como instrumento as análises dos índices de extremos climáticos, índices oceânicos no Pacífico e Atlântico, índices de anomalia de chuva, análise dos cenários climáticos e a discussão sobre cada um deles, simultaneamente.

### 4.1 ANÁLISE DOS ÍNDICES DE EXTREMOS CLIMÁTICOS

Os valores das tendências dos índices de extremos climáticos estão apresentados na Tabela 5, para os 36 postos pluviométricos, distribuídos ao longo da sub-bacia do Submédio do rio São Francisco, compreendendo o período de 1964 a 2014. Nela estão apresentados os índices: precipitação total anual (PRCPTOT), dias secos consecutivos (CDD), dias com precipitação acima de 10 mm (R10mm), dias com precipitação acima de 20mm (R20mm), dias com precipitação acima de 50 mm (R50mm), índice simples de intensidade diária (SDII), dias úmidos consecutivos (CWD), quantidade máxima de precipitação em um dia (Rx1day), quantidade máxima de precipitação em cinco dias consecutivos (Rx5day), dias muito úmidos (R95p) e dias extremamente úmidos (R99p).

Os valores realçados em negrito apresentam alta significância estatística ( $p < 0,05$ ), os valores realçados em itálico apresentam boa significância estatística ( $p < 0,1$ ), os valores sem realce não apresentaram significância estatística. Os índices que apresentaram o valor do  $p$  superior a 0,1 ( $p > 0,1$ ) não são estatisticamente significantes, dessa forma não é seguro afirmar que estas tendências estão realmente ocorrendo. Entretanto, seus índices foram calculados e suas tendências fornecidas. Os resultados do valor  $p$  podem ser visualizados no Apêndice A.

**Tabela 5.** Tendências dos índices climáticos extremos dependentes da precipitação pluviométrica para 36 localidades distribuídas no trecho Submédio da bacia do São Francisco

	PRCPTOT (mm)	CDD (dias)	CWD (dias)	R10mm (dias)	R20mm (dias)	R50mm (dias)	SDII (mm/dia)	Rx1day (mm)	Rx5day (mm)	R95p (mm)	R99p (mm)
ABARÉ	-8.145	<b>1.563</b>	-0.015	<b>-0.197</b>	<b>-0.132</b>	-0.038	-0.01	-0.716	-0.943	-2.481	-1.058
AFOGADOS DA INGAZEIRA	0.906	0.345	-0.03	0.072	0.029	0.012	<b>0.085</b>	0.225	0.458	1.392	0.504
AFRANIO	-1.576	-0.715	-0.006	-0.058	-0.024	0.009	-0.012	0.197	0.101	0.243	0.088
ARARIPINA	-3.476	-0.123	0.04	<b>-0.149</b>	<b>-0.097</b>	-0.011	<b>-0.11</b>	<b>-0.324</b>	<b>-0.663</b>	-1.011	-0.534
ARCOVERDE	0.711	-0.194	-0.019	-0.012	-0.029	0.010	-0.026	0.008	0.172	0.396	0.399
BETANIA	<b>-4.945</b>	0.546	-0.015	<b>-0.145</b>	-0.06	-0.016	-0.029	-0.439	<b>-1.081</b>	<b>-1.346</b>	-0.701
CAMPO FORMOSO	<b>-5.121</b>	-0.359	0.005	<b>-0.173</b>	<b>-0.076</b>	<b>-0.036</b>	-0.057	<b>-0.506</b>	-0.41	<b>-2.458</b>	<b>-0.804</b>
CARNAÍBA	-7.617	-0.987	0.009	<b>-0.328</b>	-0.175	0.006	<b>-0.15</b>	0.167	-0.895	0.085	0.782
CHORROCHÓ	-1.887	0.697	-0.023	<b>-0.092</b>	-0.048	-0.026	<b>-0.169</b>	-0.063	-0.306	-0.863	0.421
EXU	<b>-13.669</b>	1.11	<b>-0.046</b>	<b>-0.533</b>	<b>-0.511</b>	<b>-0.061</b>	<b>-0.249</b>	0.27	-0.282	-1.267	-0.925
FLORESTA	-2.073	0.002	-0.027	-0.103	-0.039	-0.016	<b>-0.183</b>	-0.08	-0.446	-1.231	0.51
GRANITO	-2.849	0.742	-0.005	-0.182	0.043	0.007	0.119	-0.277	0.02	0.174	-0.696
IBIMIRIM	1.081	-0.585	<b>-0.053</b>	-0.054	-0.026	-0.001	<b>-0.177</b>	<b>0.353</b>	<b>1.162</b>	0.63	-1.268
IGUARACI	<b>-5.021</b>	0.572	-0.004	-0.12	-0.076	-0.006	0.035	-0.261	-0.272	-1.231	-1.204
IPUBI	<b>-7.434</b>	-0.159	<b>-0.071</b>	<b>-0.307</b>	<b>-0.127</b>	<b>-0.079</b>	<b>-0.147</b>	-0.342	-0.86	<b>-3.545</b>	-0.391
ITAPETIM	-3.661	0.191	-0.001	<b>-0.175</b>	-0.077	0.004	-0.039	-0.246	-0.301	0.008	-0.573
JACOBINA	-0.267	-0.678	-0.031	-0.136	-0.065	-0.005	-0.043	-0.267	-0.276	-0.329	0.173
JAGUARARI	<b>-6.243</b>	<b>1.787</b>	<b>-0.078</b>	-0.113	<b>-0.135</b>	<b>-0.085</b>	<b>-0.7</b>	<b>-1.317</b>	<b>-1.324</b>	<b>-7.428</b>	<b>-3.839</b>
JUAZEIRO	<b>-4.591</b>	-0.016	-0.016	<b>-0.146</b>	-0.059	-0.005	-0.015	-0.186	0.011	-0.29	-0.023
MIRANDIBA	-4.885	-0.074	<b>-0.056</b>	<b>-0.177</b>	-0.09	<b>-0.046</b>	<b>-0.181</b>	-0.388	-0.473	-1.523	-0.231
MOREILÂNDIA	<b>-4.382</b>	<b>0.767</b>	-0.035	-0.131	0.000	-0.003	0.061	-0.385	-0.51	-0.483	-1.069
MORRO DO CHAPÉU	-6.948	0.24	-0.066	<b>-0.286</b>	<b>-0.128</b>	-0.015	-0.075	-0.288	-0.49	-1.105	-0.069
OURICURI	<b>-7.257</b>	1.032	0.006	<b>-0.323</b>	<b>-0.309</b>	-0.026	<b>-0.322</b>	0.257	0.279	0.593	-1.376
PARNAMIRIM	<b>-4.941</b>	0.844	-0.028	<b>-0.194</b>	<b>-0.113</b>	<b>-0.039</b>	<b>-0.165</b>	-0.271	-0.747	<b>-2.752</b>	-0.371
PAULO AFONSO	-3.51	0.227	-0.009	<b>-0.147</b>	-0.05	-0.004	-0.043	-0.233	-0.426	-1.009	-0.248
PETROLINA	<b>-5.412</b>	0.156	-0.025	<b>-0.133</b>	<b>-0.112</b>	-0.019	-0.062	-0.41	-0.481	<b>-2.153</b>	-1.646
REMANSO	<b>-5.131</b>	<b>1.034</b>	<b>-0.058</b>	<b>-0.13</b>	-0.07	-0.029	0.069	<b>-0.506</b>	-0.303	-1.797	-0.725
SALGUEIRO	<b>-3.956</b>	0.442	0.003	<b>-0.186</b>	-0.052	-0.01	-0.041	-0.255	-0.793	-0.549	-0.151
SANTA CRUZ DA VENERADA	-2.76	0.307	<b>0.086</b>	<b>-0.195</b>	<b>-0.167</b>	<b>0.026</b>	-0.097	<b>0.679</b>	<b>1.092</b>	<b>2.057</b>	0.946
SANTA MARIA DA BOA VISTA	<b>-6.217</b>	-0.269	0.01	<b>-0.228</b>	<b>-0.118</b>	<b>-0.038</b>	<b>-0.137</b>	-0.13	-0.423	<b>-1.982</b>	-0.28
SÃO JOSÉ DO EGITO	-2.37	-0.299	-0.002	-0.109	-0.067	-0.001	0.019	0.112	-0.328	-0.055	-0.175
SENTO SÉ	-0.628	0.895	-0.008	-0.063	-0.009	0	0.001	-0.095	0.053	-0.286	-0.168
SERRA TALHADA	-4.398	0.525	-0.009	-0.126	-0.031	-0.018	0.022	0.021	-0.298	-1.291	-0.201
TACARATU	<b>-5.067</b>	0.508	<b>-0.054</b>	<b>-0.183</b>	<b>-0.141</b>	-0.022	<b>-0.111</b>	-0.285	-0.343	-1.845	0.409
TRIUNFO	-5.321	0.703	-0.055	-0.164	-0.096	0.003	0.037	-0.302	-0.472	-0.295	-0.479
TUPARETAMA	-4.348	-0.42	<b>0.057</b>	<b>-0.337</b>	<b>-0.151</b>	0.008	<b>-0.211</b>	0.377	-0.114	0.959	<b>-1.158</b>

Analisando-se primeiramente o índice PRCPTOT, foram observadas mudanças no padrão da precipitação em todos os postos pluviométricos, que apresentaram significância estatística, e que foram unânimes em evidenciar tendência de diminuição no padrão da precipitação anual (Figura 18). Pode-se constatar que, para o período analisado, a taxa de redução anual da pluviometria ficou entre de 2,76 mm.ano<sup>-1</sup> em Santa Cruz da Venerada-PE a 13,67 mm.ano<sup>-1</sup>, no município de Exu-PE, que apresentou o maior índice negativo, representando uma redução da precipitação de 683,4 mm nos últimos 50 anos.

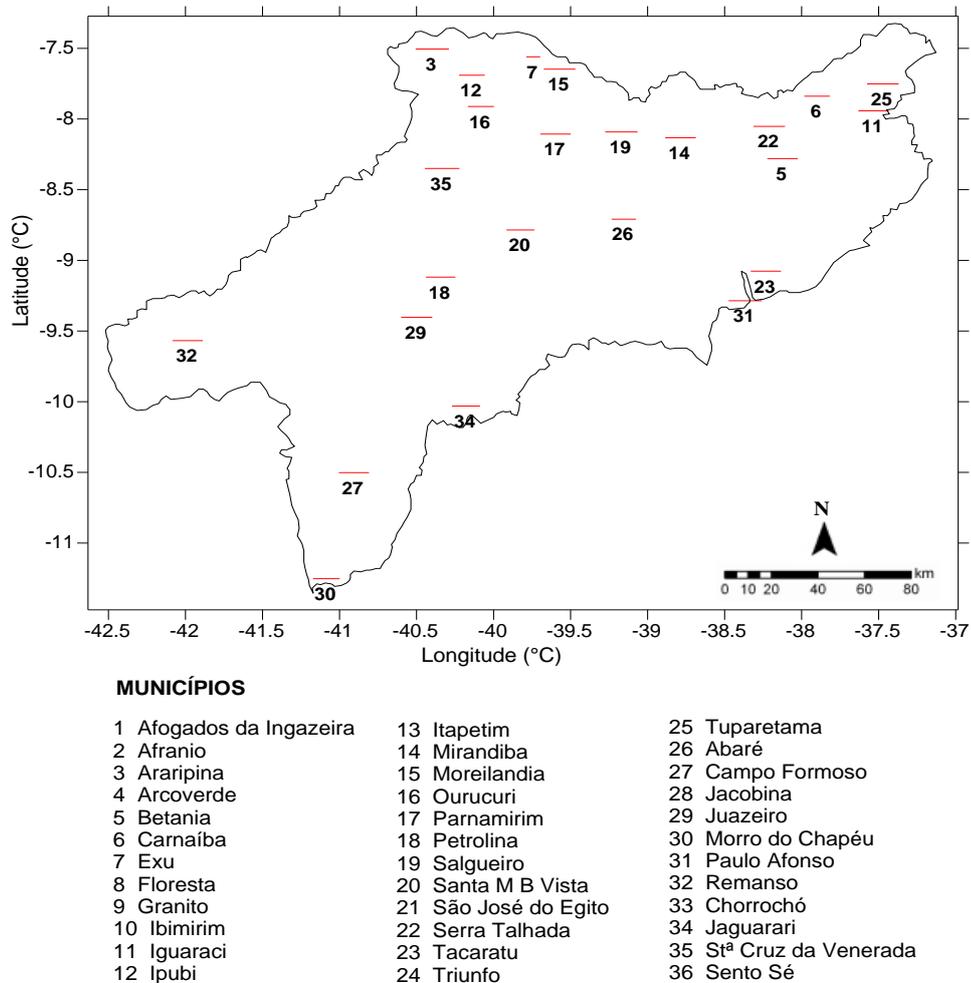
De forma geral, houve uma tendência de diminuição pluviométrica em toda a sub-bacia do Submédio São Francisco, que se mostrou mais intensa na parte Norte, concentrada no estado de Pernambuco e, em menor evidência, no setor baiano do Submédio São Francisco. Esse resultado corrobora com Silva, Souza e Azevedo (2012b) que avaliando os índices de detecção de mudanças climáticas para o estado da Bahia no período de 1970 a 2006, diagnosticaram que na região do Baixo Médio São Francisco houve aumento no número de dias com temperatura máxima diária, diminuição das chuvas diárias e da precipitação total anual. Essa variação na precipitação na região pode ser atribuída à circulação de grande escala, enquanto a intensidade das chuvas pode ter influência na variabilidade climática.

Resultados semelhantes foram encontrados em estudos recentes, utilizando a mesma metodologia. Assis, Sobral e Souza (2012) em análise de duas bacias hidrográficas no Sertão de Pernambuco, no período de 1964 a 2004, encontraram igualmente tendência de redução pluviométrica. Moncunill (2006) encontrou, do mesmo modo, tendências negativas da precipitação anual, em estudo para o estado do Ceará, utilizando 23 estações pluviométricas no período compreendido entre 1974 a 2003. Vale ressaltar que existem poucos estudos para a região Nordeste do Brasil utilizando esta metodologia, sendo mais concentrada e difundida na região Sul, Sudeste e Centro-Oeste do Brasil e em outros países da América do Sul.

Pesquisas internacionais também apresentam resultados similares de diminuição da precipitação. De acordo com Vargas-Amelin e Pindado (2014), em estudo na região mediterrânea da Espanha, também caracterizada por clima semiárido, mostram uma ligeira diminuição da precipitação sobre uma longa série, que vai de 1940 a 2010. Esse estudo comprova ainda que os impactos das mudanças climáticas a nível nacional na Espanha preveem uma generalizada redução da precipitação e disponibilidade hídrica entre 5%, 9% e 17%, durante os períodos de 2011-2040, 2041-2070 e 2071-2100, respectivamente.

A diminuição da precipitação pluviométrica na área de estudo durante os últimos 50 anos corrobora com o histórico de escassez hídrica que vem ocorrendo na região semiárida do Nordeste brasileiro, que atualmente tem enfrentado a seca mais severa das últimas décadas.

**Figura 18.** Distribuição espacial da Precipitação Total Anual (PRCPTOT) do Submédio São Francisco em mm/ano (1964 – 2014)

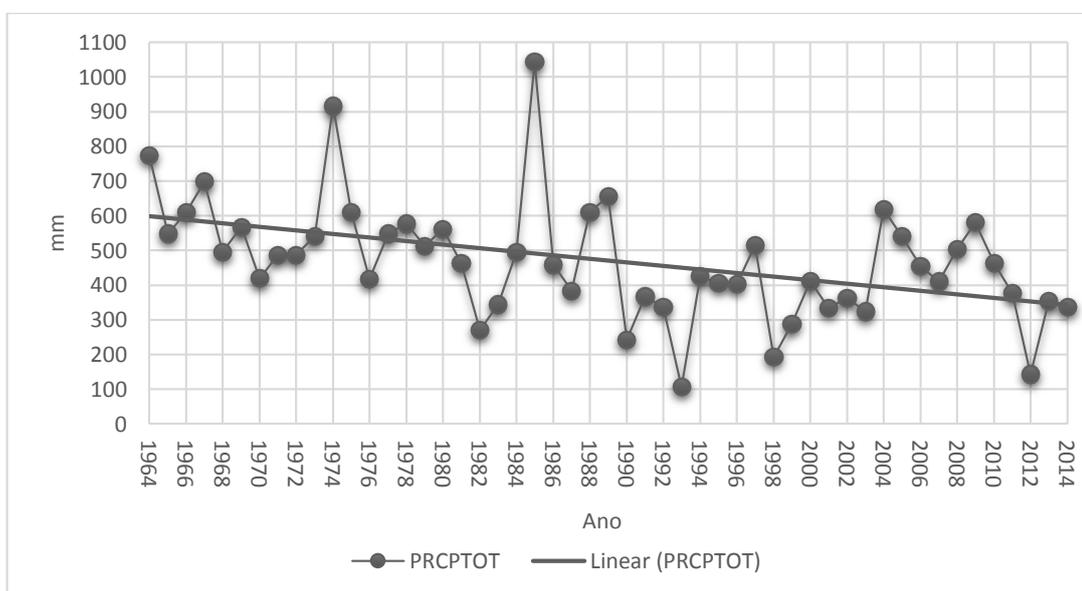


Após a análise espacial das tendências da Precipitação Total Anual por município, julgou-se importante a realização de uma análise temporal deste índice, a fim de se ter uma visão geral da variabilidade climática interanual em toda a sub-bacia do Submédio São Francisco, para este fim, calculou-se a média ponderada da bacia a partir do Método de Thiessen.

A Figura 19 apresenta a tendência linear do índice PRCPTOT da sub-bacia do Submédio São Francisco no período de 1964 a 2014. Conforme se observa no gráfico, os anos de 1993, 1998 e 2012 são classificados por serem extremamente secos, onde o total anual de chuva ficou abaixo de 200 mm. Os anos de 1993 e 1998 estão associados ao fenômeno El Niño de forte intensidade, já o ano de 2012 não foi ano de El Niño, entretanto se configurou como ano

extremamente seco devido a uma Anomalia da Superfície do Mar (TSM). Outro fator importante na análise da tendência temporal do índice PRCPTOT é que os anos chuvosos, com precipitação anual acima da média ocorreram principalmente até o final da década de 1980, predominando, a partir daí a ocorrência de mais anos secos do que chuvosos. Verifica-se ainda que antes do ano de 1985 os totais anuais de precipitação se encontravam mais elevados, principalmente os anos de 1964, 1967, 1974, sendo, dessa forma, o ano de 1985 um “ponto de inflexão”, que demonstra uma possível variação climática no padrão da precipitação na região. Essa análise detalhada será feita em cada ano separadamente no subcapítulo a seguir, que trata do Índice de Anomalia de Chuva.

**Figura 19.** Gráfico da tendência linear da Precipitação Total Anual (PRCPTOT) do Submédio São Francisco em mm/ano (1964-2014)



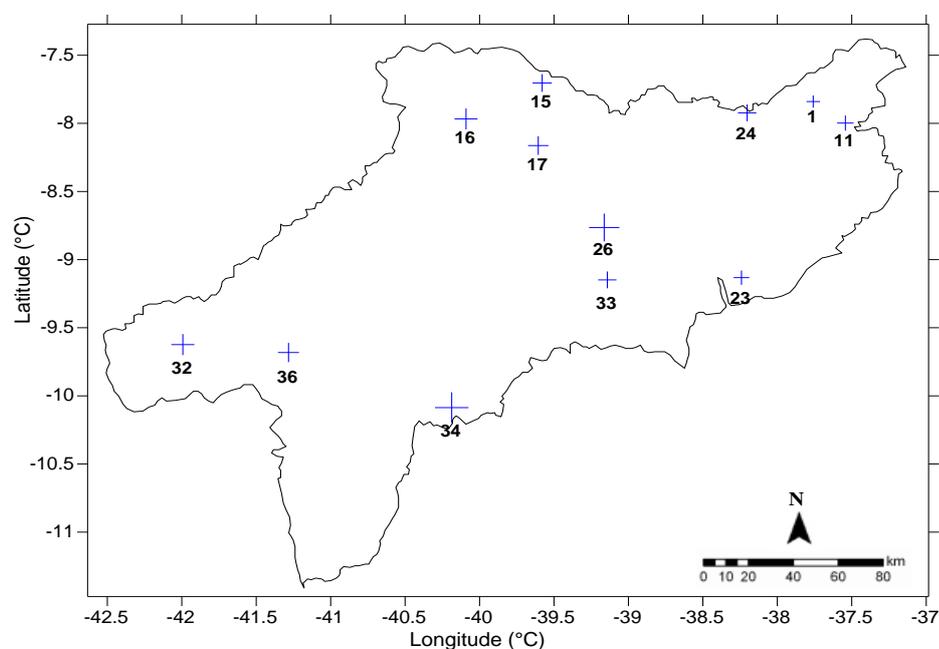
Na análise do índice CDD, constatou-se a ocorrência de tendências positivas, indicando um aumento do número de dias consecutivos secos (dias com chuvas abaixo de 1mm) no Submédio São Francisco, com significância estatística. Dos 36 postos pluviométricos analisados, 12 se mostraram significantes estatisticamente e todos eles convergiram para um resultado de tendência positiva. Os demais postos pluviométricos analisados tiveram a magnitude das tendências inferiores aos seus erros padrões de estimativas e não foram analisados com maior profundidade, entretanto seus índices foram calculados e suas tendências fornecidas. No apêndice A estão descritos os índices calculados para todos os municípios, juntamente com o valor de p.

O índice CDD oscilou entre 0,345 dias.ano<sup>-1</sup> e 1,787 dias.ano<sup>-1</sup> ficando o maior aumento da tendência para o município de Jaguarari-BA e a menor tendência, também positiva, para o

município de Afogados da Ingazeira-PE. A variação na tendência de aumento de dias consecutivos secos não é alta, no entanto chega a ser significativa, uma vez que a área de estudo, assim como toda a região semiárida do Nordeste brasileiro, já apresenta um menor contingente chuvoso, com diminuição gradual da precipitação e consequente variabilidade no padrão climático da região.

Na Figura 20 estão ilustrados os campos de tendências do índice de extremo climático CDD para o Submédio São Francisco. Os resultados espacialmente referenciados no mapa foram plotados para a análise apenas dos postos pluviométricos com valores de tendências estatisticamente significativos.

**Figura 20.** Distribuição espacial do Número Máximo de Dias Consecutivos Secos (CDD) do Submédio São Francisco em dias/ano (1964 – 2014)



#### MUNICÍPIOS

1 Afogados da Ingazeira	13 Itapetim	25 Tuparetama
2 Afranio	14 Mirandiba	26 Abaré
3 Araripina	15 Moreilandia	27 Campo Formoso
4 Arcoverde	16 Ourucuri	28 Jacobina
5 Betania	17 Parnamirim	29 Juazeiro
6 Carnaíba	18 Petrolina	30 Morro do Chapéu
7 Exu	19 Salgueiro	31 Paulo Afonso
8 Floresta	20 Santa M B Vista	32 Remanso
9 Granito	21 São José do Egito	33 Chorrochó
10 Ibirimir	22 Serra Talhada	34 Jaguarari
11 Iguaraci	23 Tacaratu	35 Stª Cruz da Venerada
12 Ipubi	24 Triunfo	36 Sento Sé

Este aumento de dias consecutivos sem chuva está atrelado ao resultado do índice apresentado anteriormente, de precipitação total anual (PRCPTOT), uma vez que, com a diminuição do regime pluviométrico, passaram a existir menos dias com chuva. Este resultado indica que, não

apenas está chovendo menos na região, mas também mostra que as chuvas estão cada vez mais esporádicas e por vezes concentradas em um menor período de tempo.

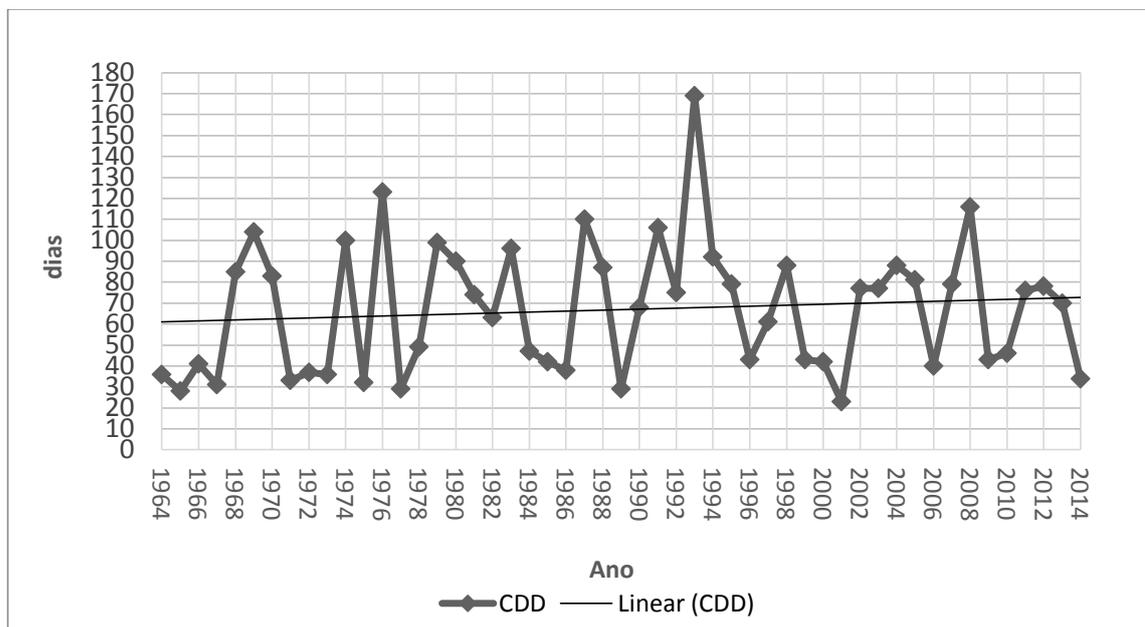
Resultados do Plano de Recursos hídricos da bacia hidrográfica do rio São Francisco, em seu diagnóstico consolidado (CBHSF, 2015b), mostrou que os trechos Submédio e Médio da bacia apresentam uma menor intensidade da precipitação e maior número de dias consecutivos sem precipitação, além de possuírem maior probabilidade de ocorrência de desertificação.

Resultado similar foi encontrado em estudo de Assis (2012), para o Sertão de Pernambuco, onde mostrou, através da análise do comportamento dos veranicos (cinco ou mais dias consecutivos sem chuva) que a quantidade de dias secos dentro do período chuvoso está cada vez maior, indicando a concentração das chuvas, historicamente, em poucos dias. Soares e Nóbrega (2010), em análise de 35 postos pluviométricos no Sertão de Pernambuco, encontraram resultados semelhantes evidenciando uma maior quantidade de dias secos dentro do período chuvoso.

Nóbrega, Farias e Santos (2015), em análise para todo o estado de Pernambuco, no período de 1978 a 2010, utilizando a mesma metodologia para análise de índices de extremos climáticos chegou à conclusão de que as chuvas estão ficando cada vez mais concentradas em poucos dias ao longo do ano no Sertão e Agreste de Pernambuco. Também no sertão foram encontrados os maiores números e episódios extremamente secos.

Do mesmo modo que foi feito para o índice PRCPTOT, para o índice CDD também foi calculada a média ponderada da sub-bacia através do polígono de Thiessen. A Figura 21 apresenta a tendência linear do índice CDD para o Submédio São Francisco no mesmo período (1964-2014). Nota-se facilmente uma grande variabilidade das chuvas, que chegam, com frequência, a apresentar picos de 4 meses consecutivos ou 120 dias sem precipitação. O ano de 1993 foi o maior pico e chegou a 170 dias consecutivos sem chuva. O que significa dizer que durante este ano, em quase 6 meses consecutivos não houve chuva. Como já relatado o ano de 1993 foi marcado pelo fenômeno El Niño de forte intensidade, o mais severo evento dessa magnitude registrado na década de 1990.

**Figura 21.** Gráfico da tendência linear do Número de Dias Secos Consecutivos (CDD) do Submédio São Francisco em dias/ano do (1964-2014)



De acordo com Marengo (2010), o fenômeno El Niño guarda uma íntima relação de causa e efeito com as secas que ocorrem no semiárido nordestino, uma vez que, em anos de El Niño observa-se uma diminuição dos totais pluviométricos na região Nordeste, provocando, em alguns anos, secas severas. O fenômeno El Niño representa uma alteração do sistema oceano-atmosfera, uma vez que é responsável pelo aquecimento das águas do oceano pacífico, ocasionando uma mudança na circulação atmosférica e alterando, por consequência, o padrão de distribuição das chuvas.

Com relação à análise do índice de extremo climático de dias úmidos consecutivos (CWD), que corresponde ao número máximo de dias consecutivos com chuva ao ano, das 36 estações pluviométricas, apenas 15 apresentaram significância estatística, as demais tiveram a magnitude das tendências inferiores ao erro padrão de estimativa e não foram consideradas. Dentre as que passaram pelo teste estatístico, 13 apresentaram tendência de diminuição no número máximo de dias com chuvas ao ano e duas apresentaram tendência de aumento de dias consecutivos chuvosos.

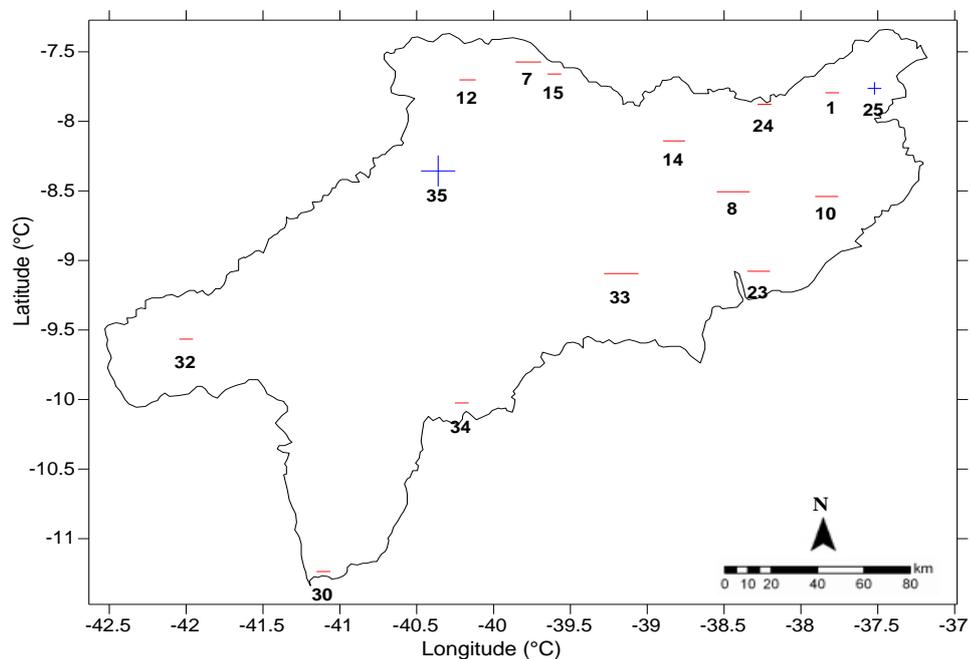
O índice CWD que apresentou tendência negativa variou entre  $0,030 \text{ dias.ano}^{-1}$  e  $0,078 \text{ dias.ano}^{-1}$ , ficando a maior diminuição da tendência para o município de Jaguarari-BA e a menor para o município Afogados da Ingazeira-PE. Em relação às tendências positivas, que ocorreram em apenas duas estações pluviométricas, estas variaram entre  $0,057 \text{ dias.ano}^{-1}$  e

0,086 dias.dia<sup>-1</sup>, nos municípios de Tuparetama-PE e Santa Cruz da Venerada-PE, respectivamente. Comparando este resultado ao índice de extremo climático de número máximo de dias consecutivos sem chuva - CDD, observa-se o contrário, onde os mesmos municípios obtiveram tendências positivas, apresentando maior e menor tendência, para Jaguarari-BA e Afogados da Ingazeira –PE, respectivamente.

Ressalta-se que das 13 estações pluviométricas que apresentaram diminuição do número máximo de dias com chuva - CWD, 7 apontaram aumento do número máximo de dias sem chuva – CDD. Desta forma, pode-se observar que os dois índices (CDW e CDD) demonstraram tendências opostas em 7 postos pluviométricos. Desse modo diagnosticou-se um aumento predominante do número de dias sem chuva – CDD.

A Figura 22 apresenta as tendências do índice CWD espacialmente distribuídos no Submédio São Francisco. Foram plotados apenas os postos pluviométricos que se mostraram significantes estatisticamente.

**Figura 22.** Distribuição espacial do Número de Dias Consecutivos Úmidos (CWD) do Submédio São Francisco em dias/ano (1964 – 2014)



**MUNICÍPIOS**

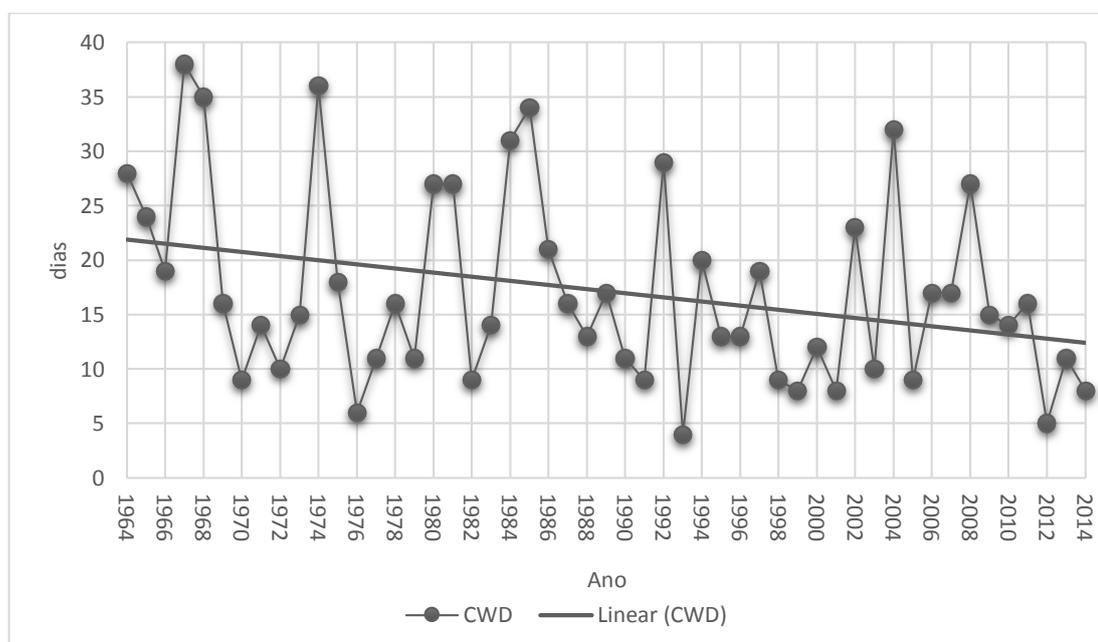
1 Afogados da Ingazeira	13 Itapetim	25 Tuparetama
2 Afranio	14 Mirandiba	26 Abaré
3 Araripina	15 Moreilandia	27 Campo Formoso
4 Arcoverde	16 Ourucuri	28 Jacobina
5 Betania	17 Parnamirim	29 Juazeiro
6 Carnaíba	18 Petrolina	30 Morro do Chapéu
7 Exu	19 Salgueiro	31 Paulo Afonso
8 Floresta	20 Santa M B Vista	32 Remanso
9 Granito	21 São José do Egito	33 Chorrochó
10 Ibimirim	22 Serra Talhada	34 Jaguarari
11 Iguaraci	23 Tacaratu	35 Stª Cruz da Venerada
12 Ipubi	24 Triunfo	36 Sento Sé

Do mesmo modo dos índices anteriores, foi feita a média da sub-bacia através da metodologia dos polígonos de Thiessen. Observa-se que na primeira metade da série histórica era comum a ocorrência de mais dias consecutivos com chuva, chegando a mais de 35 dias seguidos, como os anos de 1967, 1968 e 1974. Na segunda metade da série histórica o quantitativo de dias consecutivos úmidos teve uma queda considerável, uma vez que, apesar de terem ocorrido ainda anos com cerca de 30 dias consecutivos com chuva, estes foram poucos e, a quantidade desses eventos foi diminuindo, com frequência de dias mais secos na região.

Os anos de 1993 e 2012 apresentaram os extremos em termos negativos, onde nestes anos a maior quantidade de dias seguidos com chuva foi 5 dias. Este resultado é complementar ao resultado do índice CDD comentado anteriormente, sobretudo nos anos mais secos, mostrando que nestes anos não só choveu menos, mas as chuvas ficaram mais concentradas em um menor período de tempo.

A Figura 23 mostra a média da tendência linear do índice de extremo climático CWD para o Submédio São Francisco, no período de 1964 a 2014.

**Figura 23.** Gráfico da tendência linear do Número Máximo de Dias Consecutivos com Chuva (CWD) do Submédio São Francisco em dias/ano do (1964-2014)



Na análise dos índices de extremos climáticos R10mm, R20mm e R50mm observam-se tendências negativas nos três índices, indicando que houve diminuição no número de dias por

ano com chuva superior a 10 mm, 20 mm e 50 mm, respectivamente. Estes índices estão diretamente associados aos índices anteriores (PRCPTOT, CDD e CWD), uma vez que os resultados até aqui apresentados mostraram diminuição pluviométrica, aumento do número de dias consecutivos sem chuva e diminuição do número de dias consecutivos com chuva. Logo verificam-se maiores indícios de que realmente está chovendo menos e as chuvas estão cada vez mais esporádicas. Diante do observado, verifica-se que houve diminuição na intensidade das chuvas acima de 10mm, de 20mm (chuva considerada moderada) e de 50 mm (chuvas fortes) dentro da área de estudo.

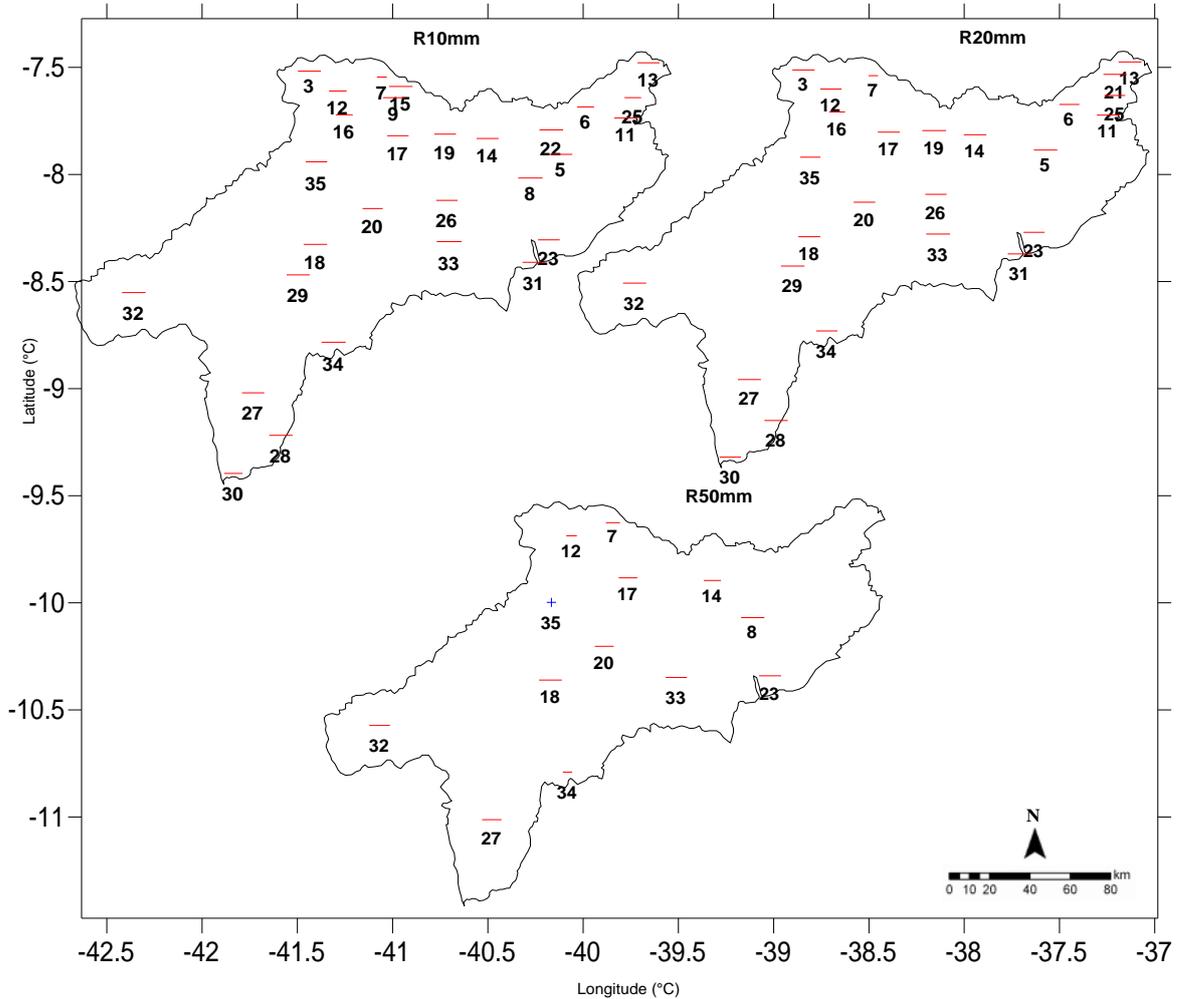
Para o índice R10mm, das 36 estações pluviométricas, 29 apresentaram significância estatística e todas convergiram para tendências negativas. Mesmo os municípios que não tiveram significância estatística apresentaram igualmente tendências negativas, entretanto estas não foram consideradas nas análises. Dentre as 29 estações pluviométricas que passaram pelo teste estatístico destacaram-se os postos pluviométricos localizados nos municípios de Exu-PE, com a maior taxa de diminuição, que foi de 0,533 dias.ano<sup>-1</sup> e o município de Chorrochó-BA, com menor taxa negativa, que foi de 0,092 dias.ano<sup>-1</sup>. Para o índice R20mm, 26 postos pluviométricos passaram pelo teste de significância estatística e todos apresentaram tendência negativa. Do mesmo modo do índice R10mm, até os municípios que não tiveram significância estatística apresentaram igualmente tendências negativas, entretanto estes não foram considerados nas análises. Destacaram-se também os municípios de Exu, com maior índice negativo, apresentando taxa de 0,511 dias.ano<sup>-1</sup> e o município de Chorrochó-BA, que apresentou o menor índice negativo, com taxa de 0,048 dias.ano<sup>-1</sup>.

O fator dos mesmos municípios apresentarem as maiores e menores tendências para os índices R10mm e R20mm mostra a grande semelhança entre os dois índices climáticos. O município de Exu destaca-se também porque além de apresentar os maiores valores negativos nestes dois índices, foi também o que apresentou a maior taxa de redução da Precipitação Total Anual (PRCPTOT).

Com relação ao índice R50mm, apenas 13 estações pluviométricas apresentaram significância estatística. Dentre elas, 12 apresentaram tendência negativa e apenas 1 apresentou tendência positiva. Em relação às tendências negativas, destacaram-se os municípios de Jaguarari-BA, com maior tendência de diminuição do número de dias com precipitação acima de 50 mm, que apresentou taxa negativa de 0,085 dias.ano<sup>-1</sup>. Já o município de Floresta-PE se destacou por apresentar a menor tendência de redução do número de dias com precipitação acima de 50 mm,

com o valor de 0,016 dias.ano<sup>-1</sup>. A Figura 24 apresenta a distribuição espacial dos índices climáticos R10mm, R20mm e R50mm.

**Figura 24.** Distribuição espacial dos índices climáticos R10mm (a), R20mm (b) e R50mm (c) no Submédio São Francisco em dias/ano (1964 – 2014)



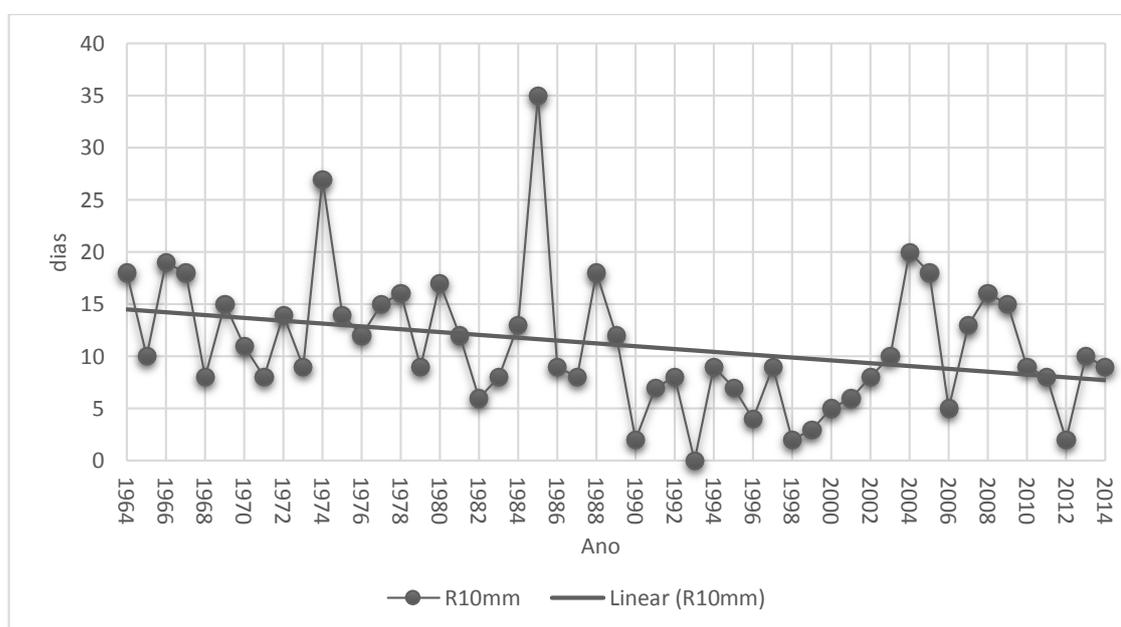
**MUNICÍPIOS**

- |                         |             |                |                      |                    |                         |
|-------------------------|-------------|----------------|----------------------|--------------------|-------------------------|
| 1 Afogados da Ingazeira | 7 Exu       | 13 Itapetim    | 19 Salgueiro         | 25 Tuparetama      | 31 Paulo Afonso         |
| 2 Afranio               | 8 Floresta  | 14 Mirandiba   | 20 Santa M B Vista   | 26 Abaré           | 32 Remanso              |
| 3 Araripina             | 9 Granito   | 15 Moreilandia | 21 São José do Egito | 27 Campo Formoso   | 33 Chorrochó            |
| 4 Arcoverde             | 10 Ibirimir | 16 Ourucuri    | 22 Serra Talhada     | 28 Jacobina        | 34 Jaguarari            |
| 5 Betania               | 11 Iguaraci | 17 Parnamirim  | 23 Tacaratu          | 29 Juazeiro        | 35 Stª Cruz da Venerada |
| 6 Carnaíba              | 12 Ipubi    | 18 Petrolina   | 24 Triunfo           | 30 Morro do Chapéu | 36 Sento Sé             |

Em relação às tendências lineares, foi calculada igualmente a média da Sub-bacia do Submédio São Francisco através do polígono de Thiessen para os índices R10mm e R20mm. Quando calculada a média ponderada, não foi observada tendência linear visível ao índice R50mm, sendo apenas analisada separadamente, por cada posto pluviométrico, como foi feito anteriormente. Dessa forma, a análise temporal da média da área de estudo não foi realizada para este índice.

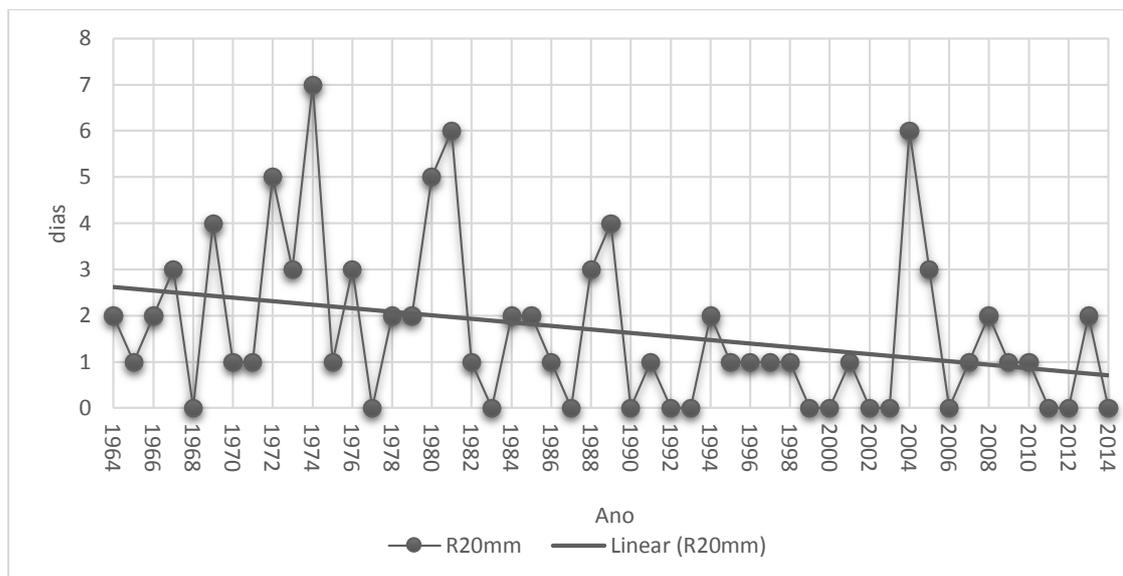
Na tendência linear do índice de extremo climático R10mm (Figura 25) observa-se que os anos de 1974 e 1985 foram os que apresentaram os maiores picos, indicando que nestes anos ocorreram 27 e 35 dias, respectivamente, em que a precipitação superou 10 mm. Já a partir da década de 1990 houve uma maior concentração de anos que tiveram a menor quantidade de dias com chuva igual ou acima de 10mm. O ano de 1993, que como já foi dito anteriormente foi ano de El Niño de forte intensidade, não teve nenhum dia com chuva igual ou superior a 10mm. Os anos de 1990, 1998 e 2012 se enquadram no mesmo patamar, porém ainda obtiveram 2 dias com chuva da magnitude do índice R10mm.

**Figura 25.** Gráfico da tendência linear do Número de dias/ano onde a precipitação  $\geq 10$  mm (R10mm) no Submédio São Francisco em dias/ano do (1964-2014)



Na tendência linear do índice R20mm (Figura 26), observa-se tendências semelhantes, que apresenta os maiores picos durante a primeira metade da série histórica. Já a partir da segunda metade aumentam a quantidade de anos que não teve nenhum dia com precipitação igual ou maior do que 20 mm, sobretudo a partir da década de 1990, similarmente ao índice R10mm.

**Figura 26.** Gráfico da tendência linear do Número de dias/ano onde a precipitação  $\geq 20$  mm (R20mm) no Submédio São Francisco em dias/ano do (1964-2014)



Na análise do índice de extremo climático SDII (Figura 27), que é o índice simples de intensidade diária da precipitação, foram evidenciados tanto tendências positivas quanto negativas, entretanto predominando as tendências negativas. Dentre os 23 postos pluviométricos que passaram pelo teste estatístico, 19 apresentaram tendência negativa e apenas 4 apresentaram tendência positiva. Desatacaram-se os postos pluviométricos localizados nos municípios de Jaguarari-BA, que apresentou a maior taxa de redução da intensidade diária das chuvas, com  $0,700 \text{ mm.dia}^{-1}$ . Já o município de Arcoverde-PE apresentou a menor taxa de diminuição da intensidade diária da chuva, com valor de  $0,026 \text{ mm.dia}^{-1}$ . Em relação às tendências positivas, estas oscilaram entre  $0,119 \text{ mm.dia}^{-1}$  no município de Granito-PE e  $0,061 \text{ mm.dia}^{-1}$ , no município de Moreilândia-PE.



polígonos de Thiessen, as chuvas intensas não ficam nítidas uma vez que estes valores são atribuídos para todos os postos pluviométricos da bacia e, desse modo, o valor calculado na média não representa a realidade para cada localidade estudada. Logo, as análises para o índice de intensidade diária da bacia foram feitas separadamente, por cada posto pluviométrico que representa cada município, conforme descrito anteriormente.

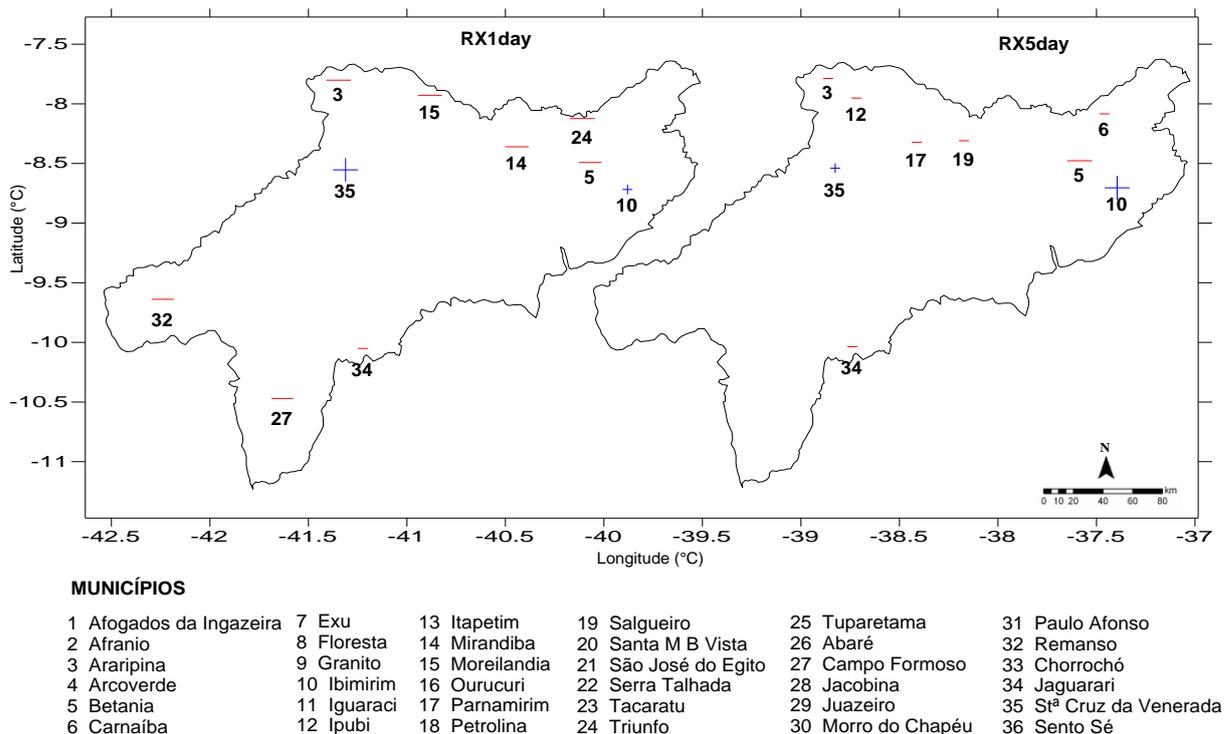
Analisando os índices RX1day e RX5day (Figura 28) observa-se que houve mais tendências negativas do que positivas. Estes índices correspondem à máxima precipitação registrada em 1 dia e em 5 dias consecutivos, respectivamente. RX1day e RX5day apresentam coerências com os índices PRCPTOT e R50mm, uma vez que havendo tendência de diminuição tanto da precipitação total quanto do número de dias com chuvas intensas, paralelamente ocorre um decréscimo também destes índices, tanto concentradas em 1 dia, quanto em 5 dias consecutivos.

Estes índices são também diretamente proporcionais ao índice CWD, uma vez que ao haver diminuição do número consecutivo de dias com chuva, o quantitativo de chuvas (em mm) também decresce, obedecendo à razão direta da proporção.

Para o índice RX1day, das 36 estações pluviométricas analisadas, 10 apresentaram significância estatística. Dentre as 10 que passaram pelo teste estatístico, 8 apresentaram tendência de diminuição da quantidade de chuva em um dia e 2 apresentaram aumento. Os municípios de Jaguarari-BA (-1,317 mm) e Triunfo-PE (-0,302 mm) se destacaram como os municípios que apresentaram maior e menor tendência negativas para este índice, respectivamente. Já em relação às tendências positivas, estas variaram entre 0,353 mm e 0,679 mm, nos municípios de Ibimirim-PE e Santa Cruz da Venerada-PE.

Para o índice RX5day, das 36 estações pluviométricas, 9 apresentaram significância estatística. Dessas 9 estações, 7 apresentaram tendência negativa e apenas 2 apresentaram tendência positiva. Com as tendências negativas se destacaram os municípios de Araripina-PE e Jaguarari-BA, com taxas de diminuição da precipitação variando entre -0,663 mm e -1,324 mm, respectivamente. Já em relação as tendências positivas, estas variaram entre 1,092 mm e 1,162 mm nos mesmos municípios do índice RX5day, que foram Santa Cruz da Venerada-PE e Ibimirim-PE.

**Figura 28.** Distribuição espacial dos índices RX1day (a) RX5day (b), no Submédio São Francisco em mm/dia (1964 – 2014)



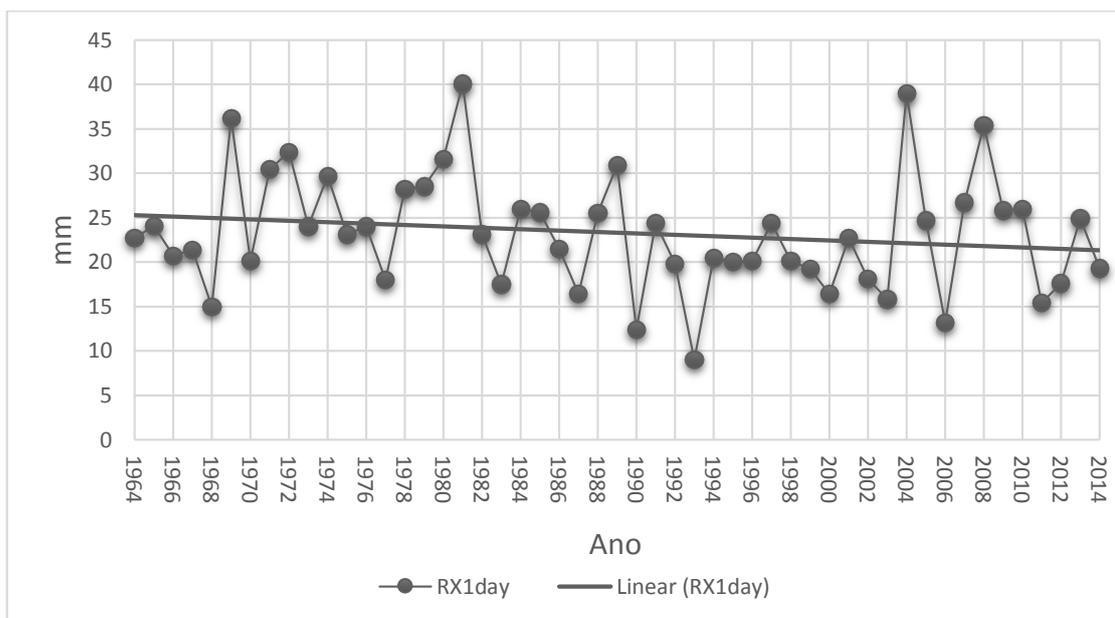
Observa-se mais uma vez que o município de Jaguarari-BA se destacou por apresentar os maiores índices negativos nos índices RX1day e RX5day. O mesmo foi verificado para o índice SDII, além apresentar maior índice positivo para o índice CDD, que corresponde ao aumento da quantidade de dias sem chuva. Ressalta-se também que este município apresentou grande taxa de redução da pluviosidade total. Isto comprova a relação de proporção direta que estes índices climáticos apresentam entre si.

Em relação às tendências lineares, os índices RX1day e RX5day apresentam o máximo mensal de precipitação em 1 dia e em 5 dias consecutivos. Os resultados expostos no gráfico correspondem ao mês (dentro de um ano) que teve maior valor de precipitação em mm para esse período (1 dia / 5 dias). A tabela de valores para estes índices distribuídos por mês se encontra no apêndice B.

A Figura 29 mostra a média da tendência linear do índice de extremo climático RX1day para o Submédio São Francisco, no período de 1964 a 2014. Conforme se pode observar, o máximo de precipitação concentrada em um único dia não ultrapassou os 50 mm, ou seja, quando a análise foi feita individualmente para cada município foram registradas chuvas intensas em alguns municípios, entretanto, quando se calculou a média ponderada para toda a sub-bacia em estudo estes valores das chuvas intensas não foram fielmente representados. Isto justifica o fato

de não se ter apresentado o gráfico temporal com a tendência linear do índice de extremo climático R50mm e também do índice SDII que calcula a intensidade diária das chuvas. Ainda na análise da Figura 28 é possível observar que mais uma vez o ano de 1993 se destacou por apresentar menor quantitativo acumulado de chuva em 1 dia.

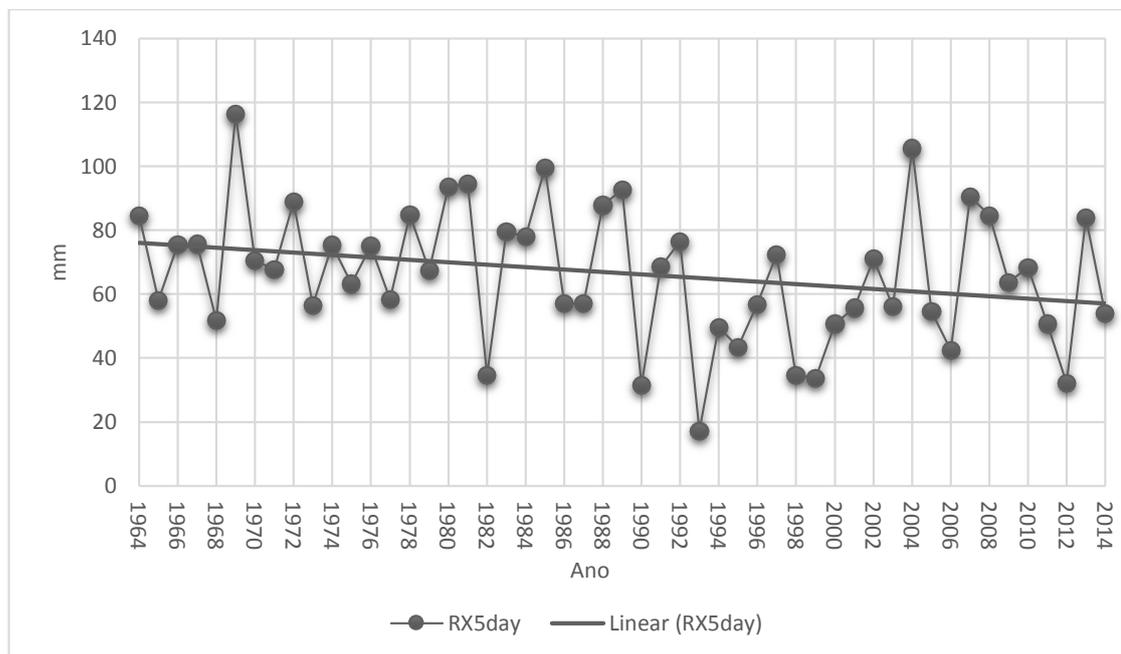
**Figura 29.** Gráfico da tendência linear do máximo mensal de precipitação em 1 dia (RX1day) no Submédio São Francisco em dias/ano do (1964-2014)



Já na análise da tendência linear do índice climático RX5day, observa-se que o valor máximo de precipitação concentrada em 5 dias consecutivos chegou a quase 120 mm, onde os picos de maiores chuvas ocorreram nos anos de 1969, 1985 e 2004. Na primeira metade da série histórica os valores das chuvas concentradas em 5 dias eram bem maiores, oscilando geralmente entre 50 mm e 80 mm. Já na segunda metade da série histórica ocorre uma modificação e estes valores passam a oscilar na faixa entre 30 mm e 70 mm de chuva acumulada durante 5 dias seguidos.

O ano de 1993, igualmente ao índice RX1day apresentou o menor quantitativo de chuvas, dessa vez acumulada em cinco dias consecutivos, que não passou dos 20 mm. O ano de 2012, que se classificou também como um ano seco apresentou o segundo menor quantitativo de chuvas, não ultrapassando a faixa dos 35 mm. A Figura 30 apresenta a média da tendência linear temporal do índice de extremo climático RX5day.

**Figura 30.** Gráfico da tendência linear do máximo mensal de precipitação em 5 dias (RX5day) no Submédio São Francisco em dias/ano do (1964-2014)

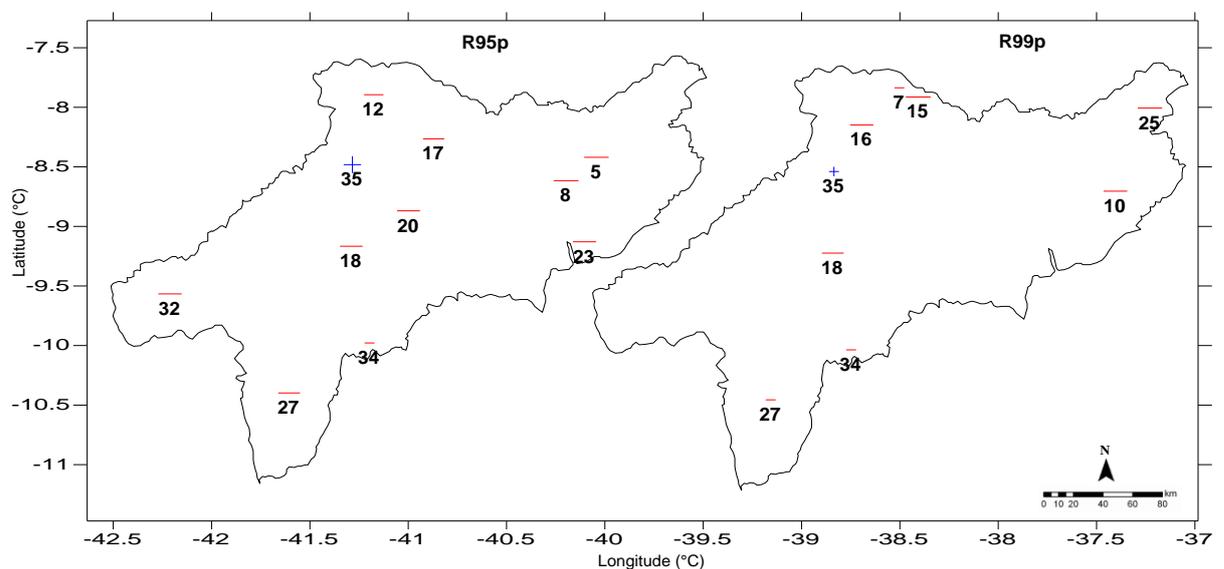


Santos, Assis e Souza (2014) apresentam resultados opostos na análise dos índices climáticos RX1day e RX5day, em estudo para a bacia hidrográfica do rio Una, localizada na Zona da Mata Sul do estado de Pernambuco, em análise para o período de 1963 a 2012. Justifica-se essa discordância em relação aos resultados encontrados uma vez que as bacias hidrográficas em questão apresentam fisiografias diferentes, sendo uma localizada em região de interseção entre Zona da Mata e Litoral e a outra localizada em região Semiárida, que climaticamente possui menor regime de chuvas e maior evapotranspiração, sendo mais susceptível à ocorrência de eventos extremos de secas e estiagens.

Analisando os índices climáticos de dias muito úmidos (R95p) e dias extremamente úmidos (R99p), conforme apresentado na Figura 31, observa-se que estes apresentaram tendências tanto positivas quanto negativas, embora a predominância para os dois índices tenha sido de tendências negativas. Estes índices, R95p e R99p, são relacionados aos extremos pluviométricos que caracterizam a quantidade de chuva concentrada. Foram observados 10 valores de tendências negativas, dos 11 postos pluviométricos que apresentaram significância estática para o índice R95p e apenas 1 valor com tendência positiva, e para o índice R99p dos 9 postos com significância, 8 possuem tendência negativa e apenas 1 possui tendência positiva. A predominância de tendências negativas desses índices reforça ainda mais as tendências já encontradas de diminuição da precipitação total, diminuição do número de dias consecutivos

com chuva, diminuição da intensidade diária da chuva, diminuição da quantidade máxima de chuvas em 1 dia e em 5 dias consecutivos, diminuição do número de dias com chuvas forte, moderada e intensa e, por fim aumento do número de dias consecutivos secos. A única tendência positiva para este índice foi no posto pluviométrico localizado no município de Santa Cruz da Venerada- PE, entretanto, como foi apenas um posto pluviométrico que apresentou tendência desconforme com os demais este se torna irrelevante. O município que se destacou com maior índice negativo foi Jaguarari-BA. Tendo em vista que apenas um posto pluviométrico apresentou tendência diferente das demais, qualquer inferência a respeito ficará carente de razão ou argumento que possa diagnosticar o aumento ou não deste evento para a área de estudo.

**Figura 31.** Distribuição espacial dos índices R95p (a) e R99p (b) do Submédio São Francisco em mm/dia (1964 – 2014)

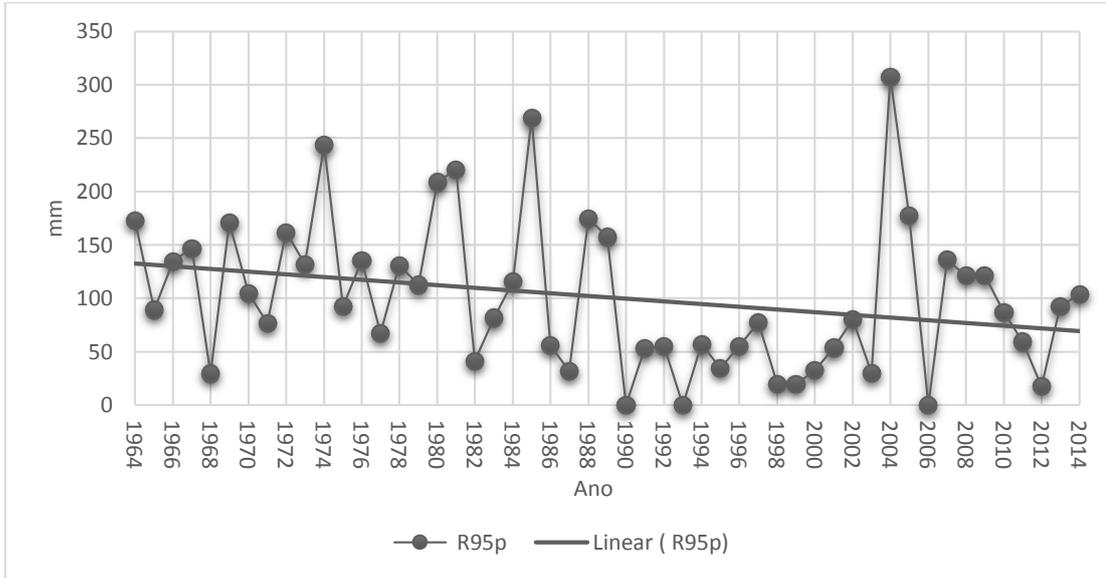


#### MUNICÍPIOS

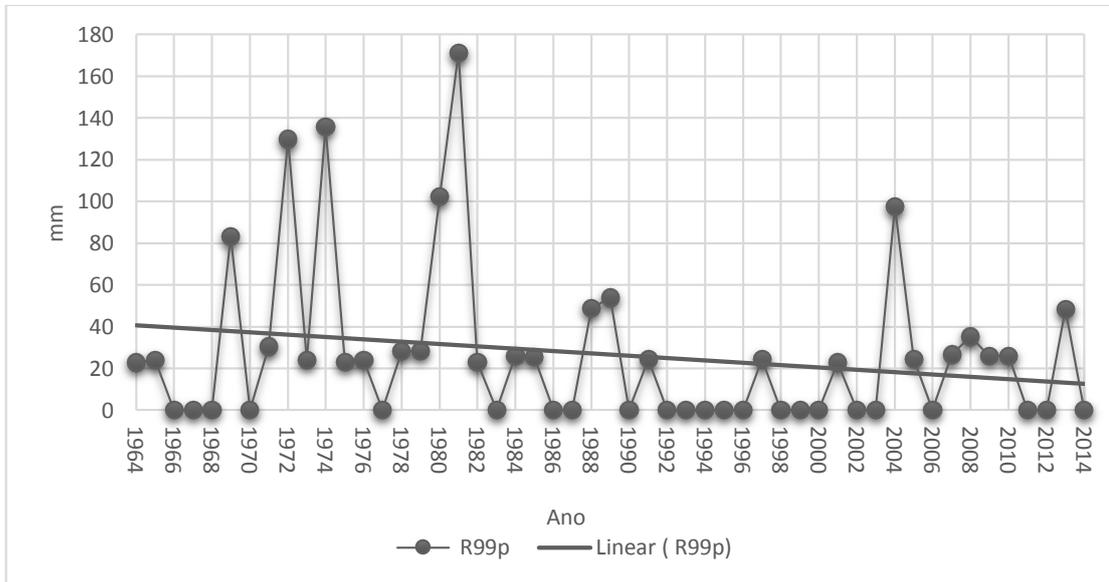
1 Afogados da Ingazeira	7 Exu	13 Itapetim	19 Salgueiro	25 Tuparetama	31 Paulo Afonso
2 Afranio	8 Floresta	14 Mirandiba	20 Santa M B Vista	26 Abaré	32 Remanso
3 Araripina	9 Granito	15 Moreilandia	21 São José do Egito	27 Campo Formoso	33 Chorrochó
4 Arcoverde	10 Ibimirim	16 Ourucuri	22 Serra Talhada	28 Jacobina	34 Jaguarari
5 Betania	11 Iguaraci	17 Pamamirim	23 Tacaratu	29 Juazeiro	35 Stª Cruz da Venerada
6 Carnaíba	12 Ipubi	18 Petrolina	24 Triunfo	30 Morro do Chapéu	36 Sento Sé

Analisando a tendência linear do comportamento temporal dos índices de extremos climáticos R95p e R99p é visível observar que na segunda metade da série histórica os valores se aproximam de 0 mm, mais evidente no índice R99p. Em relação aos picos com maiores valores em mm, destacamos os anos de 1974, 1985 e 2004 no índice R95p e os anos de 1972, 1974, 1981 e 2004 no índice R99p. Os anos em comum entre os dois índices foram 1974 e 2004, onde ambos se caracterizam por serem anos chuvosos, sendo 2004 em menor intensidade. As Figuras 32 e 33 apresentam a média da tendência linear dos índices de extremos climáticos R95p e R99p.

**Figura 32.** Gráfico da tendência linear dos dias muito úmidos (R95p) no Submédio São Francisco em dias/ano do (1964-2014)



**Figura 33.** Gráfico da tendência linear dos dias extremamente úmidos (R99p) no Submédio São Francisco em dias/ano do (1964-2014)



Estudos semelhantes, que utilizam a mesma metodologia, mostram tanto resultados similares quanto resultados contrários aos encontrados nesse trabalho para os índices climáticos R95p e R99p. Santos et. al. (2009), ao analisarem os índices de precipitação no estado do Ceará, no período de 1935 a 2006 encontram predominância de tendências positivas para estes índices, entretanto a análise foi feita para o todo o estado do Ceará e engloba todas as microrregiões do

estado, incluindo também o Litoral e Zona da Mata, que possuem um diferencial pluviométrico em relação à região semiárida. Estudos com o IAC também foram realizados em outras regiões do Brasil além da região Nordeste, como exemplo, resultados de Santos et. al. (2006), apresentaram tendências negativas destes índices para Brasília, Goiana e Catalão, no período de 1962 a 2005, mostrando que está ocorrendo cada vez menos eventos extremos dos anuais totais de precipitação.

Diante dos resultados apresentados e analisando as configurações espaciais e temporais das tendências dos índices de extremos climáticos da precipitação pluviométrica, verificou-se a ocorrência de padrões de homogeneidade das tendências em ambos os índices. Com a tendência de diminuição do total pluviométrico, observou-se uma coerência nos demais índices em demonstrar que a área de estudo convergiu para uma situação de escassez hídrica, apresentando com o decorrer do tempo mais indícios que corroboram com esta hipótese.

Além da diminuição da precipitação, foi diagnosticado a predominância de tendências negativas também para a intensidade diária das chuvas, quantidade máxima de precipitação em 1 dia e em 5 dias seguidos, dias consecutivos com chuva, número de dias com chuvas moderadas, fortes e intensas, dias muito úmidos e dias extremamente úmidos. As tendências positivas predominaram apenas para o índice de dias consecutivos secos, que também converge para a escassez do regime pluviométrico na região, contribuindo com as recorrentes secas que atingem a porção semiárida do Nordeste brasileiro.

Segundo Marengo (2012), a seca é a principal manifestação da variabilidade climática no Nordeste brasileiro, uma vez que ela já se tornou um fenômeno natural inevitável, principalmente na porção semiárida desta região. Ainda segundo Marengo (2012), “essas secas estão associadas às características climáticas da região, as quais possuem grande variabilidade espacial e temporal na distribuição de precipitação, bem como a concentração de mais de 80% do total anual da chuva no período de quatro meses”.

Vale ressaltar que esses resultados tomaram por base a predominância de valores negativos ou positivos. Entretanto, se analisar cada município sem relacioná-lo aos postos pluviométricos adjacentes e sem inseri-los no contexto da sub-bacia do Submédio São Francisco, alguns se mostram com mais tendências positivas do que negativas, sobretudo alguns dos municípios que sofrem influência direta do rio São Francisco.

## 4.2 ANÁLISE DOS ÍNDICES OCEÂNICOS NO PACÍFICO E ATLÂNTICO

Baseado na associação entre a precipitação e o comportamento dos oceanos Pacífico e Atlântico, a Tabela 6 mostra as médias das correlações entre os índices climáticos extremos da precipitação calculados pelo RCLimdex e as anomalias de TSM para as regiões dos oceanos Atlântico e Pacífico. As correlações que apresentaram significância estatística (1% e 5%) estão destacadas na tabela. De forma geral, as correlações estatísticas significativas evidenciaram que as precipitações com tendências negativas são bem mais influenciadas pelas variações da TSM no oceano Pacífico em relação as variações no oceano Atlântico, evidenciando que as temperaturas elevadas no oceano Pacífico influenciam na diminuição da precipitação na bacia do Submédio São Francisco. As correlações observadas nas estações pluviométricas podem ser visualizadas através do Anexo D.

Os índices oceânicos Niño 1+2, Niño3 e Niño 3.4, Niño 4 e ION, medidos no Pacífico, apresentam maior correlação linear negativa, com significância estatística, com os índices climáticos de precipitação. Já o índice IOS, também medido no Pacífico, indica sinais contrários, com predominância de correlação linear positiva. Na anomalia de TSM do oceano Atlântico, TNA, do mesmo modo das regiões do Pacífico, obteve predominância de anomalias negativas, já a região TSA, do Atlântico, apresenta grande variabilidade das anomalias, oscilando entre correlações positivas e negativas (Tabela 6).

**Tabela 6.** Correlações entre os índices climáticos e os índices oceânicos do Pacífico e Atlântico

Índices	Oceano Pacífico Equatorial					Oceano Atlântico		
	Niño1+2	Niño3	Niño3.4	Niño4	IOS	ION	TNA	TSA
PRECPTOT	-0,423**	-0,430**	-0,346*	-0,311*	0,358**	-0,271	-0,242	0,042
CDD	0,232	0,208	0,158	0,101	-0,295*	0,127	-0,082	-0,204
CWD	-0,158	-0,151	-0,135	-0,062	0,214	-0,153	0,148	0,134
R10	-0,425**	-0,433**	-0,349*	-0,328*	0,343*	-0,264	-0,320*	0,013
R20	-0,399**	-0,408**	-0,323*	-0,307*	0,316*	-0,237	-0,296*	-0,024
R50	-0,215	-0,222	-0,156	-0,134	0,178	-0,120	-0,204	0,017
R95p	-0,344*	-0,366**	-0,294*	-0,246	0,312*	-0,242	-0,147	0,024
R99p	-0,304*	-0,313*	-0,244	-0,179	0,256	-0,219	-0,028	-0,003
RX1day	-0,379**	-0,326*	-0,211	-0,121	0,216	-0,165	-0,081	-0,036
RX5day	-0,261	-0,248	-0,167	-0,109	0,160	-0,121	-0,039	-0,130
SDII	-0,121	-0,133	-0,078	-0,148	-0,054	0,042	-0,417**	-0,322*

\*\* A correlação é significativa no nível 0,01. \*A correlação é significativa no nível 0,05

Ao analisar as anomalias de TSM nas regiões de Niño 1+2 e Niño3 observam-se as maiores correlações negativas, com significância estatística, com os índices climáticos PRCPTOT, R10mm, R20mm, R95p, R99p e Rx1day, indicando que quanto a TSM aumenta há uma redução na precipitação total anual, e conseqüentemente tendência negativa desses índices. Em anos de El Niño há uma redução dos movimentos convectivos nas regiões Norte e Nordeste do Brasil, gerando um bloqueio ao avanço das Frentes Frias em direção a essas regiões, que ficam semi-estacionárias no sul do Brasil, aumentando, assim, os níveis de chuva, especialmente nos estados da região Sul e diminuição no Norte e Nordeste brasileiro. Na bacia do Submédio São Francisco as Frentes Frias são um dos principais sistemas meteorológicos responsáveis pela convecção na região, e em anos de El Niño podem afetar a quadra chuvosa principalmente nos meses de dezembro e janeiro, nos meses há uma redução das chuvas principalmente nos meses de dezembro e janeiro.

As regiões (Niño 1+2 e Niño 3) apresentam correlação positiva apenas para o índice climático CDD, que representa os dias consecutivos secos, embora sem significância estatística. O fato dessas regiões do Pacífico terem correlação positiva com o índice CDD indica que, quando a TSM aumenta, observa-se uma diminuição na precipitação do Submédio São Francisco, levando a um aumento do número de dias consecutivos sem chuva.

Resultados semelhantes foram encontrados por Ramos et. Al. (2011), em estudo para a Amazônia, onde concluiu que através das correlações entre os índices de extremos climáticos dependentes da precipitação diária para a região de Manaus e as anomalias de TSM nos Oceanos Pacífico e Atlântico, houve um aumento das anomalias positivas de TSM nas regiões de Niño levando a um aumento dos dias consecutivos secos e, diminuição dos eventos extremos de chuva e da precipitação total sobre a Bacia Amazônica.

Seguindo o mesmo parâmetro, Santos et al. (2012), em estudo para a região Norte do Brasil, concluiu que, através das correlações entre os índices de extremos climáticos e as anomalias de TSM foi constatado que o aumento das anomalias positivas de TSM nessas regiões leva a um aumento dos dias consecutivos secos e a uma diminuição da precipitação total.

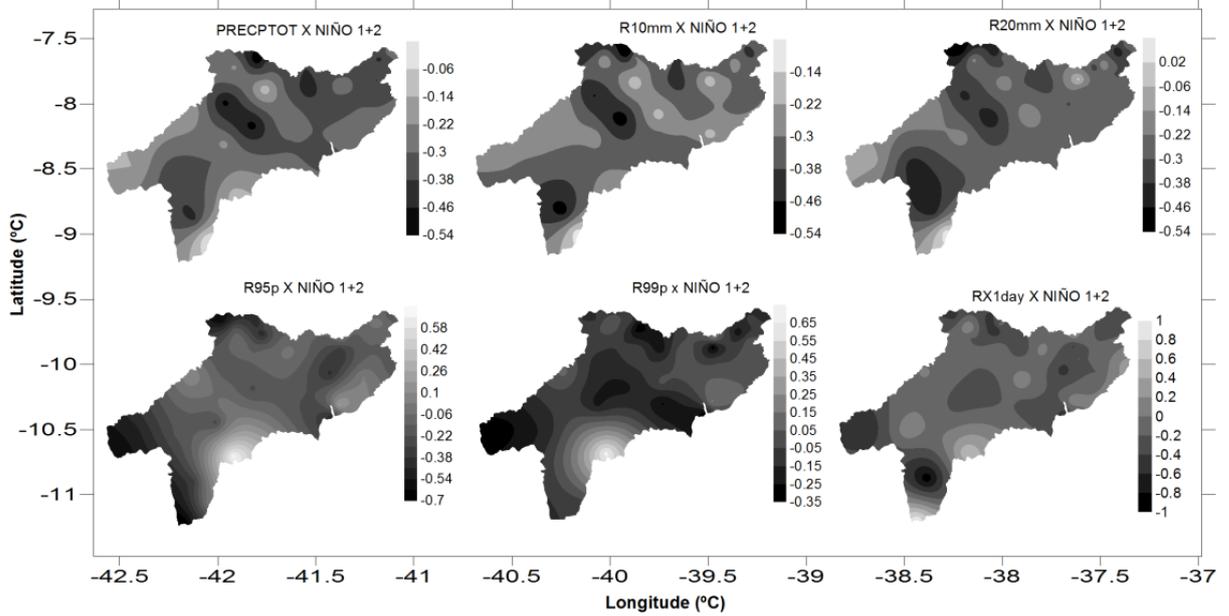
A distribuição espacial das correlações das regiões do Niño 1+2 e Niño3 com os índices climáticos (R10mm, R20mm, R95p, R99p e Rx1day), que apresentaram significância estatística, estão representadas através das Figuras 34 e 35, respectivamente

As maiores correlações negativas entre Niño 1+2 e Niño 3 com a precipitação total anual (PRCPTOT) e os dias com chuva superior à 10 mm (R10mm) e 20 mm (R20mm) se concentraram na parte Centro-Oeste da bacia, região do Araripe em Pernambuco e no Sul do Submédio, abrangendo a região do Centro Norte baiano, porém em maior intensidade na região Niño 1+2, evidenciando que nessas áreas realmente sofrem um impacto consistente durante eventos provocados pelo fenômeno El Niño no sentido de diminuição da precipitação. Ressalta-se que quanto mais perto de 1/-1 for o valor da correlação, maior é a influência que a anomalia de TSM exerce sobre a região de estudo. A redução das chuvas pode estar associada ao bloqueio do avanço das Frentes Frias em direção ao Nordeste do Brasil, que atuam principalmente nos meses de dezembro e janeiro na referida bacia hidrográfica, ficando semi-estacionárias no Sul do país em anos de El Niño.

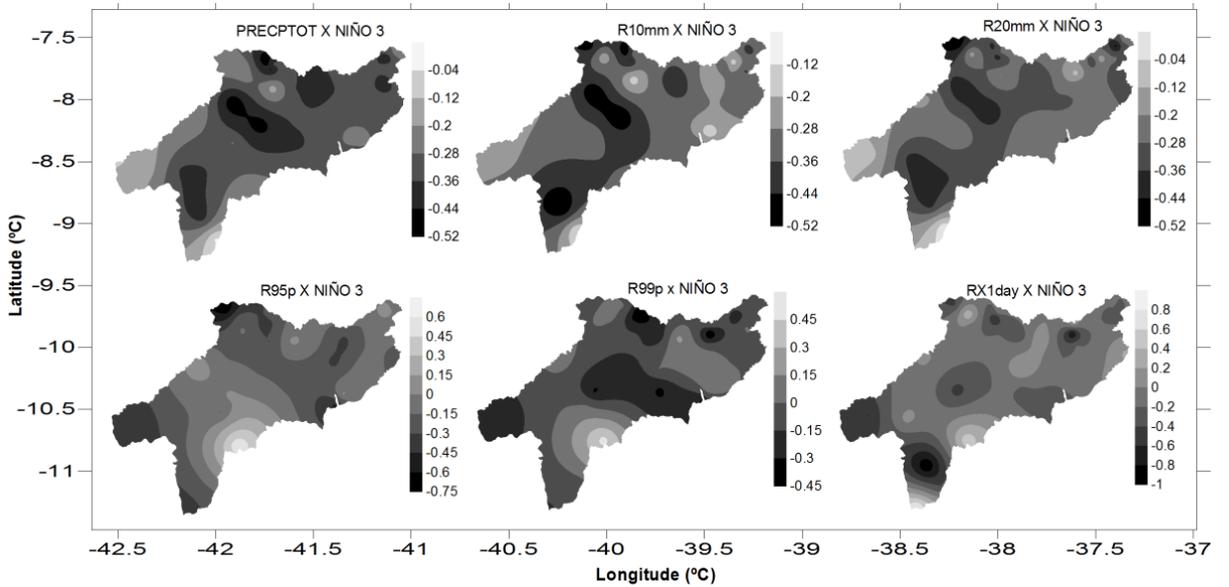
O índice R95p apresentou correlação negativa em quase toda a extensão do Submédio, com exceção da parte Sul da bacia e região do Araripe (Pernambuco). Para esse índice climático observa-se também uma maior influência da região de Niño 1+2, que mostra correlações mais negativas do que a região Niño 3, revelando diminuição dos dias úmidos com aumento das anomalias de TSM

Em contrapartida, o índice R99p apresentou correlações positivas com os índices oceânicos Niño 1+2 e Niño 3 em diferentes partes da bacia, apresentando a maior correlação, igualmente ao R95p, na parte Sul do Submédio, no estado da Bahia. A correlação existente entre essas regiões do oceano Pacífico com a quantidade máxima de precipitação em um dia (Rx1day) seguiu o mesmo parâmetro dos índices anteriores, apresentando a maior correlação na parte mais ao Sul da área estudada, que chegou ao nível máximo. Logo, observa-se uma influência das anomalias de TSM nas regiões do Pacífico Niño 1+2 e Niño3 sobre os extremos de chuvas diárias registrados mais na parte Sul do Submédio São Francisco, revelando que apesar do aumento da TSM influenciar na redução da precipitação total anual, podem ocorrer eventos extremos de precipitação registrados em um dia, os quais estão associados aos fenômenos meteorológicos de tempo.

**Figura 34.** Correlações entre os índices climáticos PRCPTOT, R10mm, R20mm, R95p, R99p e RX1day e região do oceânico Pacífico Niño 1+2



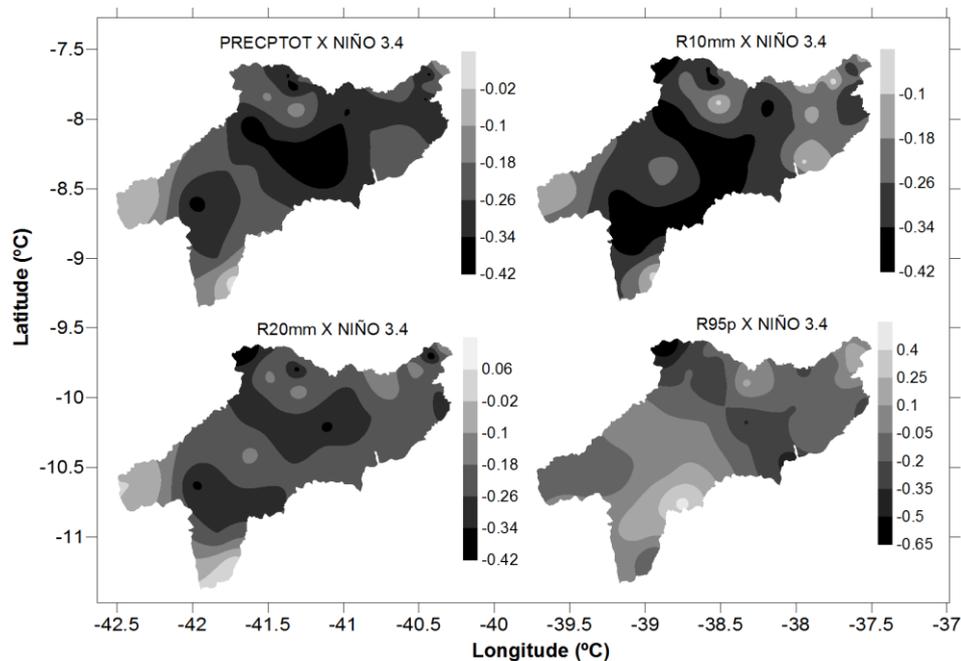
**Figura 35.** Correlações entre os índices climáticos PRCPTOT, R10mm, R20mm, R95p, R99p e RX1day e região do oceânico Pacífico Niño 3



Pode-se verificar, ainda na Tabela 6, que os índices oceânicos nas regiões Niño 3.4 e Niño 4 apresentam correlações negativas com todos os índices climáticos, com exceção do índice de dias secos consecutivos, igualmente às regiões Niño 1+2 e Niño 3, embora sem significância estatística, indicando que quando a TSM diminui, ocorre um aumento do número de dias sem chuva e consequente diminuição da precipitação.

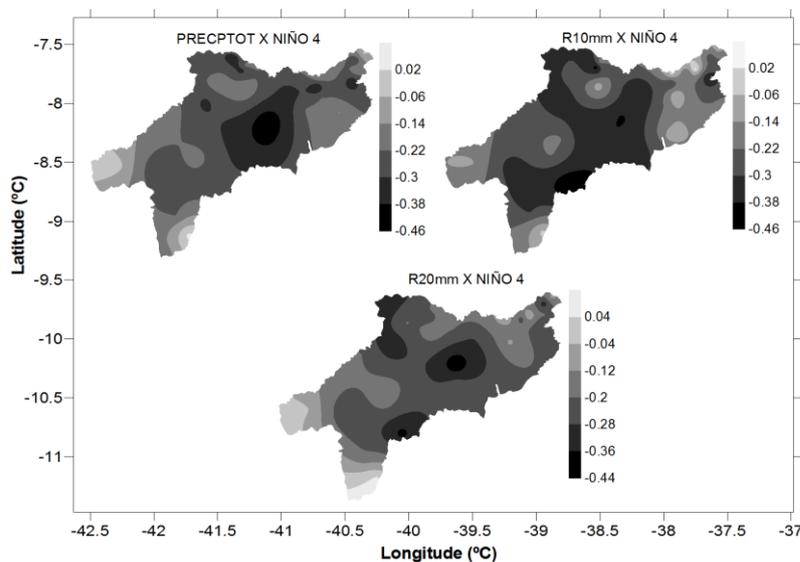
A distribuição espacial da correlação negativa na região do Niño 3.4 com a precipitação (PRCPTOT) é semelhante aos padrões encontrados nas regiões Niño 1+2 e Niño 3, porém apresentando maior influência na diminuição das chuvas no setor central da bacia, abrangendo a região do baixo Pajeú (Pernambuco), mais próxima ao rio São Francisco. Em relação aos dias com chuvas moderadas (R10), observa-se uma maior correlação negativa na parte central, em direção à parte sul do Submédio. Os demais índices com significância estatística mostraram as maiores correlações negativas na região de Araripina (Pernambuco). Vale salientar que a região do Pacífico 3.4 corresponde à área de influência dos episódios de El Niño e La Niña, que são observados na porção central e equatorial do oceano Pacífico. A Figura 36 apresenta a correlação espacial entre a região Niño 3.4 e os índices climáticos.

**Figura 36.** Correlações entre os índices climáticos PRCPTOT, R10mm, R20mm, R95p e região do oceânico Pacífico Niño 3.4



A TSM da região do Pacífico Niño 4 e a precipitação na área central da bacia apresentam correlação linear negativa, assim como também em pequenos pontos localizados na região do Araripe e no alto Pajeú em Pernambuco. Em relação aos índices climáticos de chuva moderada (R10mm e R20mm), estes também apresentam maior correlação negativa do que positiva, sofrendo influência em grande parte do Submédio, sobretudo o índice R10mm. De forma geral, as maiores correlações negativas foram observadas na área central da bacia, indicando que o aumento da TSM na região do Niño 4 também influencia na diminuição da precipitação total nessa área. A Figura 37 apresenta a correlação espacial entre a região Niño 4 e os índices climáticos.

**Figura 37.** Correlações entre os índices climáticos PRCPTOT, R10mm e R20mm, e região do oceânico Pacífico Niño 4



Todas as correlações significantes estatisticamente entre os índices climáticos de precipitação total, chuva intensa e dias com chuva moderada com as regiões do oceano Pacífico Equatorial Niño 1+2, Niño 3, Niño 3.4 e Niño 4 apresentaram valores negativos, apontando que o aumento da TSM nessas regiões do Pacífico influenciam na diminuição das chuvas na bacia do Submédio São Francisco, principalmente as área de Niño 1+2 e Niño 3Silva et al. (2011), encontrou resultados semelhantes em estudo para a região semiárida de Pernambuco, onde constata que as correlações da precipitação com o oceano Pacífico foram negativas para todos os índices estudados, implicando, assim, uma influência negativa nas chuvas do setor semiárido de Pernambuco, como era de se esperar, pois nos episódios El Niño, as águas quentes nesta bacia modificam a circulação de Walker de forma a provocar subsidência troposférica anômala e reduzir as chuvas no Nordeste do Brasil.

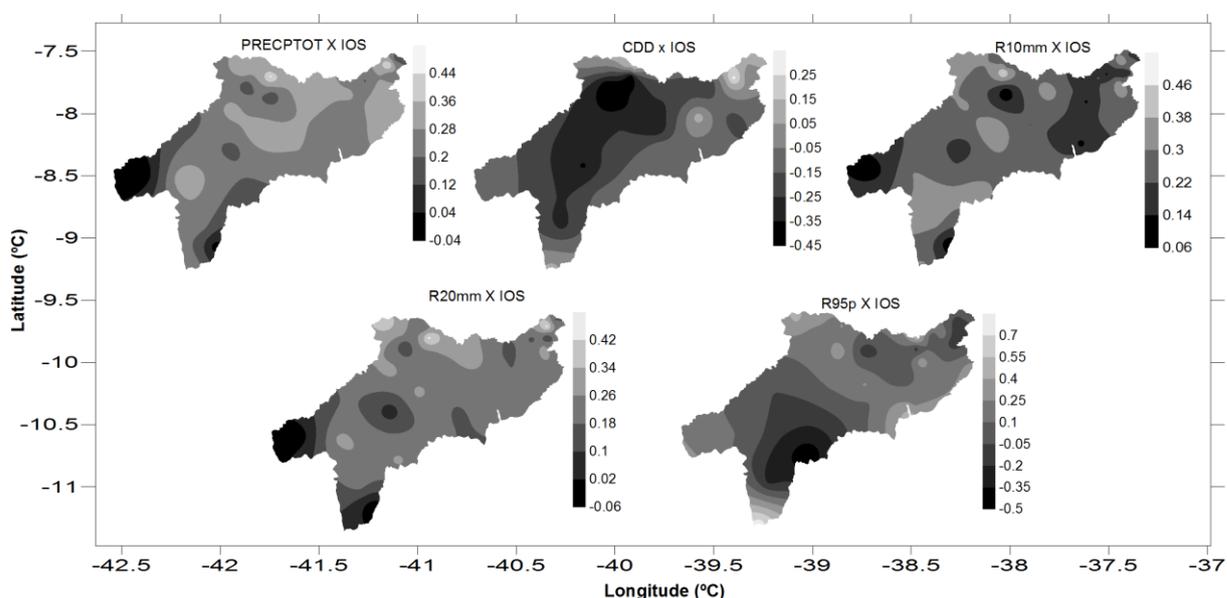
Correlações positivas foram encontradas entre o Índice de Oscilação Sul (IOS)e os índices climáticos de precipitação total anual (PRCPTOT), número de dias com chuva moderada (R10mm e R20mm) e dias muito úmidos (R95p), enquanto com o índice de dias secos consecutivos (CDD) foram encontradas correlações negativas (Tabela 6). Estes resultados apresentam padrões divergentes dos encontrados nas demais regiões do Pacífico Equatorial, sendo necessário fazer uma investigação mais aprofundada para compreender realmente as causas desta observação.

Em estudo para a América do Sul, Silva e Silva (2015) também encontraram, para o IOS, sinais contrários aos obtidos para os demais índices climáticos, onde afirmam que valores positivos e

negativos indicam, respectivamente, eventos de La Niña e El Niño. Ainda de acordo com os mesmos autores, além do sinal contrário de correlação linear verificado entre a precipitação registrada, observa-se diferença de intensidade do valor de correlação.

O Índice Oceânico Niño (ION) não mostrou correlações com significância estatística com nenhum dos índices climáticos estudados (Tabela 2). A Figura 38 apresenta as correlações entre os índices climáticos que apresentaram significância estatística com o IOS no oceano Pacífico Equatorial.

**Figura 38.** Correlações entre os índices climáticos PRCPTOT, CDD, R10mm, R20mm e R95p e o índice no oceânico Pacífico IOS



As boas correlações existentes a um nível de significância estatística de 95% e 99% para o índice que representa a intensidade diária de chuva (SDII) para as regiões do Atlântico Norte e Sul, respectivamente, assim como a boa correlação de 95% de significância para os índices R10 e R20 na região do Atlântico Norte podem ser explicados pelas anomalias de TSM, em tais regiões, com atuação do ENOS, por exemplo. Philander (1990) e Moura et. al. (2000), mostraram a grande influência do ENOS sobre o clima de diversas partes do globo, incluindo o oceano Atlântico Tropical e o Nordeste do Brasil.

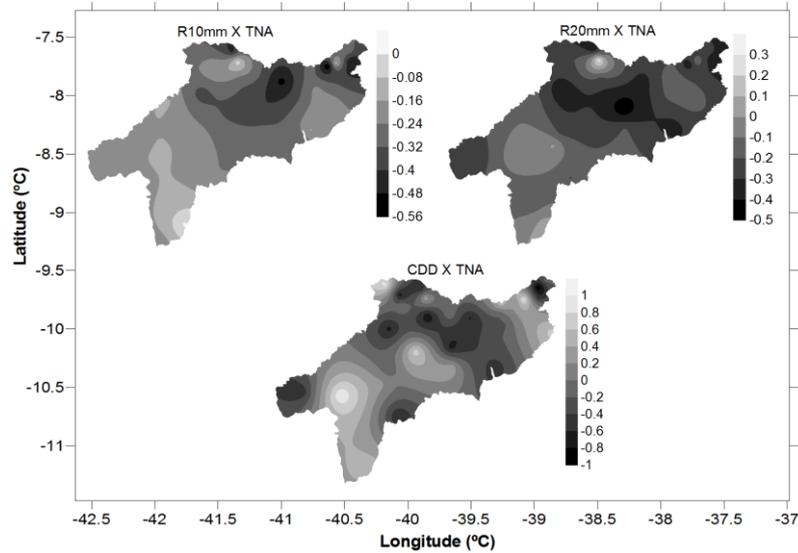
Em relação às correlações negativas entre o Atlântico Norte e Sul e o índice climático de intensidade das chuvas (SDII), Servain (1991) afirma que o dipolo de TSM do Atlântico Tropical apresenta correlações fortemente negativas com as precipitações da região norte do Nordeste. O dipolo de TSM do Atlântico tropical constitui então um bom indicador da qualidade da estação chuvosa nessa região, especialmente em anos de condições neutras sobre

o Pacífico. Marengo et. al. (2011), do mesmo modo afirmam que, particularmente sobre o Brasil, a região do semiárido está entre as mais significativamente influenciadas pelas circulações atmosféricas e oceânicas do Atlântico Tropical. O autor afirma ainda que o padrão dipolo no Atlântico Tropical propicia a ocorrência de gradientes meridionais de anomalias de TSM, os quais afetam, sobremaneira, a posição latitudinal da ZCIT, modulando a distribuição sazonal da precipitação pluviométrica sobre o Atlântico Equatorial, na parte norte do Nordeste do Brasil.

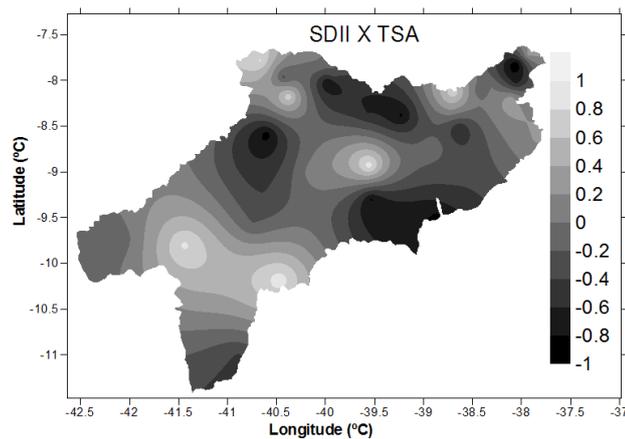
De acordo com a APAC (2015), o dipolo do Atlântico é uma mudança anômala na temperatura da água no oceano Atlântico Tropical. Esse fenômeno muda a circulação meridional da atmosfera e inibe ou aumenta a precipitação no Nordeste do Brasil. Em anos em que o Atlântico Tropical Norte está mais quente do que o Atlântico Tropical Sul, existem movimentos descendentes anômalos sobre o Nordeste do Brasil inibindo a precipitação e podendo causar secas.

Resultados divergentes foram encontrados por Araújo (2011) em estudo para a Bahia, onde encontrou correlações positivas entre SDII e TNA / TSA, assim como também para a região do Pacífico Niño 4. Em geral espera-se uma configuração de dipolo no campo das correlações entre a precipitação da região Nordeste e as anomalias de TSM do Atlântico Tropical. Justifica-se a falta de similaridade entre os resultados as distintas áreas estudadas embora ambas na região Nordeste, uma localiza-se ao sul da região, enquanto o presente estudo aborda a porção norte da região Nordeste, que possui diferentes períodos chuvosos. As Figuras 39 e 40 apresentam as correlações entre os índices oceânicos do Atlântico Norte e Sul e os índices climáticos que apresentaram significância estatística.

**Figura 39.** Correlações entre os índices climáticos R10mm, R20mm e SDII e região do oceânico Atlântico Norte TNA

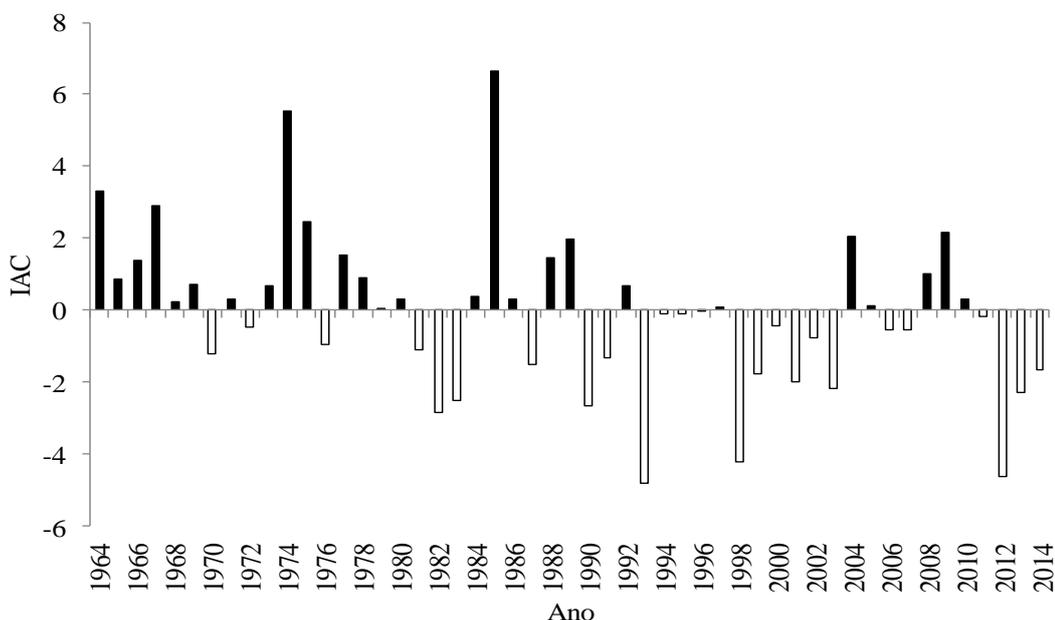


**Figura 40.** Correlações entre o índice climático SDII e região do oceânico Atlântico sul TSA



#### 4.3 ANÁLISE DOS ÍNDICES DE ANOMALIA DE CHUVA

A utilização do Índice de Anomalia de Chuva (IAC) permitiu identificar mudanças nos padrões de comportamento da precipitação, além de avaliar a sua distribuição espacial. Com o cálculo e aplicação desses índices foi possível determinar a severidade dos ciclos secos e chuvosos no trecho do Submédio da bacia do São Francisco. Dessa forma, é possível observar valores de IAC positivos, significando que o ano foi chuvoso (úmido). Do mesmo modo, os valores de IAC negativos representam os anos secos. Nos dois casos a classificação se estende desde de anos chuvosos ou secos a extremamente chuvosos ou secos. A Figura 41 mostra o IAC entre os anos de 1964 a 2014. No apêndice A estão os índices calculados de IAC para o trecho Submédio do rio São Francisco (1964 – 2014).

**Figura 41.** Índice de anomalia de chuva no Submédio São Francisco

Foram observadas algumas distinções no IAC do Submédio São Francisco no decorrer do tempo. Até a década de 80 os valores positivos ocorreram em maior número, com a alternância de apenas dois valores negativos. A partir desta década, ocorreu uma modificação na variação da precipitação, onde os anos secos são mais evidentes, mostrando uma possível variação climática no padrão da precipitação nesta região. Essa variação se tornou mais evidente a partir da década de 90, onde se observa que entre os anos de 1990 a 2003 ocorreram apenas anos secos, sem nenhum índice positivo ou ano úmido/chuvoso.

Entre os anos secos da década de 90, quatro deles se classificaram entre muito secos a extremamente secos, caracterizando que esta década foi bastante seca em toda a área de estudo. De acordo com o CPTEC/INPE (2007), a década de 1991-2000 foi uma das mais secas já registradas no Nordeste do Brasil. O fenômeno *El Niño* ocorreu duas vezes de forma intensa nos anos de 1990-1993 e 1997-1998. Segundo Marengo (2007a), estas estiagens tiveram repercussões adversas na geração de energia elétrica (redução) no nível de reservatórios e aumento na demanda da energia termelétrica, além do aumento do número de queimadas durante o período seco.

Após esse período de modificação no padrão da precipitação da região, os valores positivos voltam a alternar com os valores negativos, porém em menor evidência. A partir da década de 2000, ocorreram quatro anos úmidos, porém com a classe de intensidade dentro da normalidade,

sem apresentar anos Muito ou Extremamente Úmidos. Comparando-se todo o período analisado, verifica-se que ocorreram mais anos secos do que chuvosos, somando-se três eventos extremos nos períodos secos e dois eventos extremos em período chuvoso. Os eventos extremos em período úmido ocorreram nas décadas de 70 e 80 e os eventos extremos em anos secos ocorreram nas décadas de 90 e 2010, conforme mostra a Figura 41 e o histórico de evolução da variabilidade da chuva descrito anteriormente.

Vale ressaltar que na primeira metade da série histórica estudada ocorreram apenas eventos extremos em períodos úmidos e na segunda metade ocorreram apenas eventos extremos em períodos secos, o que significa que está ocorrendo de fato uma diminuição da precipitação anual, como ficou comprovado através do índice PRCPTOT calculado pelo RCLimdex. Os eventos extremos citados compreendem os anos que foram classificados entre Muito Secos a Extremamente Secos e Muito Úmidos à Extremamente Úmidos, conforme está descrito na metodologia.

Em estudo recente, Assis et. al. (2013) encontrou resultados semelhantes para a bacia do rio Pajeú, Sertão de Pernambuco, em análise dos anos de 1960 a 2012, onde o Índice de Anomalia de Chuva é predominantemente negativo a partir da década de 80. Araújo, Moraes Neto e Souza (2009a), em análise da bacia do rio Paraíba, no semiárido paraibano, no período de 1910 a 2003, mostra a grande variabilidade do IAC, com grande alternância entre anos secos e anos úmidos, porém com períodos distintos de predominância de anos secos a partir da década de 80 e 90, apresentando os maiores eventos extremos, nos anos secos, em 1993 e 1998. Sanches, Verdum e Fisch (2014), em estudo sobre o IAC para o município de Alegrete, RS no período de 1928 a 2009, faz uma comparação entre os índices, tanto positivos quanto negativos, e os anos sob ação dos fenômenos El Niño e La Niña. Comparando-se os anos sob influência desses fenômenos com os valores do IAC, verificou-se que houve maior correspondência com os anos sob efeito de El Niño.

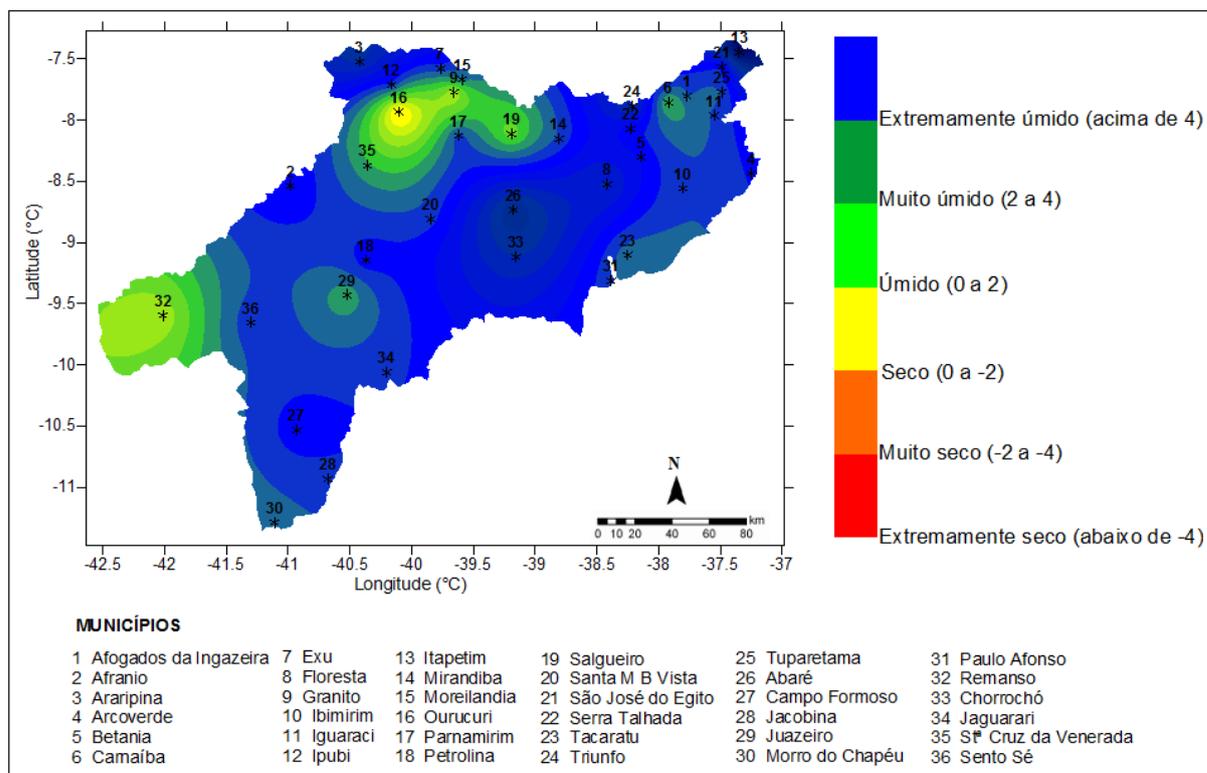
Após a análise temporal do Índice de Anomalia de Chuva, os cinco eventos extremos que ocorreram em toda a série estudada foram analisados separadamente, com o intuito de estabelecer a variabilidade espacial da precipitação, a intensidade desses eventos e sua área de abrangência tanto positiva quanto negativa. Foram selecionados cinco anos que seguem a classificação de intensidade do IAC, sendo dois anos chuvosos, na primeira metade da série de dados (1974 e 1985) e três anos secos, na segunda metade da série de dados (1993, 1998 e 2012).

A Figura 42 mostra o ano chuvoso de 1974, o qual obteve o segundo maior IAC positivo (Apêndice C). Conforme se observa, este ano se classificou como um ano úmido/chuvoso em toda a região do Submédio São Francisco, intercalando entre anos úmidos a extremamente úmidos, prevalecendo o segundo. Esses valores positivos de IAC são explicados pela atuação do fenômeno La Niña, de forte intensidade, que teve grande atuação no Nordeste do Brasil entre os anos de 1973 a 1975, que contribuiu para que este ano obtivesse um maior total pluviométrico em relação aos demais anos.

Apesar de haver predominância, na área de estudo, de que o ano de 1974 foi de evento extremo de chuva, houve uma exceção na região do Araripe, localizado mais ao Norte do Submédio. Esta foi a área onde houve menor intensidade das chuvas neste ano de 1974. O município de Ouricuri, em Pernambuco foi o único que apresentou IAC negativo, se classificando como ano seco. No entorno do município de Ouricuri ocorreram índices que se classificaram entre Úmidos e Muito Úmidos. No restante do Submédio, no trecho de Pernambuco, a predominância foi de índices classificados entre Muito Úmidos à Extremamente Úmidos, o que caracteriza o ano de 1974 como um ano de evento extremo de chuva nessa região.

A sudoeste do Submédio São Francisco, no município de Remanso, na Bahia, também foi registrada menor intensidade da chuva em 1974, porém com IAC positivo, sendo classificado como Úmido a Muito Úmido. No restante do Submédio São Francisco, no trecho da Bahia, houve a predominância de índices de Anomalia de Chuva classificados entre Muito Úmidos à Extremamente Úmidos, caracterizando o ano de 1974, como ano de evento extremo de chuva.

**Figura 42.** Classificação do Índice de Anomalia de Chuva do Submédio São Francisco, para o ano de 1974.



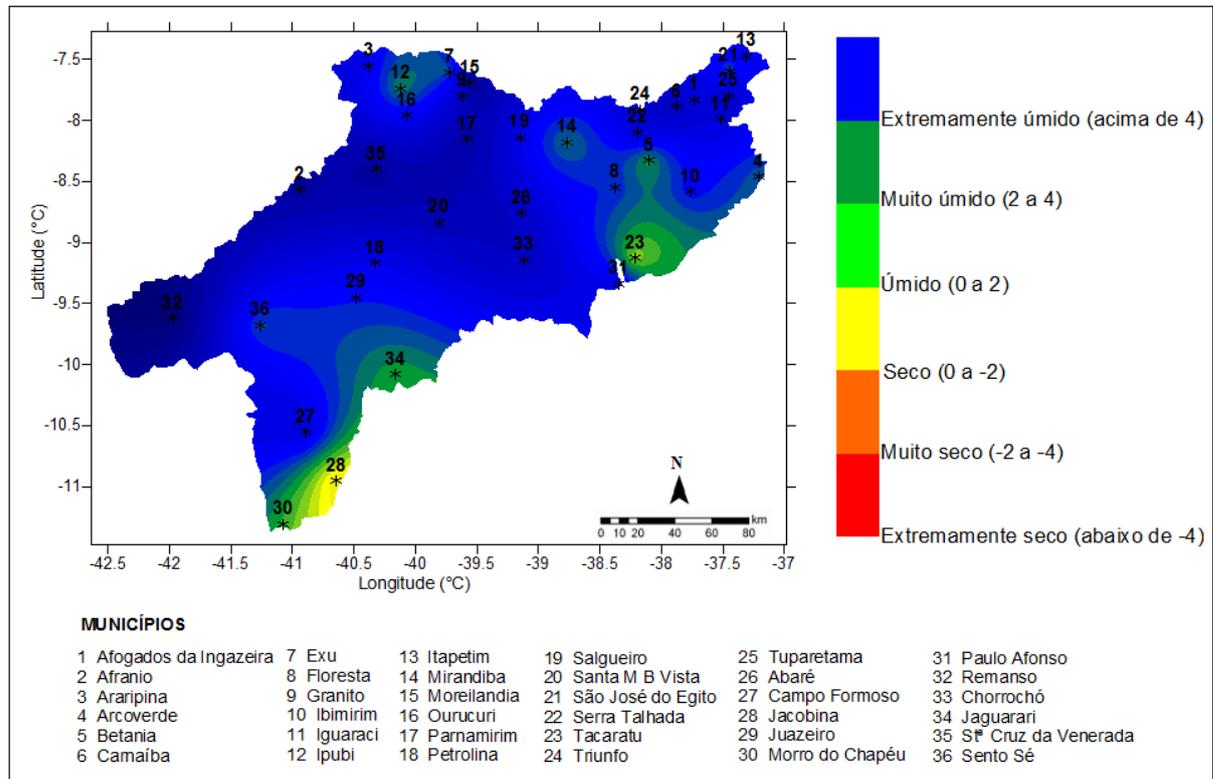
A Figura 43 mostra o ano de 1985 como intensamente chuvoso no trecho Submédio da bacia do São Francisco. Este ano apresentou o maior Índice de Anomalia de Chuva de toda a série de dados estudada (Apêndice C). No Sertão de Araripina, em Pernambuco, neste ano, a classificação do IAC prevaleceu como Extremamente Úmido, com exceção apenas do município de Ouricuri que teve classificação do IAC como ano Muito Úmido. Na mesorregião do Pajeú e Moxotó, em Pernambuco, foi unânime a classificação do IAC como ano Extremamente úmido.

No Vale do São Francisco, tanto em Pernambuco como na Bahia, ocorreram classificação do IAC como Seco, nos municípios de Jacobina e Morro do Chapéu – BA e Úmido, no município de Tacaratu – PE. Nos demais municípios o IAC foi classificado como Extremamente Úmido, o que classifica o ano de 1985 como intensamente chuvoso.

Esses valores positivos de IAC justificam-se em função da atuação do fenômeno La Niña, do mesmo modo que o ano de 1974. Entretanto, de acordo com a ocorrência e classificação desse evento (CPTEC, INPE, 2015), em 1985 ocorreu um La Niña de intensidade fraca, que atuou no Nordeste do Brasil entre os anos de 1984 e 1985, entretanto, apesar de se classificar como um

fenômeno fraco, de baixa magnitude, contribuiu para o aumento da precipitação nessa região do Nordeste do Brasil.

**Figura 43.** Classificação do Índice de Anomalia de Chuva do Submédio São Francisco, para o ano de 1985



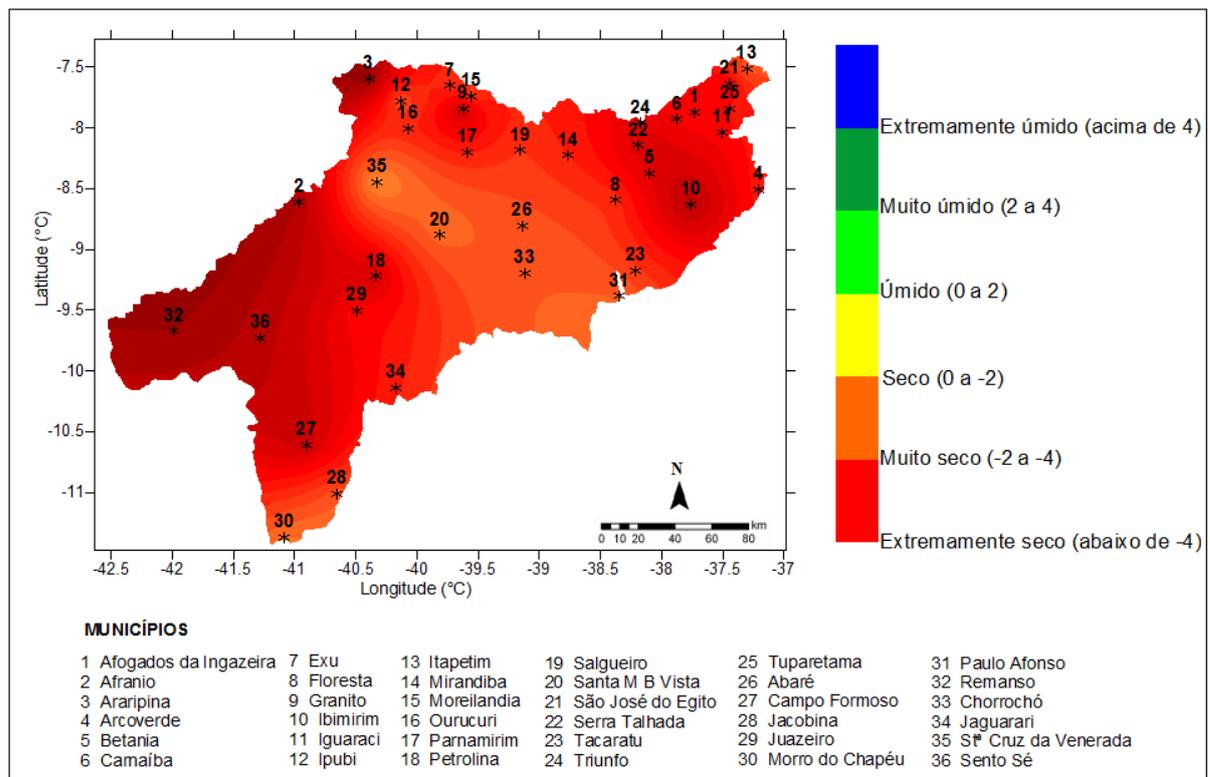
A Figura 44 apresenta o ano de 1993, que se classificou como o ano mais seco de toda a série histórica analisada (1964 – 2014) e, apresentou, conseqüentemente, o maior IAC negativo entre todos os anos secos estudados (Apêndice C). Conforme se observa, fica evidente que a maior área da sub-bacia do Submédio São Francisco se enquadra na classificação de ano Extremamente Seco.

No Centro-Sul da sub-bacia do Submédio São Francisco, entre Pernambuco e Bahia e na região mais à Oeste, em Pernambuco, houveram índices de Anomalia de Chuva classificados entre Muito Secos à Extremamente Secos. Do mesmo modo, ao Sul da Sub-bacia, no município de Morro do Chapéu – BA, houve a ocorrência de IAC classificado como Muito Seco.

No restante do Submédio predominou o IAC classificado com Extremamente Seco e não houve nenhum registro de ano úmido/chuvoso ou acima de -2 ( $X < -2$ ), de acordo com a tabela de intensidade do IAC, descrita na metodologia. Isso caracteriza que o ano de 1993 foi um ano de grande seca na região de estudo, o que se confirma através da atuação do El Niño de intensidade

forte, que atuou entre os anos de 1990 a 1993, acarretando a diminuição dos índices pluviométricos na região Nordeste do Brasil, sobretudo no último ano de sua ocorrência. Estudos de Da Silva (2009), corroboram com esta análise, uma vez que afirma que têm-se como principal sistema de grande escala causador dessa variabilidade negativa, o intenso El Niño ocorrido neste ano de 1993.

**Figura 44.** Classificação do Índice de Anomalia de Chuva do Submédio São Francisco, para o ano de 1993

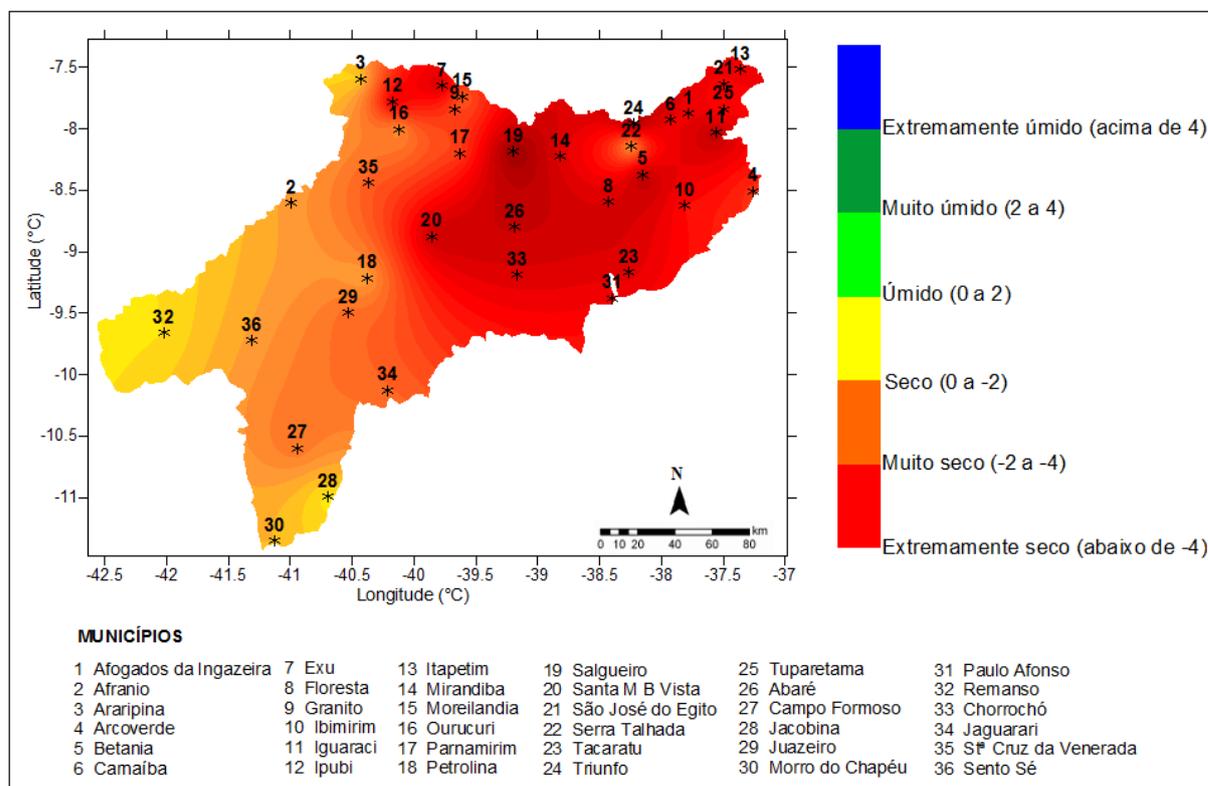


A Figura 45 mostra o ano de 1998, que similarmente ao ano de 1993 foi Extremamente Seco, mas com menor intensidade em suas classificações espaciais de IAC. A região Leste da Sub-bacia do Submédio São Francisco quase que totalmente se classifica como Extremamente Seco, com exceção do município de Serra Talhada, que possui classificação de IAC Seco.

O ano de 1998 foi um ano atingido por um El Niño também de intensidade forte, que provocou diminuição das chuvas no Nordeste do Brasil. Entretanto, é notável que sua influência foi mais para o centro Leste, ficando a região Centro Sul e Oeste com maiores índices pluviométricos e dessa forma com menor grau de escassez hídrica e maiores índices de Anomalia de Chuva. Não ocorreram, neste ano, índices de IAC positivos, mesmo na região Oeste e Sul estes índices se classificam entre Seco, nos extremos Sul e Oeste da Sub-bacia, mais precisamente nos

municípios de Remanso, Morro do Chapéu e Jacobina e Muito Seco nas demais áreas localizadas na região Centro Oeste da Sub-bacia do Submédio São Francisco.

**Figura 45.** Classificação do Índice de Anomalia de Chuva do Submédio São Francisco, para o ano de 1998



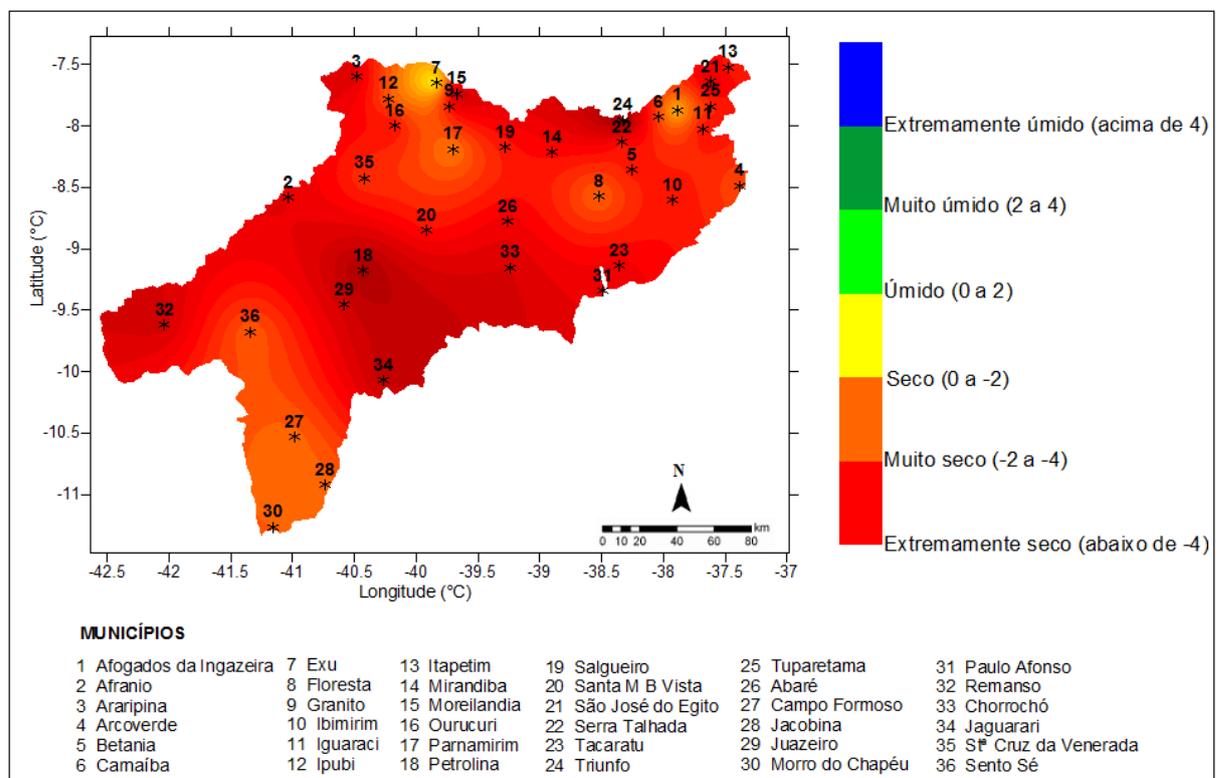
A Figura 46 apresenta o ano de 2012, que se classificou entre Seco à Extremante Seco. Apesar de deste ano não ser um ano de ocorrência e nem influência de El Niño, o ano de 2012 marcou o início de uma seca severa na região Nordeste do Brasil, que foi atribuída a uma Anomalia da Temperatura da Superfície do Mar (TSM), no Oceano Pacífico equatorial, central e leste. Essa anomalia indicou um aumento na TSM, indicando uma evolução nas condições oceânicas favoráveis a uma configuração de fase positiva do fenômeno ENOS com o episódio El Niño (SANTOS et. al., 2012). De acordo com a ANA (2015), O triênio 2012 a 2014, destacou-se pela situação extremamente crítica no semiárido brasileiro, onde na maior parte das estações pluviométricas o ano foi classificado como seco ou muito seco.

É válido destacar neste estudo o ano de 2004, que apesar de não ser classificado como um ano extremamente chuvoso se configura como ano chuvoso dentro da normalidade, em meio a tantos anos secos na mesma década. Entretanto isso ocorreu devido a eventos extremos de chuvas no mês de janeiro, em que a precipitação ultrapassou a média histórica para o período.

Nesse evento houveram em torno de 15 dias de chuvas de intensidade moderada a forte em toda a região Nordeste. Por conta desse evento, nesse ano, todos os reservatórios da região atingiram as suas capacidades máximas. Em compensação, a partir do mês de fevereiro, as chuvas cessaram e o restante dos meses se configurou como meses secos. Desse modo, é correto afirmar que o ano de 2004 representou um ano atípico em meio a uma década classificadas com anos secos a extremamente secos.

No ano de 2012 não ocorreu nenhum IAC positivo, todos os índices se classificaram entre secos à extremamente secos. Na região mais ao sul da sub-bacia do Submédio São Francisco, nos municípios de Morro do Chapéu, Jacobina e Campo Formoso e na região mais ao norte da sub-bacia, nos municípios de Exu e Moreilândia os Índices encontrados de Anomalia de Chuva foram classificados como Secos. No restante da sub-bacia, prevaleceu o IAC Extremamente Seco, o que significa que os totais de precipitação pluviométrica para este ano ficaram bem abaixo da média histórica na maior parte da região de estudo.

**Figura 46.** Classificação do Índice de Anomalia de Chuva do Submédio São Francisco, para o ano de 2012



Diante do exposto, observa-se que houve uma tendência de diminuição dos totais pluviométricos, que se tornou mais evidente a partir da década de 80. Na primeira metade da

série histórica os IACs positivos predominavam, no entanto, houve uma inversão e, a partir de 1980 os IACs negativos foram mais abundantes tanto em quantidade de ocorrência quanto em relação à intensidade desses eventos, ao contrário do que ocorria na primeira metade da série histórica. Vale ressaltar que a década de 1990 se destacou como a mais seca de todo o período, com a ocorrência de dois El Niños de forte intensidade e não apresentou nenhum evento de IAC positivo.

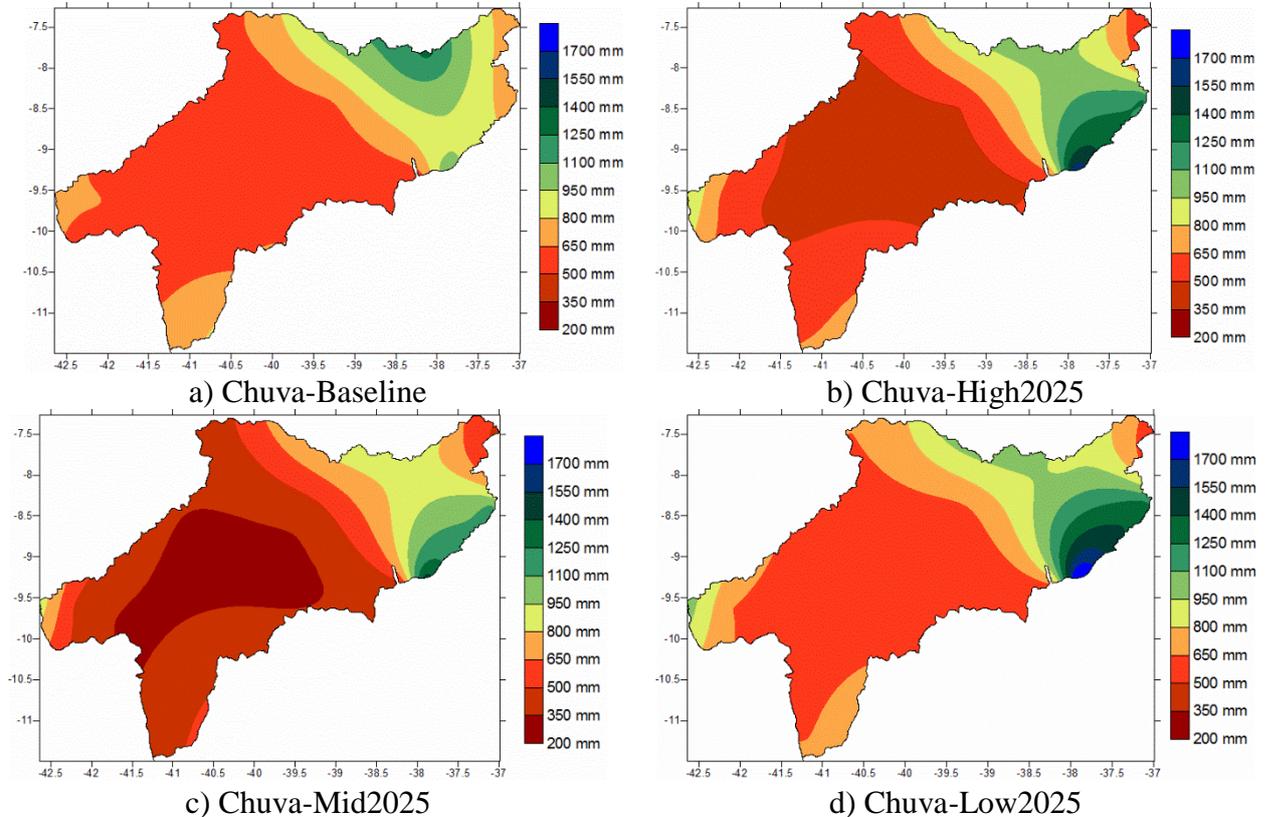
Em comparação dos resultados encontrados do IAC, os índices de detecção de mudanças climáticas calculados pelo RCLimindex mostram características complementares nos índices de Precipitação Total Anual (PRCPTOT) e Dias Secos Consecutivos (CDD), quando apresentam tendência gradual de diminuição da precipitação juntamente com o aumento gradativo do número de dias consecutivos sem chuva (respectivamente), o que justifica os IACs classificados entre Secos a Extremamente Secos, sobretudo a partir da década de 1980.

Desta forma, vale ressaltar que ocorreu uma modificação importante no padrão da precipitação média da sub-bacia do Submédio do rio São Francisco, o qual passou a ocorrer mais períodos de anos secos do que úmidos, mostra-se assim a importância da gestão e adequação das águas na bacia, pois se essa tendência de crescimento de anos secos se configurarem como padrão, o problema do abastecimento se consolidará, ou seja, a demanda não será atendida como desejada.

#### 4.4 ANÁLISE DOS CENÁRIOS CLIMÁTICOS

Alterações na dinâmica climática do trecho Submédio da bacia hidrográfica do rio São Francisco podem ser observadas através da análise dos cenários futuros de mudanças climáticas. A Figura 47 apresenta os mapas dos cenários de precipitação para o ano de 2025 juntamente com a série das normais climatológicas (baseline) do modelo Eta. O baseline do modelo (a) representa as normais climatológicas referente ao período de 1961 a 1990, com precipitação variando entre 500 mm e 1400 mm, concentrando os menores valores na parte central da sub-bacia, compreendendo a maior parte da área com chuvas entre 500 e 650 mm. Os maiores totais pluviométricos podem ser observados mais para a parte norte, na microrregião do Pajeú, sobretudo na região mais próxima ao município de Triunfo e adjacências, entre 800 a 1250 mm. A parte Sul do Submédio apresenta precipitação média entre 650 mm a 800 mm.

**Figura 47.** Cenários climáticos da precipitação pluviométrica para o ano de 2025. Baseline (a), Eta-High2025 (b), Eta-Mid2025 (c), Eta-Low2025 (d)



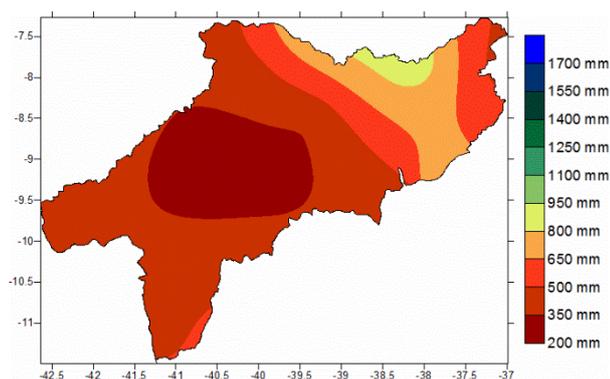
A simulação do cenário Eta-High (b), que apresenta alta sensibilidade do modelo Eta, mostra que haverá redução das chuvas na região central do Submédio, que, de acordo com as normais climatológicas apresentaram variação pluviométrica entre 500 a 650 mm, passarão a apresentar chuvas entre 350 e 500 mm, caso esse cenário se configure como realidade. A parte Nordeste da sub-bacia já apresenta um padrão diferente, onde a simulação da precipitação chega a mais de 1500 mm na região mais próxima ao rio São Francisco, na microrregião do Moxotó.

A simulações dos cenários para precipitação nas categorias Mid e Low, que representam média e baixa sensibilidade do modelo, seguem os mesmos parâmetros da categoria High, de alta sensibilidade. Entretanto, no cenário Mid (c), uma parte do Submédio apresenta regime pluviométrico bem abaixo das normais climatológicas, concentrando a chuva na parte central e à Oeste da sub-bacia na faixa dos 200 mm a 350 mm. O cenário Low (d), de baixa sensibilidade, é o que apresenta maior proximidade aos dados observados das normais climatológicas, porém apresentando índice pluviométrico acima dos 1700 mm na faixa Nordeste do Submédio, próximo ao rio São Francisco, do mesmo modo que se apresentou na simulação de alta sensibilidade do modelo.

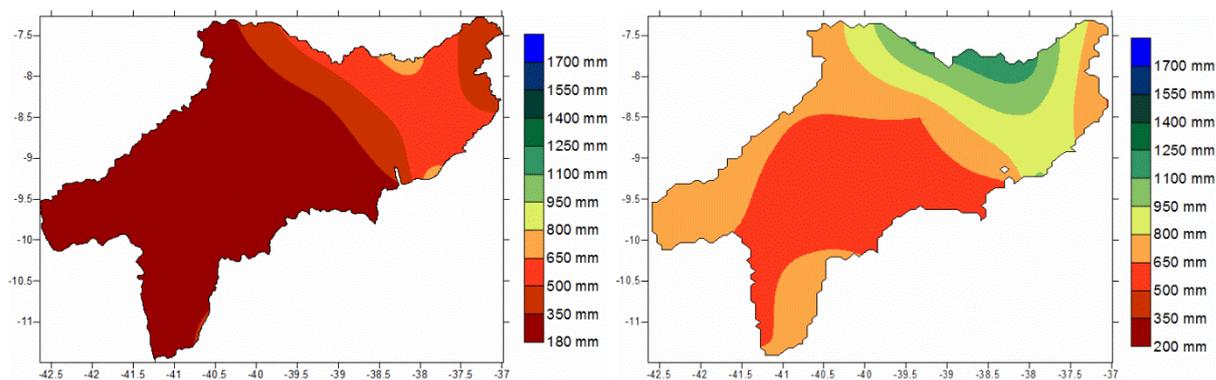
Os cenários simulados para o ano de 2055 (Figura 48) indicam que a precipitação apresentou maior tendência à diminuição comparado com 2025, que ficou entre 300 mm e 400 mm, indicando uma situação mais crítica na bacia com relação às reservas hídricas. Nas simulações do modelo Eta-High (a) e Eta-Mid (b), de alta e média sensibilidade respectivamente, a precipitação total anual não ultrapassa a faixa de 1000 mm ao ano, chegando no máximo a 800 mm na categoria Mid e 950 mm na categoria High. Nessas duas simulações, o modelo mostra que na maior parte do Submédio, a precipitação será escassa, caso essas simulações venham a se concretizar. Esse fator de previsão de uma maior escassez hídrica colabora para o aumento dos impactos sobre as populações e os setores econômicos, além de acarretar grandes prejuízos para os sistemas agrícolas, abastecimento público de água e geração de energia elétrica, que necessitam de maior atenção no que concerne à gestão do recurso hídrico e desenvolvimento de políticas de ação voltadas para a adaptação e mitigação.

Na análise da simulação do modelo Eta-Low (c) para o ano 2055, de baixa sensibilidade, verifica-se que este foi o que menos apresentou tendência de diminuição da precipitação em relação à normal climatológica, apresentando um cenário mais otimista em relação aos demais. Porém vale salientar que a simulação é menor sensibilidade do modelo, e que as demais simulações tendem mais a se concretizarem como realidade.

**Figura 48.** Cenários climáticos da precipitação pluviométrica para o ano de 2055. Eta-High2055 (a), Eta-Mid2055 (b), Eta-Low2055 (c)



a) Chuva-High2055



b) Chuva-Mid2055

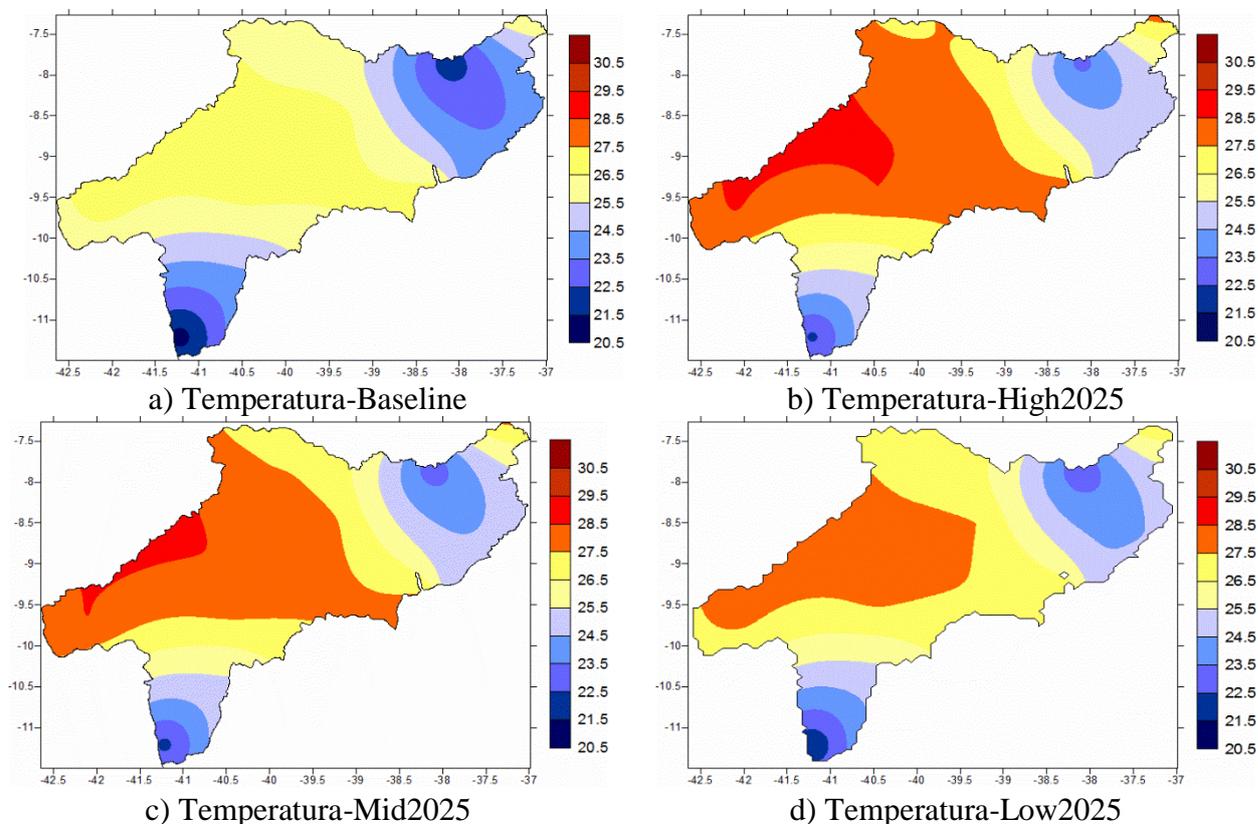
c) Chuva-Low2055

Os resultados apresentados das simulações de precipitação pluviométrica do modelo Eta para os anos de 2025 e 2055 são compatíveis com os resultados de alguns estudos robustos e de alta confiabilidade, publicados pelo Relatório do Painel Brasileiro de Mudanças Climáticas (PBMC, 2014), dentre eles, destacamos estudos de Tanajura et al (2010); Ambrizi et al (2007) e Marengo et al. (2007), onde todos identificaram as projeções de clima futuro, para o período de 2071 a 2100, para a Região Nordeste. Os resultados para os cenários futuros indicaram chuvas mais escassas e tendência de extensão de deficiência hídrica para todos os meses do ano.

Ainda referente ao Relatório do Painel Brasileiro de Mudanças Climáticas (PBMC, 2014), uma das conclusões do relatório é de que os eventos extremos de secas e estiagens prolongadas, principalmente nos biomas da Amazônia, Cerrado e Caatinga, devem aumentar e essas mudanças devem se acentuar a partir da metade e no fim do século 21. Na porção semiárida do Nordeste brasileiro os cenários indicam decréscimo nos níveis de precipitação em torno de 10% até 2040. Entre 2041 e 2070 a tendência de diminuição pluviométrica ficará entre 20% e 25%. Já para o final do século, entre 2071 e 2100, as tendências são ainda mais pessimistas, mostrando uma diminuição de 30% a 35% na ocorrência das chuvas.

Em relação à temperatura, foram gerados cenários climáticos futuros também para os anos de 2025 e 2055, utilizando o modelo regional ETA, baseado no modelo global HadCM3. A Figura 49 mostra os cenários de temperatura para o ano de 2025, na categoria High, Mid e Low.

**Figura 49.** Cenários climáticos da temperatura média do ar para o ano de 2025. Baseline (a), Eta-High2025 (b), Eta-Mid2025 (c), Eta-Low2025 (d)

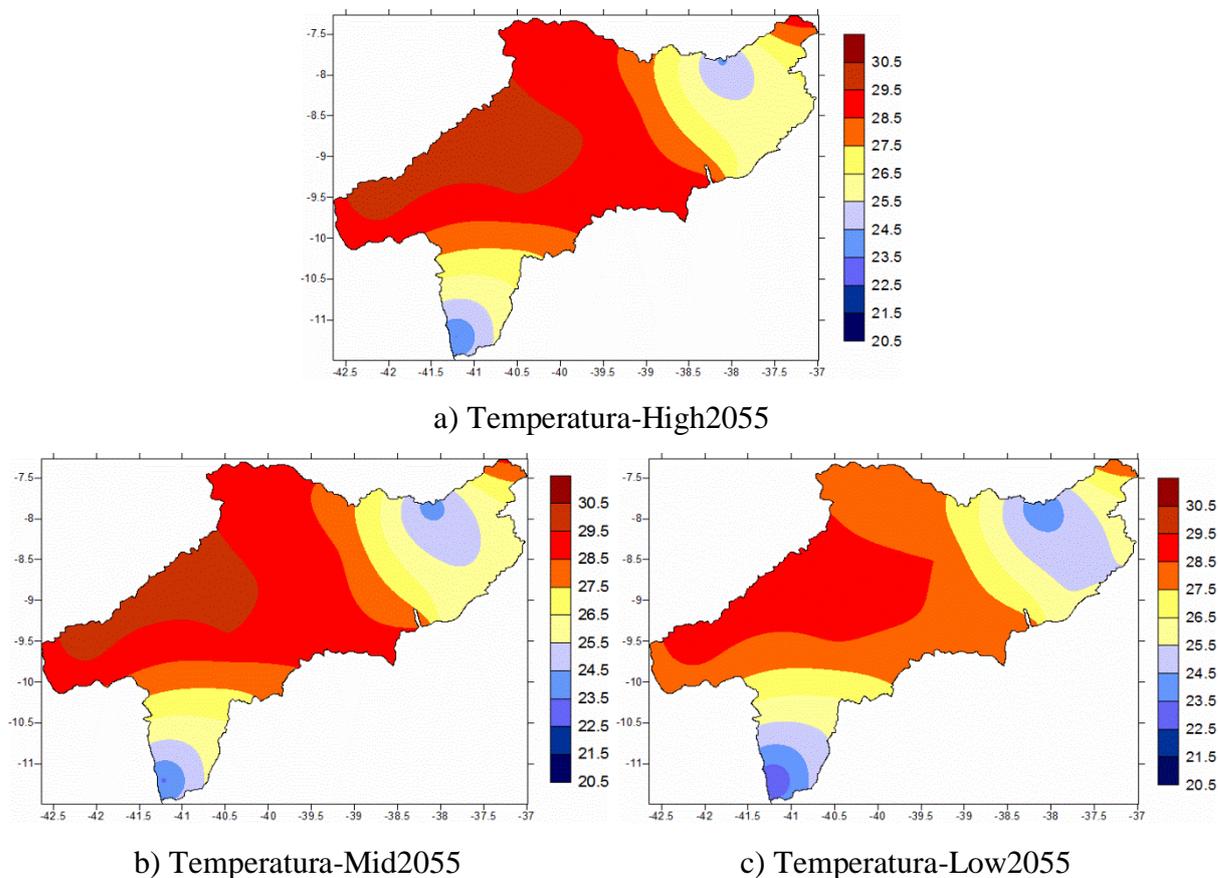


Conforme se observa, o baseline (a), que corresponde à normal climatológica da temperatura média para o período de 1961 a 1990, apresenta temperaturas entre 20,5°C a 27,5° C, ficando a maior parte do Submédio com temperatura entre 25,5°C e 27,5°C e a menor temperatura se concentra na parte Sul e Norte-Nordeste da Sub-bacia, não ultrapassando a faixa de 24,5°C.

A simulação para 2025 do Eta-High (b) e Eta-Mid (c), de alta e baixa sensibilidade do modelo, respectivamente, apresentam uma moderada elevação da temperatura, sobretudo na parte Oeste do Submédio, onde as temperaturas médias se elevam até cerca de 30°C. O restante da sub-bacia também indica aumento da temperatura, porém em menor intensidade. Já a simulação para 2025 do Eta- Low, de baixa sensibilidade, embora também aponte futuro aumento da temperatura, é o que mais se aproxima das normais climatológicas.

Em relação ao ano de 2055, o modelo simula situações mais críticas, com maior intensidade da temperatura média do ar, sobretudo nos cenários com alta e média sensibilidade do modelo, conforme pode ser observado na Figura 50. As temperaturas mais elevadas contribuirão para o aumento da evapotranspiração, e conseqüentemente maior deficiência hídrica na região, agravando ainda mais a situação da população da região.

**Figura 50.** Cenários climáticos da temperatura média do ar para o ano de 2055. Eta-High2055 (a), Eta-Mid2055 (b), Eta-Low2055 (c)



Nas três categorias de simulação dos cenários para 2055, a temperatura média será bastante elevada em relação às normais climatológicas. Na categoria High e Mid as temperaturas médias ultrapassarão a faixa dos 30°C na parte Oeste do Submédio e ficarão entre 28,5°C e 29,5°C na maior extensão do território em estudo. Na categoria Low o modelo também simula aumento da temperatura para o ano 2055, entretanto em menor intensidade. Desse modo, pode-se concluir que para o ano 2055, na maior parte do Submédio há uma tendência de aumento em torno de 2°C na temperatura média do ar, principalmente nos cenários de alta e médias intensidade.

Os resultados apresentados corroboram com os resultados apresentados pelo Relatório do Painel Brasileiro de Mudanças Climáticas (PBMC, 2014), onde indicam que entre 2041 e 2070 o clima da região Nordeste deverá ficar de 1,5°C a 2,5°C mais quente em relação ao padrão atual e, até o final do século a temperatura deverá aumentar progressivamente entre 3,5°C e 4,5°C. Em estudo recente, Lacerda et al (2016), encontrou resultados semelhantes, em análise da região de Araripina, em Pernambuco, também a partir do modelo regional ETA, aninhado ao

modelo global HadCM3, onde foi constatado um aumento da temperatura do ar em torno de 1,7°C até o ano de 2050.

De forma geral, já existem estudos sobre os possíveis efeitos de alterações climáticas nos recursos hídricos do Brasil. As principais bacias hidrográficas, como é o caso da bacia do rio São Francisco, cujo trecho Submédio se encontra inserido, sofrem diretamente as influências dessas alterações uma vez que são susceptíveis a diferentes impactos com efeitos distintos, na disponibilidade de água ao uso humano, geração de energia elétrica, assim como a manutenção de processos ecológicos. Fatores estes que colaboram com a imposição de um stress sério aos já escassos recursos hídricos da região Nordeste.

## **5. ESTRATÉGIAS DE ADAPTAÇÃO AOS EFEITOS DAS MUDANÇAS CLIMÁTICAS**

Neste capítulo são apresentadas as estratégias de adaptação e mitigação à convivência no semiárido e enfrentamento dos eventos de estiagem e seca, divididas pelos temas: recursos hídricos, agricultura, governança, infraestrutura, conservação da biodiversidade e uso de tecnologias.

O cenário atual de vulnerabilidade ambiental na região semiárida do Nordeste do Brasil e as possíveis consequências decorrentes das mudanças climáticas exigem, tanto do governo como de outros atores não governamentais, o compromisso e o desafio de promover ações que favoreçam a capacidade de resiliência da população frente às secas. A resiliência significa a capacidade de uma comunidade de se adaptar e retomar o equilíbrio social e econômico após uma perturbação climática.

O V Relatório do IPCC (IPCC-AR5, 2013), afirma ainda que, mesmo os mais severos esforços de mitigação não poderão evitar impactos adicionais das mudanças climáticas nas próximas décadas, os quais tornarão a adaptação e resiliência essenciais a estes eventos extremos, particularmente os de curto prazo. Estratégias de adaptação à convivência do semiárido se fazem necessárias diante da conjuntura ambiental e socioeconômica da região. Estas estratégias visam incentivar a sustentabilidade hídrica, econômica, social e ambiental, além de reduzir as carências decorrentes das condições climáticas adversas a que estão submetidas as áreas com maior incidência de seca. Estas propostas são oriundas dos programas e políticas públicas para a região Nordeste, assim como também se configuram como ações necessárias à convivência no Semiárido. A seguir estão representadas as estratégias supracitadas divididas por temas de interesse.

### **Otimização dos recursos hídricos**

Estas estratégias visam estabelecer a conservação dos recursos hídricos, através de sua recuperação, revitalização e uso dos instrumentos de gestão, objetivando o aumento de sua disponibilidade, em quantidade e qualidade (Quadro 3).

**Quadro 3.** Estratégias de adaptação aos efeitos das mudanças climáticas no semiárido voltadas aos recursos hídricos

<b>Estratégias</b>	<b>Ação</b>
Captação de água de chuva	Criar programas de tecnologias apropriadas para a captação, armazenamento e melhor aproveitamento das águas de chuva, nos meios urbano e rural, considerando os programas já existentes.
Concessão de vazão de outorga de água flexível	Conceder vazão de outorga de água flexível e variável de acordo com o período climático. Em períodos de seca a quantidade de água disponibilizada deve ser reduzida.
Realização de estudos de disponibilidade hídrica	Realizar estudos para avaliar a disponibilidade hídrica de acordo com o período climático, evitando pressões e desgastes sobre os mananciais.
Implantação de mecanismos de cobrança pelo uso da água	Implantar a cobrança pelo uso da água em todos os estados do Nordeste, conforme previsto na Política Nacional de Recursos Hídricos
Redução do consumo de água	Incentivar a redução do consumo de água através de programas e oficinas de educação ambiental junto à população e entidades produtivas.
Realização de levantamentos hidrogeológicos	Realizar levantamentos hidrogeológicos com a finalidade de definir áreas com mananciais de águas subterrâneas susceptíveis a serem exploradas e definir os que não apresentam mais condições de serem explorados.
Aprofundamento das pesquisas climáticas para os outros trechos da bacia do São Francisco	Aprofundar as pesquisas climáticas para os trechos Alto e Médio da bacia hidrográfica do São Francisco, visto que o desenvolvimento regional da grande área do São Francisco se dá em função da água oriunda do alto e médio curso da bacia.

### **Agricultura**

Essas estratégias têm por finalidade aprimorar as práticas agrícolas face à busca da sustentabilidade, visto que este setor gera impactos diretos nos recursos naturais e são dependentes das condições climáticas e hídricas da região (Quadro 4).

**Quadro 4.** Estratégias de adaptação aos efeitos das mudanças climáticas no semiárido voltadas à otimização da agricultura

<b>Estratégias</b>	<b>Descrição</b>
Ampliação da agricultura irrigada	Ampliar a área de agricultura irrigada (conforme disponibilidade futura) e incentivar a expansão das políticas de crédito para implantação dessa prática, principalmente para produtores menos capacitados, que utilizam a agricultura de sequeiro.
Uso de tecnologia de irrigação mais eficiente	Incentivar a utilização de tecnologias mais eficientes de irrigação como gotejamento em relação ao sulco e aspersor.
Expansão de culturas adaptadas à variabilidade climática	Promover a escolha de culturas agrícolas que se adaptem às grandes irregularidades das chuvas, proporcionando aos produtores maior rentabilidade econômica, por mecanismos de promoção de compra e comercialização e menor risco de perda durante o período de escassez hídrica.

### **Infraestrutura**

Estas estratégias visam melhorar a infraestrutura na região semiárida, frente aos problemas de escassez hídrica resultantes dos impactos das mudanças climáticas (Quadro 5).

**Quadro 5.** Estratégias de adaptação aos efeitos das mudanças climáticas no semiárido em relação aos serviços de infraestrutura

<b>Estratégias</b>	<b>Descrição</b>
Investimento em saneamento básico	Expandir os sistemas de saneamento básico com o intuito de diminuir as perdas de água na distribuição e fomentar a construção de sistemas de coleta e tratamento de efluentes a fim de evitar a contaminação.
Implantação de tecnologias de reutilização da água	Investir em tecnologias voltadas ao reuso da água, incentivando esta prática como alternativa para reduzir a pressão de demanda.

### **Conservação da biodiversidade**

Estas estratégias visam a preservação do bioma na região semiárida e a conservação de sua biodiversidade, uma vez que os impactos das mudanças do clima têm atingido muitas áreas de forma irreversível (Quadro 6).

**Quadro 6.** Estratégias de adaptação aos efeitos das mudanças climáticas no semiárido com base na conservação da biodiversidade

<b>Estratégias</b>	<b>Descrição</b>
Conservação do bioma caatinga	Estimular técnicas de conservação do bioma caatinga assim como incentivar o reflorestamento de áreas do semiárido para repor a vegetação nativa
Difusão da vegetação do semiárido	Difundir o uso sustentável da vegetação dos biomas do semiárido
Criação e implementação de unidades de conservação	Incentivar a criação de Unidades de Conservação no semiárido, proporcionando a formação de microclimas e conservação da biodiversidade. Este processo deve ser integrado às Unidades de Conservação já existentes, a fim de que estas possuam condições necessárias de funcionamento

### Uso de tecnologias

Estas estratégias visam a ampliação e aplicação de novas tecnologias voltadas à produção de energias renováveis e ao monitoramento e previsão contra secas na região semiárida, garantindo menor impacto ao meio ambiente (Quadro 7).

**Quadro 7.** Estratégias de adaptação aos efeitos das mudanças climáticas no semiárido com base no desenvolvimento de tecnologias

<b>Estratégias</b>	<b>Descrição</b>
Uso de fontes de energias renováveis	Estimular a utilização de fontes de energias renováveis aproveitando o potencial da região (energia eólica, solar, biomassa e pequenas centrais hidroelétricas)
Investimento em tecnologias para previsão de secas	Investir em tecnologias de previsão e monitoramento de secas para o planejamento da produção agrícola e geração de energia elétrica
Desenvolvimento de sistemas de gerenciamento dos efeitos da seca	Desenvolver sistemas de gerenciamento dos efeitos da seca e desertificação, incluindo sistema de alerta precoce e preparação em casos de eventos extremos
Sistematização e divulgação de dados climáticos	Sistematizar as informações climáticas para os usuários, com o intuito de torná-las públicas. Assim, recomenda-se divulgar as informações de forma eficiente, especialmente junto aos tomadores de decisão, instituir sistemas de alerta e promover a preparação dos estados e municípios.

## Governança

Estas estratégias têm por prioridade estabelecer a participação da sociedade civil organizada e interação de entidades públicas nos diversos colegiados (Tabela 8).

**Quadro 8.** Estratégias de adaptação aos efeitos das mudanças climáticas no semiárido voltadas à participação social

<b>Estratégias</b>	<b>Descrição</b>
Incentivo à participação social nos Comitês de bacias Hidrográficas	Fomentar e sustentar a participação da população nos Comitês de Bacias Hidrográficas, Conselhos de Meio Ambiente e Conselhos de Usuários de forma a garantir a participação da comunidade no gerenciamento dos recursos hídricos
Realização de ações de educação ambiental	Realizar ações de educação ambiental, potencializando a discussão do uso integrado dos recursos naturais, envolvendo todos os atores sociais
Interação entre as instituições que atuam no semiárido	Aperfeiçoar a interação entre as instituições que atuam na problemática das mudanças climáticas em regiões semiáridas.
Gestão dos conflitos em períodos de escassez hídrica	Realizar a gestão do conflito pela água em período de escassez devido às mudanças climáticas, otimizando o uso e evitando perdas.

A ocorrência periódica de secas é um problema que a população do semiárido nordestino tem enfrentado secularmente e com o qual terá que conviver. A falta prolongada de chuvas em um determinado período assume a dimensão de calamidade pública devido à situação de pobreza em que vivem milhares de pessoas. Nesse sentido, as ações de convivência com seca na região semiárida permitem compreender a trajetória do planejamento regional e a busca pela sustentabilidade. Constatam-se diversas políticas públicas, planos e programas do Governo destinados às mudanças climáticas, entretanto muitas delas não são aplicadas de maneira eficiente e não se relacionam de maneira adequada com outras políticas existentes a nível federal e estadual, embora representem um avanço na convivência em situações de escassez hídrica. As políticas implantadas pelos Governos estaduais da região Nordeste, sobretudo nos últimos dez anos, contribuíram para a melhoria da qualidade de vida da população, mas não foram suficientes para livrar a população dos efeitos negativos causados pela mudança do clima e tornar as comunidades rurais mais autônomas e autossuficientes economicamente, sobretudo através da prática da agropecuária sustentável.

Esse trabalho mostrou que diversas alterações climáticas estão em curso e que não será possível mitigar os efeitos das secas periódicas sem a implantação de medidas mais eficazes, conforme estratégias de adaptação recomendadas.

## 6. CONCLUSÕES

Os diagnósticos climáticos indicam que está ocorrendo uma significativa alteração do clima nas últimas décadas. Os prejuízos para a sociedade, caso se concretizem as mudanças já sinalizadas, são alarmantes. Para o semiárido do Nordeste brasileiro a tendência é de redução das chuvas acompanhada de maiores probabilidades de ocorrência de secas mais duradouras e severas, em função do aumento no número de dias sem chuva.

Para uma região com tamanha vulnerabilidade social e ambiental, os impactos negativos advindos da mudança do clima agravam ainda mais o quadro, pois os períodos de estiagem aumentarão ainda mais o conflito de uso dos recursos naturais, sobretudo os recursos hídricos. Desse modo, conclui-se que a seca não é apenas um problema climático, é uma situação que gera dificuldades sociais e econômicas para a população.

Cada vez mais as pesquisas advertem sobre essa mudança no padrão climático. Este trabalho indica resultados que convergem com outras análises ao indicar uma situação de maior desequilíbrio ambiental, em função dos fatores climáticos.

Os resultados dos índices de extremos climáticos indicaram que além da diminuição da precipitação, foi diagnosticado a predominância de tendências negativas, ou seja, houve diminuição, também na intensidade diária das chuvas, na quantidade máxima de precipitação em 1 dia e em 5 dias seguidos, nos dias consecutivos com chuva, no número de dias com chuvas moderadas, fortes e intensas, nos dias muito úmidos e dias extremamente úmidos. As tendências positivas predominaram apenas para o índice de dias consecutivos secos, que também converge para a escassez do regime pluviométrico na região.

Com a tendência de diminuição do total pluviométrico e demais índices, observou-se uma coerência em demonstrar que a área de estudo converge para uma situação de escassez hídrica, apresentando com o decorrer do tempo mais indícios que corroboram com esta hipótese. Diante dos resultados apresentados dos índices de extremos climáticos, conclui-se que não apenas está chovendo menos, mas as chuvas estão cada vez mais concentradas em um menor período de tempo, porém com menor intensidade diária.

Diagnosticou-se que os índices oceânicos observados no oceano Pacífico equatorial têm uma maior influência sobre os índices climáticos dependentes da precipitação em relação aos índices observados no oceano Atlântico, revelando que o fenômeno El Niño/Oscilação Sul tem grande

influência no regime de precipitação na bacia do Submédio São Francisco, com redução das chuvas na região.

De forma geral, o aumento da temperatura da superfície do mar observada sobre o Oceano Pacífico equatorial, nas regiões do Niño 1+2, Niño 3, Niño 3.4 e Niño 4, resulta na redução da precipitação total anual e nas precipitações diárias acima de 10 e 20 mm (R10mm e R20mm). Evidencia-se que o aquecimento das águas sobre o Pacífico equatorial, nas regiões do Niño 1+2 e Niño 3 apresentam uma maior influência na diminuição da precipitação em relação às áreas do Niño 3.4 e Niño 4, e que estas regiões também induzem a diminuição da intensidade diária das chuvas observadas no Submédio São Francisco, verificadas através dos índices Rx1day e Rx5day.

Os oceanos Atlântico Tropical Norte e Atlântico Tropical Sul também influenciam no comportamento da precipitação na bacia do Submédio São Francisco, principalmente quanto há um aquecimento maior observado no oceano Atlântico Tropical Norte em relação ao Atlântico Sul, induzindo a Zona de Convergência Intertropical a posicionar-se mais ao norte da linha do equador e conseqüentemente influenciando na redução da precipitação.

Os resultados dos índices de Anomalia de Chuva indicam também uma modificação importante no padrão da precipitação, uma vez que passou a ocorrer mais períodos com anos secos do que úmidos. Diagnosticou-se que até a década de 1980 os anos chuvosos ocorriam em maior número. Este período corresponde a um ponto de inflexão e os anos secos começaram a predominar, se agravando na década de 1990. Com esses resultados, busca-se mostrar a importância da gestão e adequação das águas na bacia hidrográfica, pois se essa tendência de crescimento de anos secos se configurarem como padrão, o problema do abastecimento se consolidará, a demanda não será atendida e os conflitos pelo uso da água se agravarão.

Na simulação dos cenários climáticos futuros, para a precipitação, no ano 2025 o modelo indica que haverá redução das chuvas no Submédio em torno de 150 mm a 300 mm na maior parte da sub-bacia, nas categorias de alta, média e baixa sensibilidade do modelo. Para o ano 2055 as simulações apresentaram maiores tendências de diminuição pluviométrica do que as simulações do ano 2025, simulando uma redução em torno de 300 a 450 mm em relação ao baseline, na porção Norte área de estudo. Também nas categorias de baixa, média e alta resolução. Os cenários climáticos para a temperatura média do ar indicam moderada alteração da temperatura para os anos de 2025 e 2055, que indicam aumentos em torno de 1°C e 2°C, respectivamente.

A prevenção e a preparação da convivência com a seca incluem as ações de planejamento e de investimentos destinadas a reduzir a vulnerabilidade dos ecossistemas e da população. Não é possível evitar a ocorrência da seca porque é um fenômeno natural e cíclico. O objetivo da prevenção é minimizar os seus efeitos. Isso pressupõe um monitoramento dos riscos e a capacidade econômica, social e ambiental da sociedade para enfrentar essa situação. Se a sociedade estiver preparada, se houver uma política de prevenção ela pode estabelecer medidas de convivência com a escassez hídrica e manter o seu bem-estar, o seu desenvolvimento econômico e social.

O presente trabalho pode servir de estímulo à reflexão e análise do tema, visto a importância da dinâmica climática na atual conjuntura mundial, podendo contribuir para a formulação de estudos futuros, mais abrangentes e em diferentes áreas geográficas, além de auxiliar os tomadores de decisão na elaboração de propostas que tenham por objetivos mitigar os efeitos das mudanças e variabilidades climáticas.

## REFERÊNCIAS

ABDULLA, F. A.; AL-OMARI, A. S.. **Impact of Climate Change on the Monthly Runoff of a Semi-arid Catchment: Case Study Zarqa River Basin (Jordan)**. JABS, v.2, n.1, p.43-50, 2008.

ANA - Agência Nacional e Águas. **Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil: relatório 2013**. Brasília: 2013.

ANA – Agência Nacional e Águas. **Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil: relatório 2014**. Brasília: 2015.

ALBUQUERQUE, A. S. O.; AZEVEDO, J. R. G. DE; CIRILO, A.; TEIXEIRA, L. C.; PEREIRA, T. DE S.; RODRIGUES, A. C.. Sensibilidade às mudanças climáticas devido ao efeito estufa do reservatório de Poço Fundo. In: **VIII Simpósio de Recursos Hídricos do Nordeste**, Gravatá, 2006.

ALVES, J. M. B; KAYANO, M. T. Estudo preliminar da precipitação no sul do Ceará durante a pré-estação chuvosa. **Boletim Climanálise**, v.6, n.2, p.41-50, 1991.

ALVES, J. M. B.; FERREIRA, F. F; CAMPOS, J. N. B.; STUDART, T. M. C. As Chuvas de Janeiro/2004 no Nordeste do Brasil, suas Características Atmosféricas e seus Impactos nos Recursos Hídricos da Região. In: **VII Simpósio de Recursos Hídricos do Nordeste**, 2004, São Luís. Anais do VII Simpósio de Recursos Hídricos do Nordeste. ABRH, 2004.

AMBRIZZI, T.. **Cenários regionalizados de clima no Brasil para o século XXI: projeções de clima usando três modelos regionais**. Relatório 3, Ministério do Meio Ambiente, Secretaria de Biodiversidade e Florestas, Diretoria de Conservação da Biodiversidade - Mudanças climáticas globais e efeitos sobre a biodiversidade – Subprojeto: Caracterização do clima atual e definição das alterações climáticas para o território brasileiro ao longo do século XXI. Brasília, 108 pp, 2007.

AMBRIZZI, T.; ROCHA, R. P.; MARENGO, J. A.; PISNITCHENKO, I.; ALVES, L. M.; FERNANDEZ, J. P. R.. Cenários regionalizados de clima no Brasil e América do Sul para o Século XXI: projeções de clima futuro usando três modelos regionais: Relatório 3. São Paulo: Inpe/ USP, 2007.

ARAGÃO, J. O. R.. A influência dos Oceanos Atlântico e Pacífico sobre a circulação atmosférica e a chuva na Região Semi-Árida do Nordeste do Brasil: Simulação e Observação. In: **SBMET**, 6-13 de novembro de 1996, Campos do Jordão. Anais do IX Congresso Brasileiro de Meteorologia, Campos do Jordão - SP, p.830-833,1996.

ARAGÃO, J. O. R.; LACERDA, F. F.; MOURA, G. B. A.; SOUZA, I. A.; RODRIGUES, R. S.. Boletim de Informações Climáticas, **INFOCLIMA**, ano 4, n.02, 1998a.

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. ARAGÃO, J.O. R. O Que é El Niño? (Conferência). In: **Seminário Sobre a Influência do El Niño na Agricultura e nos Recursos Hídricos do Semi-Árido**. Campina Grande. 1998b.

ARAÚJO, L. E.; DA SILVA, D. F.; MOARES NETO, J. M.; SOUSA, F. A. S.. Análise da Variabilidade Espaço-temporal da precipitação na bacia do rio Paraíba usando IAC, **Revista de Geografia da UFPE**, v. 24, p 47 a 59, 2007.

ARAÚJO, L. E.; MORAES NETO, J. M.; SOUSA, F. A. S.. Análise Climática da Bacia do rio Paraíba – índice de Anomalia de Chuva (IAC). **Revista de Engenharia Ambiental**, v. 6, n. 3, p. 508-523, 2009a.

ARAÚJO L. E.; MORAES NETO, J. M.; SOUSA, F. A. S.. Classificação da precipitação anual e da quadra chuvosa da bacia do rio Paraíba utilizando Índices de Anomalia de Chuva (IAC). **Revista Ambiente & Água – an Interdisciplinary Journal of Applied Science**, v.4, n.3, 2009b.

ARAÚJO, N. S.. Detecção de tendências de mudanças climáticas para os estados da Bahia e Sergipe por meio de índices pluviométricos diários. **Dissertação de mestrado**. Programa de Pós-graduação em meteorologia, UFCG, 2009.

ARNELL, N. W.; REYNARD, N. S.. The effects of climate change due to global warming on river flows in Great Britain. **Journal of Hydrology**. v. 183, p.397-424, 1996.

ARNELL, N. W.. Climate change and global water resources. **Global Environmental Change**, v. 9, p. S31 - S49, 1999a.

ARNELL, N. W.. The effect of climate change on hydrological regimes in Europe: a continental perspective. **Global Environmental**, v. 9, p. 5 - 23, 1999b.

ARNELL, N. W.. Climate change and global water resources: SRES emission and socioeconomic scenarios. **Global Environmental**. v. 14, p.31-52, 2004.

ASSIS, J. M. O.; SOBRAL; M. C.; SOUZA, W. M.. Análise de Detecção de Variabilidades Climáticas com base na precipitação nas bacias hidrográficas do Sertão de Pernambuco. **Revista Brasileira de Geografia Física**. V. 5, n°3, Recife, 2012.

ASSIS, J. M. O. Análise de tendências de mudanças climáticas no Semiárido de Pernambuco. **Dissertação de mestrado** apresentada ao Programa de Pós Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente - PRODEMA, da Universidade Federal de Pernambuco – UFPE. Recife, 2012.

ASSIS, J; M. O.; SOUZA, W. M.; SOBRAL, M. C.; MELO, G. L.; IRMÃO, R. A.. Índice de Anomalia de Chuva (IAC) como indicador para análise da variabilidade climática na bacia hidrográfica do rio Pajeú – PE. In: **XIX Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos**, 2013, Bento Gonçalves. Água, desenvolvimento econômico e socioambiental, 2013.

AZEVEDO, P. V.; SILVA, V. P. R.. Índice de seca para a microrregião do agreste da Borborema, no Estado da Paraíba. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 9, n. 1, p. 66-72, 1994

BARRETO; P. C. A.. Avaliação hidrológica de microbacias de nascentes de rios: Contribuições para a gestão de recursos ambientais no semiárido pernambucano. **Tese de doutorado**. Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 196 p, 2010.

BENESTAD, R. E.; MELSOM, A.. Is there a link between the unusually wet autumns in southeastern Norway and sea-surface temperature anomalies? **ClimateResearch**, 23, 67- 79, 2002.

BESSAT, F.. A mudança climática entre ciência, desafios e decisões: olhar geográfico. **Revista Terra Livre**, v. 20, n. 1, p. 11-26, 2003.

BRAGANZA, K.; KAROLY, D. J.; HIRST A.C; MANN, M. E; STOTT, P; STOUFFER, R. J; TETT S. F. B.. Simple indices of global climate variability and change: Part I – variability and correlation structure, **Climate Dynamics**, v. 20, n. 5, p. 491-502, 2003.

BRAGANZA, K.; KAROLY, D. J.; HIRST A. C; MANN, M. E; STOTT, P; STOUFFER, R. J; TETT S. F. B.. Simple indices of global climate variability and change - Part II: attribution of climate change during the twentieth century, **Climate Dynamics**, v. 22, n. 8, p. 823-838, 2004.

BRASIL. PRESIDÊNCIA DA REPÚBLICA. POLÍTICA NACIONAL DE MEIO AMBIENTE. **LEI Nº 6.938, DE 31 DE agosto DE 1981**. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/Leis/L6938.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/L6938.htm). Acessado em 17 de junho de 2015.

BRASIL. PRESIDÊNCIA DA REPÚBLICA **LEI Nº 8.167, DE 16 DE JANEIRO DE 1991**. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/L8167.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L8167.htm). Acessado em: 17 de junho de 2015.

BRASIL. PRESIDÊNCIA DA REPÚBLICA. POLÍTICA NACIONAL DE RECURSOS HÍDRICOS. **LEI Nº 9.433, DE 8 DE JANEIRO DE 1997**. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/LEIS/L9433.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/L9433.htm). Acessado em: 17 de junho de 2015.

BRASIL, PRESIDÊNCIA DA REPÚBLICA. Criação da Agência Nacional de Águas – ANA. **LEI Nº 9.984, DE 17 DE JULHO DE 2000**. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/L9984.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L9984.htm). Acessado em: 17 de junho de 2015.

BRASIL. PRESIDÊNCIA DA REPÚBLICA. POLÍTICA NACIONAL SOBRE MUDANÇA DO CLIMA. **LEI Nº 12.187, de 29 de dezembro de 2009**. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2007-2010/2009/lei/112187.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2009/lei/112187.htm). Acessado em: 18 de junho de 2015.

BRASIL. PRESIDÊNCIA DA REPÚBLICA. **Política Nacional sobre Mudança do Clima**. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2007-2010/2009/lei/112187.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2009/lei/112187.htm) Acessado em: 18 de junho de 2015.

BRUNETTI, M.; MAUGERI, M.; NANNI, T.; NAVARRA, A.. Droughts and extreme events in regional daily Italian precipitation series. **International Journal of Climatology**, 22, 543-558, 2002.

CAMPOS, C. G. C. **Padrões climáticos atuais e futuros de temperatura do ar na região sul do Brasil e seus impactos nos cultivos de pêssego e de nectarina em Santa Catarina**. Tese (Doutorado em Meteorologia) - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos: INPE, 2011.

CASTRO, C. A. C.. Interações Trópicos-Extratrópicos na escala de tempo intrasazonal durante o verão austral e seus efeitos na América do Sul. Dissertação de Mestrado. **Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais**, São Paulo, 2002.

CASATI, B.; YAGOUTI, A.; CHAUMONT, D.. Regional Climate Projections of Extreme Heat Events in Nine Pilot Canadian Communities for Public Health Planning. **Journal of Applied Meteorology and Climatology**, v. 52, pag. 2669-2698, 2013.

CBHSF - Comitê Da Bacia Hidrográfica Do Rio São Francisco. Comitê da Bacia Hidrográfica do rio São Francisco. **Regiões hidrográficas**. Disponível em: <http://cbhsaofrancisco.org.br/a-bacia/>. Acessado em: 23 de outubro de 2015a.

CBHSF - Comitê Da Bacia Hidrográfica Do Rio São Francisco. Comitê da Bacia Hidrográfica do rio São Francisco. **Plano de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do rio São Francisco 2016-2025**. RP2 – Diagnóstico consolidado da bacia hidrográfica do rio São Francisco. Relatório de diagnóstico, 2015b. Disponível em: [http://cbhsaofrancisco.org.br/planoderecursoshidricos/wp-content/uploads/2015/04/RP2\\_V1\\_Diagnostico\\_Consolidado.pdf](http://cbhsaofrancisco.org.br/planoderecursoshidricos/wp-content/uploads/2015/04/RP2_V1_Diagnostico_Consolidado.pdf). Acessado em: 03 de abril de 2016.

CHANG, Y.; LEE, M. A.; LEE, K. T.; SHAO, K. T.. Adaptation of fisheries and mariculture management to extreme oceanic environmental changes and climate variability in Taiwan. **Marine Policy**, v. 38, 476-482, 2013.

CHAPMAN, S. C.; STAINFORTH, D. A.; WATKINS, N. W.. On estimating local long-term climate trends. **Philosophical transactions of the royal society**. v. 371, n. 1991, 2013

CHECHI, L.; SANCHES, F. O.. O Uso do Índice de Anomalia de Chuva (IAC) na avaliação do Fenômeno do El Niño Oscilação Sul (ENOS) no Alto Uruguai Gaúcho entre 1957-2012. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 6, n. 6, 2013.

CODEVASF - Companhia de Desenvolvimento do Vale do São Francisco. **Inventário de projetos**. 3. ed. rev. atual. Brasília, DF, 223 p, 1999.

CORREIA, J. R.; REATTO, A.; SPERA, S. T.. **Solos e suas relações com o uso e manejo**. In: SOUZA, D. M. G. de; LOBATO, E. (Ed.). Cerrado, correção do solo e adubação. 2. ed. Brasília, DF: Embrapa Cerrados, 2004. p. 29-61.

COUTINHO, M. D. L.; MORAIS, M. D. C.; SANTOS, T. S.; GOMES, A. C. S.; SILVA, A. R. Geoespacialização das anomalias de evapotranspiração potencial e real sob cenários climáticos para o estado da Paraíba e Rio Grande do Norte. In: **Mudanças climáticas e impactos nos ecossistemas**. Organização Josiclêda Domiciano Galvêncio e Werônica Meira de Souza, Recife, Ed. Universitária da UFPE, 2015.

CPTEC/INPE - Centro de Previsão de Tempo e Clima / Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. Relatório do Clima do INPE. Caracterização do clima atual e definições das alterações climáticas para o território brasileiro ao longo do século XXI. In: **Mudanças Climáticas globais e efeitos sobre a biodiversidade**. São Paulo, 2007.

DA SILVA, D. F.. Análise de aspectos climatológicos, agroeconômicos, ambientais e de seus efeitos sobre a bacia hidrográfica do rio Mundaú (AL e PE), (**Tese de doutorado** em Recursos Naturais). Universidade Federal de Campina Grande. 2009.

DONAT, M. G.; ALEXANDER, L. V.; YANG, H.; DURRE, I.; VOSE, R.; DUNN, R. J. H.; WILLETT, K. M.; AGUILAR, E.; BRUNET, M.; HEWITSON, B.; JACK, C.; KLEIN TANK, A. M. G.; KRUGER, A. C.; MARENGO, J.; PETERSON, T. C.; ZHAI, P.; ZHANG, X.. Updated analyses of temperature and precipitation extreme indices since the beginning of the twentieth century: The HadEX2 data-set. **Journal of Geophysical Research**. V. 118, n. 5, p. 2098–2118, 2013

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Solos do Submédio do Vale do São Francisco**: potencialidades e limitações para uso agrícola / Tony Jarbas Ferreira Cunha, Flávio Hugo Barreto Batista da Silva, Maria Sonia Lopes da Silva, Vanderlise Giongo Pererê, Iedo Bezerra Sá, Manoel Batista de Oliveira Neto, Antonio Cabral Cavalcanti. Petrolina, PE: Embrapa Semiárido, 2008.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Subsídios técnicos para a indicação geográfica de procedência do Vale do Submédio São Francisco**. Organização: Maria Auxiliadora Coelho de Lima. Petrolina: Embrapa Semiárido, 2009.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Balço hídrico da bacia hidrográfica do Submédio São Francisco utilizando técnicas de Sensoriamento remoto**. Disponível em: <http://www.cpatsa.embrapa.br:8080/bhsf/index.php?opcao=mde>. Acessado em: 03 de abril de 2016.

EWALD, K. H.. Alterações do volume de precipitação no município de Marechal Cândido Rondon no período de 1965 a 2008. **XVI Encontro Nacional de Geógrafos**, Anais. Porto Alegre: 2010. Disponível em: <http://www.agb.org.br/xvieng/anais/edp.php?orderBy=inscricoes.nome>. Acesso em 21 de outubro de 2015.

FARIAS, R. F. L.; NÓBREGA, R. S.. Tendência Espacial e Temporal da Precipitação Pluviométrica em Pernambuco. In: **Mudanças climáticas e Impactos ambientais**. Org. Galvêncio, J. D. Ed. Universitária, UFPE, Recife-PE, Capítulo 15, p.251-264, 2010.

FERNANDES, R. O.; NÓBREGA, R. L. B.; GALVÃO, C. O.. Impactos das mudanças climáticas globais na evaporação em um reservatório no semiárido. In: **IX Simpósio de Recursos Hídricos do Nordeste**, 2008.

FERREIRA, L.. Simulação hidrológica utilizando o modelo TOPMODEL em bacias rurais, estudo de caso na bacia do Ribeirão dos Marins – seção Monjolinho – SP. **Tese de Doutorado**. Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de engenharia Agrícola. 2004.

FOLLAND, C. K.; MILLER, C.; BADER, D.; CROWE, M.; JONES, P.; PLUMMER, N.; RICHMAN, M.; PARKER, D. E.; ROGERS, J.; SCHOLEFIELD, P.. Workshop on indices and indicator for climate extremes, Asheville, NC, USA. Breakout Group C: Temperature indices for climate extremes. **Climate Change**, 42, 31-43, 1999.

FOLLAND, C. K.; KARL, T. R. e SALINGER, M. J.. Observed climate variability and change. **Weather**, v. 57, p. 269-278, 2002.

FREI, C.; SCHAR, C.. Detection probability of trends in rare events: Theory and application to heavy precipitation in the Alpine region. **Journal of Climate**, 14, 1568- 1584, 2001.

FREITAS, M. A. S.. A Previsão de Secas e a Gestão Hidroenergética: O Caso da Bacia do Rio Parnaíba no Nordeste do Brasil. In: **Seminário Internacional sobre Represas y Operación de Embalses**, 2004, Puerto Iguazú. In: Anais do Seminário Internacional sobre Represas y Operación de Embalses. Puerto Iguazú: CACIER, v. 1. p. 1-1. 2004.

FREITAS, M. A. S.. Um Sistema de Suporte à Decisão para o Monitoramento de Secas Meteorológicas em Regiões SemiÁridas. **Revista Tecnologia**, Fortaleza, p. 84-95, 2005

FRICH, P.; ALEXANDER, L. V.; DELLA-MARTA, P.; GLEASON, B.; HAYLOCK, M.; TANK, A. M. G. K.; PETERSON, T.. Observed coherent changes in climatic extremes during the second half of the twentieth century. **Climate Research**, 19, 193-212, 2002.

GARCIA-CUETO, O. R.; CAVAZOS, M. T.; GRAU, P.; SANTILLAN-SOTO, N.. Analysis and modeling of extreme temperatures in several cities in northwestern Mexico under climate change conditions. **Theoretical and Applied Climatology**, v. 116, n. 11, p. 211-225, 2013.

GEO BRASIL. **Perspectivas do Meio Ambiente no Brasil**. Organizado por Thereza Christina Carvalho Santos e João Batista Drummond Câmara. Brasília. Edições IBAMA, 2002.

GIORGI, F.; MEARNES, L. O.. Calculation of overage, uncertainty range, and reliability of regional climate changes from AOGCM simulations via “reliability ensemble averaging” (REA) method. **Journal of Climate**, 15, 1141-1158, 2002.

GIORGI, F.. **Climate change prediction**. *Clim. Change*, 73, 239-265, 2005.

GONÇALVES, W. A.; CORREIA, M. F.; ARAÚJO L. E.; DA SILVA, D. F.; ARAÚJO H. A.. Vulnerabilidade climática no Nordeste brasileiro: uma análise de eventos extremos na Zona Semiárida da bacia hidrográfica do São Francisco. In: **Congresso Brasileiro de Meteorologia**, 14. Florianópolis, 2006. Anais... Florianópolis: CALESA/UFSC, 2006.

GRASSI, B.; REDAELLI, G.; VISCONTI, G.. Arctic Sea Ice Reduction and Extreme Climate Events over the Mediterranean Region. **Journal of Climate**. V. 26, 10101-10110, 2013.

GREGOW, H.; RUOSTEENOJA, K.; PIMENOFF, N.; JYLHA, K.. Changes in the mean and extreme geostrophic wind speeds in Northern Europe until 2100 based on nine global climate models. *International Journal of Climatology*, v. 32, n. 12, pag. 1834-1846, 2012

GREENPEACE. **As lições da política nacional de mudança do clima**. Greenpeace Brasil. Disponível em: <http://www.greenpeace.org/brasil/Global/brasil/image/2013/Novembro/relatorio%20pnmc%20final.pdf>. Acesso em: 18 de junho de 2015.

GROISMAN, P. Y.; KARL, T. R.; EASTERLING, D. R.; KNIGHT, R. W.; JAMASON, P. F.; HENNESSY, K. J.; SUPPIAH, R.; PAGE, C. M.; WIBIG, J.; FORTUNIAK, K.; RAZUVAEV, V. N.; DOUGLAS, A.; FORLAND, E.; ZHAI, P. M.. Changes in the probability of heavy precipitation: Important indicators of climatic change. **Climatic Change**, 42, 243-283, 1999.

GROSS, G.; DUMARESQ, D.. Taking the longer view: Timescales, fairness and a forgotten story of irrigation in Australia. **Journal of Hydrology**, v. 519, p. 2483 – 2492, 2014.

HANSEN, J.; SATO, M.; RUEDY R.. Perception of climate change. **Proc. Natl Acad. Sci. USA** n. 109, E2415–E2423, 2012.

HASTENRATH, S.; HELLER, L.. Dynamics of climatic hazards in Northeast Brazil. **Quartely Journal Royal Meteorological Society** 103(435), 77-92, January, 1977.

HASTENRATH, S.; GREISCHAR, L.. Further work of Northeast Brazil rainfall anomalies, **Journal Climate**, v.6, n.12, p.743-758, 1993.

HAYLOCK, M. N.; NICHOLLS, N.. Trends in extreme rainfall indices for an updated high quality data set for Australia, 1910-1998. **International Journal of Climatology**, 20, 1533-1541, 2000.

HAYLOCK, M.; GOODESS, C.. Interannual variability of European extreme winter rainfall and links with mean large-scale circulation. **International Journal of Climatology**, 24, 759-776, 2004.

HAYLOCK, M. R.; PETERSON, A. T. C.; ALVES, B. L. M.; AMBRIZZI, T. C.; ANUNCIÇÃO, Y. M. T.; BAEZ, E. J.; QUINTANA, J.; REBELLO, R. E.; RUSTICUCCI, E. M.; SANTOS, G. J. L.; TREBEJO, S. I.; VINCENTU, L. A.. Trends in total and extreme South American rainfall 1960-2000 and links with sea surface temperature. **Journal of Climate**, v. 19, pp. 1490-1512. 2006.

HORORIKOSHI, A. S.. Balanço hídrico atual e simulações de cenários climáticos futuros para o município de Taubaté. **Dissertação de mestrado em Ciências Ambientais**. Universidade de Taubaté, Taubaté – SP, 2007.

INSA – Instituto Nacional do Semiárido. **Desertificação e mudanças climáticas no semiárido brasileiro** / Editores, Ricardo da Cunha Correia Lima, Arnóbio de Mendonça Barreto Cavalcante, Aldrin Martin Perez-Marin.- Campina Grande: INSA-PB, 2011.

IPCC - Intergovernmental Panel on Climate Change. **Climate change 1994: radiative forcing of climate change and an evaluation of the IPCC IS92 emission scenarios**. Cambridge: Cambridge University Press, 339p, 1995.

IPCC - Intergovernmental Panel on Climate Change. **“Impacts, Adaptation and Vulnerability**. Contribution of Working Group II to the Third assessment report of the Intergovernmental Panel on Climate Change”. Cambridge University Press, Cambridge, 2001.

IPCC - Intergovernmental Panel on Climate Change. **Climate Change – The Physical Science Basis**. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the IPCC. Cambridge University. Press, Cambridge, 2007.

IPCC - Intergovernmental Panel on Climate Change. **Summary for policymakers. Climate Change 2013: The Physical Science Basis**, T. F. Stocker et al., Eds., Cambridge University Press, 2013a.

IPCC - Intergovernmental Panel on Climate Change. **Mudanças do Clima: Ação Tendências Implicações para o Mundo Empresarial**. Quinto Relatório de Avaliação do IPCC, Grupo de Trabalho 1. Org. Carolyn Symon. Eds., Cambridge University Press, 2013b.

I3geo – Ministério do Meio Ambiente (MMA). Mapa interativo. Disponível em: <http://mapas.mma.gov.br/i3geo/mma/openlayers.htm?crp0mn25p4dlhq4vd9j1h9iev6>. Acessado em: 09 de abril de 2016.

JOSHI, S.; KUMAR, K.; JOSHI, V.; PANDE, B.. Rainfall variability and indices of extreme rainfall analysis and perception study for two stations over Central Himalaya, India. **Natural Hazards Review**, University of Colorado, N72, p361-374, 2014.

KAYANO, M. T.; KOUSKY, V. E. Tropical circulation variability with emphasis on interannual and intraseasonal time scales. *Revista Brasileira de Meteorologia*, v. 11, n. 1 e 2, p. 06 -17, 1996.

KARL, T. R.; KNIGHT, R. W.. Secular trends of precipitation amount, frequency, and intensity in the United States. **Bulletin of the American Meteorological Society**, 79, 231- 241, 1998.

KEIRLE, R.; HAYES, C.. **A Review of Climate Change and its Potential Impacts on Water Resources in the UK. E-Water** - Official Publication of the European Water Association (EWA), 2007.

KLEIN TANK, A. M. G. K.; KONNEN, G. P.. Trends in indices of daily temperature and precipitation extremes in Europe, 1946-99. **Journal of Climate**, 16, 3665-3680, 2003.

KOUSKY, V. E., GAN, M. A. **Upper tropospheric cyclonic vortices in the tropical south Atlantic**. *Tellus*, v.33, n.5, p.538-550, 1981.

KOUSKY, V. E.; KAYANO, M.T.. Principal modes of outgoing longwave radiation and 250-mb circulation for the South American sector. **Journal of Climate**, 7, p.1131-1143, 1994.

KLEIN, S. A.; ZHANG, Y.; ZELINKA, M. D.; PINCUS, R. BOYLE, J.; GLECKLER, PETER J.. Are climate model simulations of clouds improving? An evaluation using the ISCCP simulator. **Journal. Geophysical. Research**. v. 118 , n. 3, p. 1329–1342, 2013.

LACERDA, F. F.; SILVA JÚNIOR, H. D.; ASSAD, E. D.; ASSIS, J. M. O.; MOURA, M. S. B.. Extremos e variabilidade climática no Nordeste brasileiro e em Pernambuco. In: **Mudanças climáticas e impactos ambientais**. Organização Josicléda Domiciano Galvêncio. Recife, Ed. Universitária da UFPE, 2010.

LACERDA, F. F. NOBRE, P.; SOBRAL, M. C.; LOPES, G. M. B.; ASSAD, E. D. Tendência do clima o Semiárido frente as perspectivas das mudanças climáticas globais: O Caso De Araripina, Pernambuco. **Revista do Departamento de Geografia**. Universidade de São Paulo, v. 31, 2016.

LYSÁK, M.; BUGGE-HENRIKSEN, C.. Current status of climate change adaptation plans across the United States. **Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change**, v. 1, pag. 1-20, 2014.

MANTON, M. J.; NICHOLLS, N.. Monitoring trends in extreme climate events. **APN Newsletter**, 1-3, 1999.

MANTON, M. J.; DELLA-MARTA, P. M.; HAYLOCK, M. R.; HENNESSY, K. J.; NICHOLLS, N.; CHAMBERS, L. E.; COLLINS, D. A.; DAW, G.; FINET, A.; GUNAWAN,

D.; INAPE, K.; ISOBE, H.; KESTIN, T. S.; LEFALE, P.; LEYU, C. H.; LWIN, T.; MAITREPIERRE, L.; OUPRASITWONG, N.; PAGE, C. M.; PAHALAD, J.; PLUMMER, N., SALINGER, M. J., SUPPIAH, R., TRAN, V. L., TREWIN, B., TIBIG, I., YEE, D.. Trends in extreme daily rainfall and temperature in Southeast Asia and the South Pacific: 1961-1998. **International Journal of Climatology**, 21, 269-284, 2001.

MARCUZZO, F. F. N.; MELO, D. C. R.; ROCHA, H. M.. Distribuição espaço-temporal e sazonalidade das chuvas no Estado do Mato Grosso. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos (RBRH)**, v.16, n.4 p. 157-167, 2011.

MARENGO, J. A.. **Mudanças climáticas globais e seus efeitos sobre a biodiversidade: caracterização do clima atual e definição das alterações climáticas para o território brasileiro ao longo do século XXI**. 2. ed. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, v.1, p.214 2007a.

Marengo, J. A. Caracterização do clima no século XX e cenários climáticos no Brasil e na América do Sul para o século XXI derivados de modelos globais de clima do IPCC. Relatório no 1, Ministério do Meio Ambiente (MMA). São Paulo, SP: CPTEC/ Inpe, 2007b. Disponível em [http://mudancasclimaticas.cptec.inpe.br/~rmclima/pdfs/prod\\_probio/Relatorio\\_1.pdf](http://mudancasclimaticas.cptec.inpe.br/~rmclima/pdfs/prod_probio/Relatorio_1.pdf). Acessado em 26 de agosto de 2016.

MARENGO, J. A.. **Vulnerabilidade, impacto e adaptação à mudança do clima no semiárido do Brasil**. Brasília: Parcerias Estratégicas, n. 27, p.149-176, 2008.

MARENGO, J. A.. Future change of climate in South America in the late twenty-first century:intercomparison of scenarios from three regional climate models. **Clim. Dyn.**, doi:10.1007/s00382-009-0721-6, 2010.

MARENGO, J. A. LINCOLN, M. A. BESERRA, E. A. LACERDA. F. F. Variabilidade e mudanças climáticas no semiárido brasileiro. In: Instituto Nacional do Semiárido. **Desertificação e mudanças climáticas no semiárido**. Campina Grande: INSA-PB, 2011.

MARENGO, J. A.. **Possíveis impactos da mudança de clima no Nordeste**. Disponível em: <https://www.algosobre.com.br/atualidades/possiveis-impactos-da-mudanca-de-clima-no-nordeste.html>. Acessado em 31 de outubro de 2015.

MENDES, D. ; MARENGO, J. A.. Temporal downscaling: a comparison between artificial neural network and autocorrelation techniques over the Amazon Basin in present and future climate change scenarios. **Theor. Appl. Climatol.**, 413-421, 2010.

MESINGER, F. A.. blocking technique for representation of mountains in atmospheric models. **Riv. Meteor. Aeronautica**, p. 44, 195-202, 1984

MESINGER, F. A.; JANJIC, S.; NICKOVIC, D.; GAVRILOV, D. G.; DEAVEN, Z. I.. The step-mountain coordinate: Model description and performance for cases of Alpine lee cyclogenesis and for a case of Appalachian redevelopment. **Mon. Wea. Rev.**, p. 116, 1493-1518, 1988.

MMA – Ministério do Meio Ambiente. **DECRETO Nº 99.274, DE 6 DE JUNHO DE 1990**. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=328>. Acessado em: 17 de junho de 2015.

MMA – Ministério de Meio Ambiente. **Plano Nacional de Recursos Hídricos**. Síntese Executiva/Secretaria de Recursos Hídricos. - Brasília: MMA, 2006a. Disponível em: <http://www.igam.mg.gov.br/images/stories/cerh/ctplan/6REUNIAO/sinteseexecutivapnrh.pdf>. Acessado em: 17 de junho de 2015.

MMA – Ministério do Meio Ambiente. **Caderno da Região Hidrográfica do São Francisco** / Ministério do Meio Ambiente, Secretaria de Recursos Hídricos. – Brasília: MMA, 2006b. Disponível em: [http://www.mma.gov.br/estruturas/161/\\_publicacao/161\\_publicacao03032011023538.pdf](http://www.mma.gov.br/estruturas/161/_publicacao/161_publicacao03032011023538.pdf). Acessado em: 23 de outubro de 2015.

MMA – Ministério do Meio Ambiente. **Plano Nacional sobre Mudança do Clima – PNM, Brasil**. Comitê Interministerial sobre Mudança do Clima Decreto nº 6.263, de 21 de novembro de 2007. Brasília, 2008. Disponível em: [http://www.mma.gov.br/estruturas/smcq\\_climaticas/\\_arquivos/plano\\_nacional\\_mudanca\\_clima.pdf](http://www.mma.gov.br/estruturas/smcq_climaticas/_arquivos/plano_nacional_mudanca_clima.pdf). Acessado em: 18 de junho de 2015.

MMA – Ministério do Meio Ambiente. **Mudanças climáticas e suas implicações para o Nordeste**. Relatores: Otamar de Carvalho; Nilson Holanda. — Brasília: MMA, 232 p., 2010. Disponível em: <http://www.iicabr.iica.org.br/wp-content/uploads/2014/03/Mudan%C3%A7asClim%C3%A1ticas.pdf>. Acessado em: 01 de novembro de 2015.

MONCUNILL, D. F.. The rainfall trend over Ceará and its implications. In: **8ª Conferência Internacional de Meteorologia e Oceanografia do Hemisfério Sul**. Foz do Iguaçu, 2006, pp. 315-323, 2006.

MOURA, A. D.; SHUKLA, J.. On the Dynamics of Droughts in Northeast Brazil: Observations, Theory and Numerical Experiments with a General Circulation Model. **Journal of the Atmospheric Science**, v. 38, n. 12, p. 2653-2675. 1981.

MOURA, M. S. B.; SÁ, I. I. S.; SILVA, T. G. F.; GALVINCIO, J. D.; RIBEIRO, J. G.. Variação Espacial da Precipitação e Temperatura do ar no Submédio São Francisco. In: **XIV Congresso Brasileiro de Meteorologia**, Florianópolis-SC. 2006.

MOURA, R. G.. Avaliação do modelo regional ETA utilizando as análises do CPTEC e NCEP. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v.25. n.1, 46-53, 2010.

MURPHY, J. M.; SEXTON, D. M. H.; BARNETT, D. N.; JONES, G. S.; WEBB, M. J.; COLLINS, M.; STAINFORTH, D. A.. Quantification of modelling uncertainties in a large ensemble of climate change simulations. **Nature**, 430, 768-772, 2004.

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.

NOBRE, C. A.. Ainda sobre a Zona de Convergência do Atlântico Sul: A importância do Oceano Atlântico. **Climanálise**, v.3, n.3, p.30-31, 1998.

NÓBREGA, S. N.. **Modelagem climática no Nordeste do Brasil: cenários e incertezas**. In: Mudanças climáticas e recursos hídricos: aplicações no estado de Pernambuco. Organização de

Josiclêda Domiciano Galvêncio, Djane Fonseca da Silva, Ranyére Silva Nóbrega. Recife, Ed. Universitária da UFPE, 2010.

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

OSBORN, T. J.; HULME, M.; JONES, P. D.; BASNETT, T. A.. Observed trends in the daily intensity of United Kingdom precipitation. **International Journal of Climatology**, 20, 347-364, 2000.

PBMC – Painel Brasileiro de Mudanças Climáticas. Base científica das mudanças climáticas. **Contribuição do Grupo de Trabalho 1 do Painel Brasileiro de Mudanças Climáticas ao Primeiro Relatório da Avaliação Nacional sobre Mudanças Climáticas** [Ambrizzi, T., Araujo, M. (eds.)]. COPPE. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, RJ, Brasil, 464 pp, 2014.

PBMC – Painel Brasileiro de Mudanças Climáticas. **Contribuição do Grupo de Trabalho 2 ao Primeiro Relatório de Avaliação Nacional do Painel Brasileiro de Mudanças Climáticas**. Sumário Executivo do GT2. PBMC, Rio de Janeiro, Brasil. Disponível, 2013.

PBMC – Painel Brasileiro de Mudanças Climáticas. **Impactos, vulnerabilidades e adaptação às mudanças climáticas**. Contribuição do Grupo de Trabalho 2 do Painel Brasileiro de Mudanças Climáticas ao Primeiro Relatório da Avaliação Nacional sobre Mudanças Climáticas [Assad, E.D., Magalhães, A. R. (eds.)]. COPPE. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, RJ, Brasil, 414 pp, 2014.

PERNAMBUCO. POLÍTICA ESTADUAL DE RECURSOS HÍDRICOS. **LEI Nº 12.984**, DE 30 DE DEZEMBRO DE 2005. Disponível em: [http://www.apac.pe.gov.br/legislacao/lei\\_das\\_aguas\\_n\\_12984\\_de\\_30\\_de\\_dezembro\\_de\\_2005.pdf](http://www.apac.pe.gov.br/legislacao/lei_das_aguas_n_12984_de_30_de_dezembro_de_2005.pdf) Acessado em: 17 de junho de 2015.

PERNAMBUCO. Secretaria de Ciência, Tecnologia e Meio Ambiente **Programa de Ação Estadual de Pernambuco para o Combate à Desertificação e Mitigação dos Efeitos da Seca – PAE-PE**. Recife, 2009.

PERNAMBUCO. Política Estadual de Enfrentamento às Mudanças Climáticas de Pernambuco. **LEI Nº 14090** de 17 de junho de 2010a. Disponível em: [http://www.cprh.pe.gov.br/ARQUIVOS\\_ANEXO/lei%2014.090;141010;20101229.pdf](http://www.cprh.pe.gov.br/ARQUIVOS_ANEXO/lei%2014.090;141010;20101229.pdf). Acessada em 18 de junho de 2015.

PERNAMBUCO. Secretaria de Ciência, Tecnologia e Meio Ambiente. Políticas públicas ambientais do estado de Pernambuco: **Marcos reguladores de Pernambuco no contexto ambiental**. Sectma, Recife, 2010b.

PERNAMBUCO. **Plano Estadual de Mudanças Climáticas**: Proposta para o debate com a sociedade. Secretaria de Meio Ambiente e Sustentabilidade. Recife, 2011. Disponível em: [http://www.cprh.pe.gov.br/downloads/PLANO\\_MC\\_PERNAMBUCO\\_PDF.pdf](http://www.cprh.pe.gov.br/downloads/PLANO_MC_PERNAMBUCO_PDF.pdf). Acessado em: 18 de junho de 2015.

PNMC – Plano Nacional sobre Mudança do Clima. Governo Federal. **Comitê Interministerial Sobre Mudança do Clima**. Decreto nº 6.263 de 21 de novembro de 2007. Brasília, 2007.

ROOY, M.P. VAN.. **A Rainfall Anomaly Index Independent of Time and Space**, Notes, 14, 43, 1965.

RCLIMDEX 1.0 – **MANUAL DEL USUARIO** (versão em espanhol). Disponível em: <http://etccdi.pacificclimate.org/software.shtml>. Acessado em: 25 de outubro de 2015.

RUMMUKAINEN, M.. Climate change: changing means and changing extremes. **Climatic change**, v. 121,, n. 1, p. 3-13, 2013.

SANCHES, F. O.; VERDUM, R.; FISCH, G.. O índice de anomalia de chuva (IAC) na avaliação das precipitações anuais em Alegrete/RS (1928-2009). **Caminhos de Geografia**. Uberlândia v. 15, n. 51, 2014.

SANTOS, C. A.. C. Estimativa e tendências de índices de detecção de mudanças climáticas com base na precipitação diária no Rio Grande do Norte e na Paraíba. **Dissertação de Mestrado em Meteorologia**) – Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Tecnologia e Recursos Naturais. Campina Grande, 2006.

SANTOS, L. A. R.; LUCIO, P. S.; REBELLO, E. R. G.; BALBINO, H. T. FORTES, L. T. G.; SALES, N. D.; DINIZ, F. A.; COSTA, M. C. G.; FERREIRA, D. B.; SALVADOR, M. A.; LEANDRO, I. V.; PAULA, T. P., Caracterização de extremos climáticos utilizando o software RClindex. Estudo de caso: sudeste de Goiás. In: **XIV Congresso Brasileiro de Meteorologia**, 2006, Florianópolis. Anais 1980 - 2006 - CBMET, 2006.

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

SANTOS, C. A. C.; BRITO, J. I. B.; RAO, T. V. R.; MENEZES, H. E. A.. Tendências dos índices de precipitação no estado do Ceará. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v.24, n.1, 39-47, 2009.

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

SANTOS, S. M. S.; ASSIS, J. M. O.; SOUZA, W. M.. Tendências de mudanças climáticas na bacia do rio Una, Pernambuco – Brasil. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 7, n. 02, Recife, 2014.

SANTOS, T. S.; MENDES, D.. **Análise das incertezas das mudanças climáticas simuladas na América do Sul**. In: **Mudanças climáticas e impactos nos ecossistemas**. Organização Josiclêda Domiciano Galvêncio e Werônica Meira de Souza, Recife, Ed. Universitária da UFPE, 2015.

SALATI, E. SALATI, E.; CAMPANHOL, T.; VILA NOVA, N.. **Tendências das Variações Climáticas para o Brasil no Século XX e Balanços Hídricos para Cenários Climáticos para o Século XXI**. Relatório 4, Ministério do Meio Ambiente (MMA), Secretaria de Biodiversidade

e Florestas (SBF), Diretoria de Conservação da Biodiversidade (DCBio). Mudanças Climáticas Globais e Efeitos sobre a Biodiversidade – Subprojeto: Caracterização do clima atual e definição das alterações climáticas para o território brasileiro ao longo do século XXI. Brasília, 2007.

SALGUEIRO, J. H. B.. Avaliação da rede pluviométrica e análise de variabilidade espacial da precipitação: estudo de caso na bacia do Rio Ipojuca em Pernambuco. 2005. 141 f. Dissertação (**Mestrado em Engenharia Civil**) – Centro de Tecnologia e Geociências, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2005.

SELVEY L. A.; RUTHERFORD, S.; DODDS, J.; DWYER, S.; ROBINSON, S.M.. The impact of climate-related extreme events on public health workforce and infrastructure - how can we be better prepared? **Australian and New Zealand Journal of Public Health**. v. 38,n. 3, 2014

SECTMA - Secretaria de Ciência Tecnologia e Meio Ambiente. **Atlas de bacias hidrográficas de Pernambuco**. 104p, Recife, 2006.

SEMAS - Secretaria de Meio Ambiente e Sustentabilidade. **Plano Estadual de Mudanças Climáticas**. Governo do estado de Pernambuco. Recife, 2011. Disponível em: [http://www.semas.pe.gov.br/c/document\\_library/get\\_file?p\\_l\\_id=2349406&folderId=3336602&name=DLFE-30105.pdf](http://www.semas.pe.gov.br/c/document_library/get_file?p_l_id=2349406&folderId=3336602&name=DLFE-30105.pdf), Acessado em: 18 de junho de 2015.

SERVAIN, J.. Simple Climatic Indices for the Tropical Atlantic Ocean and some Applications. **Journal of Geophysical Research**, v. 96, p. 15.137-15.146, 1991.

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

SILVA JUNIOR, J. L. C.; SILVA, R. A.; MACIEL, G. F.; SILVA, G. F. G.; SANTOS, J. C. Avaliação do Índice de Anomalia de Chuva (IAC) como indicador climático de variabilidade pluviométrica na microrregião de Gurupi-TO. In: **IV Simpósio Internacional de Climatologia**, Anais. João Pessoa, 2011.

SILVA, D. F. S.; SOUSA, A. B.; MAIA, L. M.; RUFINO, L. L.. Efeitos da associação de eventos de ENOS e ODP sobre o Estado do Ceará. **Revista de Geografia**, v.29, n.2, 2012a.

SILVA, G. B.; SOUZA, W. M.; AZEVEDO, P. V.. Cenários de Mudanças Climáticas no Estado da Bahia através de Estudos Numéricos e Estatísticos. **Revista Brasileira de Geografia Física**, 05 p. 1019-1034, 2012b.

SILVA, D. F. S.; SOUSA, A. B.. Detecção de Tendências Climáticas no Estado de Alagoas. **Revista Brasileira de Geografia Física**. V. 06, N. 03, p.442-455, 2013.

SOARES, D. B.; NÓBREGA, R. S.. Análise espacial e climatológica da ocorrência de veranicos no sertão de Pernambuco. **Revista de Geografia**. Recife: UFPE – DCG/NAPA, v. 27, n. 1. Recife, 2010.

SOUZA, I. A.. Influência do El Niño no Comportamento Pluviométrico do Estado de Pernambuco Durante do Ano de 1998, In: **XI Congresso Brasileiro de Agrometeorologia e II Reunião Climática Latino Americana de Agrometeorologia**. Florianópolis –SC, 1999.

SOUZA, S. S.; TOMASELLA, J.; GRACIA, M. G.; AMORIM, M. C.; MENEZES, P. C. P.; PINTO, C. A. M.. **O programa de monitoramento climático em tempo real na área de atuação da SUDENE – PROCLIMA**. Boletim da Revista Brasileira de Meteorologia, v. 25, n. 1, p. 15-24, 2001.

SOUZA FILHO, F. A.. **Variabilidade e mudanças climáticas nos semiáridos brasileiros**. In: Clima e recursos hídricos no Brasil. Organizado por Carlos E. M. Tucci, Benedito Braga. Porto Alegre: ABRH, 2003.

SOUZA, W. M.; AZEVEDO, P. V.. Índice de Detecção de Mudanças Climáticas Derivados da Precipitação Pluviométrica e das Temperaturas em Recife-PE. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v.2, p.320-331, 2012.

STAINFORTH, D. A.; AINA, T.; CHRISTENSEN, C.. Uncertainty in predictions of the climate response to rising levels of greenhouse gases. **Nature**, 443, 403406, 2005.

STOCKER, T. F.. **Climate Change 2013**. The Physical Science Basis. Working Group I Contribution to 476 the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change-Abstract for decision-makers. 477 Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 29 pp, 2013.

THOMAS, C. D.. Extinction risk from climate change. **Nature**, v.427, p.145-148, 2004.

THORNTHWAITE, C. W., MATHER, J. R.. The water balance. **Publ. Climatol. Lab. Climatol. Drexel Inst. Technol**, v.8 n.1, p.1–104, 1955.

TUCCI, C. E. M.. **Hidrologia: Ciência e Aplicação** 2. ed. Editora da Universidade: ABRH. Porto Alegre, 195p, 1997.

TUNDISI, J. G. **Água no século 21: enfrentando a escassez**. Rima Editora-IEE. 263 p. (2ª edição), 2003.

UVO, C.; REPELLI, C.; ZEBIAK, S.; KUSHINIR, Y.. The influence of Tropical Pacific and Atlantic SST on Northeast Brazil monthly precipitation. **JournalClimate**(in press), n.26, p.103- 119, 1996.

VAES, G., WILLEMS, P., BERLAMONT, J.. 100 years of Belgian rainfall: are there trends? **Water Science and Technology**, 45, 55-61, 2002.

VARGAS-AMELIN, E.; PINADO, P.. The challenge of climate change in Spain: Water resources, agriculture and land. **Journal of Hydrology** , v. 518 , p. 243–249, 2014.

VEIGA, L. B. E.; MAGRINI, A.. Recursos hídricos, mudanças climáticas e adaptação: proposições para o Brasil à luz da União Européia. In: **XIX Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos**, 2013, Bento Gonçalves. Água, desenvolvimento econômico e socioambiental, 2013.

VILLELA, S. M.; MATOS, A.. **Hidrologia aplicada**. 1975.

VIOLA, M. R.; MELLO, C. R.; PINTO, D. B. F.; MELLO, J. M.; ÁVILA, L. F.. Métodos de interpolação espacial para o mapeamento da precipitação pluvial. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. v.14, n.9, p.970–978, 2010.

ZHANG, X., YANG, F. **RCLimDex (1.0) User Guide**. Climate Research Branch Environment Canada. Downsview (Ontario, Canada), 2004.

ZHANG, Y., WANG, J. C., JING, J. H., SUN, J. C. Response of groundwater to climate change under extreme climate conditions in North China Plain. **Journal of Earth Science**. V.25, China, 612-618, 2014.

YILMAZ, A. G.; HOSSAIN, I.; PERERA, B. J. C.. Effect of climate change and variability on extreme rainfall intensity-frequency-duration relationships: a case study of Melbourne. **Hydrology and Earth System Sciences**. V. 18, 4065-4076, 2014.

**ANEXO A - Localização dos postos pluviométricos**

<b>PERNAMBUCO</b>		
<b>POSTOS PLUVIOMÉTRICOS</b>	<b>LONGITUDE</b>	<b>LATITUDE</b>
Afogados da Ingazeira	-37,641	-7,750
Afrânio	-41,005	-8,517
Araripina	-40,417	-7,458
Arcoverde	-37,100	-8,410
Betânia	-38,033	-8,271
Carnaíba	-37,798	-7,808
Exu	-39,729	-7,516
Floresta	-38,321	-8,502
Granito	-39,616	-7,717
Ibimirim	-37,679	-8,538
Igaraci	-37,414	-7,916
Ipubi	-40,147	-7,652
Itapetim	-37,201	-7,377
Mirandiba	-38,727	-8,116
Moreilândia	-39,550	-7,608
Ourucuri	-40,086	-7,884
Parnamirim	-39,578	-8,089
Petrolina	-40,360	-9,150
Salgueiro	-39,130	-8,073
Santa M B Vista	-39,817	-8,800
São José do Egito	-37,348	-7,502
Serra Talhada	-38,123	-8,032
Tacaratu	-38,146	-9,106
Triunfo	-38,106	-7,837
Tuparetama	-37,350	-7,717
Santa Cruz da Venerada	-40,350	-8,344
<b>BAHIA</b>		
<b>POSTOS PLUVIOMÉTRICOS</b>	<b>LONGITUDE</b>	<b>LATITUDE</b>
Abaré	-39,113	-8,720
Campo Formoso	-40,950	-10,600
Jacobina	-40,687	-11,015
Juazeiro	-40,523	-9,448
Morro do Chapéu	-41,138	-11,387
Paulo Afonso	-38,287	-9,325
Remanso	-42,081	-9,621
Chorrochó	-39,091	-9,1230
Jaguarari	-40,187	-10,106
Sento sé	-41,337	-9,682

**APENDICE A - Tendência dos índices climáticos e o valor estatístico p**

	RX1day		RX5day		SDII		R10mm	
	Slope	P_Value	Slope	P_Value	Slope	P_Value	Slope	P_Value
ABARÉ	-0.716	0.256	-0.943	0.347	-0.01	0.949	-0.197	<b>0.037</b>
AFOGADOS DA INGAZEIRA	0.225	0.447	0.458	0.392	0.085	<b>0.015</b>	0.072	0.439
AFRANIO	0.197	0.337	0.101	0.821	-0.012	0.756	-0.058	0.307
ARARIPINA	-0.324	<b>0.138</b>	-0.663	<b>0.090</b>	-0.11	<b>0.000</b>	-0.149	<b>0.033</b>
ARCOVERDE	0.008	0.974	0.172	0.691	-0.026	<b>0.116</b>	-0.012	0.884
BETANIA	-0.439	<b>0.064</b>	-1.081	<b>0.011</b>	-0.029	0.522	-0.145	<b>0.034</b>
CAMPO FORMOSO	-0.506	<b>0.022</b>	-0.41	0.321	-0.057	0.202	-0.173	<b>0.004</b>
CARNAÍBA	0.167	0.497	-0.895	<b>0.106</b>	-0.15	<b>0.026</b>	-0.328	<b>0.018</b>
CHORROCHÓ	-0.063	0.861	-0.306	0.530	-0.169	<b>0.008</b>	-0.092	<b>0.045</b>
EXU	0.27	0.356	-0.282	0.600	-0.249	<b>0.000</b>	-0.533	<b>0.000</b>
FLORESTA	-0.08	0.797	-0.446	0.352	-0.183	<b>0.000</b>	-0.103	<b>0.089</b>
GRANITO	-0.277	0.38	0.02	0.973	0.119	<b>0.195</b>	-0.182	<b>0.063</b>
IBIMIRIM	0.353	<b>0.101</b>	1.162	<b>0.009</b>	-0.177	<b>0.000</b>	-0.054	0.451
IGUARACI	-0.261	0.306	-0.272	0.570	0.035	0.337	-0.12	<b>0.129</b>
IPUBI	-0.342	<b>0.096</b>	-0.86	<b>0.104</b>	-0.147	<b>0.025</b>	-0.307	<b>0.004</b>
ITAPETIM	-0.246	0.329	-0.301	0.576	-0.039	0.434	-0.175	<b>0.056</b>
JACOBINA	-0.267	0.339	-0.276	0.613	-0.043	0.261	-0.136	<b>0.122</b>
JAGUARARI	-1.317	<b>0.003</b>	-1.324	<b>0.026</b>	-0.7	<b>0.000</b>	-0.113	<b>0.078</b>
JUAZEIRO	-0.186	0.499	0.011	0.982	-0.015	0.733	-0.146	<b>0.006</b>
MIRANDIBA	-0.388	<b>0.130</b>	-0.473	0.354	-0.181	<b>0.002</b>	-0.177	<b>0.048</b>
MOREILÂNDIA	-0.385	<b>0.123</b>	-0.51	0.277	0.061	<b>0.183</b>	-0.131	<b>0.070</b>
MORRO DO CHAPÉU	-0.288	0.530	-0.49	0.534	-0.075	<b>0.085</b>	-0.286	<b>0.053</b>
OURICURI	0.257	0.360	0.279	0.630	-0.322	<b>0.000</b>	-0.323	<b>0.000</b>
PARNAMIRIM	-0.271	0.264	-0.747	<b>0.066</b>	-0.165	<b>0.002</b>	-0.194	<b>0.014</b>
PAULO AFONSO	-0.233	0.490	-0.426	0.421	-0.043	<b>0.142</b>	-0.147	<b>0.028</b>
PETROLINA	-0.41	0.203	-0.481	0.276	-0.062	<b>0.113</b>	-0.133	<b>0.011</b>
REMANSO	-0.506	<b>0.056</b>	-0.303	0.501	0.069	<b>0.088</b>	-0.13	<b>0.047</b>
SALGUEIRO	-0.255	0.408	-0.793	<b>0.063</b>	-0.041	0.243	-0.186	0.003
SANTA CRUZ DA VENERADA	0.679	<b>0.009</b>	1.092	<b>0.007</b>	-0.097	<b>0.066</b>	-0.195	<b>0.003</b>
SANTA MARIA DA BOA VISTA	-0.13	0.600	-0.423	0.279	-0.137	<b>0.018</b>	-0.228	<b>0.001</b>
SÃO JOSÉ DO EGITO	0.112	0.710	-0.328	0.525	0.019	0.688	-0.109	0.205
SENTO SÉ	-0.095	0.736	0.053	0.904	0.001	0.986	-0.063	0.403
SERRA TALHADA	0.021	0.953	-0.298	0.621	0.022	0.653	-0.126	<b>0.122</b>
TACARATU	-0.285	0.230	-0.343	0.421	-0.111	<b>0.000</b>	-0.183	<b>0.033</b>
TRIUNFO	-0.302	<b>0.162</b>	-0.472	0.364	0.037	0.215	-0.164	0.203
TUPARETAMA	0.377	0.217	-0.114	0.823	-0.211	<b>0.000</b>	-0.337	<b>0.003</b>

	R20mm		R50mm		CDD		CWD	
	Slope	P_Value	Slope	P_Value	Slope	P_Value	Slope	P_Value
ABARÉ	-0.132	<b>0.058</b>	-0.038	0.414	1.563	<b>0.041</b>	-0.015	0.254
AFOGADOS DA INGAZEIRA	0.029	0.565	0.012	0.551	0.345	<b>0.094</b>	-0.03	<b>0.100</b>
AFRANIO	-0.024	0.502	0.009	0.476	-0.715	0.484	-0,006	0.724
ARARIPINA	-0.097	<b>0.025</b>	-0.011	0.484	-0.123	0.685	0.04	0.33
ARCOVERDE	-0.029	0.483	0.010	0.362	-0.194	0.390	-0.019	0.314
BETANIA	-0.06	<b>0.131</b>	-0.016	0.261	0.546	0.488	-0.015	0.422
CAMPO FORMOSO	-0.076	<b>0.023</b>	-0.036	<b>0.007</b>	-0.359	0.584	0.005	0.859
CARNAÍBA	-0.175	<b>0.093</b>	0.006	0.857	-0.987	0.392	0.009	0.801
CHORROCHÓ	-0.048	<b>0.167</b>	-0.026	<b>0.100</b>	0.697	<b>0.085</b>	-0,023	<b>0.096</b>
EXU	-0.511	<b>0.000</b>	-0.061	<b>0.009</b>	1.11	0.350	-0,046	<b>0.026</b>
FLORESTA	-0.039	0.271	-0.016	<b>0.190</b>	0.002	0.999	-0,027	<b>0.148</b>
GRANITO	0.043	0.492	0.007	0.741	0.742	0.336	-0,005	0.862
IBIMIRIM	-0.026	0.534	-0.001	0.900	-0.585	0.235	-0,053	<b>0.000</b>
IGUARACI	-0.076	<b>0.102</b>	-0.006	0.749	0.572	<b>0.122</b>	-0.004	0.869
IPUBI	-0.127	<b>0.052</b>	-0.079	<b>0.003</b>	-0.159	0.807	-0,071	<b>0.001</b>
ITAPETIM	-0.077	<b>0.188</b>	0.004	0.857	0.191	0.790	-0.001	0.958
JACOBINA	-0.065	<b>0.174</b>	-0.005	0.840	-0.678	0.343	-0.031	0.365
JAGUARARI	-0.135	<b>0.004</b>	-0.085	<b>0.000</b>	1.787	<b>0.011</b>	-0,078	<b>0.000</b>
JUAZEIRO	-0.059	<b>0.091</b>	-0.005	0.741	-0.016	0.974	-0.016	0.342
MIRANDIBA	-0.09	<b>0.113</b>	-0.046	<b>0.049</b>	-0.074	0.918	-0,056	<b>0.004</b>
MOREILÂNDIA	0.000	0.994	-0.003	0.863	0.767	<b>0.052</b>	-0.035	<b>0.193</b>
MORRO DO CHAPÉU	-0.128	<b>0.035</b>	-0.015	0.557	0.24	0.524	-0.066	<b>0.144</b>
OURICURI	-0.309	<b>0.000</b>	-0.026	0.212	1.032	<b>0.086</b>	0.006	0.758
PARNAMIRIM	-0.113	<b>0.014</b>	-0.039	<b>0.001</b>	0.844	<b>0.155</b>	-0,028	0.206
PAULO AFONSO	-0.05	<b>0.102</b>	-0.004	0.759	0.227	0.340	-0.009	0.672
PETROLINA	-0.112	<b>0.003</b>	-0.019	<b>0.138</b>	0.156	0.556	-0.025	0.234
REMANSO	-0.07	<b>0.074</b>	-0.029	<b>0.161</b>	1.034	<b>0.029</b>	-0.058	<b>0.01</b>
SALGUEIRO	-0.052	0.166	-0.01	0.532	0.442	0.384	0.003	0.900
SANTA CRUZ DA VENERADA	-0.167	<b>0.000</b>	0.026	<b>0.036</b>	0.307	0.699	0.086	<b>0.000</b>
SANTA MARIA DA BOA VISTA	-0.118	<b>0.002</b>	-0.038	<b>0.006</b>	-0.269	0.638	0.01	0.451
SÃO JOSÉ DO EGITO	-0.067	<b>0.165</b>	-0.001	0.963	-0.299	0.536	-0.002	0.941
SENTO SÉ	-0.009	0.826	0	0.970	0.895	<b>0.149</b>	-0.008	0.654
SERRA TALHADA	-0.031	0.481	-0.018	0.285	0.525	0.220	-0.009	0.810
TACARATU	-0.141	<b>0.003</b>	-0.022	<b>0.156</b>	0.508	<b>0.060</b>	-0,054	<b>0.023</b>
TRIUNFO	-0.096	0.260	0.003	0.910	0.703	<b>0.061</b>	-0.055	<b>0.064</b>
TUPARETAMA	-0.151	<b>0.024</b>	0.008	0.690	-0.42	0.557	0.057	<b>0.013</b>

	R95p		R99p		PRCPTOT	
	Slope	P_Value	Slope	P_Value	Slope	P_Value
ABARÉ	-2.481	0.268	-1.058	0.313	-1.058	<b>0.071</b>
AFOGADOS DA INGAZEIRA	1.392	0.311	0.504	0.529	0.504	0.76
AFRANIO	0.243	0.747	0.088	0.871	0.088	0.374
ARARIPINA	-1.011	0.386	-0.534	0.473	-0.534	<b>0.107</b>
ARCOVERDE	0.396	0.74	0.399	0.572	0.399	0.773
BETANIA	-1.346	<b>0.167</b>	-0.701	0.267	-0.701	0.025
CAMPO FORMOSO	-2.458	<b>0.007</b>	-0.804	<b>0.072</b>	-0.804	<b>0.004</b>
CARNAÍBA	0.085	0.958	0.782	0.217	0.782	<b>0.087</b>
CHORROCHÓ	-0.863	0.304	0.421	0.440	0.421	0.278
EXU	-1.267	0.274	-0.925	<b>0.131</b>	-0.925	<b>0.000</b>
FLORESTA	-1.231	<b>0.150</b>	0.51	0.325	0.51	0.288
GRANITO	0.174	0.904	-0.696	0.333	-0.696	0.375
IBIMIRIM	0.63	0.421	-1.268	<b>0.008</b>	-1.268	0.592
IGUARACI	-1.231	0.393	-1.204	0.228	-1.204	<b>0.035</b>
IPUBI	-3.545	<b>0.051</b>	-0.391	0.264	-0.391	<b>0.033</b>
ITAPETIM	0.008	0.995	-0.573	0.332	-0.573	0.220
JACOBINA	-0.329	0.854	0.173	0.894	0.173	0.258
JAGUARARI	-7.428	<b>0.001</b>	-3.839	<b>0.003</b>	-3.839	<b>0.027</b>
JUAZEIRO	-0.29	0.781	-0.023	0.973	-0.023	<b>0.014</b>
MIRANDIBA	-1.523	0.290	-0.231	0.733	-0.231	<b>0.067</b>
MOREILÂNDIA	-0.483	0.712	-1.069	<b>0.169</b>	-1.069	<b>0.055</b>
MORRO DO CHAPÉU	-1.105	0.677	-0.069	0.967	-0.069	<b>0.085</b>
OURICURI	0.593	0.658	-1.376	<b>0.111</b>	-1.376	<b>0.014</b>
PARNAMIRIM	-2.752	<b>0.002</b>	-0.371	0.512	-0.371	<b>0.031</b>
PAULO AFONSO	-1.009	0.362	-0.248	0.708	-0.248	<b>0.079</b>
PETROLINA	-2.153	<b>0.054</b>	-1.646	<b>0.067</b>	-1.646	<b>0.003</b>
REMANSO	-1.797	<b>0.116</b>	-0.725	0.265	-0.725	<b>0.025</b>
SALGUEIRO	-0.549	0.625	-0.151	0.820	-0.151	0.053
SANTA CRUZ DA VENERADA	2.057	<b>0.013</b>	0.946	<b>0.075</b>	0.946	<b>0.123</b>
SANTA MARIA DA BOA VISTA	-1.982	<b>0.036</b>	-0.28	0.590	-0.28	<b>0.003</b>
SÃO JOSÉ DO EGITO	-0.055	0.964	-0.175	0.818	-0.175	0.391
SENTO SÉ	-0.286	0.704	-0.168	0.748	-0.168	0.771
SERRA TALHADA	-1.291	0.263	-0.201	0.769	-0.201	<b>0.088</b>
TACARATU	-1.845	<b>0.153</b>	0.409	0.614	0.409	<b>0.046</b>
TRIUNFO	-0.295	0.889	-0.479	0.672	-0.479	0.213
TUPARETAMA	0.959	0.437	-1.158	<b>0.045</b>	-1.158	<b>0.156</b>

**APÊNDICE B – Cálculo do valor mensal dos índices RX1day e RX5day**

<b>RX1day</b>													
<b>year</b>	<b>jan</b>	<b>feb</b>	<b>mar</b>	<b>apr</b>	<b>may</b>	<b>jun</b>	<b>jul</b>	<b>aug</b>	<b>sep</b>	<b>oct</b>	<b>nov</b>	<b>dec</b>	<b>annual</b>
1964	18.7	22.7	9.5	14.4	5.7	5.6	1.8	6.2	1.3	4.1	7.5	10	22.7
1965	13.3	6.4	19.5	24.1	1.8	3.2	1.4	1.2	1.4	2.5	10.8	5.3	24.1
1966	9.2	19.3	11.4	20.7	2.7	3.8	2.2	1.1	1.8	2.5	12.1	14.9	20.7
1967	8.3	13.8	21.4	20.4	11.1	1.8	2	1.5	2.2	2.6	11	20.7	21.4
1968	7.1	7.2	14.2	8.7	5.8	1.5	1.3	0.3	0.5	12.8	15	12.9	15
1969	18.6	19.8	36.2	11.8	3.4	3.3	3.7	1	0.7	0.5	11.7	12.3	36.2
1970	19.1	18.6	20.1	6.7	0.5	0.7	2.2	0.9	0.6	11.2	15.3	8.9	20.1
1971	11.7	8.6	14.3	30.4	5.1	3.3	1.7	1.5	9.2	3.7	11.5	14.1	30.4
1972	23.8	13.5	26.8	10.4	3.8	3.2	1.3	1.6	0.4	2.1	4	32.4	32.4
1973	9.4	4.6	20.6	16.3	24	2.9	3.5	1	8.5	22	7.4	7.4	24
1974	29.7	25.3	28.8	29.3	4.1	2.7	2.1	0.8	0.3	15.7	13	11.7	29.7
1975	23.1	17.2	19.1	16.9	5.3	4.2	16	1.4	1.1	3.5	4.1	9.6	23.1
1976	4.2	24	13.9	10.5	1.5	0.6	0.6	0.2	8.7	15.2	22.5	5.1	24
1977	18	3.4	12.3	17.4	7.7	11.2	3.8	1.3	12.7	2.8	17.8	14.1	18
1978	9.3	28.2	20.5	11	13.4	2.3	3.4	0.8	2.5	0.7	10.3	6.9	28.2
1979	28.5	17.4	14.2	9.1	5.4	2.2	3.1	0.3	0.8	4	17.3	20	28.5
1980	23.3	31.6	11.5	7	0.6	2.2	2.3	0.4	0.8	4.5	16.6	16.8	31.6
1981	8.4	3.2	40.1	10.4	0.5	1.9	0.8	3.2	0.8	2.2	6.6	23.9	40.1
1982	11.5	23.1	18	12.1	2.8	2.1	2.1	0.8	6.2	1.5	0.1	10.6	23.1
1983	8.6	17.5	15.6	4.6	1.4	2.3	2.3	1.1	0	0.3	11.5	7.5	17.5
1984	9	5.5	18	26	5.2	1.4	3.8	1.4	4.2	4.9	22.2	4.8	26
1985	18.9	13.3	17.7	25.6	10.9	6.5	1.5	2.3	0.2	4.9	7.9	16.2	25.6
1986	5.3	12.3	21.5	5.3	2.5	3.8	2	2.4	1.3	3	7	9.4	21.5
1987	8.6	5.3	16.4	9.2	8.4	2.2	2.6	0.3	0.7	5.2	11.4	5.8	16.4
1988	16.5	4.9	23.2	25.5	4.1	6.4	1.8	0.9	0.9	5	19.1	19.4	25.5
1989	4.7	2.5	14.3	17.3	6.2	3.9	3.6	1.6	2.3	2.2	9.2	30.9	30.9
1990	3.1	11.7	3.6	12.4	1.2	1.3	5.6	0.6	3.9	2.5	9	7.2	12.4
1991	11.4	11.7	24.4	6.7	5.4	1.6	1	0.6	0	0	10.3	7.4	24.4
1992	19.8	8.4	8	10.5	1.9	0.6	0.6	0.4	0.7	2.6	13.4	8	19.8
1993	6.8	9	6.7	2.8	3.1	1.3	2.9	0.8	0.3	5.5	8.2	3.7	9
1994	20.5	9.7	20.2	4.7	6.3	4.1	1.8	1.1	0.8	0.4	1.8	11.3	20.5
1995	12.6	20	12.4	10.7	9.6	4	2.7	0.7	0.4	2	8.8	4.5	20
1996	4.8	8	9.4	17	6.6	3.6	1.9	1.2	1	2.3	20.1	4.6	20.1
1997	10.2	10.8	24.4	19.3	4.8	3	2.4	1.2	0	11.2	5.7	3.6	24.4
1998	20.1	7.4	4.8	1.9	0.8	2.6	0.8	0.9	1.9	3.8	10.3	7.8	20.1
1999	19.2	4.2	11.8	4.8	5.4	0.7	2.5	1.2	4.3	6	10.7	8	19.2
2000	8.5	16	8.7	11	2.1	2.4	0.9	1.1	1.2	0.9	7.8	16.4	16.4
2001	2.9	7.7	16.7	3.9	4.5	4.3	14.5	2.5	4.8	3	3.1	22.7	22.7
2002	18.1	7.4	11.5	8	3.4	2.5	2.4	2.5	0.8	0.9	2	13.1	18.1
2003	15.8	9.4	14.2	11.7	12.2	0.7	2.4	1.2	0.5	0.9	13.3	6.2	15.8
2004	39	17.4	6.9	2.6	13	2	1.1	0.9	0.4	5.8	7.4	2.9	39
2005	8.9	21.3	20.5	11.3	14.2	15.5	1.8	1.9	0.7	0.1	24.7	16.3	24.7
2006	0.5	9.9	11.7	13.2	5.4	3	2.1	1.6	2.6	4.3	11.1	7	13.2
2007	4.2	26.7	7.7	11.8	7.8	3.1	2.2	1.7	1	0.4	10.2	6.5	26.7
2008	11.6	35.4	15.7	20	9.6	2.2	2.5	0.6	0.8	0.2	2.8	14.4	35.4
2009	17.6	14.9	17.7	25.8	10	2.1	1.8	3.7	0.7	14.7	1.7	15	25.8
2010	14	10.3	13.7	26	2.6	3.2	4.3	0.6	1.6	9.1	1	16.8	26
2011	14.6	15.1	8.7	11.1	15.4	1.1	2	6.2	0.8	7.7	10.6	8.5	15.4
2012	7.1	17.6	5.8	1.4	2.6	2.1	2	1.2	0.6	0.3	7.6	4	17.6
2013	12.2	0.9	14.3	11.5	3.2	1	5.9	1.6	0.4	2.6	16.1	24.9	24.9
2014	2.8	16.7	7.6	18.4	6.7	1.2	12.4	3.5	1.5	3.4	19.3	6.3	19.3

RX5day													
year	jan	feb	mar	apr	may	jun	jul	aug	sep	oct	nov	dec	annual
1964	71	84.5	23	51.2	13.5	12.8	5	15.4	3.7	8.7	19.9	19.4	84.5
1965	17.7	23.9	58.1	53.2	7.5	12.7	4.3	3.1	2.2	8	31.3	14.9	58.1
1966	21.9	51.6	29.1	75.6	7.1	9.8	4.3	3.6	2.7	6	38.2	39.4	75.6
1967	16	33.6	63.8	56.3	29.2	5.5	4.3	2.9	5.6	3.3	21.5	75.7	75.7
1968	51.7	26.2	42.6	14.7	15	5.4	3.3	1.1	1.2	18.3	35.7	27.9	51.7
1969	59.9	65.9	116.4	12.7	13.6	8.1	11.2	4.7	1.2	0.7	16.3	32.9	116.4
1970	70.5	27.6	61	10.5	2.9	2.1	4.7	3	0.8	30.8	34.9	18.6	70.5
1971	15.8	32	32.4	67.7	18.7	8.9	3.2	5.3	10	5.7	19.7	32.3	67.7
1972	58.1	28.2	49	28.8	8.4	7	4.6	3.4	0.8	2.7	6.5	88.9	88.9
1973	25	10.8	56.6	43.7	32.4	6.4	8.9	2.6	11.2	49.3	22.4	24.6	56.6
1974	68.4	72.2	75.3	58.1	46.5	6.6	7.2	2.6	0.6	20.8	37.6	30.7	75.3
1975	63.2	29.8	54.6	45.7	22.8	12.9	27.9	3.1	2.1	9.2	5.5	18.9	63.2
1976	9.4	75.1	27.3	22.3	2.2	2.5	1.7	0.6	19	44.6	37.3	39.2	75.1
1977	58.4	16.3	38.8	43.1	21	15.6	7.7	5.2	20.6	8	35.4	39.7	58.4
1978	24.2	84.8	73.9	28.3	48.1	5.2	8.2	7.6	5	1.3	22	25.4	84.8
1979	67.4	38.7	35	38.3	17.4	5.1	5.3	0.8	2	5.5	23.2	39	67.4
1980	61.3	93.6	25.4	21.8	1	5.1	4.6	0.6	1.6	6.7	22.3	36.1	93.6
1981	30.4	9.4	94.5	34.5	1.4	3.6	1.2	3.7	1.1	2.3	11.4	32	94.5
1982	32.2	34.6	34.2	26.9	8	3.8	3.2	2.1	6.6	8	3.2	30.4	34.6
1983	33.5	79.6	46.1	26.2	2.2	3.7	3.7	5.4	0.3	0.6	21	23	79.6
1984	30	11.3	56.2	78	14.4	3	7.8	4.6	7	15.4	26.3	5.7	78
1985	61	51.3	48.8	99.5	55.8	16.2	6.1	6.6	0.4	12.9	19.2	59.2	99.5
1986	18.1	48.6	57	25.9	7.2	5.5	5.6	4.3	3	7.7	8.7	24	57
1987	17.7	15	57	41.1	18.2	6.6	10.3	0.8	1.7	5.2	20.2	11.6	57
1988	27.1	13.4	71.2	87.8	14.1	12.9	7.7	1.6	2.3	11.2	34.8	49.6	87.8
1989	16	6.7	40.1	34.6	19.8	7.9	11.9	3	7.5	3.4	26.2	92.6	92.6
1990	4.7	31.6	15.6	30.6	9.2	3.5	7.3	1.6	8.5	4.9	15.6	14.3	31.6
1991	31.7	34.9	68.6	23.6	8.3	4.3	1.9	1.2	0.2	0	29.2	10.8	68.6
1992	76.5	71.4	18.5	35.9	3.3	1.3	1.7	0.6	1.7	3	23.9	25.9	76.5
1993	14.5	11	7.6	10.5	4.7	5	8	1.5	0.4	10.1	13.4	17.2	17.2
1994	40.5	20.7	49.8	12.5	10.8	12.8	5.2	3.4	1.9	0.4	3.3	17.5	49.8
1995	27.1	43.4	37.3	24.6	30.9	8	7	1.3	0.8	2	23.2	13.7	43.4
1996	13	17.8	26.5	44.7	14.7	7.5	3.6	4	1.8	4.3	56.9	18.2	56.9
1997	39.4	15.8	72.4	48.9	36.3	4.6	6	2.6	0.4	18.7	15.4	8.2	72.4
1998	34.6	13.2	7.2	3.1	1	5.7	2.5	2.4	5	9.1	26.8	19.2	34.6
1999	27.4	8.1	27.9	8.1	14.6	1.7	3.9	2.1	7.7	12.6	15.7	33.7	33.7
2000	28.4	35.5	25.3	25.3	5.5	6.3	3.4	4	3.3	1.7	32.8	50.8	50.8
2001	5.3	20.3	55.8	10.7	8.3	11.9	19.5	9.3	6.7	10.9	4.5	41.5	55.8
2002	71	16.6	20.3	16.2	6.2	7.1	5.3	4.6	1.8	1.1	4.6	34.5	71
2003	30.9	30.1	56.1	26.3	28.3	3.4	4.6	2.5	1.4	1.9	21.6	6.5	56.1
2004	105.7	76.7	30.7	5.9	25.1	4.7	2.3	3.1	0.5	7.9	20.8	6.4	105.7
2005	26.9	54.5	54.6	37.5	46.1	21.4	5.2	4.9	1.3	0.1	38.4	53.2	54.6
2006	4.5	28	42.4	42	11.6	8.1	5.2	2.8	6.6	12.9	18.4	16.8	42.4
2007	10.8	90.5	16.8	14.9	16.1	7.9	7.2	4.5	2.6	0.4	23.9	16.2	90.5
2008	16.6	51.4	54.5	84.7	20	3.6	6	1.3	0.9	0.9	3.3	29.7	84.7
2009	35.5	37	29.2	63.7	23.1	8.1	3.6	4.7	0.7	38.8	3.9	26.6	63.7
2010	34.2	20.7	24.4	64.7	4.4	10.7	9.2	2	4.7	27.6	20.3	68.4	68.4
2011	20.7	50.7	46.5	19.9	30.4	3	4.1	9.5	2.9	15.9	14.7	14.6	50.7
2012	7.7	32.1	8.2	1.7	7.1	3.7	2.7	3.2	1.2	1.5	15.4	10.4	32.1
2013	37.6	2.5	27	28.9	11.2	2.5	11.1	5.7	1	6.6	23.3	83.8	83.8
2014	3.7	43.8	26.3	53.9	19.6	8.8	13.6	13.6	2.8	7.9	49.8	14.5	53.9

**APÊNDICE C – Valores calculados dos Índices de Anomalia de Chuva**

<b>ANO</b>	<b>IAC</b>	<b>CLASSE DE INTENSIDADE</b>	<b>ANO</b>	<b>IAC</b>	<b>CLASSE DE INTENSIDADE</b>
<b>1964</b>	3,790466	Muito úmido	<b>1990</b>	-2,94155	Muito seco
<b>1965</b>	0,958547	Úmido	<b>1991</b>	-1,2418	Seco
<b>1966</b>	1,797995	Úmido	<b>1992</b>	-1,57814	Seco
<b>1967</b>	2,797326	Muito úmido	<b>1993</b>	-5,21212	Extremamente seco
<b>1968</b>	0,362979	Úmido	<b>1994</b>	-0,47627	Seco
<b>1969</b>	1,120865	Úmido	<b>1995</b>	-0,66957	Seco
<b>1970</b>	-0,66435	Seco	<b>1996</b>	-0,06233	Seco
<b>1971</b>	0,29755	Úmido	<b>1997</b>	-0,38245	Seco
<b>1972</b>	0,212113	Úmido	<b>1998</b>	-4,25522	Extremamente seco
<b>1973</b>	1,05661	Úmido	<b>1999</b>	-2,55122	Muito seco
<b>1974</b>	5,453072	Extremamente úmido	<b>2000</b>	-0,72351	Seco
<b>1975</b>	2,151948	Muito úmido	<b>2001</b>	-2,29257	Muito seco
<b>1976</b>	-0,54353	Seco	<b>2002</b>	-1,33296	Seco
<b>1977</b>	1,162781	Úmido	<b>2003</b>	-1,88443	Seco
<b>1978</b>	1,25446	Úmido	<b>2004</b>	1,732705	Úmido
<b>1979</b>	0,521934	Úmido	<b>2005</b>	0,589475	Úmido
<b>1980</b>	0,995183	Úmido	<b>2006</b>	-0,26892	Seco
<b>1981</b>	-0,2184	Seco	<b>2007</b>	-0,56539	Seco
<b>1982</b>	-2,57717	Muito seco	<b>2008</b>	0,37558	Úmido
<b>1983</b>	-1,91699	Seco	<b>2009</b>	1,428146	Úmido
<b>1984</b>	0,354612	Úmido	<b>2010</b>	-0,01411	Seco
<b>1985</b>	6,905803	Extremamente úmido	<b>2011</b>	-1,18448	Seco
<b>1986</b>	-0,06484	Seco	<b>2012</b>	-4,5162	Extremamente Seco
<b>1987</b>	-1,22009	Seco	<b>2013</b>	-1,69901	Seco
<b>1988</b>	1,674662	Úmido	<b>2014</b>	-1,86521	Seco
<b>1989</b>	2,325368	Muito úmido			

**APÊNDICE D** - correlações entre os índices climáticos extremos da precipitação e as anomalias de TSM para as regiões dos oceanos Atlântico e Pacífico.

Postos	RX1day															
	Niño1+2		NIÑO3		Niño3.4		Niño4		IOS		ONI		TNA		TSA	
	Cor.	p	Cor.	p	Cor.	p	Cor.	p	Cor.	p	Cor.	p	Cor.	p	Cor.	p
Abaré	0,14	0,56	0,20	0,40	0,13	0,57	-0,05	0,83	-0,22	0,35	0,17	0,46	-0,28	0,24	-0,13	0,58
Afogados da Ingazeira	-0,26	0,23	-0,17	0,44	-0,06	0,77	-0,01	0,98	0,11	0,62	-0,03	0,88	-0,18	0,41	0,01	0,96
Afranio	0,03	0,85	0,05	0,71	0,07	0,63	0,04	0,76	-0,04	0,80	0,06	0,68	0,11	0,46	0,21	0,14
Araripina	-0,45	0,10	-0,44	0,11	-0,36	0,21	-0,28	0,33	0,34	0,23	-0,33	0,25	-0,28	0,33	-0,06	0,84
Arcoverde	0,33	0,27	0,24	0,43	0,18	0,55	0,19	0,53	-0,12	0,71	0,11	0,73	0,46	0,11	0,10	0,74
Betania	-0,19	0,34	-0,18	0,37	-0,20	0,34	-0,20	0,33	0,22	0,27	-0,15	0,48	-0,29	0,15	0,06	0,79
Campo formoso	-0,94	0,22	-1,000*	0,02	-0,81	0,40	-0,94	0,23	,998*	0,04	-0,45	0,70	-0,86	0,35	-0,58	0,60
Carnaíba	-0,14	0,50	-0,09	0,68	0,00	0,99	0,04	0,85	-0,01	0,95	0,02	0,93	-,521**	0,01	-0,03	0,90
Chorrochó	-0,25	0,32	-0,26	0,30	-0,32	0,19	-0,46	0,05	0,34	0,17	-0,23	0,38	-0,23	0,35	0,05	0,83
Exu	-,501*	0,04	-0,25	0,33	-0,06	0,83	0,14	0,59	0,08	0,75	-0,03	0,90	-0,06	0,81	-0,14	0,58
Floresta	-0,50	0,12	-0,20	0,56	0,11	0,75	0,35	0,29	-0,15	0,66	0,08	0,81	-0,33	0,32	-0,20	0,55
Granito	-,580*	0,02	-,584*	0,02	-0,48	0,07	-0,34	0,22	0,44	0,10	-0,37	0,19	-0,16	0,58	-0,26	0,36
Ibimirim	-0,20	0,39	-0,11	0,64	-0,01	0,97	0,15	0,51	0,00	1,00	-0,07	0,75	-0,05	0,83	0,00	0,98
Iguaraci	-0,18	0,39	-0,13	0,52	-0,10	0,65	-0,10	0,65	0,15	0,47	-0,06	0,79	0,14	0,51	0,14	0,52
Ipubi	0,23	0,37	0,39	0,11	0,36	0,14	0,22	0,37	-0,14	0,57	0,42	0,08	0,04	0,88	-,530*	0,02
Itapetim	-,325*	0,04	-0,20	0,21	-0,05	0,78	0,05	0,78	0,04	0,82	-0,02	0,90	-0,18	0,26	0,21	0,20
Jacobina	-0,19	0,45	-0,37	0,13	-0,34	0,17	-0,30	0,23	0,28	0,27	-0,30	0,23	0,02	0,95	-0,02	0,93
Jaguarari	,583*	0,03	,544*	0,04	,537*	0,05	0,37	0,19	-,566*	0,03	,598*	0,02	-0,07	0,82	-0,47	0,09
Juazeiro	-0,14	0,70	-0,21	0,56	-0,21	0,55	0,00	0,99	0,05	0,88	-0,22	0,54	0,01	0,97	-0,18	0,62
Mirandiba	0,09	0,67	0,17	0,40	0,19	0,36	0,27	0,19	-0,18	0,40	0,25	0,24	0,39	0,05	-0,29	0,15
Moreilândia	-0,16	0,45	-0,08	0,72	0,00	0,98	0,07	0,75	0,03	0,90	0,02	0,93	0,07	0,75	0,11	0,60
Morro do chapéu	0,92	0,08	0,79	0,21	0,65	0,35	0,53	0,47	-0,27	0,73	0,76	0,24	0,58	0,42	0,37	0,63
Ouricuri	-0,21	0,33	-0,09	0,69	0,04	0,87	0,16	0,45	-0,08	0,70	0,05	0,81	0,19	0,40	-0,09	0,69
Parnamirim	-0,02	0,94	-0,16	0,54	-0,23	0,37	-0,27	0,29	0,25	0,33	-0,18	0,48	-0,29	0,26	-0,41	0,10
Paulo afonso	-0,46	0,15	-0,41	0,21	-0,28	0,40	-0,10	0,77	0,25	0,46	-0,25	0,49	-0,11	0,75	0,34	0,30
Petrolina	-0,29	0,36	-0,48	0,11	-,595*	0,04	-,601*	0,04	,661*	0,02	-,648*	0,02	-0,45	0,14	0,34	0,29
Remanso	-0,58	0,10	-0,60	0,08	-0,50	0,17	-0,44	0,24	0,50	0,17	-0,46	0,21	-0,48	0,19	-0,36	0,34
Salgueiro	-0,37	0,07	-0,32	0,13	-0,16	0,45	-0,01	0,95	0,14	0,53	-0,13	0,55	0,10	0,63	0,01	0,97
Santa cruz da venerada	-0,06	0,74	-0,07	0,70	-0,06	0,75	0,09	0,64	-0,07	0,71	-0,16	0,39	0,25	0,17	0,04	0,84
Santa maria da boa vista	-0,38	0,13	-0,24	0,34	-0,06	0,81	0,09	0,74	0,12	0,65	-0,05	0,84	0,00	0,99	-0,14	0,60
São José do egito	-0,24	0,30	-0,19	0,41	-0,14	0,54	-0,11	0,65	0,13	0,56	-0,12	0,60	-0,08	0,73	-0,10	0,68
Sento sé	0,15	0,85	0,08	0,92	-0,30	0,70	-0,50	0,50	0,45	0,55	-0,34	0,66	0,42	0,58	0,30	0,70
Serra talhada	-0,42	0,26	-,813**	0,01	-,850**	0,00	-,699*	0,04	0,56	0,11	-,853**	0,00	-0,33	0,39	0,09	0,82
Tacaratu	0,12	0,52	-0,07	0,72	-0,11	0,56	-0,09	0,66	0,18	0,36	-0,13	0,52	0,13	0,51	0,07	0,71
Triunfo	0,11	0,66	0,12	0,63	0,10	0,69	0,09	0,72	0,02	0,93	0,14	0,59	-0,07	0,78	0,06	0,80
Tuparetama	-0,31	0,35	-0,34	0,31	-0,21	0,55	-0,06	0,86	0,13	0,69	-0,26	0,44	-0,38	0,25	-0,09	0,79
<b>MÉDIA</b>	<b>-,379**</b>	<b>0,01</b>	<b>-,326*</b>	<b>0,02</b>	<b>-0,21</b>	<b>0,14</b>	<b>-0,12</b>	<b>0,40</b>	<b>0,22</b>	<b>0,13</b>	<b>-0,17</b>	<b>0,25</b>	<b>-0,08</b>	<b>0,57</b>	<b>-0,04</b>	<b>0,80</b>

\*\*A correlação é significativa no nível 0,01.\*A correlação é significativa no nível 0,05.

## RX5day

Postos	Niño1+2		niño 3		Niño3.4		Niño4		IOS		ONI		TNA		TSA	
	Cor.	p	Cor.	p	Cor.	p	Cor.	p	Cor.	p	Cor.	p	Cor.	p	Cor.	p
Abaré	-0,27	0,30	-0,35	0,17	-0,39	0,12	-0,42	0,09	0,33	0,20	-0,37	0,14	-0,31	0,23	0,22	0,40
Afogados da ingazeira	0,18	0,44	0,35	0,12	,479*	0,03	,509*	0,02	-0,40	0,07	,480*	0,03	0,01	0,95	-0,32	0,16
Afranio	0,18	0,21	0,20	0,16	0,26	0,07	0,25	0,08	-0,20	0,17	0,25	0,08	0,04	0,77	-0,03	0,84
Araripina	-0,45	0,22	-0,34	0,37	-0,20	0,61	-0,12	0,76	0,14	0,71	-0,15	0,70	-0,42	0,27	-0,42	0,26
Arcoverde	0,47	0,35	0,43	0,40	0,31	0,55	0,43	0,40	-0,17	0,75	-0,14	0,82	0,36	0,49	0,46	0,36
Betania	-0,27	0,36	-0,05	0,87	0,08	0,79	0,19	0,52	-0,08	0,80	0,13	0,67	0,10	0,74	-0,24	0,41
Campo formoso	-0,08	0,88	-0,28	0,59	-0,30	0,56	-0,17	0,74	0,32	0,54	-0,25	0,63	0,38	0,46	0,27	0,60
Carnaíba	-0,44	0,10	-0,32	0,25	-0,12	0,66	-0,06	0,82	0,11	0,69	-0,06	0,83	,572*	0,03	0,00	1,00
Chorrochó	-0,40	0,16	-0,43	0,13	-0,47	0,09	-0,35	0,22	0,39	0,17	-0,54	0,06	0,10	0,73	0,25	0,38
Exu	-,770*	0,02	-,697*	0,04	-0,49	0,18	-0,19	0,63	0,38	0,32	-0,45	0,22	-0,49	0,18	-0,10	0,80
Floresta	-,695*	0,04	-0,59	0,09	-0,37	0,33	-0,18	0,63	0,21	0,60	-0,37	0,37	-0,58	0,10	-0,24	0,53
Granito	-0,11	0,74	-0,07	0,84	-0,20	0,55	-0,09	0,79	0,35	0,29	-0,17	0,62	0,30	0,38	-0,21	0,53
Ibimirim	0,21	0,58	0,31	0,41	0,36	0,34	0,44	0,24	-0,27	0,49	0,25	0,56	0,09	0,82	-0,10	0,79
Iguaraci	-0,66	0,05	-0,45	0,22	-0,22	0,57	-0,02	0,97	0,23	0,55	-0,16	0,67	-0,02	0,95	-0,20	0,60
Ipubi	0,64	0,09	0,65	0,08	0,55	0,16	0,46	0,25	-0,35	0,40	0,57	0,14	0,26	0,53	-0,15	0,72
Itapetim	-0,29	0,11	-0,17	0,34	-0,04	0,82	0,06	0,75	-0,01	0,95	-0,04	0,84	-0,08	0,65	-0,04	0,81
Jacobina	0,15	0,63	0,00	0,99	-0,02	0,95	0,13	0,67	0,24	0,43	-0,03	0,93	0,55	0,05	0,22	0,47
Jaguarari	-0,28	0,51	-0,05	0,90	0,24	0,57	0,28	0,50	-0,29	0,49	0,32	0,44	0,28	0,50	0,14	0,74
Juazeiro	-0,49	0,22	-,773*	0,02	-,830*	0,01	-0,61	0,11	,858**	0,01	-,80*	0,02	0,32	0,45	0,03	0,94
Mirandiba	-,67**	0,00	-,67**	0,00	-,57**	0,01	-,47*	0,03	,518*	0,02	-,54*	0,01	-,53*	0,01	-0,20	0,38
Moreilândia	-0,31	0,16	-0,10	0,65	0,08	0,74	0,15	0,51	-0,06	0,78	0,14	0,54	0,08	0,71	-0,04	0,85
Morro do chapéu	,916*	0,03	,960**	0,01	,881*	0,05	0,76	0,14	-0,77	0,13	0,86	0,06	0,43	0,47	0,50	0,39
Ouricuri	0,06	0,87	0,15	0,67	0,18	0,60	0,30	0,36	-0,02	0,95	0,16	0,64	,644*	0,03	-0,07	0,84
Parnamirim	0,00	0,99	-0,36	0,25	-0,46	0,13	-0,44	0,15	,636*	0,03	-0,47	0,13	-0,24	0,46	0,33	0,29
Paulo afonso	-0,69	0,20	-0,68	0,21	-0,64	0,24	-0,57	0,31	0,46	0,43	-0,65	0,23	-0,53	0,36	0,57	0,32
Petrolina	-0,37	0,54	-0,30	0,62	-0,22	0,72	-0,06	0,93	0,22	0,72	-0,18	0,77	0,54	0,34	-0,35	0,56
Remanso	-0,45	0,37	-0,39	0,45	-0,27	0,61	-0,16	0,76	0,00	0,99	-0,25	0,64	-0,16	0,76	-,87*	0,02
Salgueiro	0,36	0,18	0,13	0,65	0,07	0,82	-0,02	0,93	-0,17	0,55	0,12	0,67	-0,11	0,71	-0,06	0,82
Santa cruz da venerada	-0,20	0,41	-0,25	0,28	-0,30	0,20	-0,15	0,52	0,28	0,23	-0,39	0,09	0,25	0,29	0,39	0,09
Santa maria da boa vista	-,717*	0,03	-0,56	0,12	-0,34	0,37	-0,04	0,91	0,41	0,27	-0,31	0,41	-0,27	0,49	-0,43	0,25
São José do egito	-0,55	0,08	-0,45	0,16	-0,34	0,31	-0,21	0,53	0,47	0,15	-0,33	0,33	-0,25	0,46	-0,08	0,81
Sento sé	-0,07	0,93	-0,56	0,44	-0,33	0,67	-0,35	0,65	-0,24	0,76	-0,15	0,85	-0,31	0,69	-0,86	0,14
Serra talhada	-0,19	0,65	-0,49	0,22	-0,62	0,10	-0,63	0,09	0,35	0,39	-0,60	0,11	0,13	0,75	-0,01	0,98
Tacaratu	-0,05	0,88	-0,24	0,47	-0,32	0,34	-0,41	0,21	0,47	0,14	-0,32	0,34	-0,27	0,42	0,22	0,52
Triunfo	0,78	0,07	0,27	0,61	-0,07	0,89	-0,22	0,67	0,34	0,51	-0,12	0,83	-0,05	0,93	0,38	0,46
Tuparetama	-0,59	0,06	-0,43	0,19	-0,14	0,68	0,06	0,85	0,08	0,81	-0,19	0,58	-0,32	0,34	-0,08	0,81
<b>MÉDIA</b>	<b>-,261</b>	<b>,065</b>	<b>-,248</b>	<b>,079</b>	<b>-,167</b>	<b>,242</b>	<b>-,109</b>	<b>,446</b>	<b>,160</b>	<b>,263</b>	<b>-,121</b>	<b>,402</b>	<b>-,039</b>	<b>,788</b>	<b>-,130</b>	<b>,363</b>

\*\* A correlação é significativa no nível 0,01. \*A correlação é significativa no nível 0,05.

## SDII

Postos	Niño1+2		Niño3		Nino3.4		Niño4		IOS		ONI		TNA		TSA	
	Cor.	p	Cor.	p	Cor.	p	Cor.	p								
Abaré	-,999*	0,03	-0,99	0,09	-0,98	0,12	-0,91	0,28	,997*	0,05	-0,99	0,08	-0,66	0,54	0,92	0,26
Afogados da Ingazeira	0,11	0,89	-0,25	0,75	-0,58	0,42	-0,54	0,46	0,75	0,25	-0,75	0,25	0,89	0,11	0,00	1,00
Afranio	0,19	0,19	0,24	0,08	0,22	0,12	0,15	0,28	-0,24	0,10	0,22	0,13	-0,09	0,53	-0,18	0,21
Araripina	-0,96	0,17	-0,86	0,34	0,22	0,86	1,000*	0,02	0,81	0,40	-0,18	0,89	0,85	0,35	0,81	0,40
Arcoverde	-,999*	0,03	0,45	0,70	0,77	0,44	0,54	0,64	-0,47	0,69	0,92	0,25	0,67	0,53	0,22	0,86
Betania	-0,78	0,43	-0,60	0,59	-0,47	0,69	-0,60	0,59	0,33	0,79			-0,23	0,85	-0,59	0,60
Carnaíba	0,01	0,98	0,13	0,78	0,53	0,22	0,18	0,69	-0,24	0,61	0,75	0,05	0,21	0,66	-0,12	0,80
Chorrochó	-0,81	0,39	-0,71	0,50	-0,70	0,51	-0,94	0,21	0,28	0,82	-0,57	0,62	0,32	0,79	-0,81	0,40
Exu	-0,83	0,08	-0,82	0,09	-0,77	0,13	-0,62	0,26	0,77	0,13	-0,74	0,15	-0,60	0,29	-0,06	0,92
Floresta	-0,46	0,35	-0,49	0,33	-0,10	0,85	0,18	0,74	0,13	0,81	-0,06	0,91	-0,22	0,67	-0,09	0,87
Granito	-0,79	0,21	-0,50	0,50	-0,28	0,72	-0,14	0,86	0,35	0,65	-0,19	0,81	0,35	0,65	-0,80	0,20
Iguaraci	-0,42	0,48	-0,38	0,53	-0,32	0,60	-0,27	0,66	0,33	0,59	-0,45	0,44	0,21	0,73	0,32	0,60
Ipubi	-0,22	0,48	-0,17	0,60	-0,31	0,32	-,582*	0,05	0,20	0,53	-0,15	0,63	-,694*	0,01	-0,24	0,44
Itapetim	0,31	0,69	0,41	0,59	0,51	0,49	0,47	0,53	-0,12	0,88	0,46	0,54	-0,15	0,85	0,26	0,74
Jacobina	,982**	0,00	,939*	0,02	,894*	0,04	,883*	0,05	-0,60	0,28	0,83	0,08	0,46	0,43	-0,42	0,48
Jaguarari	-0,54	0,64	-0,78	0,43	-0,91	0,27	-0,97	0,17	0,95	0,20	-0,90	0,29	-0,59	0,60	0,93	0,23
Juazeiro	0,97	0,15	0,86	0,34	0,71	0,50	0,63	0,56	-0,55	0,63	0,69	0,52	0,26	0,83	-0,18	0,88
Mirandiba	-0,84	0,08	-0,66	0,23	-0,13	0,83	0,23	0,70	0,02	0,97	-0,08	0,90	-0,62	0,26	-0,83	0,08
Moreilândia	-0,61	0,39	-0,43	0,57	-0,13	0,87	0,13	0,87	0,64	0,36	-0,25	0,75	-0,11	0,89	-0,27	0,73
Ouricuri	-0,77	0,44	-0,89	0,30	-0,99	0,08	-0,90	0,29	0,99	0,11	-0,99	0,08	-0,01	0,99	0,74	0,47
Parnamirim	0,35	0,56	0,32	0,60	0,25	0,68	0,12	0,85	-0,48	0,42	0,26	0,67	-0,79	0,11	-0,35	0,57
Paulo afonso	-0,47	0,69	0,08	0,95	0,89	0,30	0,40	0,74	-0,43	0,72	0,93	0,24	-0,46	0,70	-0,84	0,37
Petrolina	-0,06	0,92	0,17	0,74	0,15	0,78	0,07	0,89	0,01	0,98	0,24	0,65	-0,15	0,77	-0,38	0,46
Remanso	-0,32	0,68	0,06	0,94	0,47	0,53	0,75	0,25	-0,17	0,83	0,34	0,66	-0,51	0,49	-0,11	0,89
Salgueiro	-0,48	0,28	-0,21	0,66	0,46	0,30	,832*	0,02	-0,44	0,33	0,51	0,24	-0,07	0,88	-0,61	0,14
Santa cruz da venerada	0,99	0,07	0,99	0,07	0,99	0,09	0,91	0,27	-0,92	0,26	0,98	0,14	-0,67	0,54	-0,88	0,31
Santa maria da boa vista	,950*	0,01	0,88	0,05	0,79	0,12	0,67	0,22	-0,84	0,07	0,69	0,20	0,72	0,17	0,09	0,88
São josé do Egito	0,02	0,99	-0,21	0,87	-0,66	0,54	-0,93	0,24	0,64	0,56	-0,47	0,69	-0,96	0,18	-0,97	0,15
Sento sé	0,66	0,54	0,89	0,31	0,97	0,15	0,99	0,07	-,999*	0,03			1,00	0,06	0,85	0,35
Serra talhada	-0,32	0,68	-0,56	0,44	-0,74	0,26	-0,48	0,52	0,60	0,40	-0,70	0,30	-0,13	0,87	0,25	0,75
Tacaratu	0,43	0,25	0,23	0,55	0,06	0,87	-0,21	0,58	-0,32	0,41	0,17	0,67	-0,47	0,21	-0,48	0,19
Triunfo	-0,08	0,89	-0,53	0,28	-0,70	0,12	-0,63	0,18	0,72	0,11	-0,72	0,10	0,54	0,26	0,76	0,08
Tuparetama	-0,16	0,90	0,18	0,88	0,37	0,76	-0,34	0,78	-0,41	0,73	0,45	0,70	-0,49	0,67	-0,65	0,55
<b>MÉDIA</b>	<b>-0,12</b>	<b>0,40</b>	<b>-0,13</b>	<b>0,35</b>	<b>-0,08</b>	<b>0,58</b>	<b>-0,15</b>	<b>0,30</b>	<b>-0,05</b>	<b>0,70</b>	<b>0,04</b>	<b>0,77</b>	<b>-,41**</b>	<b>0,00</b>	<b>-,322*</b>	<b>0,02</b>

\*\* A correlação é significativa no nível 0,01. \*A correlação é significativa no nível 0,05.

## RP95p

Postos	Niño1+2		Niño3		Niño3.4		Niño4		IOS		ONI		TNA		TSA	
	Cor.	p	Cor.	p	Cor.	p	Cor.	p	Cor.	p	Cor.	p	Cor.	p	Cor.	p
Abaré	-0,16	0,43	-0,24	0,23	-0,37	0,06	-,47*	0,01	0,27	0,18	-0,28	0,16	-,384*	0,05	0,11	0,58
Afogados da ingazeira	-0,09	0,69	-0,11	0,64	-0,16	0,47	-0,22	0,33	0,23	0,30	-0,18	0,44	-0,10	0,67	0,11	0,63
Afranio	0,10	0,48	0,10	0,51	0,09	0,53	0,04	0,77	-0,05	0,73	0,08	0,57	0,05	0,71	0,16	0,26
Araripina	-,615*	0,02	-,70**	0,00	-,64*	0,01	-,58*	0,03	0,42	0,13	-0,53	0,06	-0,25	0,39	-0,30	0,29
Arcoverde	-0,19	0,20	-0,26	0,07	-0,27	0,07	-0,24	0,11	,334*	0,02	-,306*	0,04	-0,01	0,92	0,17	0,26
Betania	-0,30	0,16	-0,28	0,18	-0,19	0,39	-0,08	0,69	0,35	0,09	-0,21	0,32	0,01	0,96	0,06	0,79
Campo formoso	-0,32	0,34	-0,12	0,72	0,19	0,57	0,21	0,54	-0,25	0,47	0,28	0,40	-0,18	0,60	-0,23	0,49
Carnaíba	-0,19	0,36	-0,15	0,46	-0,05	0,82	0,00	0,99	-0,03	0,89	-0,05	0,81	-0,36	0,07	0,16	0,42
Chorrochó	-0,19	0,35	-0,18	0,40	-0,19	0,35	-0,27	0,20	0,07	0,73	-0,06	0,80	-0,26	0,21	-0,08	0,69
Exu	-0,41	0,08	-0,31	0,20	-0,15	0,55	0,01	0,96	0,23	0,35	-0,01	0,97	0,00	0,99	-0,13	0,60
Floresta	-0,40	0,10	-0,33	0,18	-0,21	0,40	-0,19	0,44	-0,02	0,93	-0,18	0,48	-,67**	0,00	0,01	0,97
Granito	-0,44	0,05	-0,38	0,09	-0,27	0,25	-0,04	0,86	0,23	0,34	-0,28	0,25	0,22	0,36	-0,14	0,56
Ibimirim	0,02	0,92	-0,04	0,87	-0,08	0,72	-0,08	0,71	0,12	0,60	-0,08	0,75	0,16	0,48	0,08	0,72
Iguaraci	-0,14	0,57	-0,02	0,95	0,08	0,73	0,11	0,65	-0,14	0,55	0,11	0,65	-0,01	0,96	0,09	0,72
Ipubi	-0,15	0,46	-0,17	0,41	-0,26	0,21	-0,37	0,07	0,24	0,24	-0,18	0,38	-,492*	0,01	-0,16	0,43
Itapetim	-0,16	0,31	-0,01	0,93	0,08	0,61	0,17	0,28	0,01	0,95	0,05	0,76	0,09	0,55	0,28	0,07
Jacobina	-0,04	0,89	-0,17	0,53	-0,20	0,45	-0,17	0,54	0,19	0,48	-0,20	0,45	0,14	0,60	0,31	0,24
Jaguarari	,688**	0,00	,580**	0,00	,467*	0,03	0,24	0,28	-,46*	0,03	,558**	0,01	0,07	0,75	-0,30	0,18
Juazeiro	-0,24	0,37	-0,15	0,57	-0,03	0,92	0,03	0,91	-0,14	0,62	0,02	0,96	-0,12	0,67	-0,39	0,13
Mirandiba	-0,15	0,47	-0,07	0,73	-0,01	0,94	0,04	0,86	-0,03	0,90	0,02	0,90	-0,13	0,51	-0,34	0,08
Moreilândia	-0,22	0,23	-0,24	0,19	-0,19	0,31	-0,10	0,61	0,26	0,16	-0,19	0,32	0,09	0,63	0,21	0,26
Morro do chapéu	-0,68	0,53	-0,38	0,75	0,02	0,99	0,28	0,82	0,76	0,45	0,04	0,97	0,86	0,34	-0,35	0,77
Ouricuri	-0,05	0,82	-0,13	0,54	-0,18	0,40	-0,16	0,48	0,15	0,50	-0,20	0,37	0,10	0,64	0,18	0,41
Parnamirim	-0,10	0,68	-0,30	0,21	-0,33	0,16	-0,37	0,12	0,31	0,19	-0,33	0,16	-0,15	0,54	-0,19	0,44
Paulo afonso	-0,42	0,13	-0,49	0,08	-0,46	0,10	-0,41	0,15	0,48	0,08	-0,45	0,12	0,17	0,57	0,19	0,52
Petrolina	-0,01	0,97	0,02	0,94	0,05	0,86	0,17	0,56	-0,09	0,76	0,03	0,91	0,02	0,93	-0,08	0,78
Remanso	-0,49	0,15	-0,38	0,27	-0,06	0,86	0,05	0,89	0,14	0,70	0,05	0,90	-0,23	0,53	-0,07	0,84
Salgueiro	-0,02	0,92	0,04	0,86	0,14	0,51	0,26	0,23	-0,13	0,56	0,14	0,54	0,35	0,10	-0,10	0,66
Santa cruz da venerada	-0,21	0,20	-0,18	0,28	-0,15	0,37	0,03	0,85	0,09	0,59	-0,24	0,15	0,27	0,11	0,20	0,25
Santa maria da boa vista	-0,23	0,32	-0,13	0,58	-0,02	0,94	0,03	0,90	0,10	0,68	-0,01	0,98	-0,15	0,53	-0,08	0,74
São josé do egito	-0,03	0,90	0,04	0,84	0,16	0,45	0,23	0,28	-0,12	0,58	0,10	0,64	-0,15	0,47	0,12	0,57
Sento sé	-0,22	0,45	-0,21	0,48	-0,15	0,61	-0,04	0,89	0,08	0,78	-0,17	0,56	-0,04	0,88	0,15	0,62
Serra talhada	-0,35	0,26	-0,34	0,28	-0,17	0,60	-0,26	0,41	-0,11	0,72	-0,05	0,87	-0,34	0,28	-,69*	0,01
Tacaratu	0,20	0,38	0,02	0,94	-0,06	0,79	-0,12	0,62	0,23	0,31	-0,08	0,74	0,07	0,77	0,17	0,47
Triunfo	-0,07	0,82	-0,15	0,64	-0,26	0,41	-0,25	0,43	0,49	0,11	-0,27	0,40	-0,04	0,89	0,12	0,72
Tuparetama	-0,10	0,65	-0,03	0,88	0,17	0,44	0,38	0,07	-0,13	0,56	0,04	0,87	0,05	0,83	0,24	0,27
<b>MÉDIA</b>	<b>-,344*</b>	<b>0,01</b>	<b>-,36**</b>	<b>0,01</b>	<b>-,29*</b>	<b>0,04</b>	<b>-0,25</b>	<b>0,08</b>	<b>,312*</b>	<b>0,03</b>	<b>-0,24</b>	<b>0,09</b>	<b>-0,15</b>	<b>0,30</b>	<b>0,02</b>	<b>0,87</b>

\*\* A correlação é significativa no nível 0,01. \*A correlação é significativa no nível 0,05.

<b>R99p</b>																
<b>Postos</b>	<b>Niño1+2</b>		<b>Niño3</b>		<b>Niño3.4</b>		<b>Niño4</b>		<b>IOS</b>		<b>ONI</b>		<b>TNA</b>		<b>TSA</b>	
	<i>Cor.</i>	<i>p</i>	<i>Cor.</i>	<i>p</i>	<i>Cor.</i>	<i>p</i>	<i>Cor.</i>	<i>p</i>	<i>Cor.</i>	<i>p</i>	<i>Cor.</i>	<i>p</i>	<i>Cor.</i>	<i>p</i>	<i>Cor.</i>	<i>p</i>
Abaré	-0,01	0,96	0,00	1,00	-0,06	0,73	-0,17	0,35	0,00	0,99	-0,03	0,88	-0,34	0,06	0,02	0,93
Afogados da ingazeira	-0,25	0,14	-0,21	0,21	-0,16	0,34	-0,12	0,48	0,06	0,71	-0,16	0,35	-,385*	0,02	0,03	0,86
Afranio	0,08	0,58	0,08	0,59	0,07	0,61	-0,01	0,97	-0,01	0,97	0,09	0,53	0,11	0,44	0,16	0,27
Araripina	-0,13	0,48	-0,11	0,56	-0,06	0,75	-0,01	0,95	0,00	0,99	-0,05	0,77	0,08	0,68	0,03	0,87
Arcoverde	0,03	0,88	-0,03	0,86	-0,07	0,69	-0,11	0,53	0,30	0,10	-0,12	0,52	-,375*	0,03	0,20	0,27
Betania	-0,06	0,74	-0,05	0,75	-0,09	0,58	-0,08	0,64	0,19	0,25	-0,11	0,54	-0,24	0,15	0,24	0,15
Carnaíba	-0,10	0,54	-0,11	0,50	-0,04	0,80	0,03	0,84	-0,01	0,94	-0,08	0,61	-,325*	0,04	0,16	0,32
Chorrochó	-0,28	0,11	-0,33	0,06	-,371*	0,03	-,396*	0,02	0,26	0,15	-,356*	0,04	-0,33	0,06	-0,01	0,96
Exu	-0,06	0,73	-0,01	0,94	-0,02	0,90	0,07	0,70	0,06	0,73	-0,10	0,57	0,07	0,70	0,07	0,69
Floresta	0,02	0,90	0,15	0,36	0,25	0,11	-,364*	0,02	-0,23	0,15	0,20	0,22	0,07	0,67	0,02	0,92
Granito	-0,27	0,18	-0,33	0,11	-0,31	0,12	-0,37	0,06	0,29	0,15		0,00	-0,07	0,73	-0,20	0,32
Ibimirim	0,02	0,88	-0,02	0,90	-0,07	0,67	-0,05	0,75	0,05	0,76	-0,16	0,32	0,02	0,91	0,19	0,21
Iguaraci	0,04	0,83	0,02	0,93	-0,06	0,74	-0,10	0,54	0,11	0,51	-0,07	0,67	0,10	0,56	0,21	0,20
Ipubi	0,05	0,75	0,12	0,46	0,07	0,67	-0,03	0,84	0,03	0,86	0,07	0,68	-0,04	0,82	-0,12	0,49
Itapetim	-0,16	0,28	-0,11	0,45	-0,06	0,71	-0,02	0,92	-0,03	0,84	-0,04	0,79	-0,22	0,15	0,13	0,40
Jacobina	-0,04	0,81	-0,10	0,57	-0,18	0,33	-0,24	0,19	0,12	0,52	-0,15	0,41	-0,27	0,13	-0,08	0,67
Jaguarari	-,645**	0,00	-,508**	0,00	-,414*	0,01	0,27	0,12	-,377*	0,03	-,458**	0,01	0,06	0,72	-0,13	0,46
Juazeiro	0,01	0,93	0,02	0,88	0,05	0,74	0,12	0,46	-0,06	0,72	0,06	0,72	0,14	0,41	0,09	0,60
Mirandiba	0,03	0,85	0,19	0,29	0,24	0,16	0,33	0,06	-0,26	0,13	0,26	0,14	0,24	0,17	-,409*	0,02
Moreilândia	-0,29	0,07	-,373*	0,02	-,380*	0,02	-,365*	0,02	-,379*	0,02	-,360*	0,03	0,02	0,90	0,09	0,58
Ouricuri	-0,09	0,54	-0,04	0,81	0,00	0,99	0,10	0,53	0,01	0,96	-0,05	0,73	0,07	0,64	0,14	0,38
Parnamirim	-0,03	0,87	-0,10	0,58	-0,19	0,31	-0,23	0,20	0,19	0,29	-0,16	0,40	-0,32	0,08	-0,15	0,42
Paulo afonso	-0,29	0,11	-0,30	0,10	-0,27	0,14	-0,25	0,17	0,24	0,20	-0,23	0,23	-0,06	0,76	-,397*	0,03
Petrolina	-0,21	0,22	-0,32	0,06	-,396*	0,02	-,423*	0,01	-,346*	0,04	-,407*	0,01	-0,20	0,25	-0,03	0,85
Remanso	-0,29	0,16	-0,23	0,26	-0,09	0,65	-0,01	0,97	0,06	0,78	-0,07	0,76	0,03	0,90	-,449*	0,02
Salgueiro	-0,24	0,15	-0,27	0,10	-0,21	0,20	-0,09	0,57	0,16	0,34	-0,20	0,21	0,19	0,24	0,09	0,58
Santa cruz da venerada	-0,15	0,31	-0,06	0,67	-0,02	0,88	0,13	0,38	-0,06	0,68	-0,07	0,66	0,26	0,08	-0,05	0,73
Santa maria da boa vista	-0,21	0,17	-0,26	0,08	-0,26	0,09	-0,19	0,21	0,29	0,06	-0,30	0,05	-0,05	0,74	0,16	0,30
São José do egito	-0,07	0,68	-0,09	0,60	-0,08	0,64	0,00	0,98	0,07	0,70	-0,16	0,35	0,04	0,79	0,13	0,44
Sento sé	-0,16	0,35	-0,06	0,72	-0,04	0,82	0,05	0,79	0,03	0,87	-0,05	0,78	0,21	0,24	-0,04	0,80
Serra talhada	-0,32	0,08	-,454*	0,01	-,46**	0,01	-,379*	0,04	-,396*	0,03	-,49**	0,01	-0,05	0,79	0,06	0,74
Tacaratu	0,14	0,39	0,10	0,52	0,04	0,79	0,04	0,79	0,16	0,32	-0,03	0,84	0,16	0,33	0,12	0,47
Triunfo	0,16	0,47	0,01	0,95	-0,19	0,39	-0,23	0,30	0,32	0,15	-0,28	0,23	0,07	0,76	0,35	0,11
Tuparetama	-0,10	0,55	-0,14	0,42	-0,06	0,74	0,07	0,67	-0,02	0,91	-0,14	0,42	0,06	0,75	0,18	0,30
<b>MÉDIA</b>	<b>-,304*</b>	<b>0,03</b>	<b>-,313*</b>	<b>0,03</b>	<b>-0,24</b>	<b>0,08</b>	<b>-0,18</b>	<b>0,21</b>	<b>0,26</b>	<b>0,07</b>	<b>-0,22</b>	<b>0,13</b>	<b>-0,03</b>	<b>0,84</b>	<b>0,00</b>	<b>0,98</b>

\*\* A correlação é significativa no nível 0,01. \*A correlação é significativa no nível 0,05.

## PRCPTOT

Postos	Niño1+2		Niño3		Niño3,4		Niño4		IOS		ONI		TNA		TSA	
	Cor.	p	Cor.	p	Cor.	p	Cor.	p	Cor.	p	Cor.	p	Cor.	p	Cor.	p
Abaré	-0,24	0,18	-0,35	0,05	-,401*	0,02	-,44*	0,01	0,29	0,11	-0,32	0,08	-,408*	0,02	0,11	0,55
Afranio	-0,18	0,22	-0,21	0,13	-0,19	0,19	-0,18	0,19	0,19	0,18	-0,16	0,27	-0,09	0,55	0,18	0,20
Arcoverde	-,307*	0,04	-,339*	0,02	-,303*	0,04	-0,25	0,09	,351*	0,02	-,32*	0,03	-0,20	0,17	0,23	0,12
Betania	-,344*	0,02	-,356*	0,02	-0,27	0,07	-0,22	0,15	0,27	0,08	-0,21	0,17	-0,25	0,10	-0,03	0,86
Campo formoso	-,42**	0,01	-,396*	0,02	-0,27	0,10	-0,22	0,18	0,25	0,14	-0,19	0,28	-0,19	0,26	-0,11	0,52
Carnaíba	-,338*	0,03	-,314*	0,05	-0,22	0,17	-0,19	0,23	0,19	0,23	-0,19	0,25	-,50**	0,00	-0,05	0,74
Chorrochó	-,325*	0,04	-,369*	0,02	-,395*	0,01	-,39*	0,01	0,28	0,07	-,35*	0,03	-0,27	0,09	0,12	0,46
Exu	-,54**	0,00	-,49**	0,00	-,345*	0,02	-,32*	0,03	0,28	0,06	-0,22	0,15	-,366*	0,01	-0,20	0,18
Floresta	-,36**	0,01	-,309*	0,03	-0,25	0,08	-0,21	0,15	0,22	0,13	-0,20	0,17	-0,22	0,13	-0,09	0,55
Granito	-,374*	0,04	-,446*	0,01	-,397*	0,02	-0,33	0,07	,458**	0,01	-0,34	0,06	0,13	0,48	0,05	0,79
Ibimirim	-,30*	0,03	-,295*	0,04	-0,24	0,10	-0,14	0,34	,290*	0,04	-0,23	0,11	0,02	0,90	0,18	0,21
Iguaraci	-,40**	0,01	-,39**	0,01	-,346*	0,02	-,35*	0,02	,353*	0,02	-0,29	0,06	-,327*	0,03	0,05	0,75
Ipubi	-0,23	0,16	-0,21	0,19	-0,24	0,14	-0,28	0,08	,319*	0,04	-0,11	0,51	-0,25	0,13	-0,09	0,57
Itapetim	-,301*	0,04	-0,24	0,11	-0,11	0,46	-0,06	0,71	0,16	0,29	-0,10	0,50	-0,29	0,05	0,18	0,23
Jacobina	-0,01	0,96	-0,03	0,84	0,02	0,89	0,04	0,76	0,01	0,97	0,07	0,62	0,08	0,57	-0,15	0,31
Jaguarari	-0,14	0,40	-0,21	0,20	-0,19	0,25	-0,28	0,09	0,15	0,35	-0,06	0,70	-0,12	0,46	-0,07	0,65
Juazeiro	-,320*	0,03	-,353*	0,01	-0,26	0,08	-0,18	0,22	0,24	0,10	-0,18	0,22	-0,07	0,62	0,05	0,73
Mirandiba	-,43**	0,01	-,41**	0,01	-,344*	0,03	-,32*	0,04	,330*	0,04	-0,28	0,09	-,41**	0,01	-0,21	0,20
Moreilândia	-,364*	0,02	-,345*	0,02	-0,24	0,12	-0,20	0,19	,311*	0,04	-0,19	0,23	-0,19	0,23	0,09	0,55
Morro do chapéu	-0,19	0,35	-0,16	0,42	-0,15	0,46	-0,18	0,38	0,27	0,18	-0,09	0,67	0,10	0,62	-0,11	0,59
Ouricuri	-0,28	0,05	-0,25	0,09	-0,15	0,30	-0,14	0,33	0,15	0,31	-0,05	0,72	-0,02	0,89	-0,04	0,79
Parnamirim	-0,10	0,55	-0,16	0,35	-0,11	0,51	-0,14	0,41	0,15	0,37	-0,02	0,91	-0,23	0,17	0,03	0,86
Paulo afonso	-,37**	0,01	-,357*	0,01	-0,28	0,06	-0,23	0,12	0,24	0,10	-0,21	0,18	-0,22	0,15	-0,01	0,94
Petrolina	-0,21	0,14	-0,27	0,05	-0,24	0,09	-0,26	0,07	0,16	0,26	-0,15	0,29	-,291*	0,04	-0,04	0,76
Remanso	-0,16	0,36	-0,13	0,47	-0,02	0,89	-0,04	0,83	-0,04	0,82	0,04	0,84	-0,33	0,05	-0,10	0,55
Salgueiro	-,353*	0,01	-,361*	0,01	-,290*	0,04	-0,25	0,08	,294*	0,04	-0,24	0,10	-0,28	0,05	0,09	0,54
Santa cruz da venerada	-,50**	0,00	-,50**	0,00	-,40**	0,00	-,32*	0,02	,314*	0,03	-,34*	0,01	-0,24	0,09	0,16	0,27
Santa maria da boa vista	-,51**	0,00	-,48**	0,00	-,37**	0,01	-,31*	0,03	,348*	0,01	-0,28	0,05	-,327*	0,02	0,03	0,84
São José do egito	-,41**	0,01	-,40**	0,01	-,359*	0,02	-0,28	0,07	,437**	0,00	-,33*	0,03	-0,22	0,16	0,14	0,38
Sento sé	-,39**	0,01	-,376*	0,01	-,367*	0,01	-0,30	0,05	,341*	0,02	-,35*	0,02	-0,01	0,97	0,03	0,84
Serra talhada	-0,26	0,09	-,343*	0,02	-,340*	0,03	-,37*	0,01	0,30	0,05	-0,30	0,05	-0,30	0,05	-0,09	0,55
Tacaratu	-0,25	0,08	-0,26	0,08	-0,21	0,16	-0,20	0,17	0,26	0,07	-0,15	0,33	-0,18	0,24	-0,05	0,72
Triunfo	-0,33	0,06	-0,30	0,08	-0,19	0,26	-0,13	0,47	0,25	0,15	-0,15	0,40	-,336*	0,05	0,03	0,88
Tuparetama	-,346*	0,02	-,302*	0,05	-0,19	0,21	-0,15	0,32	0,21	0,17	-0,17	0,27	-0,28	0,06	0,14	0,38
<b>MÉDIA</b>	<b>-,42**</b>	<b>0,00</b>	<b>-,43**</b>	<b>0,00</b>	<b>-,346*</b>	<b>0,01</b>	<b>-,31*</b>	<b>0,03</b>	<b>,358**</b>	<b>0,01</b>	<b>-0,27</b>	<b>0,06</b>	<b>-0,24</b>	<b>0,09</b>	<b>0,04</b>	<b>0,77</b>

\*\* A correlação é significativa no nível 0,01. \*A correlação é significativa no nível 0,05.

## CDD

Postos	Niño1+2		Niño3		Niño3.4		Niño4		IOS		ONI		TNA		TSA	
	Cor.	p	Cor.	p	Cor.	p	Cor.	p	Cor.	p	Cor.	p	Cor.	p	Cor.	p
Abaré	0,19	0,30	0,29	0,11	0,27	0,14	0,31	0,08	-0,34	0,06	0,19	0,32	-0,04	0,84	-0,20	0,27
Afogados da ingazeira	-0,29	0,05	,387**	0,01	-,356*	0,01	,341*	0,02	,290*	0,05	-,325*	0,03	-0,19	0,20	-0,02	0,91
Afranio	0,26	0,07	0,26	0,07	0,20	0,17	0,14	0,34	-0,23	0,11	0,15	0,28	0,03	0,86	-0,22	0,12
Araripina	0,03	0,86	0,07	0,61	0,04	0,80	0,03	0,83	0,01	0,94	0,07	0,61	0,07	0,62	0,02	0,89
Arcoverde	-0,03	0,86	-0,05	0,72	-0,02	0,91	-0,02	0,89	-0,10	0,51	0,03	0,83	0,04	0,78	-0,16	0,28
Betania	0,05	0,73	0,03	0,85	-0,02	0,91	-0,03	0,87	-0,12	0,45	-0,05	0,77	-0,04	0,81	0,02	0,89
Campo formoso	0,32	0,06	0,29	0,08	0,28	0,10	0,21	0,22	-0,28	0,09	0,28	0,10	0,05	0,77	-0,11	0,53
Carnaíba	0,03	0,86	-0,07	0,68	-0,16	0,32	-0,23	0,16	0,05	0,76	-0,18	0,26	-0,04	0,81	-0,06	0,69
Chorrochó	0,16	0,33	0,15	0,35	0,12	0,47	0,06	0,70	-0,06	0,69	0,15	0,36	0,01	0,97	-0,15	0,34
Exu	-0,04	0,79	-0,10	0,52	-0,16	0,29	-0,16	0,29	0,08	0,60	-0,22	0,16	0,04	0,80	0,08	0,61
Floresta	-0,06	0,68	-0,17	0,26	-0,22	0,13	-0,24	0,10	0,11	0,47	-0,24	0,10	-0,06	0,70	0,07	0,63
Granito	0,33	0,06	0,35	0,05	0,25	0,17	0,17	0,35	-,412*	0,02	0,20	0,28	-0,07	0,70	-0,04	0,81
Ibimirim	0,03	0,82	0,04	0,80	0,04	0,77	-0,03	0,85	-0,18	0,20	0,05	0,74	-,28*	0,05	-0,05	0,73
Iguaraci	-0,05	0,76	0,00	0,99	-0,01	0,96	0,03	0,83	0,03	0,83	-0,06	0,69	0,05	0,77	0,05	0,74
Ipubi	-0,05	0,77	-0,05	0,78	-0,04	0,78	-0,06	0,71	-0,15	0,36	-0,09	0,57	-,33*	0,04	-0,05	0,75
Itapetim	-0,11	0,47	-0,15	0,32	-0,15	0,31	-0,12	0,44	0,14	0,34	-0,15	0,31	0,12	0,43	0,09	0,53
Jacobina	0,04	0,78	0,06	0,70	0,02	0,87	-0,04	0,77	-0,09	0,56	0,04	0,81	-0,25	0,08	-0,14	0,35
Jaguarari	-0,04	0,79	-0,03	0,87	0,03	0,85	0,05	0,74	-0,08	0,63	0,11	0,52	0,09	0,60	-,46**	0,00
Juazeiro	,330*	0,02	,337*	0,02	,288*	0,05	0,25	0,09	-,363*	0,01	0,28	0,06	-0,12	0,42	-0,24	0,10
Mirandiba	0,19	0,24	0,20	0,22	0,21	0,21	0,19	0,24	-0,23	0,15	0,23	0,17	0,17	0,29	-0,23	0,17
Moreilândia	0,13	0,42	0,13	0,42	0,03	0,87	0,01	0,97	0,04	0,82	-0,02	0,89	0,29	0,06	0,22	0,15
Morro do chapéu	0,09	0,66	-0,04	0,86	-0,18	0,39	-0,27	0,19	0,07	0,74	-0,25	0,24	-0,17	0,42	0,08	0,71
Ouricuri	,376**	0,01	,338*	0,02	,320*	0,03	0,21	0,14	-,43**	0,00	,367*	0,01	-0,10	0,50	-0,20	0,17
Parnamirim	0,10	0,57	0,23	0,17	0,27	0,11	0,21	0,21	-0,32	0,05	0,31	0,07	-0,23	0,17	-,342*	0,04
Paulo afonso	0,03	0,84	0,05	0,73	0,04	0,78	0,01	0,92	-0,12	0,42	0,01	0,95	-0,06	0,70	0,08	0,61
Petrolina	0,23	0,11	0,27	0,06	0,26	0,07	0,25	0,09	-0,27	0,06	0,26	0,08	0,10	0,47	-0,13	0,37
Remanso	0,09	0,60	0,09	0,62	0,04	0,82	0,12	0,50	-0,11	0,54	-0,02	0,93	0,31	0,08	0,15	0,40
Salgueiro	0,20	0,18	0,20	0,18	0,24	0,10	,304*	0,03	-0,23	0,11	0,19	0,19	0,22	0,12	0,04	0,81
Santa cruz da venerada	,421**	0,00	,408**	0,00	,396**	0,00	,331*	0,02	-,322*	0,02	,367**	0,01	0,05	0,71	-0,24	0,09
Santa maria da boa vista	0,28	0,05	0,23	0,10	0,21	0,14	0,13	0,37	-0,24	0,09	0,19	0,20	0,01	0,96	-0,25	0,08
São José do egito	-0,06	0,69	-0,10	0,53	-0,11	0,49	-0,11	0,50	0,04	0,82	-0,11	0,50	-0,04	0,82	-0,08	0,60
Sento sé	0,21	0,17	0,25	0,10	0,26	0,08	0,26	0,09	-0,21	0,18	0,21	0,17	0,05	0,73	0,07	0,67
Serra talhada	0,23	0,15	0,26	0,09	0,22	0,16	0,22	0,16	-0,20	0,20	0,20	0,20	0,30	0,05	0,00	0,98
Tacaratu	,307*	0,04	0,23	0,13	0,12	0,44	0,05	0,73	-0,11	0,46	0,07	0,65	0,16	0,29	0,05	0,75
Triunfo	0,20	0,25	0,21	0,23	0,20	0,25	0,22	0,20	-0,22	0,20	0,12	0,48	-0,01	0,96	-0,01	0,97
Tuparetama	-0,09	0,58	0,00	0,99	-0,01	0,95	-0,08	0,61	-0,05	0,77	0,01	0,95	-0,22	0,15	-0,03	0,83
<b>MÉDIA</b>	<b>0,23</b>	<b>0,10</b>	<b>0,21</b>	<b>0,14</b>	<b>0,16</b>	<b>0,27</b>	<b>0,10</b>	<b>0,48</b>	<b>-,295*</b>	<b>0,04</b>	<b>0,13</b>	<b>0,38</b>	<b>-0,08</b>	<b>0,57</b>	<b>-0,20</b>	<b>0,15</b>

\*\* A correlação é significativa no nível 0,01. \*A correlação é significativa no nível 0,05.

## CWD

Postos	Niño1+2		Niño3		Niño3.4		Niño4		IOS		ONI		TNA		TSA	
	Cor.	p	Cor.	p	Cor.	p	Cor.	p	Cor.	p	Cor.	p	Cor.	p	Cor.	p
Abaré	-0,05	0,80	-0,19	0,31	-0,28	0,13	-,352*	0,05	0,33	0,07	-0,28	0,13	-0,12	0,53	0,23	0,20
Afogados da ingazeira	-0,22	0,14	-0,20	0,18	-0,14	0,35	-0,13	0,39	0,18	0,21	-0,08	0,61	-0,16	0,27	0,10	0,49
Afranio	0,17	0,22	0,11	0,46	0,05	0,70	0,03	0,85	-0,06	0,68	0,04	0,76	0,03	0,83	0,02	0,90
Araripina	-0,02	0,88	-0,08	0,60	-0,17	0,24	-0,19	0,18	0,19	0,18	-0,20	0,16	0,06	0,70	0,09	0,53
Arcoverde	-0,16	0,27	-0,20	0,17	-0,17	0,24	-0,15	0,31	0,21	0,16	-0,16	0,29	-0,27	0,07	0,10	0,48
Betania	-0,20	0,20	-0,18	0,25	-0,13	0,41	-0,06	0,69	0,15	0,34	-0,08	0,60	0,01	0,95	-0,05	0,74
Campo formoso	-0,12	0,48	-0,08	0,63	-0,03	0,86	0,05	0,79	0,01	0,95	-0,05	0,78	0,08	0,65	-0,10	0,55
Carnaíba	-0,17	0,30	-0,14	0,40	-0,10	0,53	-0,04	0,81	0,15	0,37	-0,10	0,52	-0,19	0,24	-0,03	0,85
Chorrochó	-0,15	0,35	-0,10	0,52	-0,08	0,64	0,00	0,98	0,10	0,52	-0,12	0,47	,338*	0,03	0,18	0,27
Exu	-0,16	0,29	-0,17	0,28	-0,18	0,23	-0,12	0,44	0,19	0,22	-0,25	0,11	0,07	0,67	0,22	0,14
Floresta	-,339*	0,02	-,290*	0,04	-0,25	0,08	-0,14	0,33	0,19	0,18	-0,26	0,07	0,07	0,65	0,05	0,74
Granito	-0,11	0,57	-0,07	0,72	0,02	0,91	0,04	0,84	0,03	0,88	0,03	0,86	0,11	0,56	0,29	0,11
Ibimirim	-0,05	0,72	-0,07	0,63	-0,11	0,46	0,00	0,98	,291*	0,04	-0,20	0,17	,456**	0,00	,328*	0,02
Iguaraci	-0,18	0,26	-0,23	0,14	-0,23	0,15	-0,20	0,19	,304*	0,05	-0,22	0,16	0,06	0,70	0,05	0,76
Ipubi	0,01	0,97	0,08	0,61	0,08	0,63	0,19	0,25	0,15	0,34	-0,01	0,96	,453**	0,00	,400*	0,01
Itapetim	-0,04	0,81	0,03	0,86	0,07	0,66	0,07	0,66	-0,13	0,40	0,07	0,66	-0,11	0,48	-0,08	0,59
Jacobina	-0,07	0,63	-0,04	0,81	0,04	0,79	0,11	0,45	0,04	0,77	0,10	0,50	0,08	0,57	-0,15	0,31
Jaguarari	-0,03	0,87	-0,11	0,51	-0,18	0,26	-0,11	0,51	0,18	0,27	-0,30	0,07	0,26	0,11	,323*	0,04
Juazeiro	0,04	0,80	0,11	0,45	0,11	0,44	0,12	0,42	-0,07	0,64	0,15	0,30	0,19	0,20	0,07	0,65
Mirandiba	0,09	0,59	0,13	0,44	0,09	0,60	0,15	0,38	-0,07	0,68	0,03	0,84	0,26	0,11	,316*	0,05
Moreilândia	-0,19	0,23	-0,15	0,33	-0,13	0,40	-0,14	0,36	0,13	0,42	-0,09	0,56	-0,27	0,08	0,06	0,71
Morro do chapéu	-0,25	0,22	-0,16	0,46	0,01	0,98	0,17	0,42	0,01	0,95	0,07	0,73	0,07	0,74	-0,09	0,65
Ouricuri	0,07	0,63	0,16	0,28	0,23	0,12	0,28	0,05	-0,09	0,55	0,22	0,13	,346*	0,02	-0,09	0,54
Parnamirim	0,14	0,42	0,13	0,43	0,14	0,42	0,19	0,26	-0,05	0,79	0,11	0,54	0,25	0,14	0,27	0,11
Paulo afonso	-0,08	0,59	0,02	0,88	0,17	0,26	0,27	0,07	-0,10	0,52	0,17	0,27	0,14	0,34	-0,01	0,93
Petrolina	0,01	0,96	0,04	0,80	0,09	0,53	0,07	0,61	-0,10	0,50	0,10	0,48	-0,04	0,81	-0,24	0,10
Remanso	0,14	0,43	0,15	0,39	0,23	0,19	0,20	0,26	-0,25	0,15	0,29	0,10	-0,09	0,63	-0,13	0,47
Salgueiro	0,05	0,72	-0,03	0,86	-0,09	0,55	-0,13	0,38	0,18	0,22	-0,10	0,50	0,04	0,78	0,13	0,37
Santa cruz da venerada	0,03	0,83	0,05	0,71	0,04	0,77	0,20	0,16	0,02	0,92	-0,06	0,67	,465**	0,00	0,24	0,09
Santa maria da boa vista	-,366**	0,01	-,297*	0,04	-0,21	0,15	-0,10	0,50	0,16	0,26	-0,22	0,13	-0,03	0,84	-0,09	0,55
São José do egito	-0,16	0,30	-0,14	0,37	-0,11	0,50	-0,03	0,84	0,16	0,30	-0,10	0,52	0,02	0,92	-0,07	0,67
Sento sé	-0,20	0,19	-0,18	0,24	-0,14	0,38	-0,07	0,66	0,23	0,13	-0,11	0,48	0,21	0,17	0,06	0,71
Serra talhada	-0,21	0,17	-,315*	0,04	-,340*	0,03	-,345*	0,02	,311*	0,04	-,328*	0,03	-0,08	0,60	0,11	0,50
Tacaratu	-0,10	0,51	-0,08	0,60	-0,10	0,49	-0,02	0,89	0,17	0,26	-0,16	0,29	0,06	0,68	0,11	0,48
Triunfo	-0,11	0,53	0,04	0,82	0,10	0,57	0,03	0,86	-0,24	0,16	0,16	0,36	-,422*	0,01	-0,18	0,31
Tuparetama	-0,03	0,87	-0,05	0,76	-0,08	0,59	-0,02	0,92	0,18	0,24	-0,16	0,30	0,19	0,21	,324*	0,03
<b>MÉDIA</b>	<b>-0,16</b>	<b>0,27</b>	<b>-0,15</b>	<b>0,29</b>	<b>-0,13</b>	<b>0,35</b>	<b>-0,06</b>	<b>0,67</b>	<b>0,21</b>	<b>0,13</b>	<b>-0,15</b>	<b>0,29</b>	<b>0,15</b>	<b>0,30</b>	<b>0,13</b>	<b>0,35</b>

\*\* A correlação é significativa no nível 0,01. \*A correlação é significativa no nível 0,05.

## R10mm

Postos	Niño1+2		Niño3		Niño3.4		Niño4		IOS		ONI		TNA		TSA	
	Cor.	p	Cor.	p	Cor.	p	Cor.	p	Cor.	p	Cor.	p	Cor.	p	Cor.	p
Abaré	-0,18	0,31	-0,31	0,08	-,353*	0,05	-,388*	0,03	0,22	0,23	-0,27	0,14	-,391*	0,03	-0,02	0,93
Afogados da ingazeira	-0,23	0,11	-0,16	0,29	-0,05	0,72	0,04	0,79	0,13	0,39	-0,04	0,78	-0,13	0,39	0,17	0,26
Afranio	-0,23	0,10	-,284*	0,04	-0,27	0,05	-0,25	0,08	0,26	0,06	-0,24	0,09	-0,15	0,29	0,16	0,27
Araripina	-,45**	0,00	-,46**	0,00	-,39**	0,00	-,37**	0,01	,380**	0,01	-,33*	0,02	-,290*	0,04	0,08	0,58
Arcoverde	-,301*	0,04	-,308*	0,04	-0,25	0,09	-0,20	0,18	0,28	0,06	-0,26	0,08	-,311*	0,03	0,23	0,13
Betania	-0,25	0,10	-0,23	0,12	-0,13	0,39	-0,07	0,66	0,13	0,39	-0,08	0,59	-0,22	0,15	-0,02	0,90
Campo formoso	-,50**	0,00	-,51**	0,00	-,381*	0,02	-0,31	0,06	,351*	0,03	-0,30	0,08	-0,13	0,43	-0,02	0,89
Carnaíba	-,365*	0,02	-,330*	0,04	-0,23	0,15	-0,21	0,19	0,23	0,16	-0,18	0,27	-,54**	0,00	-0,07	0,66
Chorrochó	-,320*	0,04	-,340*	0,03	-,341*	0,03	-,369*	0,02	0,25	0,12	-0,29	0,07	-0,29	0,07	-0,01	0,96
Exu	-,54**	0,00	-,48**	0,00	-,347*	0,02	-,342*	0,02	0,28	0,06	-0,20	0,18	-,42**	0,00	-0,22	0,15
Floresta	-,37**	0,01	-,338*	0,02	-0,27	0,05	-0,24	0,09	0,20	0,15	-0,21	0,16	-,298*	0,04	-0,14	0,35
Granito	-,350*	0,05	-,447*	0,01	-,406*	0,02	-,410*	0,02	,473**	0,01	-0,31	0,08	-0,04	0,85	-0,11	0,55
Ibimirim	-,324*	0,02	-,323*	0,02	-0,25	0,08	-0,20	0,17	0,26	0,07	-0,22	0,13	-0,21	0,15	0,17	0,24
Iguaraci	-,358*	0,02	-,364*	0,02	-,341*	0,03	-,358*	0,02	,345*	0,02	-0,29	0,06	-,41**	0,01	0,06	0,69
Ipubi	-0,23	0,15	-0,21	0,19	-0,22	0,18	-0,28	0,08	0,29	0,07	-0,07	0,67	-0,24	0,13	-0,14	0,39
Itapetim	-,335*	0,02	-,302*	0,04	-0,16	0,28	-0,12	0,42	0,21	0,17	-0,15	0,34	-,339*	0,02	0,17	0,25
Jacobina	-0,10	0,49	-0,12	0,39	-0,07	0,62	-0,04	0,78	0,09	0,55	0,00	0,99	0,01	0,93	-0,14	0,32
Jaguarari	-0,27	0,09	-,367*	0,02	-,395*	0,01	-,45**	0,00	,338*	0,03	-0,31	0,05	-0,24	0,14	0,04	0,81
Juazeiro	-,333*	0,02	-,341*	0,02	-0,25	0,09	-0,21	0,15	0,21	0,14	-0,16	0,28	-0,18	0,23	0,04	0,80
Mirandiba	-,41**	0,01	-,41**	0,01	-,363*	0,02	-,366*	0,02	,335*	0,04	-0,30	0,07	-,50**	0,00	-0,12	0,46
Moreilândia	-0,29	0,06	-0,28	0,06	-0,20	0,19	-0,20	0,21	0,28	0,07	-0,15	0,35	-0,22	0,16	0,10	0,51
Morro do chapéu	-0,25	0,22	-0,31	0,14	-0,26	0,21	-0,19	0,36	0,30	0,14	-0,21	0,33	-0,21	0,32	0,06	0,78
Ouricuri	-,325*	0,02	-,328*	0,02	-0,24	0,11	-0,25	0,08	0,24	0,10	-0,13	0,40	-0,16	0,28	-0,06	0,71
Parnamirim	-0,16	0,33	-0,15	0,37	-0,07	0,68	-0,09	0,59	0,07	0,69	0,05	0,75	-0,29	0,08	-0,07	0,68
Paulo afonso	-,333*	0,02	-,327*	0,03	-0,28	0,06	-0,26	0,08	0,22	0,13	-0,19	0,21	-0,29	0,05	-0,03	0,85
Petrolina	-0,24	0,09	-,301*	0,03	-0,23	0,11	-0,21	0,15	0,19	0,19	-0,17	0,25	-0,21	0,14	-0,05	0,72
Remanso	-0,28	0,10	-0,24	0,17	-0,15	0,41	-0,13	0,45	0,11	0,53	-0,08	0,66	-0,23	0,18	-0,16	0,36
Salgueiro	-,346*	0,02	-,340*	0,02	-0,27	0,06	-,286*	0,05	0,27	0,06	-0,17	0,24	-,342*	0,02	0,00	0,97
Santa cruz da venerada	-,46**	0,00	-,50**	0,00	-,40**	0,00	-,37**	0,01	,309*	0,03	-,31*	0,03	-,361*	0,01	0,07	0,61
Santa maria da boa vista	-,51**	0,00	-,51**	0,00	-,41**	0,00	-,37**	0,01	,381**	0,01	-,32*	0,02	-,330*	0,02	0,00	1,00
São José do egito	-,41**	0,01	-,40**	0,01	-,330*	0,03	-0,26	0,09	,383*	0,01	-0,28	0,07	-0,29	0,06	0,12	0,43
Sento sé	-,318*	0,04	-,346*	0,02	-,363*	0,02	-,336*	0,03	,305*	0,04	-,34*	0,03	-0,15	0,32	-0,01	0,95
Serra talhada	-0,16	0,29	-0,24	0,13	-0,24	0,11	-,306*	0,05	0,22	0,16	-0,21	0,19	-0,29	0,06	-0,09	0,55
Tacaratu	-0,19	0,20	-0,16	0,30	-0,08	0,57	-0,10	0,52	0,13	0,40	-0,01	0,93	-0,16	0,29	-0,14	0,35
Triunfo	-0,33	0,05	-0,25	0,15	-0,10	0,55	-0,02	0,92	0,13	0,44	-0,05	0,78	-0,29	0,09	-0,06	0,75
Tuparetama	-,358*	0,02	-,315*	0,04	-0,23	0,13	-0,25	0,10	0,14	0,37	-0,15	0,33	-,48**	0,00	-0,01	0,97
<b>MÉDIA</b>	<b>-,42**</b>	<b>0,00</b>	<b>-,43**</b>	<b>0,00</b>	<b>-,349*</b>	<b>0,01</b>	<b>-,328*</b>	<b>0,02</b>	<b>,343*</b>	<b>0,01</b>	<b>-0,26</b>	<b>0,06</b>	<b>-,320*</b>	<b>0,02</b>	<b>0,01</b>	<b>0,93</b>

\*\* A correlação é significativa no nível 0,01. \*A correlação é significativa no nível 0,05.

## R20mm

Postos	Niño1+2		Niño3		Niño3.4		Niño4		IOS		ONI		TNA		TSA	
	Cor.	p	Cor.	p	Cor.	p	Cor.	p	Cor.	p	Cor.	p	Cor.	p	Cor.	p
Abaré	-0,16	0,38	-0,30	0,10	-,361*	0,04	-,42*	0,01	0,21	0,25	-0,28	0,12	-,47**	0,01	0,07	0,70
Afogados da ingazeira	-0,15	0,33	-0,15	0,32	-0,10	0,52	-0,05	0,76	0,16	0,28	-0,08	0,59	-0,13	0,38	0,21	0,16
Afranio	-0,14	0,32	-0,19	0,19	-0,19	0,18	-0,20	0,17	0,21	0,13	-0,17	0,25	-0,12	0,38	0,14	0,32
Araripina	-,53**	0,00	-,51**	0,00	-,41**	0,00	-,35*	0,01	,376**	0,01	-,34*	0,02	-0,26	0,06	0,08	0,57
Arcoverde	-0,25	0,09	-,301*	0,04	-0,29	0,05	-0,27	0,07	0,25	0,09	-,29*	0,05	-0,28	0,05	0,06	0,70
Betania	-0,29	0,05	-0,27	0,07	-0,18	0,23	-0,10	0,50	0,18	0,24	-0,14	0,36	-0,14	0,37	-0,06	0,71
Campo formoso	-,44**	0,01	-,390*	0,02	-0,25	0,14	-0,17	0,32	0,21	0,22	-0,18	0,29	-0,19	0,26	-0,18	0,30
Carnaíba	-,336*	0,03	-,335*	0,03	-0,25	0,12	-0,23	0,15	0,20	0,21	-0,22	0,18	-,372*	0,02	-0,05	0,76
Chorrochó	-0,25	0,12	-0,22	0,17	-0,22	0,16	-0,23	0,15	0,17	0,28	-0,19	0,25	-0,19	0,24	-0,03	0,86
Exu	-,42**	0,00	-,374*	0,01	-0,23	0,12	-0,25	0,10	0,18	0,23	-0,07	0,64	-,368*	0,01	-,32*	0,03
Floresta	-,304*	0,03	-,287*	0,04	-0,26	0,07	-0,24	0,09	0,23	0,11	-0,21	0,15	-0,21	0,14	-0,15	0,29
Granito	-0,33	0,06	-,392*	0,03	-,378*	0,03	-0,25	0,17	,442*	0,01	-,37*	0,04	0,27	0,14	0,21	0,24
Ibimirim	-0,26	0,07	-0,25	0,08	-0,21	0,15	-0,17	0,23	0,22	0,13	-0,17	0,25	-0,14	0,34	0,08	0,59
Iguaraci	-,305*	0,05	-,302*	0,05	-0,26	0,09	-0,28	0,07	0,29	0,06	-0,21	0,19	-0,30	0,05	0,00	0,99
Ipubi	-0,20	0,22	-0,17	0,29	-0,19	0,24	-0,24	0,14	0,28	0,08	-0,07	0,67	-0,21	0,19	-0,12	0,45
Itapetim	-0,27	0,07	-0,24	0,11	-0,13	0,39	-0,11	0,48	0,18	0,23	-0,12	0,44	-,351*	0,02	0,16	0,29
Jacobina	0,06	0,67	0,02	0,91	0,05	0,71	0,06	0,66	-0,05	0,71	0,11	0,45	0,05	0,72	-0,18	0,21
Jaguarari	-0,29	0,07	-,357*	0,02	-,316*	0,05	-,38*	0,01	0,27	0,09	-0,21	0,19	-0,20	0,21	-0,08	0,61
Juazeiro	-0,25	0,08	-0,27	0,07	-0,19	0,19	-0,15	0,31	0,16	0,27	-0,11	0,46	0,01	0,95	-0,04	0,80
Mirandiba	-,341*	0,03	-0,32	0,05	-0,28	0,08	-0,27	0,10	0,29	0,07	-0,22	0,18	-,343*	0,03	-0,15	0,35
Moreilândia	-0,24	0,12	-0,24	0,12	-0,21	0,18	-0,15	0,34	,324*	0,03	-0,20	0,21	-0,12	0,46	0,23	0,15
Morro do chapéu	-0,12	0,58	-0,11	0,61	0,00	0,99	0,07	0,73	0,09	0,68	0,10	0,64	-0,01	0,95	-0,08	0,72
Ouricuri	-0,27	0,06	-0,27	0,07	-0,16	0,29	-0,20	0,18	0,12	0,43	-0,01	0,97	-0,21	0,16	-0,17	0,25
Parnamirim	-0,17	0,33	-0,20	0,25	-0,13	0,44	-0,15	0,38	0,19	0,26	-0,04	0,83	-0,22	0,18	0,02	0,90
Paulo afonso	-0,29	0,05	-0,28	0,06	-0,23	0,13	-0,20	0,18	0,19	0,20	-0,17	0,28	-0,26	0,08	-0,01	0,94
Petrolina	-0,18	0,20	-0,21	0,14	-0,16	0,27	-0,17	0,22	0,05	0,75	-0,07	0,61	-0,25	0,07	-0,09	0,52
Remanso	-0,11	0,54	-0,09	0,61	-0,02	0,90	-0,03	0,87	-0,02	0,90	0,01	0,94	-0,28	0,10	0,02	0,91
Salgueiro	-,315*	0,03	-,297*	0,04	-0,24	0,10	-0,21	0,15	0,27	0,06	-0,21	0,15	-0,23	0,11	0,05	0,72
Santa cruz da venerada	-,40**	0,00	-,42**	0,00	-,337*	0,02	-,34*	0,01	,290*	0,04	-0,23	0,11	-,38**	0,01	0,07	0,65
Santa maria da boa vista	-,44**	0,00	-,42**	0,00	-,327*	0,02	-0,27	0,06	,280*	0,05	-0,24	0,10	-,281*	0,05	0,02	0,86
São José do egito	-,44**	0,00	-,45**	0,00	-,40**	0,01	-,32*	0,03	,451**	0,00	-,36*	0,02	-0,27	0,08	0,11	0,48
Sento sé	-,42**	0,00	-,38**	0,01	-,357*	0,02	-0,27	0,07	0,28	0,06	-,35*	0,02	-0,03	0,83	0,08	0,60
Serra talhada	-0,03	0,83	-0,09	0,57	-0,13	0,42	-0,18	0,26	0,17	0,28	-0,11	0,50	-0,13	0,39	-0,02	0,88
Tacaratu	-0,23	0,13	-0,26	0,08	-0,22	0,15	-0,25	0,09	0,19	0,19	-0,13	0,40	-,361*	0,01	-0,11	0,47
Triunfo	-0,21	0,21	-0,19	0,28	-0,10	0,57	-0,06	0,74	0,17	0,34	-0,06	0,75	-0,20	0,26	-0,01	0,97
Tuparetama	-,312*	0,04	-0,28	0,07	-0,18	0,24	-0,19	0,22	0,12	0,44	-0,13	0,42	-,366*	0,01	0,02	0,89
<b>MÉDIA</b>	<b>-,39**</b>	<b>0,00</b>	<b>-,40**</b>	<b>0,00</b>	<b>-,323*</b>	<b>0,02</b>	<b>-,30*</b>	<b>0,03</b>	<b>,316*</b>	<b>0,02</b>	<b>-0,24</b>	<b>0,10</b>	<b>-,296*</b>	<b>0,03</b>	<b>-0,02</b>	<b>0,87</b>

\*\* A correlação é significativa no nível 0,01. \*A correlação é significativa no nível 0,05.

## R50mm

Postos	Niño1+2		Niño3		Niño3.4		Niño4		IOS		ONI		TNA		TSA	
	Cor.	p	Cor.	p	Cor.	p	Cor.	p	Cor.	p	Cor.	p	Cor.	p	Cor.	p
Abaré	-0,22	0,23	-0,29	0,10	-,362*	0,04	-,383*	0,03	0,30	0,09	-0,30	0,10	-0,31	0,08	0,15	0,40
Afogados da ingazeira	-0,10	0,48	-0,15	0,31	-0,18	0,22	-0,20	0,17	,298*	0,04	-0,21	0,17	-0,11	0,48	0,23	0,12
Afranio	0,05	0,70	0,04	0,76	0,04	0,76	0,05	0,75	-0,01	0,95	0,02	0,92	0,03	0,82	0,22	0,12
Araripina	-,311*	0,03	-,335*	0,02	-,297*	0,04	-0,27	0,06	,284*	0,05	-0,26	0,07	-0,15	0,31	0,20	0,17
Arcoverde	-0,06	0,68	-0,12	0,41	-0,13	0,37	-0,11	0,45	0,25	0,09	-0,17	0,27	0,24	0,11	0,18	0,22
Betania	-,314*	0,04	-,40**	0,01	-,38**	0,01	-,358*	0,02	,363*	0,01	-,33*	0,03	-0,10	0,51	0,05	0,73
Campo formoso	-0,14	0,42	-0,16	0,36	-0,13	0,43	-0,18	0,29	0,15	0,38	-0,05	0,77	-0,26	0,11	-0,12	0,49
Carnaíba	-0,14	0,41	-0,11	0,48	-0,06	0,71	-0,06	0,69	-0,01	0,95	-0,06	0,73	-0,30	0,06	0,06	0,73
Chorrochó	-,334*	0,03	-,382*	0,01	-,396*	0,01	-,39**	0,01	0,30	0,05	-,34*	0,03	-0,30	0,05	0,08	0,61
Exu	-,351*	0,02	-,316*	0,03	-0,21	0,16	-0,21	0,17	0,18	0,25	-0,09	0,55	-0,20	0,19	-0,24	0,11
Floresta	-0,21	0,15	-0,13	0,38	-0,09	0,52	-0,07	0,62	0,06	0,68	-0,05	0,74	-0,22	0,12	-0,09	0,55
Granito	-,370*	0,04	-,355*	0,05	-0,30	0,10	-0,15	0,41	0,24	0,19	-0,33	0,07	0,13	0,47	0,13	0,48
Ibimirim	0,03	0,84	0,05	0,73	0,10	0,50	0,15	0,29	-0,10	0,48	0,13	0,38	0,25	0,09	-0,15	0,30
Iguaraci	-0,28	0,07	-0,24	0,12	-0,24	0,11	-0,20	0,20	0,25	0,11	-0,25	0,11	0,03	0,86	0,17	0,27
Ipubi	-0,14	0,40	-0,20	0,23	-0,27	0,09	-,395*	0,01	0,27	0,09	-0,14	0,40	-,43**	0,01	-0,23	0,16
Itapetim	-0,22	0,14	-0,15	0,34	-0,06	0,68	0,00	0,99	0,18	0,24	-0,08	0,60	-0,04	0,81	0,21	0,16
Jacobina	,285*	0,05	0,24	0,10	0,24	0,09	0,22	0,12	-0,22	0,12	0,23	0,11	0,10	0,49	-0,19	0,18
Jaguarari	-0,03	0,85	-0,05	0,76	0,00	0,98	-0,12	0,47	-0,05	0,74	0,16	0,33	-0,12	0,46	-0,28	0,08
Juazeiro	-0,04	0,77	-0,15	0,32	-0,12	0,41	-0,04	0,77	0,14	0,33	-0,14	0,33	0,05	0,73	0,18	0,23
Mirandiba	-,318*	0,05	-0,27	0,10	-0,21	0,21	-0,20	0,22	0,21	0,21	-0,13	0,45	-0,16	0,35	-,32*	0,04
Moreilândia	-0,23	0,15	-0,25	0,11	-0,20	0,21	-0,11	0,49	0,28	0,07	-0,19	0,23	0,06	0,71	0,13	0,42
Morro do chapéu	0,32	0,12	0,33	0,11	0,33	0,10	0,27	0,20	-0,28	0,18	0,38	0,07	0,25	0,24	0,26	0,20
Ouricuri	-0,18	0,22	-0,13	0,37	-0,05	0,72	-0,03	0,82	0,00	0,99	0,01	0,94	-0,01	0,93	-0,03	0,83
Parnamirim	-0,20	0,22	-0,22	0,20	-0,10	0,58	-0,09	0,60	0,05	0,75	0,01	0,97	-0,12	0,46	-0,17	0,32
Paulo afonso	-0,14	0,34	-0,18	0,23	-0,18	0,23	-0,17	0,26	0,19	0,20	-0,17	0,25	-0,13	0,39	0,12	0,43
Petrolina	-0,01	0,96	-0,06	0,67	-0,09	0,52	-0,14	0,32	0,02	0,90	-0,02	0,90	-0,20	0,16	-0,07	0,62
Remanso	-0,08	0,66	-0,03	0,87	0,09	0,62	0,08	0,64	-0,14	0,44	0,11	0,55	-0,27	0,12	-0,03	0,89
Salgueiro	-0,13	0,38	-0,10	0,51	-0,02	0,91	0,04	0,80	0,08	0,60	-0,01	0,97	-0,02	0,90	0,03	0,86
Santa cruz da venerada	-0,27	0,06	-,309*	0,03	-0,28	0,05	-0,16	0,26	0,14	0,32	-,35*	0,01	-0,01	0,95	0,26	0,07
Santa maria da boa vista	-,37**	0,01	-,319*	0,02	-0,21	0,14	-0,16	0,28	0,21	0,15	-0,12	0,42	-0,24	0,09	0,04	0,80
São José do egito	-0,16	0,31	-0,17	0,28	-0,19	0,23	-0,16	0,30	0,28	0,07	-0,22	0,17	-0,02	0,89	0,12	0,44
Sento sé	-0,27	0,08	-0,27	0,08	-0,26	0,08	-0,18	0,23	0,26	0,09	-0,25	0,10	0,16	0,29	0,03	0,84
Serra talhada	-0,12	0,43	-0,21	0,18	-0,23	0,13	-0,25	0,11	0,11	0,49	-0,21	0,17	-0,20	0,19	-0,22	0,15
Tacaratu	-0,04	0,77	-0,07	0,64	-0,08	0,60	-0,09	0,54	0,12	0,42	-0,05	0,75	0,05	0,73	-0,05	0,76
Triunfo	-0,25	0,15	-0,30	0,08	-0,29	0,09	-0,22	0,21	,362*	0,03	-0,29	0,10	-0,29	0,10	0,15	0,40
Tuparetama	-0,19	0,21	-0,20	0,19	-0,09	0,58	0,03	0,83	0,23	0,13	-0,14	0,35	0,07	0,67	0,21	0,17
<b>MÉDIA</b>	<b>-0,22</b>	<b>0,13</b>	<b>-0,22</b>	<b>0,12</b>	<b>-0,16</b>	<b>0,27</b>	<b>-0,13</b>	<b>0,35</b>	<b>0,18</b>	<b>0,21</b>	<b>-0,12</b>	<b>0,41</b>	<b>-0,20</b>	<b>0,15</b>	<b>0,02</b>	<b>0,90</b>

\*\* A correlação é significativa no nível 0,01. \*A correlação é significativa no nível 0,05.