



UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO ACADÊMICO DO AGreste
NÚCLEO DE TECNOLOGIA
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL

MARIANA PRIMO OLIVEIRA

**AVALIAÇÃO ESTATÍSTICA DO REGIME PLUVIOMÉTRICO E
TENDÊNCIAS DE MUDANÇAS CLIMÁTICAS DOS
MUNICÍPIOS DA MACROZONA-I DA BACIA DO RIO
CAPIBARIBE**

Caruaru, 2018

MARIANA PRIMO OLIVEIRA

**AVALIAÇÃO ESTATÍSTICA DO REGIME PLUVIOMÉTRICO E
TENDÊNCIAS DE MUDANÇAS CLIMÁTICAS DOS
MUNICÍPIOS DA MACROZONA-I DA BACIA DO RIO
CAPIBARIBE**

Trabalho de Conclusão de Curso a ser apresentado ao Curso de Engenharia Civil do Centro Acadêmico do Agreste - CAA, da Universidade Federal de Pernambuco – UFPE, em cumprimento às exigências para a obtenção do grau de Bacharel em Engenharia Civil.

Área de concentração: Recursos Hídricos.

Orientador: Prof. Dr. Anderson Luiz Ribeiro de Paiva.

Caruaru, 2018

Catalogação na fonte:
Bibliotecária – Marcela Porfírio CRB/4 - 1878

O48a Oliveira, Mariana Primo.
Avaliação estatística do regime pluviométrico e tendências de mudanças climáticas dos municípios da Macrozona-I da bacia do Rio Capibaribe. / Mariana Primo Oliveira. – 2018.

© 2010, 2013 by Pearson Education, Inc.

Orientador: Anderson Luiz Ribeiro de Paiva.
Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso) – Universidade Federal de
Pernambuco, CAA-Engenharia Civil, 2018.

Inclui Referências

1. Precipitação (Meteorologia). 2. Desenvolvimento de recursos hídricos. 3. Bacias hidrográficas – Pernambuco. I. Paiva. Anderson Luiz Ribeiro de (Orientador). II. Título

620 CDD (23 ed.)

UPEFE (CAA 2018-021)

MARIANA PRIMO OLIVEIRA

AVALIAÇÃO ESTATÍSTICA DO REGIME PLUVIOMÉTRICO E TENDÊNCIAS DE MUDANÇAS CLIMÁTICAS DOS MUNICÍPIOS DA MACROZONA-I DA BACIA DO RIO CAPIBARIBE

Proposta de trabalho a ser apresentado ao Curso de Engenharia Civil do Centro Acadêmico do Agreste – CAA, da Universidade Federal de Pernambuco – UFPE, como requisito para a disciplina Trabalho de Conclusão de Curso II.

Área de concentração: Recursos Hídricos

A banca composta pelos professores abaixo, considera o candidato **ALUNO APROVADO COM NOTA** .

Caruaru, 8 de março de 2018.

Banca examinadora:

Prof. Anderson Luiz Ribeiro de Paiva _____
Universidade Federal de Pernambuco – UFPE (Orientador)

Profa. Leidjane Maria M. de Oliveira _____
Universidade Federal de Pernambuco – UFPE (Avaliadora)

Ana Cláudia Villar e Luna Gusmão _____
Universidade Federal de Pernambuco – UFPE (Avaliadora)

Prof. Maria Isabela M.C.V. Bello _____
Universidade Federal de Pernambuco – UFPE (Coordenadora do curso)

Ao meu honrado e eterno pai, dedico.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por ter me concedido equilíbrio, orientação e saúde para enfrentar todas adversidades ao longo dessa jornada.

Agradeço aos meus familiares por acreditarem na minha capacidade e me apoiarem em todos os meus ensejos, especialmente a minha mãe, Lucicleide, que é meu alicerce e fonte de inspiração e ao meu irmão Roberto por ter me auxiliado inúmeras vezes cuidando do meu filho.

Ao meu filho, Davi, por compreender e me acompanhar nos diversos estágios desse projeto em detrimento de alguns momentos de lazer.

A todos os professores que compõe o curso de Engenharia Civil da UFPE/CAA, por todos os conhecimentos transmitidos, em especial ao professor Anderson Paiva, por ter sido meu orientador de Monitoria por cinco vezes, Iniciação Científica por 3 vezes, Estágio Supervisionado e TCC. Demonstro gratidão por toda compreensão, incentivo e apoio ao longo desses anos.

Aos amigos de longa data e aos amigos que fiz durante o curso, que de todos levarei algum aprendizado para a minha vida pessoal ou carreira profissional.

A Raffael, que conheci nos instantes finais do curso, mas que foi essencial nos momentos decisivos, me incentivando e apoiando nas horas críticas.

A todos que direta ou indiretamente fizeram parte da minha formação, o meu muito obrigada.

RESUMO

A água é um elemento essencial à vida e sua escassez é fator limitante para o desenvolvimento de uma região. O entendimento acerca do comportamento hídrico de uma localidade, através de avaliação da série histórica de dados, é de significativa importância tanto para a ciência como para a gestão dos recursos hídricos disponíveis. Através da análise de dados pluviométricos dos últimos 51 anos, após passar por um tratamento de dados por meio do método do Vetor Regional e análise de consistência, foi possível inferir estudos estatísticos, com o auxílio de sistemas operacionais como Excel, Statistica e TREND, nos postos mais representativos das cidades de Belo Jardim, Brejo da Madre de Deus, Jataúba, Santa Cruz do Capibaribe e Taquaritinga do Norte, sendo estas situadas na Macrozona I da Bacia do Rio Capibaribe. Realizou-se estudos para estatísticas médias, totais, mensais e anuais por meio de parâmetros e gráficos descritivos, como média, coeficientes de assimetria e variação, gráfico *box-plot*, gráfico da média móvel e gráfico dos desvios de valores médios mensais. Além disso, foi feita a análise do Índice de Anomalia de Chuva do histórico e o estudo das tendências. As cidades Belo Jardim, Brejo da Madre de Deus, Jataúba e Santa Cruz do Capibaribe mantiveram características similares, ficando com suas médias anuais de precipitação entre 421,6mm em Brejo da Madre de Deus e 596,3mm em Belo Jardim. Taquaritinga do Norte manteve índices pluviométricos bem acima dos outros municípios, com média anual de 987,1mm, porém ainda assim apresentou proporcionalidade visto que os anos mais secos e mais chuvosos foram os mesmos para as cinco localidades. O período chuvoso manteve-se entre março e julho e o período seco entre agosto e janeiro. Os valores apresentaram grande variabilidade dentro da série histórica, observando anos de extrema umidade e extrema seca. Os últimos seis anos mantiveram-se abaixo da média histórica e foram caracterizados como anos secos, muito secos ou extremamente secos. A análise da tendência apresentou significância de 5% para o decrescimento dos valores de precipitação.

Palavras-chave: Precipitação. Estatística descritiva. Análise de tendência.

ABSTRACT

Water is an essential element to life and its shortage is a limiting factor for the development of a region. The understanding of the hydric behavior of a locality, through data history evaluation, is of significative importance not only to science but also to available water resources management. Through the analysis of pluviometric data of the last 51 years, after undergoing data treatment using the Regional Vector method and consistency analysis, it was possible to infer statistical studies with the support of operating systems such as Excel, Statistica and TREND, in the most representative stations of the cities of Belo Jardim, Brejo da Madre de Deus, Jataúba, Santa Cruz do Capibaribe and Taquaritinga do Norte, being located in Macrozona I region of the Capibaribe River basin. Some studies were performed for mean, total, monthly and annual statistics by means of descriptive parameters and graphs, such as mean, asymmetry and variation coefficients, box-plot graph, moving average graph and plot of monthly mean deviations. In addition, an analysis of the Rain Anomaly Index of the history and the study of trends was done. The cities of Belo Jardim, Brejo da Madre de Deus, Jataúba and Santa Cruz do Capibaribe maintained similar characteristics, with their annual averages of precipitation between 421.6 mm in Brejo da Madre de Deus and 596.3 mm in Belo Jardim. Taquaritinga do Norte maintained rainfall levels well above other municipalities, with an annual average of 987.1mm, but has still shown proportionality given the driest and wettest years were the same for the five localities. The rainy season remained between March and July and the dry period between August and January. The values presented great variability within the historical series, observing years of extreme humidity and extreme dryness. The last six years have remained below the historical average and have been characterized as dry, very dry or extremely dry years. The trend analysis showed a significance of 5% for the decrease of precipitation values.

Keywords: Precipitation. Descriptive statistics. Trend analysis.

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1 - Princípios usados no delineamento de uma bacia hidrográfica.	21
Figura 2.2 - Posição da bacia do Rio Capibaribe no estado de Pernambuco.	22
Figura 2.3 - Macrozonas da bacia do rio Capibaribe.....	23
Figura 3.1 - Cidades pertencentes à bacia do rio Capibaribe.....	33
Figura 4.1 - Parâmetros estatísticos da cidade de Belo Jardim (20).	42
Figura 4.2 - Gráfico Box-Plot da cidade de Belo Jardim (20).	43
Figura 4.3 - Gráfico das precipitações acumuladas anuais comparadas com a media histórica do município de Brejo da Madre de Deus (113).	44
Figura 4.4 - Gráfico do desvio da precipitação média mensal da estação de Jataúba (120).	45
Figura 4.5 - Gráfico da média móvel da precipitação total anual do município de Santa Cruz do Capibaribe (86).	46
Figura 4.6 - IAC anuais da cidade de Taquaritinga do Norte (72).	47
Figura 4.7 - Precipitação média mensal dos cinco municípios.	48
Figura 4.8 - Precipitação total anual dos cinco municípios.	49
Figura 4.9 - Localização do município de Taquaritinga do Norte no mapa hipsométrico da Bacia do Capibaribe.	49
Figura A. 1- Sequência de dados dos postos pluviométricos do município de Belo Jardim (20).	58
Figura A. 2 - Sequência de dados dos postos pluviométricos do município de Brejo da Madre de Deus (113).	59
Figura A. 3 - Sequência de dados dos postos pluviométricos do município de Jataúba (120).	60
Figura A. 4 - Sequência de dados dos postos pluviométricos do município de Santa Cruz do Capibaribe (86).	61
Figura A. 5 - Sequência de dados dos postos pluviométricos do município de Taquaritinga do Norte (72).	62
Figura B. 1- Tabela com as precipitações mensais, médias mensais e totais anuais da estação de Belo Jardim (20).	64
Figura B. 2 - Tabela com as precipitações mensais, médias mensais e totais anuais da estação de Brejo da Madre de Deus (113).	65

Figura B. 3 - Tabela com as precipitações mensais, médias mensais e totais anuais da estação de Jataúba(120)	66
Figura B. 4 - Tabela com as precipitações mensais, médias mensais e totais anuais da estação de Santa Cruz do Capibaribe (86).....	67
Figura B. 5 - Tabela com as precipitações mensais, médias mensais e totais anuais da estação de Taquaritinga do Norte (72).	68
Figura C. 1 - Correlação da estação de Belo Jardim (20).	70
Figura C. 2 - Correlação da estação de Brejo da Madre de Deus (113).	70
Figura C. 3 - Correlação da estação de Jataúba (120).	71
Figura C. 4 - Correlação da estação de Santa Cruz do Capibaribe (86)	71
Figura C. 5 - Correlação da estação de Taquaritinga do Norte (72).....	71
Figura D. 1 - Parâmetros estatísticos da cidade de Brejo da Madre de Deus (113).	73
Figura D. 2 - Parâmetros estatísticos da cidade de Jataúba (120).....	73
Figura D. 3 - Parâmetros estatísticos da cidade de Santa Cruz do Capibaribe (86).....	73
Figura D. 4 - Parâmetros estatísticos da cidade de Taquaritinga do Norte (72).	74
Figura E. 1 - Gráfico Box-Plot da cidade de Brejo da Madre de Deus (113). ...	76
Figura E. 2 - Gráfico Box-Plot da cidade de Jataúba (113).	76
Figura E. 3 - Gráfico Box-Plot da cidade de Santa Cruz do Capibaribe (86)....	77
Figura E. 4 - Gráfico Box-Plot da cidade de Taquaritinga do Norte (72)	77
Figura F. 1 - Gráfico das precipitações acumuladas anuais comparadas com a média histórica do município de Belo Jardim (20).....	79
Figura F. 2 - Gráfico das precipitações acumuladas anuais comparadas com a média histórica do município de Jataúba (120).	79
Figura F. 3 - Gráfico das precipitações acumuladas anuais comparadas com a média histórica do município de Santa Cruz do Capibaribe (86).....	79
Figura F. 4 - Gráfico das precipitações acumuladas anuais comparadas com a média histórica do município de Taquaritinga do Norte (72).....	80

Figura G. 1 - Gráfico do desvio da precipitação média mensal da estação de Belo Jardim (20)	82
Figura G. 2 - Gráfico do desvio da precipitação média mensal da estação de Brejo da Madre de Deus (113)	82
Figura G. 3 - Gráfico do desvio da precipitação média mensal da estação de Santa Cruz do Capibaribe (86).....	82
Figura G. 4 - Gráfico do desvio da precipitação média mensal da estação de Taquaritinga do Norte (72)	83
Figura H. 1 - Gráfico da média móvel da precipitação total anual do município de Belo Jardim (20)	85
Figura H. 2 - Gráfico da média móvel da precipitação total anual do município de Brejo da Madre de Deus (113)	85
Figura H. 3 - Gráfico da média móvel da precipitação total anual do município de Jataúba (120)	85
Figura H. 4 - Gráfico da média móvel da precipitação total anual do município de Taquaritinga do Norte (72)	86
Figura I. 1 - Gráfico do IAC anual do município de Belo Jardim (20)	88
Figura I. 2 - Gráfico do IAC anual do município de Brejo da Madre de Deus (113).....	88
Figura I. 3 - Gráfico do IAC anual do município de Jataúba (120).....	88
Figura I. 4 - Gráfico do IAC anual do município de Santa Cruz do Capibaribe (86).....	89

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Classificação climática com base no índice de aridez.....	23
Tabela 2 - Estações hidrometeorológicas dos municípios em estudo	34
Tabela 3 - Classes do Índice de Anomalia de Chuva	38
Tabela 4 - Estações hidrometeorológicas mais representativas.....	39
Tabela 5 - Coeficientes de determinação obtidos.....	40
Tabela 6 - Resultado da análise de tendência dos municípios de Belo Jardim (20), Brejo da Madre de Deus (113), Jataúba (120) e Santa Cruz do Capibaribe (86).	47
Tabela 7 - Resultado da análise de tendência do município de Taquaritinga do Norte (72).....	48

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

%	percentual
<	menor que
>	maior que
°	graus
°C	graus Celsius
α	nível de significância
β	erro
APAC	Agência Pernambucana de Águas e Clima
ASD	Áreas suscetíveis a desertificação
Ck	coeficiente de curtose
CO2	dióxido de carbono
Cs	coeficiente de assimetria
Cv	coeficiente de variação
EEA	Agência Ambiental Europeia
H	hora
H₀	hipótese nula
H₁	hipótese alternativa
IA	Índice de Aridez
IAC	Índice de Anomalia de Chuva
IPCC	Intergovernmental Panel on Climate
Km	quilômetro
MK	Mann-Kendall
mm	milímetro
OMM	Organização Meteorológica Mundial
PCD	plataforma de coleta de dados
Z-1	Macrozona 1 (Alto Capibaribe)
Z-2	Macrozona 2 (Médio Capibaribe)
Z-3	Macrozona 3 (Baixo Capibaribe)

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	15
1.1. Justificativa	17
1.2. Motivação.....	17
1.3. Objetivos	18
1.3.1. <i>Objetivo geral</i>	18
1.3.2. <i>Objetivos específicos</i>	18
2. REFERENCIAL TEÓRICO	19
2.1. Ciclo hidrológico	19
2.2. Bacia hidrográfica.....	20
2.2.1. <i>A bacia hidrográfica do Capibaribe</i>	21
2.3. Características do semiárido	23
2.4. Precipitação.....	24
2.5. Considerações sobre mudanças e variabilidade do clima.....	25
2.6. Aquisição de dados hidrológicos.....	27
2.7. Estatística descritiva	28
2.7.1. <i>Séries históricas</i>	28
2.7.2. <i>Análise de consistência e preenchimento de falhas</i>	29
2.8. Índice de Anomalia de Chuva (IAC)	29
2.9. Detecção de tendência.....	30
3. METODOLOGIA.....	33
3.1. Área de estudo.....	33
3.2. Levantamento de dados.....	33
3.3. Processamento de dados.....	34
3.4. Análise estatística.....	33
3.5. Índice de Anomalia de Chuva (IAC)	37
3.6. Análise de tendência.....	38
4. RESULTADOS E DISCUSSÕES	39
4.1. Preenchimento de falhas.....	39
4.2. Estudo da correlação dos dados.....	39
4.3. Análise das variáveis estatísticas	40
4.4. Análise da precipitação acumulada anual com relação à média histórica	43
4.5. Análise do desvio médio das precipitações acumuladas mensais.....	44
4.6. Análise da média móvel	45

4.7. Análise da Índice de Anomalia de Chuva (IAC).....	46
4.8. Análise de tendência da precipitação anual.....	47
4.9. Análise comparativa	48
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS	50
REFERÊNCIAS.....	51
APÊNDICES	56
Apêndice A – Levantamento dos dados brutos de todos os postos pluviométricos..	57
Apêndice B – Tabelas com as precipitações mensais, médias mensais e totais anuais	63
Apêndice C – Correlação entre os valores observados versus calculados pelo vetor regional.....	69
Apêndice D – Tabelas do Software Statistica – Parâmetros estatísticos.....	72
Apêndice E – Gráficos Box-Plot.....	75
Apêndice F – Gráficos das precipitações acumuladas anuais compradas com a média histórica.....	78
Apêndice G – Gráficos dos desvios de valores médios das precipitações acumuladas mensais com relação à média mensal histórica do período de 01/01/1967 a 31/12/2017	81
Apêndice H – Gráficos das médias móveis de 2 e 4 anos de precipitação total anual	84
Apêndice I – Índices de Anomalia de Chuvas	87

1 INTRODUÇÃO

O conhecimento acerca do regime hídrico em uma bacia hidrográfica é fundamental nos estudos hidrológicos que servem como base para projetos de diferentes usos de água, tornando-se fator indispensável para um gerenciamento adequado dos recursos hídricos.

No planeta Terra a água é considerada elemento fundamental e insubstituível para constituição dos organismos vivos e para diversas atividades, sendo seu acesso direito humano fundamental previsto na legislação (BRASIL, 2005). Devido ao elevado percentual desse recurso existente no planeta, criou-se a falsa ilusão de que o mesmo é um bem infinito. O que existe, de fato, é muito pouca água doce para uma população que cresce dia-a-dia e, em alguns locais, de forma desordenada. Por isso, a baixa oferta de água potável ou, até mesmo, a escassez total em várias localidades já é uma realidade.

O Brasil possui uma distribuição regional dos recursos hídricos superficiais bastante concentrada. Enquanto cerca de 80% da água disponível encontra-se na região amazônica, onde vivem apenas cerca de 5% da população, os 20% restante abastecem 95% dos brasileiros. No entanto, a situação é ainda mais grave na região Nordeste, uma vez que a disponibilidade de água por habitante é menor (OLIVEIRA & ALMEIDA, 2008).

A agropecuária é vital para os moradores do semiárido do Nordeste brasileiro visto que se trata da segurança alimentar e de renda de boa parte das famílias. Isto posto, pode-se inferir que o desenvolvimento socioeconômico, e consequentemente a qualidade de vida da população, é fortemente relacionado à disponibilidade hídrica da região, e a precipitação é o único meio de abastecimento dos mananciais que dão suporte aos municípios.

O estudo do comportamento da pluviometria de uma região é primordial para o planejamento de métodos de gestão dos recursos hídricos. Visualizar tendências e mudanças climáticas ocorridas anteriormente possibilita estimar probabilidades de ocorrência através de testes estatísticos e, por conseguinte estudar de forma direcionada métodos de melhorias para as adversidades observadas.

Vários relatórios de órgãos internacionais importantes, como os da Agência Ambiental Europeia (EEA, 2011, 2014), deixam clara a importância do planejamento e gestão dos recursos hídricos para atender aos vários interesses frente aos impactos decorrentes de mudanças climáticas, sugerindo estratégias e disseminando conhecimentos relacionados ao tema. Entre as estratégias se destaca a redução das diferenças entre demanda e fornecimento, passando por redução das perdas por fatores não climáticos e adoção de tecnologias mais eficientes nos usos e estratégias de economia de água.

Mudanças climáticas e seus potenciais efeitos sobre o ciclo hidrológico estão cada vez mais contribuindo para incertezas consideráveis nas demandas e ofertas futuras de água (MIDDELKOOP *et al.*, 2001). O governo do Estado de Pernambuco (2011) alerta que o estado é um dos mais vulneráveis aos efeitos das mudanças do clima no Brasil, sofrendo com o agravamento das secas no Sertão e no Agreste. Nas suas áreas suscetíveis a desertificação (ASD) se encontram 135 municípios (incluindo os municípios da microrregião do Alto Capibaribe), onde vivem cerca de 2,6 milhões de habitantes. Essas populações afetadas podem buscar os centros urbanos, sobrecarregando os serviços nelas e agravando as deficiências existentes nas condições socioeconômicas. Para AB'SABER (1974, *apud* OLIVEIRA, 2012), a condição de seca nesta região é cíclica e ocorre também durante a estação chuvosa (veranicos), e muitas das dificuldades enfrentadas pelas famílias são geradas pela falta de infraestrutura hídrica que possa nos períodos de chuva, servir para acumular e armazenar água a partir da utilização de diferentes tecnologias apropriadas às condições do semiárido.

O armazenamento de água superficial ainda é a principal fonte de reserva hídrica do semiárido nordestino e a precipitação é a única fonte para o suprimento de água. Deste modo, este trabalho busca o entendimento do comportamento do regime pluvial com estudo direcionado a microrregião do Alto Capibaribe de Pernambuco, abordando cinco municípios, através de análise da série histórica, sua caracterização e prognóstico.

1.1 Justificativa

Os efeitos das mudanças climáticas são sentidos em todas as esferas do planeta e seus impactos já são visíveis sobre os ecossistemas naturais, agricultura e recursos hídricos, em escala global, regional e local. Segundo o relatório do Intergovernmental Panel on Climate Change - IPCC (2007), as regiões semiáridas e áridas são as mais vulneráveis aos impactos das mudanças do clima, uma vez que, a área já é carente em recursos hídricos e sofre com a variabilidade e incerteza do período chuvoso. Desta forma, faz-se necessário compreender os problemas decorrentes das mudanças do clima e seus possíveis impactos e, então empreender ações de adaptação e mitigação.

A população da região semiárida é estimada em 20 milhões de pessoas, correspondendo a aproximadamente 11% da população brasileira e 46% dessa população (9,2 milhões) vivem em áreas rurais e subsistem sob grande vulnerabilidade social e econômica. Segundo estudos da Embrapa Semiárido (2002, *apud* SOUZA, 2005), 60 dias após o encerramento do período das chuvas, 550 mil dos 2,6 milhões de estabelecimentos rurais da região passam a viver sem qualquer tipo de água para o consumo humano ou animal, nos seus próprios agro ecossistemas familiares. Se for considerado um período de 120 dias após o término das chuvas, pode-se projetar que mais de 1 milhão de estabelecimentos fiquem sem qualquer fonte de água no período de seca. Sob tais condições, técnicas poupadoras de água mesmo que visem destinos menos nobres como a potabilidade são iniciativas a serem estimuladas e vêm a contribuir para a melhoria da qualidade de vida da população e para as condições de convivência com o semiárido. Para tais técnicas é necessária uma aplicação viável de acordo com a disponibilidade hídrica existente. Neste sentido, um conhecimento do comportamento do regime hídrico para a região é fundamental.

1.2 Motivação

O interesse no assunto surgiu a partir das pesquisas de iniciação científica também orientadas pelo professor Anderson Luiz Ribeiro de Paiva, cujos títulos foram “Avaliação do regime pluviométrico para municípios do agreste pernambucano frente às mudanças climáticas” e “Tendências do regime pluviométrico para municípios do

Agreste Pernambucano" realizados entre agosto de 2015 e julho de 2016 e agosto de 2016 e julho de 2017, respectivamente.

Dando continuidade ao estudo, optou-se por concentrar as análises na microrregião do Alto Capibaribe tendo em vista as dificuldades hídricas para abastecer os mananciais e suprir as necessidades básicas da população da área.

As mudanças climáticas que atingem a região são perceptíveis. Os dias mais quentes, a paisagem mais seca, os rios e lagos antes plenos e fartos, agora degradados ou inexistentes. A instigação para essa pesquisa é quantificar e analisar essas mudanças.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo geral

O principal objetivo deste trabalho é analisar estatisticamente e através de índices climáticos o comportamento do regime pluviométrico da microrregião pernambucana do Alto Capibaribe e inferir tendências deste a partir de dados dos últimos 51 anos da série histórica.

1.3.2 Objetivos específicos

- Preencher as falhas da série histórica e fazer a análise de correlação dos dados.
- Analisar estatisticamente o histórico de dados pluviométricos dos municípios da microrregião.
- Empregar o índice climáticos de monitoramento, Índice de Anomalia de Chuva (IAC).
- Analisar as tendências de chuvas nos últimos anos e futuras.
- Realizar a análise comparativa entre os municípios.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Ciclo hidrológico

Segundo Tucci (2001), o ciclo hidrológico é o fenômeno global de circulação fechada da água entre a superfície terrestre e a atmosfera, impulsionado fundamentalmente pela energia solar associada à gravidade e à rotação terrestre. O ciclo hidrológico só é fechado em nível global. Os volumes evaporados em um determinado local do planeta, depois de condensados, não precipitam necessariamente no mesmo local, pois há movimentos contínuos com dinâmicas diferentes na atmosfera, a medida que são consideradas áreas menores de drenagem, fica mais caracterizado o ciclo hidrológico como um ciclo aberto em nível local.

De acordo com Azevedo (2010), o ciclo hidrológico pode ser dividido nas seguintes etapas: precipitação, interceptação, infiltração, escoamento superficial, escoamento subterrâneo, transpiração e evaporação. A precipitação ocorre quando o vapor d'água presente na atmosfera se aglutina formando micro gotículas, que se agrupam até adquirirem tamanho suficiente para precipitar sob a forma de chuva, neve ou granizo. Parte desta precipitação não chega a tocar o solo, ficando retida na vegetação até ser evaporada ou alcançar o solo, quando a precipitação exceder a capacidade de retenção da vegetação, ou pela ação dos ventos. A infiltração ocorre até a intensidade de precipitação não exceder a capacidade de infiltração do solo enquanto a superfície do solo não tiver saturada.

Ainda segundo o mesmo autor o escoamento superficial inicia-se quando a capacidade de retenção da vegetação for excedida e o solo superficial já tiver taxa de infiltração superada pela intensidade da precipitação. Em seguida a água é impulsionada pela gravidade para as partes mais baixas do solo, aonde vão se acumulando e formando cursos d'água, que continuam fluindo até encontrar riachos que formarão rios, de porte cada vez maior, até atingir um oceano ou lago. O escoamento subterrâneo ocorre quando a porção de precipitação infiltrada se desloca até os aquíferos subterrâneos, escoando de forma bastante lenta.

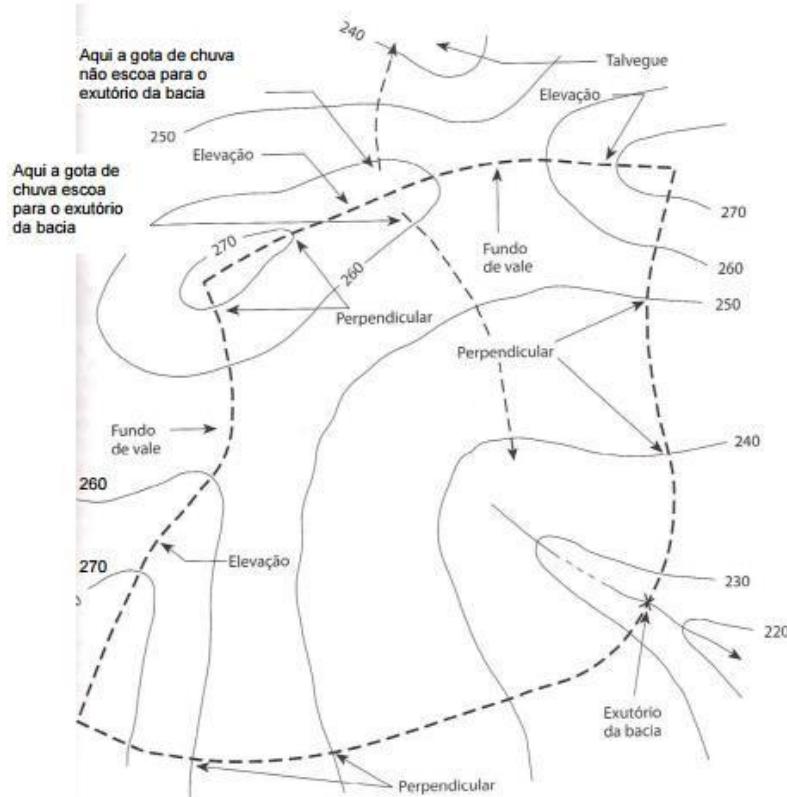
2.2 Bacia hidrográfica

Segundo Tucci (2009), uma bacia hidrográfica é composta basicamente por superfícies vertentes e uma rede de drenagem formada por cursos de água que ao se aproximarem do exutório se unem formando um só leito. A água da precipitação, ao entrar em contato com o solo tende a infiltrar-se, porém com o passar do tempo, o solo fica saturado e tem-se início o escoamento superficial, conduzindo a água até o leito do curso d'água mais próximo. Tem-se ainda que os pontos mais altos do relevo definem a área de influência de uma bacia, já que os rios não são capazes de transpô-los, assim sendo considerados como divisores d'água; já os pontos mais baixos são chamados de fundos de vale.

Gribbin (2009) define, de forma didática, bacia hidrográfica e orienta sobre seu delineamento. Para todos os cursos d'água, uma área bem definida intercepta a chuva e a transporta até o curso d'água. Essa área é chamada de Bacia Hidrográfica ou bacia de drenagem. Toda chuva que incide sobre a bacia de drenagem segue seu caminho até o curso d'água, enquanto toda chuva que cai fora dela segue caminho distinto fluindo a outro curso d'água. A linha imaginária que delinea o limite da bacia de drenagem é chamada divisor da bacia ou divisor d'água e é determinada pela topografia da região.

A Figura 2.1 apresenta uma planta simplificada, com a área de drenagem delineada sobre ela e os princípios mais importantes no delineamento de uma bacia de drenagem (GRIBBIN, 2009). O primeiro passo para delinear a bacia de drenagem é decidir o ponto, no curso d'água, onde a bacia começa. Esse ponto inicial constitui o ponto de saída do escoamento produzido por ela, denominado exutório da bacia. O divisor deve ser perpendicular as linhas de contorno, sendo seu traçado ao longo das cristas das elevações (colinas ou montanhas).

Figura 2.1 - Princípios usados no delineamento de uma bacia hidrográfica.



Fonte: GRIBBIN, 2009.

É muito importante ressaltar que qualquer ponto da superfície terrestre está sempre fazendo parte de uma determinada bacia hidrográfica, sendo esta uma unidade natural com seus limites fixados pela ação de fenômenos também naturais (VALENTE & GOMES, 2005).

2.2.1 A bacia hidrográfica do Capibaribe

A bacia hidrográfica do rio Capibaribe situa-se na porção nordeste de Pernambuco (Figura 2.2), abrangendo as Zonas do Agreste, Mata e Litoral, em área de 7.455 Km². Sua primeira nascente é encontrada no município de Poção, já próximo ao limite com Jataúba, seguindo-se um curso de aproximadamente 275 Km até à sua foz, no porto do Recife. Nesse trajeto, o rio e seus afluentes cortam 42 municípios, sendo 15 totalmente inseridos na bacia e 26 possuindo sua sede na mesma (BRAGA *et al.*, 2015).

Figura 2.2 - Posição da bacia do Rio Capibaribe no estado de Pernambuco.



Fonte: BRAGA *et al.* (2015).

Ainda segundo BRAGA *et al.* (2015), a bacia do Capibaribe pode ser dividida em três macrozonas: Z-1, Z-2 e Z-3, facilmente identificadas como Alto, Médio e Baixo Capibaribe (Figura 2.3). O Alto e o Médio Capibaribe, situados no Agreste, apresentam déficit hídrico, situação em que a quantidade anual de chuvas é insuficiente para alimentar os mananciais e atender aos usos múltiplos da água. Em decorrência, além da imperiosa necessidade de conservação da água no leito arenoso dos cursos de água intermitentes, evidencia-se indispensável a importação de água, particularmente do rio São Francisco, através de canais e adutoras.

Já no Baixo Capibaribe, situado na Zona da Mata, o balanço hídrico é positivo, já que as necessidades podem ser supridas pela produção de água na própria macrozona, precisando apenas de uma boa gestão dos recursos hídricos quanto à conservação das áreas de recarga dos aquíferos, ao controle da poluição e à orientação da demanda, evitando desperdícios.

Figura 2.3 - Macrozonas da bacia do rio Capibaribe.



Fonte: BRAGA *et al.* (2015).

2.3 Características do Semiárido

A bacia hidrográfica do rio Capibaribe está situada quase que por completa na região semiárida do Nordeste brasileiro.

A natureza no semiárido traz a marca da escassez hídrica. Do ponto de vista climático, a definição de semiárido vem da classificação do clima de Thornthwaite (*apud* Ayoade, 1988) que o definiu em função do Índice de Aridez (IA), que é reconhecido como a razão entre a precipitação e a evapotranspiração potencial. A Tabela 1 apresenta a faixa do índice de aridez para diversos climas da terra, destacando a classificação do semiárido.

Tabela 1 - Classificação climática com base no índice de aridez.

ÍNDICE DE ARIDEZ CLASSIFICAÇÃO	
$IA < 0,05$	Hiperárido
$0,05 < IA < 0,20$	Árido
<u>$0,20 < IA < 0,50$</u>	<u>Semiárido</u>
$0,50 < IA < 0,65$	Subúmido seco
$0,65 < IA < 1,00$	Subúmido úmido
$IA > 1,00$	Úmido

Fonte: Ayoade, 1988.

Segundo Medeiros *et al.* (2011), a ocorrência da água no semiárido é marcada por sua grande variabilidade espacial e temporal. As precipitações são de verão (dezembro-fevereiro) e de outono (março-maio), tendo o sul do semiárido nordestino maior precipitação de verão e a parcela setentrional precipitações de outono. Este regime de chuvas se dá sob pronunciada sazonalidade, com a precipitação ocorrendo praticamente sobre um período do ano. Este regime de chuvas sobre os solos rasos do cristalino na depressão sertaneja impõe a existência de rios intermitentes em diversas regiões. Adicionalmente, ocorre uma significativa variabilidade interanual que impõem secas e cheias severas, sobreposta à variabilidade decadal que produz sequências de anos secos ou úmidos.

Todos esses fatores são cruciais para inferir a necessidade hídrica do semiárido brasileiro. Segundo Sobral & Barretto (2010), o sistema hidrológico no semiárido do Nordeste brasileiro subordina-se a diferentes fatores, dentre eles estão a intermitência dos rios, a variabilidade e tendências das condições climáticas, os tipos de solo, as condições culturais de uso da terra e implementação deficiente de políticas públicas específicas, entre outros. Para Barretto (2010) a variabilidade hídrica do semiárido brasileiro está associada a variáveis naturais e antrópicas, condições de precipitação, tipo de solo e o seu uso.

Diante deste cenário, para Celso Furtado (*apud* ANDRIGHETTI, 1998) o fundamental na região Nordeste é adaptar a economia local às condições naturais, não combater, mas conviver com a seca. Portanto não há dúvida da importância de se estabelecer às épocas de maior precipitação, pois as estiagens geram problemas sociais e econômicos, dizimam as colheitas e animais, e esgotam as reservas de água superficial da região (ALMEIDA & PEREIRA, 2007).

2.4 Precipitação

A precipitação pode ser definida como a transferência de água da atmosfera para a superfície terrestre, de acordo com a dinâmica das massas de ar que intervêm em sua forma, intensidade e duração. O fenômeno pode ocorrer por meio de chuva, neblina, granizo ou neve. No Brasil, a chuva é a forma de precipitação de maior interesse visto que possui maior incidência diante das demais.

A caracterização da precipitação é feita a partir das seguintes grandezas: a altura pluviométrica, a intensidade da precipitação, a duração e o tempo de retorno. A altura pluviométrica corresponde a medida da altura da lâmina de água de chuva acumulada sobre uma superfície plana, horizontal e impermeável, e é normalmente expressa em mm. A intensidade da precipitação compreende a relação entre a altura pluviométrica e a duração da precipitação, sendo geralmente representada em mm/h, mm/min ou mm/dia e corresponde a um valor médio no intervalo de tempo definido. A duração da precipitação corresponde ao período de tempo durante o qual a chuva cai, sendo comum expressá-lo em minuto ou hora. O tempo de retorno corresponde ao intervalo médio, em anos, entre a ocorrência de uma chuva com uma determinada magnitude e uma de igual ou maior valor, ou seja, é o intervalo de recorrência de um evento hidrológico (NETO, M. R. de F., 2012).

2.5 Considerações sobre mudanças 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 (CO₂), estaria comprometendo, de forma sem precedente, o ambiente humano. Entre as possíveis evidências destas alterações no ambiente local estariam: o efeito estufa, a inversão térmica e principalmente alteração no ciclo hidrológico (ARAÚJO, 2009).

Dessa forma, a frequente atenção às mudanças climáticas globais levou a OMM a criarem o 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 2001 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, 2001).

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 (IPCC, 2001). Segundo

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). A elevação na temperatura, que vem ocorrendo a nível global, aumenta a retenção de vapor d'água e, consequentemente, há maior demanda hídrica. Segundo Thomas *et al.* (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. (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 de sequeiro.

Apesar da dificuldade de se separar as variações climáticas naturais daquelas resultantes da ação antrópica, o relatório divulgado do IPCC, de 2007, conclui, sobre base científica das mudanças climáticas, com acima de 90% de confiança, que o aquecimento global dos últimos 50 anos é causado principalmente pelas atividades humanas.

Existem inúmeras incertezas quanto a 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, tem sido recorrente, tanto nos modelos globais do IPCC 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.*, 2009). 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).

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, consequentemente 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 (2007) 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.

2.6 Aquisição de dados hidrológicos

A precipitação pode ser quantificada através de dois instrumentos meteorológicos: o pluviômetro e o pluviógrafo. A diferença entre eles é que o pluviógrafo registra os dados automaticamente e o pluviômetro registra os dados através de leituras manuais em intervalos de tempo fixo.

Além destes dois aparelhos citados acima, os radares meteorológicos também são capazes de estimar as precipitações, porém são pouco utilizados. O radar meteorológico é um sistema que opera em um comprimento de onda, refletido pelas

precipitações, em que a intensidade da onda refletida se relaciona com a intensidade da chuva.

As plataformas de coleta de dados, ou PCD, são equipamentos automáticos, que utilizam sensores capazes de medir não só a precipitação, mas outras variáveis climatológicas como a velocidade do vento, umidade do ar, temperatura, radiação solar, pressão atmosférica, entre outras. Para medição da precipitação as PCDs utilizam pluviógrafos.

2.7 Estatística descritiva

Segundo Tucci (2001), a precipitação é um processo aleatório, onde para poder prever sua ocorrência é necessário utilizar técnicas estatísticas de eventos passados. Sendo assim, os estudos estatísticos permitem verificar com que frequência as precipitações ocorreram com uma dada magnitude, estimando as probabilidades teóricas de recorrência das mesmas. Portanto, o conhecimento estatístico das características das precipitações apresenta grande interesse de ordem técnica na engenharia, por sua frequente aplicação nos projetos associados ao aproveitamento de recursos hídricos.

2.7.1 Séries históricas

O armazenamento de dados hidrológicos ao longo dos períodos é compreendido como séries históricas. Nos estudos hidrológicos é comum o emprego das seguintes séries: série anual, série total e série parcial. A série anual analisa as maiores precipitações observadas em cada ano, esta série em geral ajusta-se bem às distribuições de valores. A série total observa todas as ocorrências de precipitações, sendo assim, esta série agrupa um grande volume de dados. A série parcial é uma simplificação da série total, pois analisa apenas as precipitações acima de um certo valor-base de referência, tido como intenso e como não se ajusta, às distribuições de valores extremos, não podem ser utilizadas para grandes períodos de retorno, limitando-se a um período de retorno maior que a metade do tempo observado (NETO, 2012).

2.7.2 Análise de consistência e preenchimento de falhas

A falta de registro de dados de precipitação em estações pluviométricas relativa a problemas com os aparelhos de coleta e a ausência do operador em determinadas épocas, comprometem a continuidade das informações. Para que se possa aplicar um tratamento estatístico em uma série histórica de precipitação deve-se proceder ao preenchimento das falhas existentes. Após o preenchimento da série, é necessário analisar a consistência desses dados preenchidos.

O método geralmente utilizado no Brasil para análise de consistência é o método de dupla massa. Segundo Tucci (2001), este método compara os valores acumulados anuais (ou mensais) de uma estação com os valores acumulados de outra, de referência. A estação de referência, geralmente, é obtida através de uma função, que pode ser linear ou não, de diversos postos vizinhos de comportamento similar, sendo assim, se os dados do posto analisado forem proporcionais aos dados do posto de referência os pontos se alinharão em uma única reta, de forma que a declividade da reta irá determinar o fator de proporcionalidade entre ambas as séries.

2.8 Índice de Anomalia de Chuva (IAC)

Uma das formas de se estudar a precipitação pluviométrica é por meio do Índice de Anomalias de Chuva (IAC), que ajudam a monitorar anos de seca e chuva excessiva. Esse índice permite realizar comparações do regime pluviométrico de determinado local a partir de uma série de dados históricos com as condições atuais de chuva e também é utilizado para a caracterização da variabilidade espaço-temporal da precipitação na região de estudo (ARAÚJO *et al.*, 2007; MARCUZZO *et al.*, 2011; SANCHES *et al.*, 2014).

Outra vantagem do IAC é que, diferentemente de outros índices, ele necessita apenas de dados de precipitação e é de fácil estimativa. Sendo uma informação que contribui para estudos de verificação dos impactos do clima global sobre a vulnerabilidade da distribuição pluviométrica no planeta (ARAÚJO *et al.*, 2009).

Repelli *et al.* (1998) relatam que o Índice de Anomalia de Chuva desenvolvido por Rooy (1965) possui boa aplicação para uso em regiões semiáridas, devido a sua capacidade de fornecer informações sobre a ocorrência, gravidade e impacto da seca.

Trabalhos como o de Gonçalves *et al.* (2006), na bacia do Rio São Francisco, utilizando dados de 15 estações pluviométricas, tiveram uma boa resposta ao utilizar esse índice, em que observaram que a ocorrência de anos secos é maior que a de anos chuvosos na região. Araújo *et al.* (2007), estudando a bacia hidrográfica do rio Paraíba, Estado da Paraíba, puderam identificar semelhanças entre os padrões de chuva das sub-bacias rio Taperoá e Alto Paraíba e das sub-bacias do Médio e Baixo Paraíba, constatando que, nas sub-bacias do Taperoá e Alto Paraíba, houve anos secos consecutivos até a década de 1960 e, nas sub-bacias do Médio e Baixo Paraíba, houve uma semelhança na alternância de anos secos e chuvosos ao longo da série de IAC.

Freitas (2005) calculou o IAC de algumas localidades no estado do Ceará, ele pode observar que é possível fazer uma comparação das condições atuais de precipitação em relação aos valores históricos, de modo a avaliar a distribuição espacial de eventos de chuva, juntamente com sua intensidade.

2.9 Detecção de tendência

As séries temporais de algumas variáveis hidrometeorológicas podem exibir tendências de mudanças graduais significantes com o passar do tempo e cuja análise é de importância prática, principalmente por conta dos efeitos das mudanças climáticas. Testes estatísticos são usados com o intuito de decidir se há ou não uma tendência estatisticamente significante, ou seja, determinar se pode ser afirmado com um determinado nível de confiança que não é por acaso que os valores de tais variáveis geralmente aumentam ou diminuem em um determinado período de tempo. A hipótese nula (H_0) – de que não existe tendência – deve ser testada frente à hipótese alternativa (H_1) – de que há tendência – através de testes que podem ser classificados como paramétricos ou não-paramétricos (HELSEL & HIRSCH, 1992; ONOZ & BAYAZIT, 2003).

Os testes paramétricos supõem que a variável aleatória é normalmente distribuída e com variância homogênea (homoscedástica), enquanto os testes não-paramétricos não fazem qualquer suposição para a distribuição de probabilidade da variável aleatória em estudo. Como normalmente não se pode garantir o atendimento às exigências dos testes paramétricos em séries temporais de variáveis

hidrometeorológicas, é comum optar pelos testes não-paramétricos nesses casos. Todos os testes estatísticos envolvem dois tipos de erros: os chamados erro do tipo I – rejeitar a hipótese nula quando ela é verdadeira – e erro do tipo II – não rejeitar a hipótese nula quando ela é falsa. A tais testes se associa um nível de significância (α), que pode ser entendido como sendo a probabilidade de ocorrência de erro do tipo I, ou seja, a probabilidade de detectar uma tendência quando na realidade ela não existe. Quando se diminui a probabilidade de ocorrência do erro tipo I, se aumenta a probabilidade de ocorrência do erro tipo II, comumente chamada de β .

Para realizar a análise da significância estatística em estudos de detecção de tendências em séries temporais hidrometeorológicas, o teste de Mann-Kendall (MK) tem sido frequentemente usado com diferentes níveis de significância (DOUGLAS, VOGEL & KROLL, 2000; YUE *et al.*, 2002; ESPADAFOR *et al.*, 2011; GOCIC & TRAJKOVIC, 2013; HUO *et al.*, 2013). Entre os motivos para sua escolha em tais estudos, destacam-se os seguintes:

- i. O teste é pouco afetado por valores extremos, como falhas, porque sua estatística está baseada no sinal das diferenças e não diretamente nos valores da variável aleatória;
- ii. É classificado como não paramétrico, requerendo apenas que os valores na série sejam independentes entre si;
- iii. Pode ser usado mesmo quando há alguns dados faltando na série. De maneira complementar, o método não-paramétrico de Sen (1968) é usado em diversos estudos para estimar a inclinação real de uma tendência existente, quantificando a taxa de mudança anual do parâmetro em estudo.

De acordo com Back (2001), o teste Run é um teste não paramétrico que geralmente é utilizado para avaliar se uma série ocorre aleatoriamente, ou seja, o teste consiste em realizar a contagem do número de oscilações dos valores acima e abaixo da mediana, em uma determinada série de dados ordenada. Este número de oscilações é chamado de Run, e deve-se testar se o valor observado está dentro da faixa de distribuição considerada normal. Um valor alto indica muitas oscilações e os

valores baixos indicam um desvio em relação a mediana durante o período de registros.

3 METODOLOGIA

3.1 Área de estudo

Como dito anteriormente, a bacia do Capibaribe pode ser dividida em três macrozonas: Macrozona I (Alto Capibaribe), Macrozona II (Médio Capibaribe) e Macrozona III (Baixo Capibaribe).

A área de estudo desta pesquisa compreenderá a Macrozona I, mais especificamente as cidades de Jataúba, Belo Jardim, Santa Cruz do Capibaribe, Brejo da Madre de Deus e Taquaritinga do Norte.

Figura 3.1 - Cidades pertencentes à bacia do rio Capibaribe.



Fonte: Governo de Pernambuco, Secretaria de Recursos Hídricos e Energéticos.

3.2 Levantamento de dados

Os dados de precipitação utilizados neste estudo são oriundos de estações meteorológicas e pluviômetros pertencentes à Agência Pernambucana de Águas e Clima (APAC), obtidos por meio da ferramenta de Sistema de Geoinformação Hidrometeorológico de Pernambuco. Com esse sistema, a APAC realiza o monitoramento hidrometeorológico em tempo real de Plataformas de coletas de dados (PCD's) distribuídas em todo o estado de Pernambuco. A série histórica armazenada no banco de dados, utilizada para esse estudo, corresponde ao período de 1967 a 2017.

Em cada um dos municípios estudados existe uma quantidade de estações hidrometeorológicas espalhadas pela cidade e controladas pela APAC. Sabendo disso, foi realizado um estudo para identificar a estação de maior representatividade em cada município, ou seja, a estação que apresentasse menos falhas e melhor caracterizasse a pluviometria da localidade. Os códigos, tomando como referência a nomenclatura da APAC, dos postos analisados estão citados na Tabela 2.

Tabela 2 - Estações hidrometeorológicas dos municípios em estudo.

CIDADE	POSTOS DE COLETA
Belo Jardim	20, 479, 374, 223, 317
Brejo da Madre de Deus	68, 410, 113, 370, 222, 371
Jataúba	120, 440, 213, 352, 244, 588
Santa Cruz do Capibaribe	86, 71, 358, 359, 360
Taquaritinga do Norte	72, 195, 547, 546, 548, 545, 589

Fonte: A Autora (2018).

3.3 Processamento de dados

O tratamento dos dados compreendeu as seguintes etapas:

Etapa 1: Levantamento dos anos com os dados pluviométricos completos, incompletos ou sem nenhum dado. As tabelas podem ser encontradas no Anexo I.

Etapa 2: Seleção do posto mais representativo de cada município, ou seja, foram consideradas as estações com a menor quantidade de dados faltosos.

Etapa 3: Preenchimento das falhas através do método do vetor regional e análise de consistência.

Etapa 4: Análise da correlação dos dados observados inicialmente versus dados após preenchimento das falhas.

3.4 Análise estatística

Nas análises estatísticas dos dados, tomou-se como principais ferramentas de estudo alguns parâmetros estatísticos e gráficos que permitissem uma avaliação detalhada e clara do material em questão. Esses estudos estatísticos foram realizados com o auxílio das ferramentas EXCEL e STATISTICA.

Segue, de maneira simplificada, um entendimento sobre a aplicação dos indicadores utilizados para a análise descritiva dos dados.

Dos parâmetros estatísticos, a média representa a soma de um conjunto de números dividida pelo número de eventos que forma esse conjunto; os limites inferior e superior da amostra representam a amplitude ou intervalo de valores que tem a probabilidade de conter o valor verdadeiro da população. Neste caso, o intervalo de confiança foi apresentado pelo nível de confiança de 95%; a mediana é o valor do ponto central de um conjunto de números ordenados (n ímpar) ou a média aritmética dos dois valores centrais (n par); os valores de mínimo e máximo representam o menor e o maior valor da amostra; o desvio padrão mostra o quanto de variação ou dispersão existe com relação à média, onde um baixo desvio padrão (próximo de 0) indica que os dados tendem a estar próximos da média, já um desvio padrão alto (próximo de 100) indica que os dados estão espalhados por uma gama de valores.

Quanto aos coeficientes, o coeficiente de assimetria é o grau de afastamento de uma distribuição da unidade de assimetria, onde: distribuição simétrica $C_s=0$ (média=moda=mediana), distribuição assimétrica positiva (à direita) $C_s>0$ (moda<mediana<média), distribuição assimétrica negativa (à esquerda) $C_s<0$ (média<mediana<moda); já o coeficiente de curtose resulta o grau de achatamento da distribuição onde: na distribuição leptocúrtica $C_k<0,263$ (A distribuição apresenta uma curva de frequência mais fechada, mais aguda na parte superior), na distribuição mesocúrtica $C_k=0,263$ (A curva corresponde a uma distribuição normal), na distribuição platicúrtica $C_k>0,263$ (A distribuição apresenta uma curva de frequência mais aberta, mais achatada na parte superior); o coeficiente de variação expressa a variação dos dados obtidos com relação à média, onde o coeficiente de variação acima de 50% significa que a média não é representativa do conjunto de dados, enquanto que abaixo de 50%, a média representa bem, ou seja, não há grande variação dentro do conjunto de dados.

Com relação aos gráficos utilizados, o gráfico da média móvel representa a média aritmética de um certo número (n) das observações mais recentes, ou seja, na medida em que se realizam novas observações, abandona-se as observações mais antigas. A média móvel serve como extração de dados, ou seja, fazer previsão

para dados futuros; como também para suavizar as oscilações, retirando os picos e facilitando o entendimento do gráfico.

Sobre o gráfico da série temporal anual comparada com a média geral, sabe-se que uma série temporal é um conjunto de dados em que as observações são registradas na ordem em que elas ocorreram. Um gráfico de séries temporais é aquele em que o eixo vertical denota o valor observado da variável (por exemplo, precipitação em mm) e o eixo horizontal denota o tempo (no presente caso, medido em anos). Quando as medidas são plotadas como uma série temporal, frequentemente vê-se tendências, ciclos ou outras extensas características dos dados que não poderiam ser vistas de outra forma. Uma série temporal comparada com a média representa a variação da precipitação total anual comparada com a média geral relativa a todos os anos observados. Através do mesmo pode-se analisar quais anos estiveram acima ou abaixo da média total de precipitação, dentro da série histórica em estudo. É um diagrama de fácil visualização e compreensão do que está sendo exposto.

O objetivo do gráfico do desvio da precipitação média mensal é determinar o período seco e o período chuvoso do município. A partir do valor médio mensal obtido da precipitação média anual do período requerido, atinge-se um valor de referência. Este valor será considerado como o limite entre o período seco e chuvoso, e dessa forma, a diferença entre o valor médio de cada mês e este valor de referência, resultará no desvio da precipitação média mensal do período analisado.

O gráfico Box-plot (ou diagrama de caixa) é uma apresentação gráfica que descreve simultaneamente várias características importantes de um conjunto de dados, tais como centro, dispersão, desvio da simetria e identificação das observações não usuais ou outliers. Um diagrama de caixa apresenta três quartis, o mínimo e o máximo dos dados em uma caixa retangular, alinhados tanto horizontal como verticalmente. A caixa inclui a faixa de interquartil, com o canto inferior no primeiro quartil, q_1 , e o canto superior do terceiro quartil, q_3 . Uma marcação é feita (um quadrado vazado, neste relatório) dentro da caixa no segundo quartil (que é o 50º percentil ou a mediana). Uma linha (whisker) se estende de cada extremidade da caixa. A linha inferior começa no primeiro quartil indo até o menor valor do conjunto de pontos dentro das faixas de 1,5 interquartil a partir do primeiro quartil. A linha superior começa no terceiro quartil indo até o maior valor do conjunto de pontos dentro

das faixas de 1,5 interquartil a partir do terceiro quartil. Dados mais afastados da caixa do que as linhas são plotados como pontos individuais. Um ponto além da linha, porém a menos de 3 faixas interquartis da extremidade da caixa, é chamado de outlier. Um ponto a mais de 3 faixas interquartis da extremidade da caixa é chamado de outlier extremo.

3.5 Índice de anomalia de chuva (IAC)

Na determinação do índice de anomalia de chuva (IAC), utilizou-se a metodologia sugerida por Rooy (1965) e adaptada por Freitas (2004), a fim da obtenção das anomalias positivas e negativas:

$$\text{IAC positivo} = 3 * (N - N1) / (M - N1) \quad (1)$$

$$\text{IAC negativo} = -3 * (N - N1) / (X - N1) \quad (2)$$

em que:

N = precipitação observada do ano em que será gerado o IAC (mm);

N1 = precipitação média anual da série histórica (mm);

M = média das dez maiores precipitações anuais da série histórica (mm); e,

X = média das dez menores precipitações anuais da série histórica (mm).

Para realização da disposição dos municípios em termos de IAC, foi utilizada a classificação elaborada por Araújo *et al.* (2009) para os anos secos e úmidos. A classificação é feita de acordo com os valores registrados para o IAC, como mostra a Tabela 3.

Tabela 3 - Classes do Índice de Anomalia de Chuva.

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

Fonte: Araújo *et al.* (2009)

3.6 Análise de tendência

Para analisar a tendência das precipitações, foi utilizado o software TREND, que é um programa elaborado para facilitar a utilização de testes estatísticos de detecção de tendências, mudanças e independências de séries temporais. O software TREND é um programa projetado para facilitar a utilização de testes estatísticos para detecção de tendências, mudanças e independência de uma série de dados. O TREND mostra como saída de dados o valor da estatística teste, os valores críticos da estatística teste para os níveis de significância $\alpha=0,1$, $\alpha=0,05$, e $\alpha=0,01$ e uma declaração do resultado do teste para todos os testes estatísticos selecionado pelo usuário

No software são avaliados testes com aplicações específicas. De acordo com Alexandre (2009), os testes *Mann-Kendall*, *Spearman'sRho* e *Linear regression* analisam tendências; os testes *Cusum*, *Cumulative deviations*, *Worsleylikelihood*, *Rank Sum* e *Student'st* analisam mudanças abruptas; e os testes *Median crossing*, *Turning point* e *Rank differencee Autocorrelation* analisam independência de séries temporais.

Nesse trabalho específico, o interesse é em observar a tendência anual assumida pela série de dados. Portanto, os testes de interesse e que terão seus resultados analisados adiante são *Mann-Kendall*, *Spearman'sRho* e *Linear regression*. Para estes, foi adotada a abordagem estatística considerando os níveis de significância 10%, 5% e 1%, sendo $\alpha=0.05$ (5%) a abordagem estatística tradicional.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 Preenchimento de falhas

Após o estudo das tabelas apresentadas no Anexo I, chegou-se ao entendimento de que os postos mais representativos de cada município são:

Tabela 4 - Estações hidrometeorológicas mais representativas.

CIDADE	POSTOS DE COLETA
Belo Jardim	20
Brejo da Madre de Deus	113
Jataúba	120
Santa Cruz do Capibaribe	86
Taquaritinga do Norte	72

Fonte: A Autora (2018).

Ainda os postos escolhidos como mais representativos, apresentaram falhas de dados por períodos consideráveis. Por tanto foi necessário fazer o preenchimento de falhas e a análise de consistência, realizados através da metodologia do vetor regional.

As tabelas com os dados após o preenchimento das falhas, englobando o histórico da precipitação mensal em todo o período analisado (1967 – 2017), médias mensais e valores acumulados anuais dos cinco municípios estudados podem ser encontradas no Anexo II.

4.2 Estudo da correlação dos dados

O estudo da significância do preenchimento das falhas foi feito através de gráficos de regressão que resultaram nos coeficientes de determinação das estações de referência. Todos os coeficientes de determinação obtidos estão apresentados na Tabela 5

Tabela 5 - Coeficientes de determinação obtidos.

Cidade	Estação de Referência	Coeficiente de determinação (R^2)
Belo Jardim	20	0,7289
Brejo da Madre de Deus	113	0,6393
Jataúba	120	0,6113
Santa Cruz do Capibaribe	86	0,6461
Taquaritinga do Norte	72	0,7375

Fonte: A Autora (2018).

Nota-se que para os municípios de Belo Jardim e Taquaritinga do Norte foi observada uma correlação forte entre os dados observados e calculados. Já para os municípios de Brejo da Madre de Deus, Jataúba e Santa Cruz do Capibaribe a correlação encontrada classificou-se como moderada. Isso pode ser explicado pelo fato dessas três cidades terem apresentado maior número de dados faltosos.

Os gráficos de regressão utilizados para estabelecer os coeficientes de determinação podem ser observados no Anexo III.

4.3 Análise das variáveis estatísticas

Após o preenchimento de falhas e análise de correlação dos dados, foram calculadas as variáveis estatísticas que permitem descrever o comportamento das séries estudadas.

Utilizando o software *Statistic* foi possível construir uma planilha com as informações de parâmetros estatísticos, em que, para um período mensal de cada município, obteve-se: média, limites inferior e superior com intervalo para média com 95% de confiança, mediana, valor mínimo, valor máximo, desvio padrão, coeficiente de assimetria, coeficiente de curtose e coeficiente de variação.

Através do mesmo software construiu-se o gráfico *box-plot* que possibilita realizar comparações entre os parâmetros mensais dentro do histórico analisado, além de trazer informações como quartis e outliers (valores discrepantes do conjunto).

A tabela de parâmetros estatísticos e o gráfico *box-plot* podem ser analisados em conjunto, visto que apresentam parâmetros estatísticos semelhantes através de maneiras diferentes de visualização.

As tabelas de parâmetros estatísticos e os gráficos *box-plot* de todos os municípios constam nos Anexos IV e V.

Para a estação de Belo Jardim é possível observar através da Figura 5 que o mês mais chuvoso é março com média de 89,52mm e o mais seco é novembro com 12,33mm. Em Brejo da Madre de Deus, Jataúba, Santa Cruz do Capibaribe e Taquaritinga do Norte o mês que apresentou maior média pluviométrica também foi março com 63,30mm, 64,91mm, 65,71mm e 145,89mm, respectivamente. Já o mês com menor índice de chuva foi novembro para Brejo da Madre de Deus (8,72mm), Jataúba (8,94mm) e Santa Cruz do Capibaribe (9,05mm). Em Taquaritinga do Norte o mês menos chuvoso foi outubro (20,90mm).

Em todos os meses de todas as cidades a média tem valor maior do que a mediana resultando em valores positivos de coeficiente de simetria, ou seja, a maioria dos valores da série pluviométrica está concentrada abaixo da média. Isso pode ser confirmado observando a Figura 4.2, onde no gráfico *box-plot* as medianas estão mais próximas de Q1 e que todos os outliers encontram-se em precipitações mais altas.

Os meses de janeiro, março, junho, outubro e novembro são os meses mais assimétricos, possuindo altos valores de Cs e outliers extremos. Já o mês mais simétrico é fevereiro que possui Cs abaixo de 1 e não apresenta outliers. Esse comportamento repete-se em todos os municípios, exceto Taquaritinga do Norte que possui um outlier extremo também no mês de agosto.

Março, abril e maio são meses que possuem grande variabilidade nos índices volumétricos de precipitação. Esses dois meses também ganham destaque por poder serem considerados os meses mais chuvosos.

Uma análise importante da tabela é que, como o coeficiente de variação é uma medida de dispersão relativa e é calculado em porcentagem, permite fazer comparações de diferentes distribuições. Diante disto, analisando a última coluna, vê-se que todos os meses resultaram num CV acima de 50%, ou seja, os dados não são homogêneos, possuem grandes dispersões, e a média não pode ser considerada

significativa. Isso é decorrente da alta variação na precipitação mensal da área estudada.

Quanto ao grau de achatamento das distribuições nota-se que todos os valores encontrados de Ck são positivos e maiores que 0,263, ou seja, as distribuições são platicúrticas possuindo curvas de frequência abertas e achatadas.

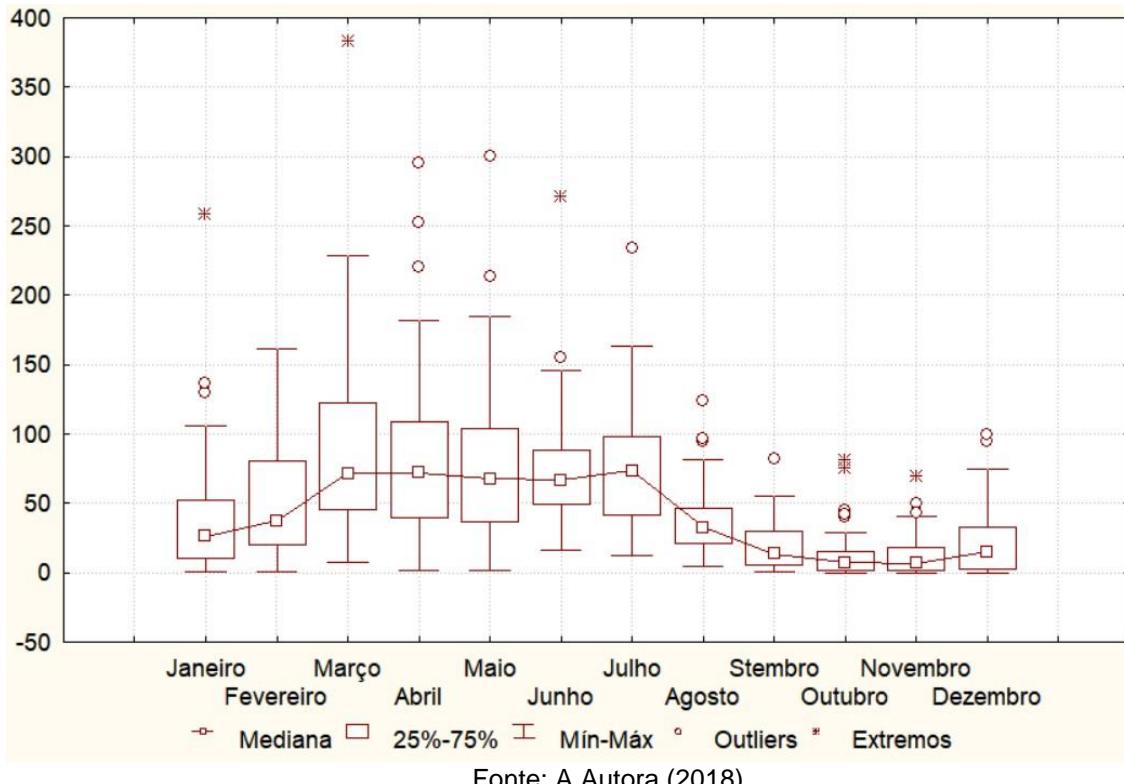
Figura 4.1 - Parâmetros estatísticos da cidade de Belo Jardim (20).

Mês	n	Média	LI	LS	Mediana	Mínimo	Máximo	Desvio Padrão	Coeficientes						
			95%						Cs	Ck	Cv				
Janeiro	51	39,941	27,339	52,543	26,257	0,809	257,944	44,80574	2,787796	10,64146	112,18				
Fevereiro	51	49,312	38,981	59,644	37,769	1,152	161,717	36,73348	0,955437	0,60287	74,4917				
Março	51	89,520	70,147	108,893	71,521	7,723	382,595	68,88062	1,840534	5,48204	76,9441				
Abril	51	85,945	68,418	103,472	72,247	2,006	294,894	62,31734	1,337127	2,01923	72,5086				
Maio	51	76,883	61,632	92,134	67,858	1,793	300,637	54,22428	1,813431	5,11060	70,5284				
Junho	51	75,086	62,844	87,329	66,969	16,605	271,399	43,52805	2,038493	7,18869	57,9706				
Julho	51	75,485	63,580	87,391	73,495	11,946	233,607	42,33008	1,211403	2,75726	56,0774				
Agosto	51	37,570	30,669	44,471	32,559	4,619	123,528	24,53753	1,476541	2,50594	65,3114				
Setembro	51	19,354	14,456	24,252	13,416	1,171	82,291	17,41451	1,410470	2,26307	89,9803				
Outubro	51	12,728	7,919	17,537	7,102	0,000	81,556	17,09697	2,597017	7,42351	134,325				
Novembro	51	12,331	8,064	16,598	6,789	0,000	69,187	15,17127	1,788295	3,32454	123,031				
Dezembro	51	22,107	15,127	29,087	15,286	0,000	99,514	24,81709	1,484875	1,82197	112,258				

Legenda: n = número de amostras; LI = limite inferior; LS = limite superior, S = variância, Cs = coeficiente de simetria, Ck = coeficiente de curtose; Cv = coeficiente de variação.

Fonte: A Autora (2018).

Figura 4.2 - Gráfico Box-Plot da cidade de Belo Jardim (20).

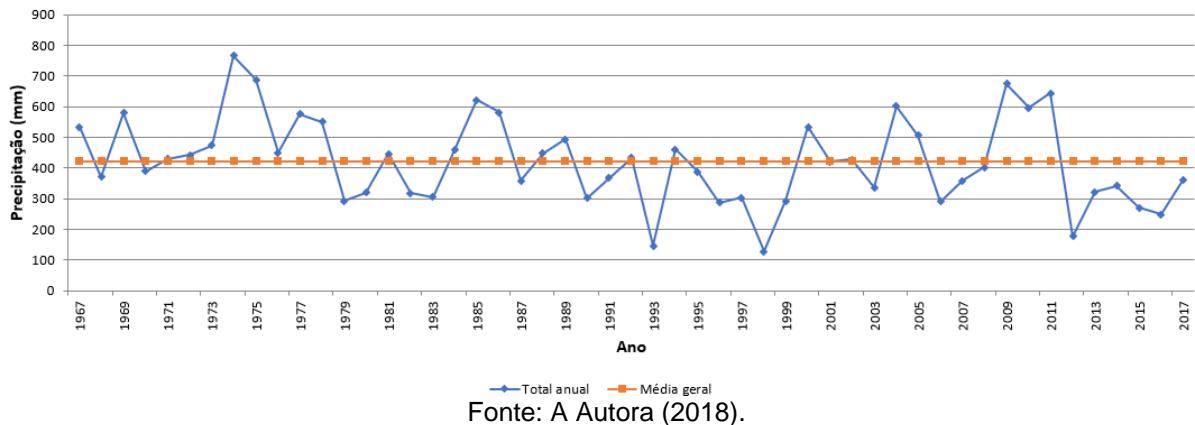


Fonte: A Autora (2018).

4.4 Análise da precipitação acumulada anual com relação à média histórica

A Figura 4.3 representa o gráfico da distribuição do total anual das precipitações ocorridas no município de Brejo da Madre de Deus de 1967 a 2017. A precipitação anual média do período é de 421,6mm. Observa-se que o ano de 1974 apresentou a maior ocorrência de chuva, cerca de 770mm, enquanto que a menor foi constatada em 1998, 127mm.

Figura 4.3 - Gráfico das precipitações acumuladas anuais comparadas com a média histórica do município de Brejo da Madre de Deus (113).



Fonte: A Autora (2018).

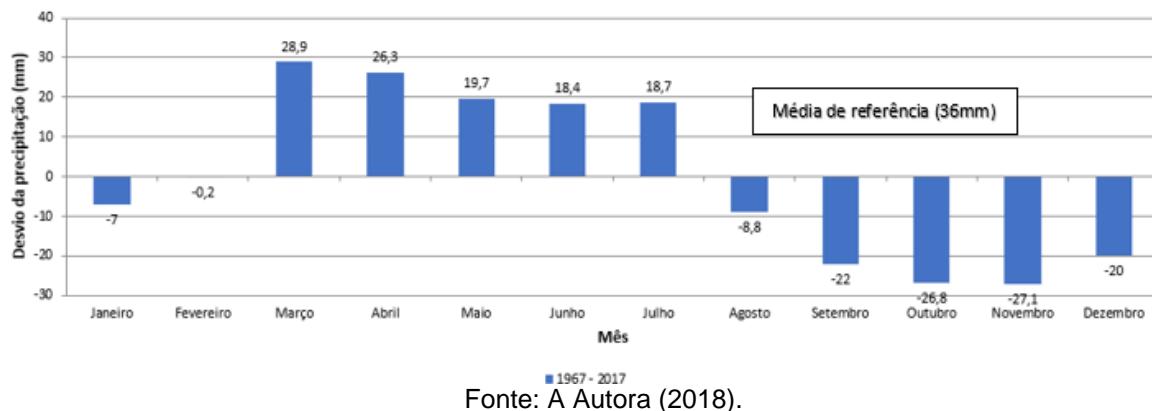
Nota-se também que durante o período estudado a maior parte dos anos se concentraram com precipitação abaixo da média geral, dando ênfase aos últimos 6 anos que corresponde ao maior tempo consecutivo abaixo da média na série histórica. Esse fato repete-se em todos as cidades estudadas.

Os gráficos dos outros municípios, que podem ser encontrados no Anexo VI, apresentam aparência semelhante. As médias das séries históricas encontradas foram: Belo Jardim (596,3mm), Jataúba (432,3mm), Santa Cruz do Capibaribe (437,7mm) e Taquaritinga do Norte foram (987,1).

4.5 Análise do desvio médio das precipitações acumuladas mensais

O objetivo do gráfico do desvio médio é determinar o período seco e o período chuvoso anual através do valor médio mensal obtido da precipitação média anual acumulada no período de 1967 a 2017. Para o município de Jataúba (Figura 4.4) obteve-se 36mm como média de referência.

Figura 4.4 - Gráfico do desvio da precipitação média mensal da estação de Jataúba (120).



Fonte: A Autora (2018).

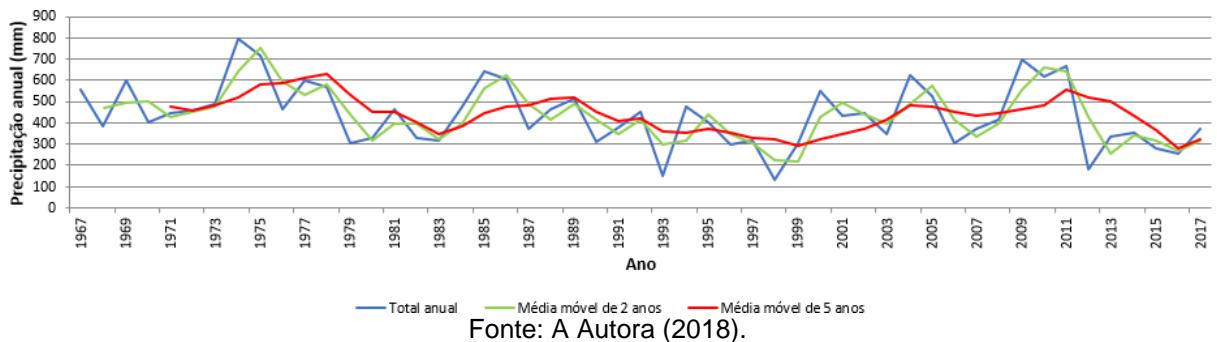
Analizando o gráfico nota-se que o período chuvoso está entre março e julho, sendo março o mês de maior índice de chuva, como já visto anteriormente na análise dos parâmetros estatísticos. O período seco está contido entre agosto e janeiro, dando ênfase aos meses de outubro e novembro como os mais secos. O mês de fevereiro manteve-se na média, tendo uma mínima variação negativa.

Essa mesma verificação pode ser feita nos gráficos de desvio médio dos outros municípios (Anexo VII). Para tais, as médias de referências encontradas foram: Belo Jardim (49,7mm), Brejo da Madre de Deus (35,1mm), Santa Cruz do Capibaribe (36,5mm) e Taquaritinga do Norte (82,3mm).

4.6 Análise da média móvel

Com o objetivo de analisar a variabilidade temporal das precipitações anuais, foi construído o gráfico com a média móvel a cada 2 e 5 anos. Na Figura 4.5 é possível visualizar esse estudo para a cidade de Santa Cruz do Capibaribe. Através deste gráfico, pode ser observado que as precipitações totais anuais apresentam tendência variável, crescente e decrescente, em todo o histórico. Pode-se observar também, que a precipitação anual é inferior à média em grande parte do histórico, o que indica a ocorrência de muitos anos secos. De 2011 a 2016 prevaleceu uma tendência negativa para as precipitações totais, porém 2017 apresentou uma tendência de crescimento.

Figura 4.5 - Gráfico da média móvel da precipitação total anual do município de Santa Cruz do Capibaribe (86).



Fonte: A Autora (2018).

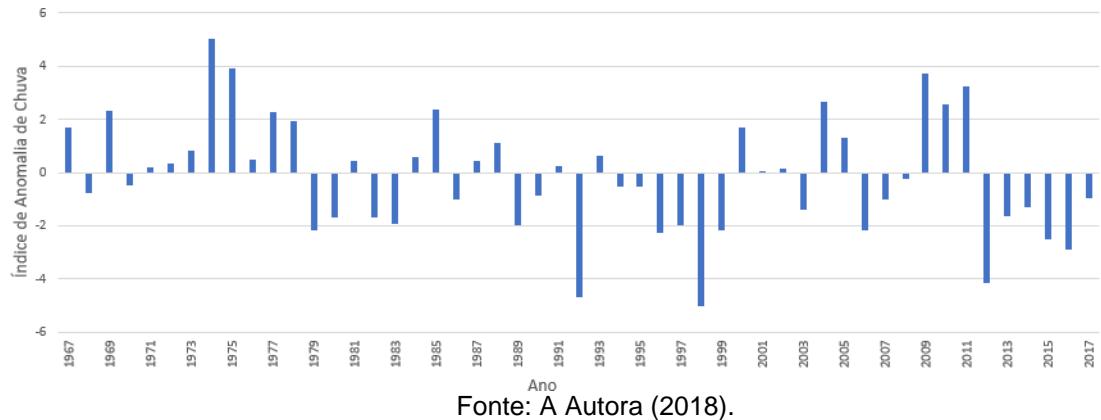
A linha da média móvel de 5 anos comparada com a linha da média móvel de 2 anos possui maiores amplitudes, evidenciando suavizações dos dados.

Os outros quatro municípios analisados apresentaram essa mesma tendência, como pode ser visto no Anexo VIII.

4.7 Análise do Índice de Anomalia de Chuva (IAC)

A Figura 10 apresenta os valores anuais do Índice de Anomalia de Chuva para a cidade de Taquaritinga do Norte (Posto 72). Observa-se que há o equilíbrio quantitativo dos anos que apresentaram anomalias positivas e negativas. Porém apenas o ano de 1974 foi classificado como extremamente úmido, enquanto que foram enquadrados na classificação de extremamente secos os seguintes anos: 1998, 1992, 2012. Atrás desses três anos, percebe-se 2016 e 2015 como anos muito secos. Nota-se também que os últimos seis anos da série histórica analisada foram anos secos (2013, 2014 e 2017), muito secos (2015 e 2016) ou extremamente secos (2012), confirmado o que foi observado na Figura 4.6.

Figura 4.6 - IAC anuais da cidade de Taquaritinga do Norte (72).



Os IAC dos outros municípios apresentaram comportamento semelhante como pode ser observado nas figuras do Anexo IX.

4.8 Análise de tendência da precipitação anual

A análise de tendência, realizada através do *software* TREND por meio de três testes diferentes obteve os seguintes resultados: para os municípios de Belo Jardim, Brejo da Madre de Deus, Jataúba e Santa Cruz do Capibaribe, os valores encontrados foram idênticos e podem ser observados na Tabela 6.

A Tabela 7 apresenta os valores encontrados para o município de Taquaritinga do Norte.

Tabela 6 - Resultado da análise de tendência dos municípios de Belo Jardim (20), Brejo da Madre de Deus (113), Jataúba (120) e Santa Cruz do Capibaribe (86).

Testes estatísticos	Test statistic	Criticalvalues (statisticaltable)			Result
		$\alpha=0,10$	$\alpha=0,05$	$\alpha=0,01$	
Mann Kendall	-2,112	1,645	1,96	2,576	SD
Spearman'sRho	-2,187	1,645	1,96	2,576	SD
Linear regression	-2,033	1,68	2,011	2,682	SD

Legenda: SD=significância decrescente.

Fonte: A Autora (2018).

Tabela 7 - Resultado da análise de tendência do município de Taquaritinga do Norte (72).

Testes estatísticos	Test statistic	Criticalvalues (statisticaltable)			Result
		a=0,10	a=0,05	a=0,01	
Mann Kendall	-2,104	1,645	1,96	2,576	SD
Spearman'sRho	-2,171	1,645	1,96	2,576	SD
Linear regression	-1,961	1,68	2,011	2,682	SD

Legenda: SD=significância decrescente.

Fonte: A Autora (2018).

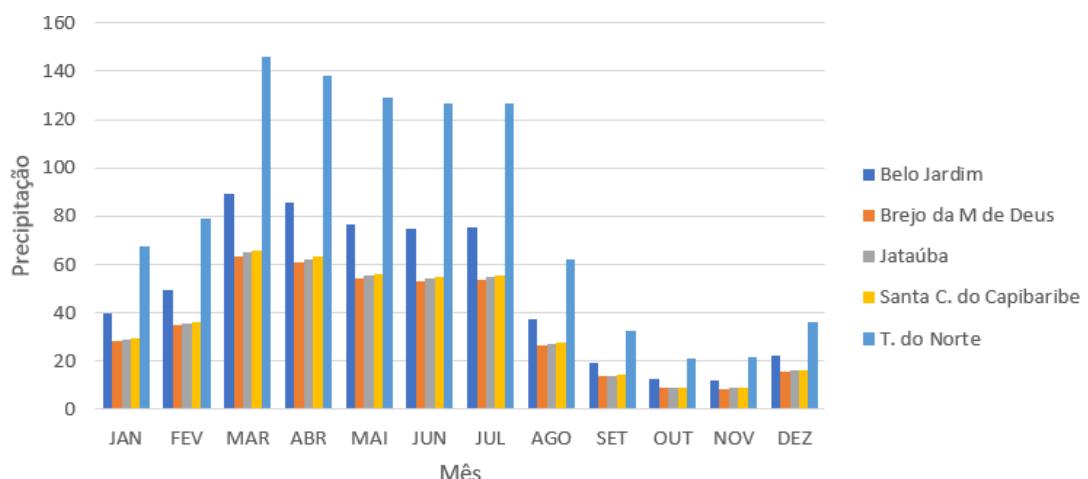
Como pode ser analisado na Tabela 6, todas as cidades apresentaram tendência decrescente de precipitação nos três testes considerando um nível de significância de 5%.

Para a cidade de Taquaritinga do Norte ocorreu o mesmo com a única exceção do teste de Linear Regression que apresentou tendência decrescente significativa para a menor que 10%.

4.9 Análise comparativa entre os municípios estudados

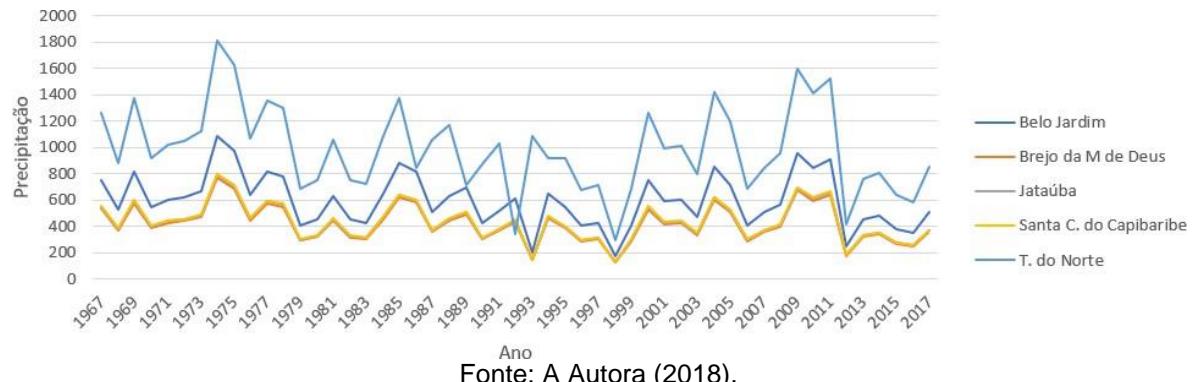
Analizando conjuntamente os cinco municípios estudados através das Figuras 4.7 e 4.8, nota-se que foi mantido uma proporcionalidade dos dados. Os meses mais chuvosos e mais secos são os mesmos, mesmo com precipitações médias diferentes, assim como os anos de maiores e menores índices pluviométricos.

Figura 4.7 - Precipitação média mensal dos cinco municípios.



Fonte: A Autora (2018).

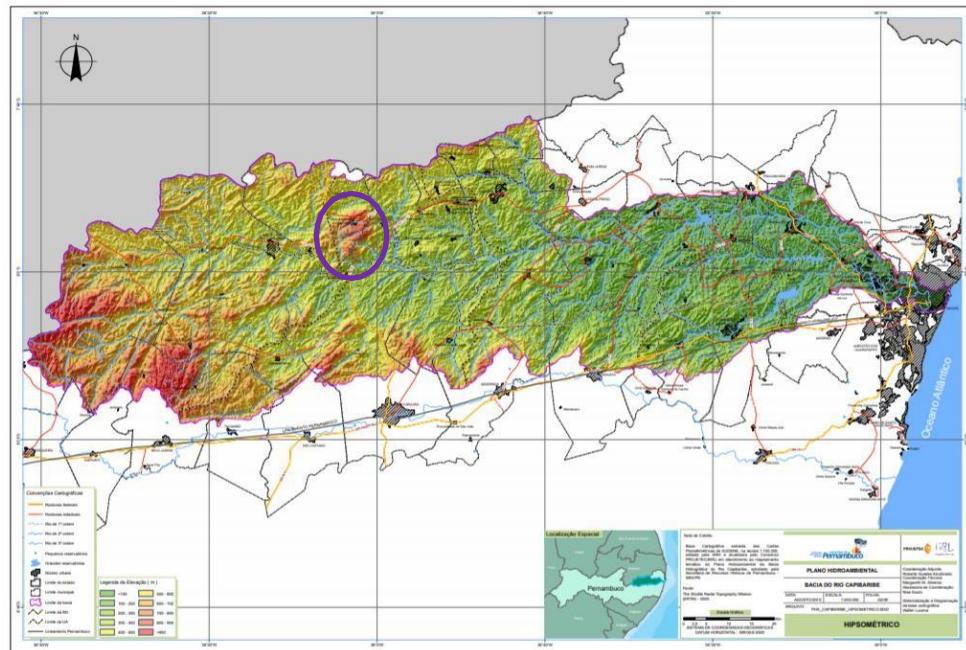
Figura 4.8 - Precipitação total anual dos cinco municípios.



Fonte: A Autora (2018).

É evidente o destaque do município de Taquaritinga do Norte com seus índices pluviométricos bem acima dos índices das demais cidades. Esse fato pode ser explicado pelo posicionamento da cidade que está localizada numa das partes mais altas da bacia, como pode ser visto na Figura 4.9.

Figura 4.9 - Localização do município de Taquaritinga do Norte no mapa hipsométrico da Bacia do Capibaribe.



Fonte: Plano Hidroambiental da Bacia hidrográfica do Rio Capibaribe. Tomo V – Mapas.

Fonte: A Autora (2018).

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A média pluviométrica dos municípios estudados dentro da série histórica se manteve entre 421,6mm em Brejo da Madre de Deus e 987,1mm em Taquaritinga do Norte, compreendendo 596,3mm em Belo Jardim, 432,3mm em Jataúba e 437,7mm em Santa Cruz do Capibaribe. As características estatísticas das localidades estudadas mantiveram a semelhança esperada visto que são municípios pertencentes a uma região de caráter climatológico congênere. Pode ser elucidado como fatos em comum o período seco ficar compreendido entre agosto e janeiro, o período chuvoso entre março e julho e fevereiro ser um mês que se manteve na média histórica.

Taquaritinga do Norte ganhou destaque dentre as localidades estudadas por apresentar médias de precipitação cerca de duas vezes maior do que os outros municípios, o que pode ser justificado devido a sua localização com altitudes mais elevadas.

Não houve grande variação espacial dos dados, com exceção de Taquaritinga do Norte, porém foi observada uma considerável variação temporal, onde pôde ser constatado anos muito úmidos seguidos de anos de extrema seca, como 2011 e 2012. Essa variabilidade foi notada durante todo o histórico estudado, em que, para todos os municípios, cerca de metade dos anos se mantiveram acima da média e metade abaixo.

A título de prognóstico, foi verificada uma tendência decrescente nos totais anuais de precipitação com nível de significância de 5%. Essa conclusão se faz coerente, quando é observado que nos últimos 6 anos (2012 – 2017) os índices de precipitação vêm se mantendo abaixo da média, acarretando em anos de seca e extrema seca.

Apesar do intenso trabalho com o processamento e estudo dos dados, ainda há espaço para desenvolver novos estudos e avultar os resultados. Segue como sugestão:

- Ampliar a área de estudo com o objetivo de localizar os limites em que as características começam a apresentar mudanças.
- Analisar com mais imersão os anos que apresentaram extrema seca ou umidade a fim de avaliar comportamentos extremos dentro da série.

REFERÊNCIAS

- ALEXANDRE, G. R. Estudo para Identificação de Tendências do Regime Pluvial na Região Metropolitana de Belo Horizonte a partir de Métodos Estatísticos e Modelos Climáticos.** Dissertação de Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos da Universidade Federal de Minas Gerais, 193p., 2009.
- ALMEIDA, H. A. de, PEREIRA, F. C. Captação de água de chuva: uma alternativa para escassez de água.** In: *Congresso Brasileiro de Agrometeorologia*, 15, 2007, Aracaju, SE. *Anais...Aracaju*, 2007.
- ANDRIGHETTI, Y. Nordeste: mito & realidade.** São Paulo: Moderna, 1998.
- ARAÚJO, L. E.; MORAES NETO, J. M.; SOUSA, F. A. S. Análise Climática da Bacia do Rio Paraíba - Índice de Anomalia de Chuva (IAC).** Engenharia Ambiental, v. 6, n. 3, p.508-523, 2009.
- ARAUJO, L. E.; SILVA, D. F; MORAES NETO, J. M.; SOUSA, F. A. S. Análise da variabilidade espaço-temporal da precipitação na Bacia do Rio Paraíba usando IAC.** Revista de Geografia, v. 24, n. 1, p. 47-59, 2007.
- 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.
- AYOADE, J. O. Introdução à climatologia para os trópicos.** Editora Bertrand Brasil, 1988.
- AZEVEDO, J.R.G. (Org.). Hidrometria aplicada à gestão dos recursos hídricos.** Ed. Universitária da UFPE. 2010.
- BACK, Á.J. Aplicação de análise estatística para identificação de tendências climáticas.** Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental. v.36, n.5, p. 717-726, 2001. Campina Grande, PB
- 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.
- BRAGA, R. A. P. et al. Gestão e educação socioambiental na bacia do Capibaribe.** Projeto Águas de Areia, Recife, 9 p, 2015.
- BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Plano Nacional de Recursos Hídricos –** Brasília: MMA, 2005.

DEPARTAMENTE OF CLIMATE CHANGE, AUSTRALIAN GOVERNMENT.

Australia's Water Resources: Impacts of climate change. Disponível em: <http://www.climatechange.gov.au/climate-change/impacts.aspx> acesso em: 11 de novembro de 2017.

DOUGLAS, E. M.; VOGEL, R. M.; KROLL, C. N. **Trends in floods and low flows in the United States:** impact of spatial correlation. *Journal of Hydrology*, v. 240, n. 1, p. 90-105, 2000.

EEA – European Environmental Agency. REPORT N. 3/2014: **Public participation: contributing to better water management: Experiences from eight case studies across Europe.** Luxembourg: Publications Office of the European Union, 2014.

EEA – European Environmental Agency. TECHNICAL REPORT N. 7/2011: **Safe water and healthy water services in a changing environment.** Luxembourg: Publications Office of the European Union, 2011.

ESPADAFOR, M. *et al.* **An analysis of the tendency of reference evapotranspiration estimates and other climate variables during the last 45 years in Southern Spain.** *Agricultural Water Management*, v. 98, n. 6, p. 1045-1061, 2011.

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. Anais... Puerto Iguazú: CACIER, 2004, p. 1-1.

GOCIC, M.; TRAJKOVIC, S. **Analysis of changes in meteorological variables using Mann-Kendall and Sen's slope estimator statistical tests in Serbia.** *Global and Planetary Change*, v. 100, p. 172-182, 2013.

GONÇALVES, W. A.; CORREIA, M. F.; ARAÚJO, L. E.; SILVA, D.F.; ARAÚJO, H. A. **Vulnerabilidade Climática do Nordeste Brasileiro: Uma análise de eventos extremos na Zona Semi-árida da bacia hidrográfica do São Francisco.** In: Congresso Brasileiro de Meteorologia, 14, 2006, Florianópolis. Anais..., Florianópolis, 2006.

GOVERNO DO ESTADO DE PERNAMBUCO. **Plano Estadual de Mudanças Climáticas** (proposta para debate com a sociedade). 2011. Disponível em: <http://www.cprh.pe.gov.br/downloads/PLANO_MC_PERNAMBUCO_PDF.pdf>. Acesso em: 23 set. 2017.

GRIBBIN, J. E., **Introdução à hidráulica, hidrologia e gestão de águas pluviais.** 3 ed. São Paulo. Ed. Cengage Learning, 2009.

HELSEL, D. R.; HIRSCH, R. M. **Statistical methods in water resources**. Reston: Elsevier, 1992. 548p.

HUO, Z. *et al.* **Effect of climate change on reference evapotranspiration and aridity index in arid region of China**. Journal of Hydrology, v. 492, p. 24-34, 2013.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE – IPCC. **Climate change 1994: radiative forcing of climate change and an evaluation of the IPCC IS92 emission scenarios**. Cambridge: Cambridge University Press, 339p, 1995.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE – IPCC. **“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.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE – IPCC. **Climate Change – The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the IPCC**. Cambridge University. Press, Cambridge, 2007.

LACERDA, F. F., DIAS, H. S., ASSAD, E. D., ASSIS, J. M. O, MOURA, M. S. B. **Extremos e variabilidade climática no Nordeste brasileiro e em Pernambuco**. In: Josicléda Domiciano Galvínio. (Org.). Mudanças Climáticas e Impactos Ambientais. Recife: Ed. Universitária da UFPE, p. 01-23, 2009b.

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, 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 2007.

MEDEIROS, S. S. *et al.* **Recursos Hídricos em regiões áridas e semiáridas**. Campina Grande, PB: Instituto Nacional do Semiárido, 2011. 440 p.

MIDDELKOOP, H. *et al.* **Impact of climate change on hydrological regimes and water resources management in the Rhine basin**. Climatic Change, v. 49, n. 1-2, p. 24, 2001.

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

NETO, M. R. de F. **Análise das precipitações na região do Agreste de Pernambuco.** 2012. 226 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil e Ambiental). UFPE. Caruaru, 2012.

OLIVEIRA,, G. C. de S. & ALMEIDA, H. A. **Diagnóstico socioeconômico e hídrico da comunidade Catolé de Casinhas, PE.** In: XV ENG. Anais... São Paulo: AGB, 2008.

OLIVEIRA, G. C. de S. **Perfil socioeconômico e potencialidades para a captação de água da chuva na microrregião do Alto Capibaribe.** 110p. Dissertação (Mestrado em Geografia). Universidade Federal de Pernambuco. Recife, 2012.

ONOZ, B.; BAYAZIT, M. **The power of statistical tests for trend detection.** Turkish Journal of Engineering and Environmental Sciences, v. 27, n. 4, p. 247-251, 2003.

REPELLI, C. A.; FERREIRA, N. S.; ALVES, J. M. B.; NOBRE, C. A. **Índice de anomalia de precipitação para o Estado do Ceará.** In: Congresso Brasileiro de Meteorologia e Congresso da Flismet, 10 e 8, 1998, Brasília. Anais... Brasília, 1998.

ROOY, M. P.; VAN. A. **Rainfall Anomaly Index Independent of Time and Space,** Notes, v. 14, p. 1- 43, 1965.

SALATI, E. et al. **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, fevereiro 2007.

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, v. 15, n. 51, p. 73–84, 2014.

SOBRAL, M. C. M; BARRETO; P. C. A. **Vulnerability and sustainability of spring's microbasins face of climate change in semiarid region.** In: Segunda Conferência Internacional: clima, sustentabilidade e desenvolvimento em regiões semiáridas (ICID). Fortaleza, 2010.

SOUZA, Luís Anselmo Pereira de. **ÁGUA NO SEMIÁRIDO.** Desafios do Desenvolvimento: Agenda trancada, Brasília, v. 2, n. 17, p.43-43, 1 dez. 2005. Disponível em: <http://www.ipea.gov.br/desafios/images/stories/PDFs/desafios017_completa.pdf>. Acesso em: 24 set. 2017.

THOMAS, C. D. et al. **Extinction risk from climate change.** Nature, v.427, p.145-148, 2004.

TUCCI, C. E. M. **Hidrologia: ciência e aplicação**. Organizado por Carlos M. E. Tucci. 2 ed. Ed., Universidade/UFRGS: ABRH. Porto Alegre – RS, 2001.

TUCCI, Carlos E. M. (Org.). **Hidrologia: ciência e aplicação**. 4. ed. Porto Alegre: UFRGS-Faculdade de Agronomia. 943 p. (Coleção ABRH de recursos hídricos; v. 4), 2009.

VALENTE, O. F. & GOMES, M. A. **Conservação de nascentes – hidrologia e manejo de bacias hidrográficas de cabeceira**. Viçosa/MG: Ed. Aprenda Fácil, 210p, 2005.

YUE, S. *et al.* **The influence of autocorrelation on the ability to detect trend in hydrological series**. Hydrological Processes, v. 16, n. 9, p. 1807-1829, 2002.

APÊNDICES

Apêndice A – Levantamento dos dados brutos de todos os postos
pluviométricos.

Figura A. 1- Sequência de dados dos postos pluviométricos do município de Belo Jardim (20).

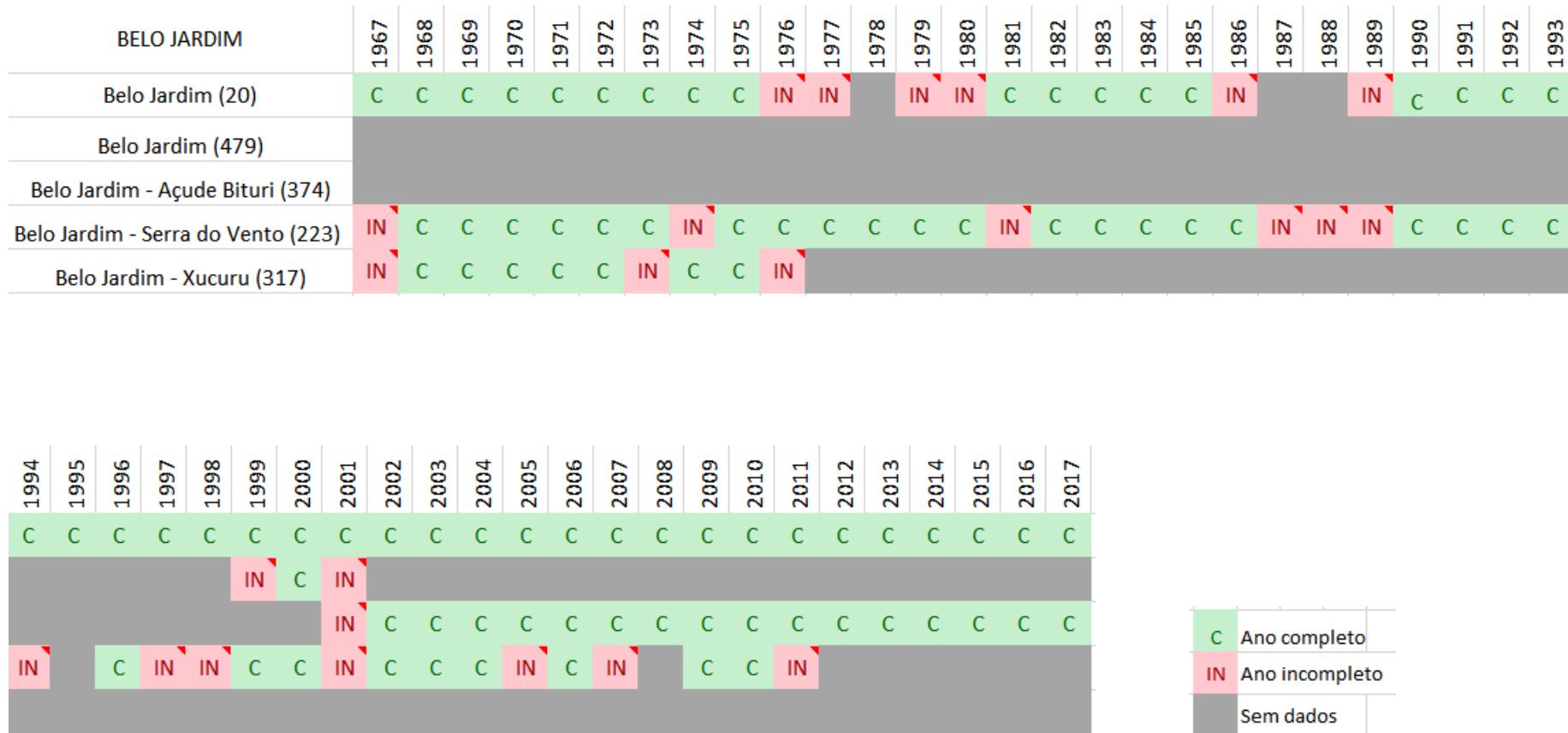


Figura A. 2 - Sequência de dados dos postos pluviométricos do município de Brejo da Madre de Deus (113).

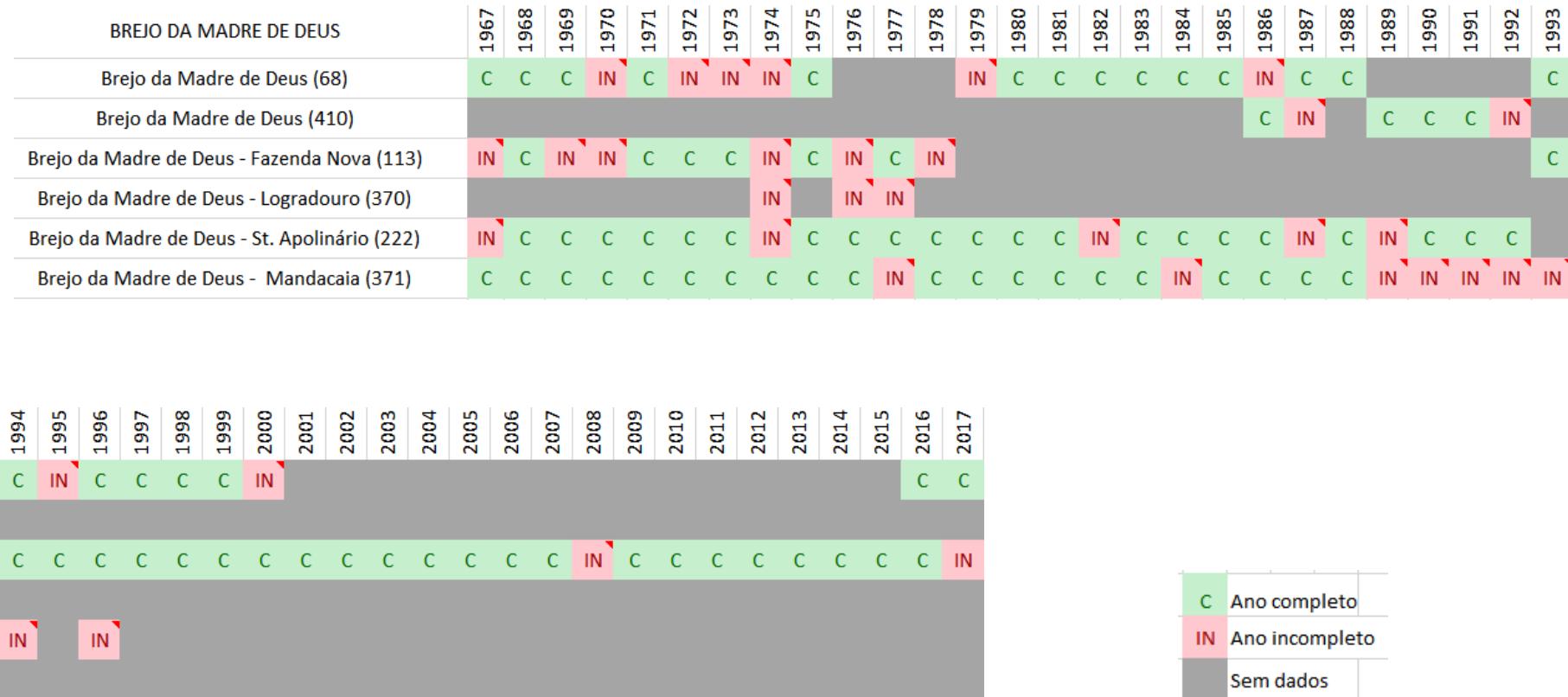


Figura A. 3 - Sequência de dados dos postos pluviométricos do município de Jataúba (120).

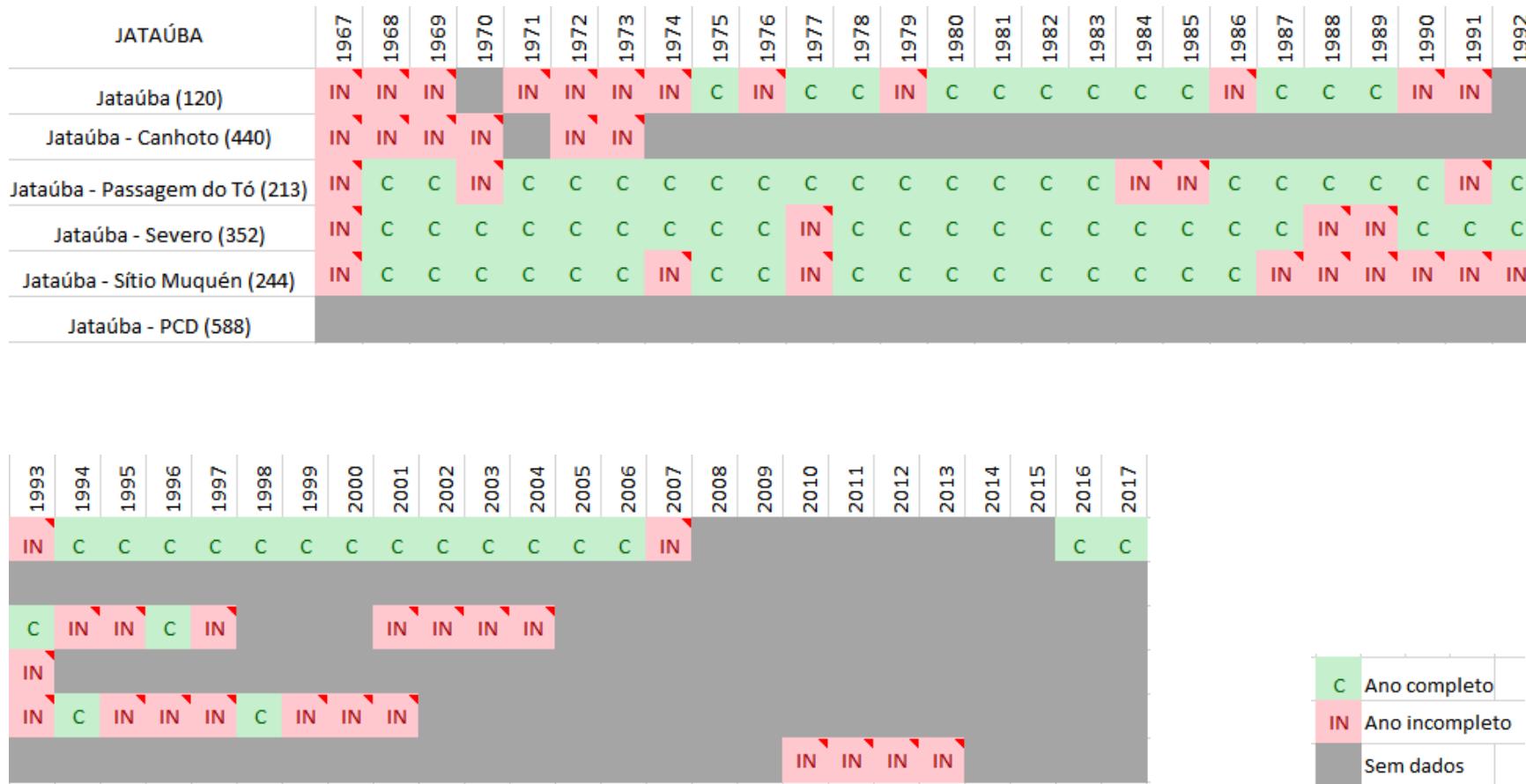


Figura A. 4 - Sequência de dados dos postos pluviométricos do município de Santa Cruz do Capibaribe (86).

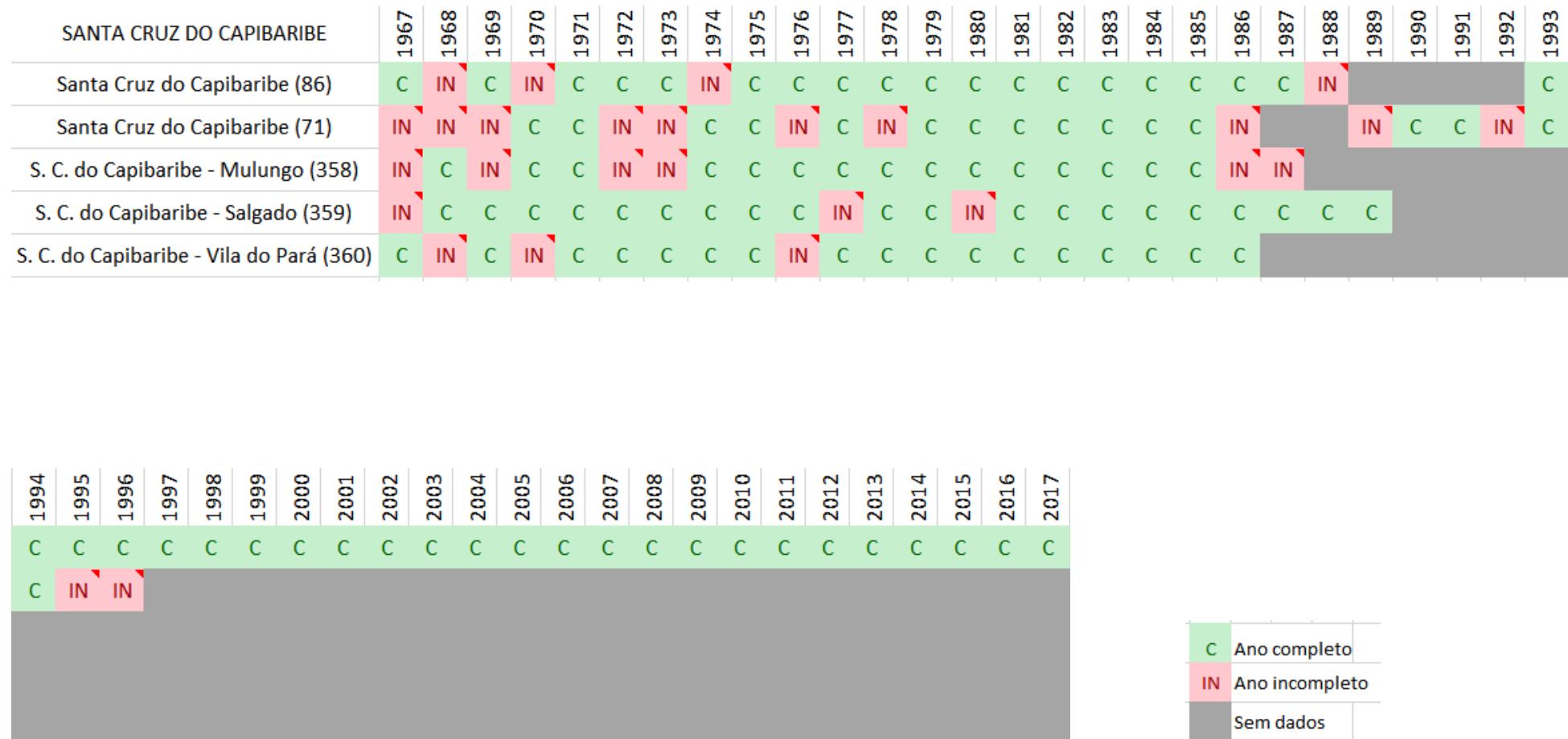
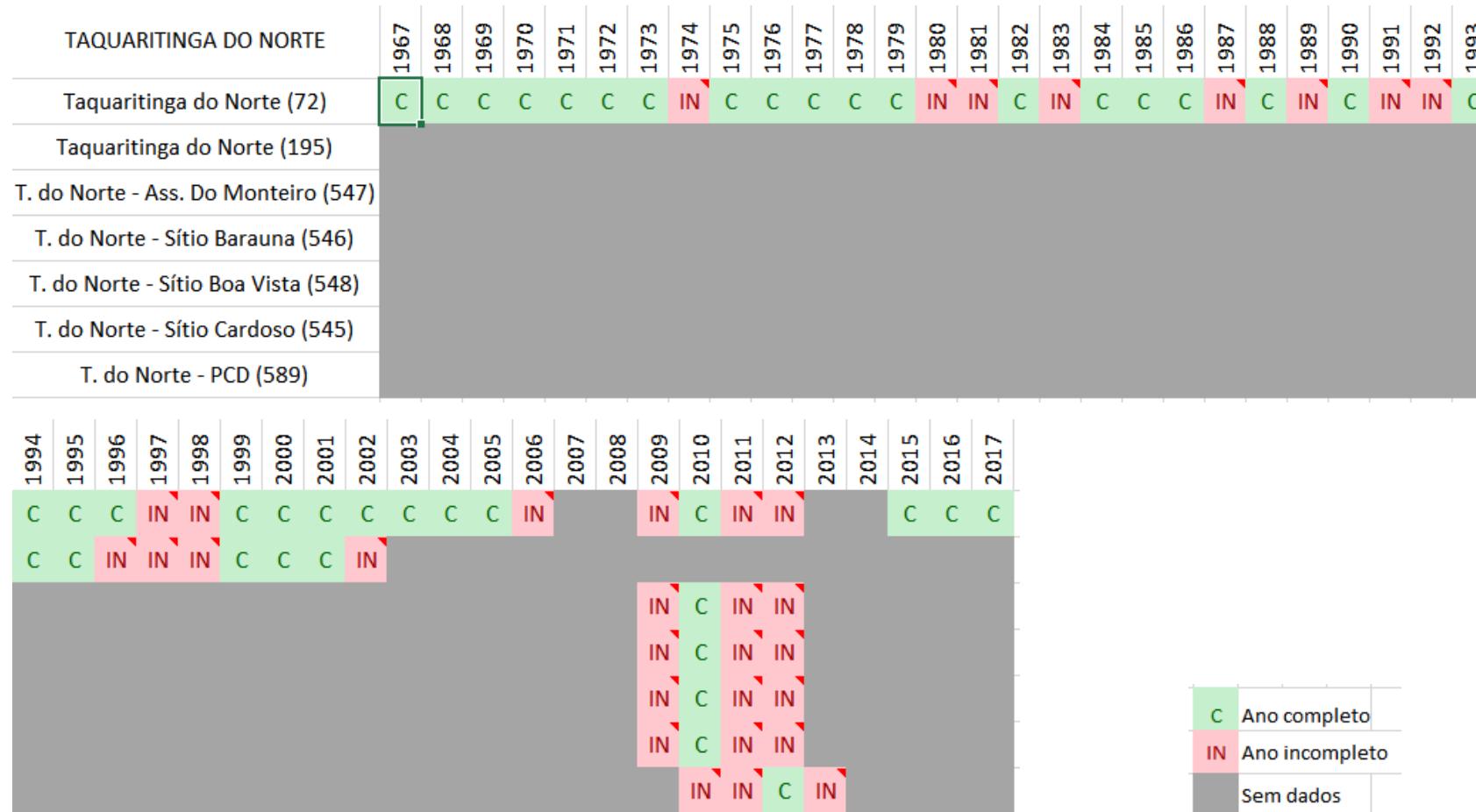


Figura A. 5 - Sequência de dados dos postos pluviométricos do município de Taquaritinga do Norte (72).



Apêndice B – Tabelas com as precipitações mensais,
médias mensais e totais anuais.

Figura B. 1- Tabela com as precipitações mensais, médias mensais e totais anuais da estação de Belo Jardim (20).

Ano	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	SOMA
1967	16	31	122	103	97	94	79	95	39	16	0	63	756
1968	68	37	100	72	85	31	61	17	7	4	24	20	526
1969	52	38	203,7	95,2	65,5	134,0	163,1	21,7	13,4	5,5	17,7	9,2	819
1970	65,0	27,0	97,2	57,3	36,9	71,5	131,0	50,9	4,6	8,8	0,5	0,2	551
1971	4,8	20,3	58,8	164,5	92,3	77,7	88,6	39,4	23,0	28,7	7,8	1,7	608
1972	10,1	60,7	78,9	52,2	76,5	78,9	72,7	123,5	25,3	11,3	2,1	32,8	625
1973	27,0	29,9	132,0	142,8	79,1	73,0	53,3	20,9	53,0	21,2	7,7	29,3	669
1974	70,2	83,9	148,8	294,9	77,0	112,5	161,8	28,5	20,3	2,5	50,2	32,8	1083
1975	55,2	109,9	101,3	125,6	119,9	64,1	233,6	8,7	54,4	0,4	5,2	94,4	973
1976	12,6	93,8	70,7	65,2	73,1	56,9	95,5	37,3	2,2	74,8	33,0	20,7	636
1977	47,3	29,5	29,6	164,2	184,3	129,3	130,8	21,3	33,5	22,3	3,2	17,7	813
1978	1,7	85,5	218,3	92,1	128,4	64,2	98,2	24,6	44,6	1,3	6,8	12,4	778
1979	47,4	18,9	50,4	44,7	74,8	58,8	41,3	10,0	33,7	3,6	25,5	3,4	413
1980	23,1	89,8	71,3	53,3	26,4	87,0	24,5	4,6	20,5	17,1	17,9	16,7	452
1981	50,1	12,1	382,6	29,5	33,7	19,9	22,4	20,1	11,6	0,8	14,0	33,7	630
1982	14,4	36,1	9,8	69,6	107,5	83,5	35,0	53,0	13,5	5,5	1,1	21,7	451
1983	20,9	89,5	65,9	39,2	60,0	49,3	33,3	50,2	2,6	11,7	4,3	3,8	431
1984	13,4	8,4	94,8	181,7	129,9	41,3	80,6	77,3	18,5	1,8	0,2	0,6	648
1985	21,6	161,7	165,9	252,3	36,5	51,5	79,4	57,0	4,9	13,6	6,5	27,3	878
1986	29,6	87,9	161,9	134,9	97,9	74,5	90,1	73,2	31,0	12,8	18,0	9,8	822
1987	13,7	25,6	150,1	107,8	10,9	81,0	72,4	29,0	1,7	12,6	1,8	0,0	507
1988	20,6	72,6	129,0	132,0	34,9	52,5	107,4	17,7	12,2	7,1	16,0	30,1	632
1989	10,5	12,3	57,3	173,4	117,6	79,2	96,1	10,1	7,7	10,4	23,6	99,5	698
1990	5,7	41,0	8,5	89,3	67,9	67,0	75,2	26,2	25,2	14,1	2,1	4,9	427
1991	10,4	20,4	140,3	80,6	114,2	40,7	34,1	41,7	3,8	11,6	10,2	10,9	519
1992	88,6	80,8	107,1	52,2	21,0	51,7	93,7	34,9	82,3	0,0	1,6	0,0	614
1993	4,0	1,3	7,7	8,3	27,9	33,4	56,2	25,8	11,1	15,4	10,1	4,9	206
1994	48,7	80,2	61,3	35,2	154,6	137,3	73,5	13,1	26,0	7,0	1,4	13,5	652
1995	34,4	64,0	45,8	78,5	46,6	88,5	97,9	38,0	8,4	1,5	40,8	2,2	547
1996	26,3	8,9	57,4	76,0	23,0	44,6	57,2	43,3	20,8	7,5	37,9	1,8	405
1997	54,4	39,6	102,8	54,8	63,1	16,6	20,0	44,4	2,7	2,1	0,0	28,3	429
1998	6,8	1,3	14,3	34,9	23,4	17,7	30,0	46,0	3,2	0,9	0,9	0,0	180
1999	27,2	20,2	71,5	3,1	49,4	42,3	74,2	20,9	5,3	40,5	4,0	53,9	412
2000	41,8	43,9	74,5	105,6	51,8	119,5	103,4	96,7	55,7	4,6	4,2	52,1	754
2001	10,6	6,2	165,1	34,6	1,8	145,8	74,7	46,7	12,8	45,2	7,6	43,1	594
2002	129,3	81,0	77,8	28,4	64,5	107,1	53,1	32,4	7,4	9,3	11,1	4,2	606
2003	54,9	57,0	36,4	36,0	47,0	51,2	67,2	40,6	36,3	18,8	11,1	20,3	477
2004	257,9	136,4	60,6	39,1	79,5	96,2	106,3	32,6	29,5	0,8	1,8	10,9	852
2005	31,4	39,8	88,2	77,1	121,6	155,6	41,3	82,0	4,8	0,0	0,0	74,3	716
2006	0,8	47,7	61,8	41,9	76,0	103,7	34,8	15,1	5,4	5,6	18,2	0,3	412
2007	43,7	116,8	94,4	56,5	46,3	64,9	11,9	28,2	18,6	0,6	7,0	17,1	506
2008	21,1	32,7	228,6	97,5	77,5	27,1	46,2	33,3	1,2	0,7	0,0	2,9	569
2009	45,4	88,8	93,3	219,9	213,6	63,9	79,5	54,8	14,0	0,0	20,2	59,7	953
2010	101,8	23,4	42,0	88,9	21,6	271,4	54,9	57,3	34,9	81,6	0,4	64,0	842
2011	136,7	27,0	65,5	108,4	300,6	58,9	114,5	35,0	11,3	18,5	32,3	0,1	909
2012	21,3	50,0	7,7	2,0	37,6	67,1	31,8	24,8	3,2	2,8	0,9	0,2	250
2013	8,9	1,2	13,3	133,4	59,4	73,2	62,4	26,3	3,6	11,9	43,4	16,8	454
2014	4,8	62,3	15,2	47,2	111,3	28,7	53,7	21,4	27,3	42,5	69,2	0,7	484
2015	8,2	20,5	39,4	17,0	24,0	87,9	116,9	17,5	5,6	5,0	0,0	40,6	383
2016	105,7	32,3	49,0	26,1	46,4	45,0	16,9	10,8	10,1	2,1	4,6	3,1	352
2017	10,8	29,8	35,2	63,1	103,7	56,5	117,0	35,9	38,1	4,7	0,4	15,3	510
MÉDIA	39,94	49,31	89,52	85,94	76,88	75,09	75,49	37,57	19,35	12,73	12,33	22,11	596,26

Figura B. 2 - Tabela com as precipitações mensais, médias mensais e totais anuais da estação de Brejo da Madre de Deus (113).

Ano	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	SOMA
1967	11,08	21,61	86,58	72,77	68,31	66,59	55,88	67,25	27,91	11,29	0,26	44,69	534
1968	48,19	25,97	70,57	51,08	60,36	22,08	43,01	11,93	4,61	3,03	16,89	14,17	372
1969	36,98	26,71	144,03	67,33	46,31	94,78	115,34	15,31	9,49	3,90	12,50	6,50	579
1970	45,93	19,08	68,76	40,55	26,07	50,56	92,63	35,98	3,26	6,23	0,34	0,11	389
1971	3,43	14,39	41,58	116,29	65,27	54,94	62,66	27,85	16,28	20,28	5,52	1,21	430
1972	7,14	42,91	55,81	36,94	54,10	55,80	51,44	87,34	17,87	8,01	1,50	23,22	442
1973	19,11	21,13	93,31	100,98	55,95	51,62	37,66	14,79	37,46	14,98	5,45	20,70	473
1974	49,65	59,36	105,21	208,51	54,45	79,55	114,39	20,15	14,36	1,79	35,52	23,18	766
1975	39,06	77,73	71,64	88,84	84,76	45,34	165,18	6,18	38,47	0,32	3,66	66,78	688
1976	8,90	66,30	50,03	46,09	51,70	40,26	67,52	26,34	1,54	52,91	23,31	14,67	450
1977	33,43	20,83	20,96	116,13	130,35	91,46	92,47	15,06	23,69	15,74	2,24	12,53	575
1978	1,19	60,47	154,36	65,09	90,81	45,40	69,47	17,37	31,53	0,93	4,80	8,75	550
1979	33,49	13,37	35,67	31,62	52,91	41,57	29,20	7,07	23,84	2,52	18,00	2,42	292
1980	16,34	63,47	50,38	37,69	18,69	61,51	17,35	3,27	14,47	12,07	12,64	11,78	320
1981	35,41	8,55	270,52	20,86	23,81	14,10	15,86	14,19	8,21	0,53	9,91	23,86	446
1982	10,20	25,53	6,94	49,19	76,04	59,04	24,75	37,50	9,55	3,88	0,81	15,34	319
1983	14,78	63,28	46,58	27,74	42,44	34,86	23,58	35,46	1,87	8,29	3,04	2,70	305
1984	9,51	5,91	67,02	128,50	91,83	29,21	56,98	54,64	13,08	1,28	0,14	0,40	458
1985	15,27	114,35	117,30	178,40	25,84	36,42	56,14	40,27	3,48	9,64	4,57	19,29	621
1986	20,95	62,15	114,45	95,35	69,25	52,65	63,69	51,73	21,94	9,02	12,76	6,94	581
1987	9,68	18,12	106,13	76,21	7,74	57,25	51,18	20,48	1,18	8,92	1,29	0,00	358
1988	14,59	51,35	91,22	93,34	24,70	37,10	75,91	12,48	8,62	5,02	11,35	21,28	447
1989	7,44	8,72	40,55	122,60	83,17	55,97	67,99	7,12	5,45	7,34	16,70	70,36	493
1990	4,00	28,98	5,99	63,13	47,98	47,35	53,17	18,53	17,79	9,97	1,46	3,44	302
1991	7,38	14,43	99,20	57,00	80,75	28,81	24,08	29,47	2,66	8,17	7,24	7,74	367
1992	62,61	57,14	75,73	36,92	14,84	36,59	66,26	24,68	58,19	0,00	1,10	0,00	434
1993	2,82	0,91	5,46	5,88	19,76	23,59	39,74	18,24	7,82	10,87	7,16	3,47	146
1994	34,44	56,69	43,32	24,86	109,34	97,06	51,97	9,25	18,42	4,96	0,96	9,54	461
1995	24,34	45,27	32,35	55,48	32,92	62,61	69,23	26,90	5,97	1,05	28,88	1,57	387
1996	18,57	6,32	40,58	53,77	16,23	31,55	40,47	30,63	14,72	5,30	26,79	1,25	286
1997	38,49	28,02	72,67	38,77	44,65	11,74	14,16	31,40	1,90	1,50	0,00	20,02	303
1998	4,84	0,94	10,08	24,71	16,58	12,53	21,25	32,53	2,26	0,64	0,64	0,00	127
1999	19,22	14,31	50,57	2,22	34,91	29,88	52,46	14,77	3,73	28,60	2,84	38,12	292
2000	29,57	31,02	52,71	74,65	36,66	84,47	73,10	68,40	39,36	3,26	2,97	36,85	533
2001	7,50	4,36	116,71	24,44	1,27	103,07	52,85	33,00	9,07	31,95	5,38	30,46	420
2002	91,45	57,24	55,00	20,08	45,58	75,70	37,54	22,90	5,25	6,55	7,85	2,99	428
2003	38,80	40,29	25,77	25,42	33,26	36,19	47,51	28,70	25,69	13,30	7,84	14,34	337
2004	182,39	96,43	42,88	27,63	56,23	68,05	75,20	23,02	20,86	0,57	1,30	7,74	602
2005	22,17	28,12	62,40	54,53	86,00	110,03	29,18	57,99	3,40	0,00	0,00	52,54	506
2006	0,57	33,76	43,72	29,63	53,77	73,31	24,64	10,71	3,80	3,97	12,86	0,24	291
2007	30,91	82,62	66,78	39,97	32,76	45,86	8,45	19,93	13,17	0,42	4,98	12,09	358
2008	14,90	23,12	161,64	68,93	54,81	19,19	32,70	23,53	0,83	0,48	0,00	2,08	402
2009	32,11	62,77	65,99	155,50	151,05	45,16	56,21	38,75	9,93	0,00	14,29	42,25	674
2010	71,95	16,52	29,71	62,84	15,29	191,90	38,84	40,49	24,69	57,67	0,28	45,24	595
2011	96,66	19,09	46,28	76,64	212,57	41,64	80,95	24,71	7,97	13,08	22,87	0,10	643
2012	15,07	35,35	5,48	1,42	26,62	47,46	22,48	17,54	2,29	2,01	0,62	0,17	177
2013	6,30	0,81	9,38	94,32	41,99	51,76	44,10	18,57	2,55	8,43	30,72	11,84	321
2014	3,40	44,02	10,77	33,36	78,71	20,26	37,99	15,12	19,34	30,03	48,92	0,51	342
2015	5,77	14,46	27,89	12,02	16,95	62,17	82,64	12,34	3,99	3,53	0,00	28,70	270
2016	74,71	22,86	34,64	18,43	32,81	31,79	11,92	7,61	7,15	1,47	3,23	2,21	249
2017	7,62	21,10	24,88	44,59	73,35	39,94	82,72	25,36	26,94	3,30	0,30	10,81	361
MÉDIA	28,24	34,87	63,30	60,77	54,36	53,09	53,37	26,56	13,68	9,00	8,72	15,63	421,60

Figura B. 3 - Tabela com as precipitações mensais, médias mensais e totais anuais da estação de Jataúba(120).

ANO	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	SOMA
1967	11	22	89	75	70	68	57	69	29	12	0	46	548
1968	49	27	72	52	62	23	44	12	5	3	17	15	381
1969	38	27	147,7	69,0	47,5	97,2	118,3	15,7	9,7	4,0	12,8	6,7	594
1970	47,1	19,6	70,5	41,6	26,7	51,8	95,0	36,9	3,3	6,4	0,4	0,1	399
1971	3,5	14,8	42,6	119,2	66,9	56,3	64,3	28,6	16,7	20,8	5,7	1,2	441
1972	7,3	44,0	57,2	37,9	55,5	57,2	52,7	89,6	18,3	8,2	1,5	23,8	453
1973	19,6	21,7	95,7	103,6	57,4	52,9	38,6	15,2	38,4	15,4	5,6	21,2	485
1974	50,9	60,9	107,9	213,8	55,8	81,6	117,3	20,7	14,7	1,8	36,4	23,8	786
1975	40,1	79,7	73,5	91,1	86,9	46,5	169,4	6,3	39,5	0,3	3,8	68,5	705
1976	9,1	68,0	51,3	47,3	53,0	41,3	69,2	27,0	1,6	54,3	23,9	15,0	461
1977	34,3	21,4	21,5	119,1	133,7	93,8	94,8	15,4	24,3	16,1	2,3	12,8	590
1978	1,2	62,0	158,3	66,7	93,1	46,6	71,2	17,8	32,3	1,0	4,9	9,0	564
1979	34,3	13,7	36,6	32,4	54,3	42,6	29,9	7,2	24,4	2,6	18,5	2,5	299
1980	16,8	65,1	51,7	38,7	19,2	63,1	17,8	3,3	14,8	12,4	13,0	12,1	328
1981	36,3	8,8	277,4	21,4	24,4	14,5	16,3	14,5	8,4	0,5	10,2	24,5	457
1982	10,5	26,2	7,1	50,4	78,0	60,5	25,4	38,5	9,8	4,0	0,8	15,7	327
1983	15,2	64,9	47,8	28,4	43,5	35,7	24,2	36,4	1,9	8,5	3,1	2,8	312
1984	9,8	6,1	68,7	131,8	94,2	30,0	58,4	56,0	13,4	1,3	0,1	0,4	470
1985	15,7	117,3	120,3	182,9	26,5	37,3	57,6	41,3	3,6	9,9	4,7	19,8	637
1986	21,5	63,7	117,4	97,8	71,0	54,0	65,3	53,0	22,5	9,3	13,1	7,1	596
1987	9,9	18,6	108,8	78,2	7,9	58,7	52,5	21,0	1,2	9,2	1,3	0,0	367
1988	15,0	52,7	93,5	95,7	25,3	38,0	77,8	12,8	8,8	5,1	11,6	21,8	458
1989	7,6	8,9	41,6	125,7	85,3	57,4	69,7	7,3	5,6	7,5	17,1	72,2	506
1990	4,1	29,7	6,1	64,7	49,2	48,6	54,5	19,0	18,2	10,2	1,5	3,5	309
1991	7,6	14,8	101,7	58,5	82,8	29,5	24,7	30,2	2,7	8,4	7,4	7,9	376
1992	64,2	58,6	77,7	37,9	15,2	37,5	67,9	25,3	59,7	0,0	1,1	0,0	445
1993	2,9	0,9	5,6	6,0	20,3	24,2	40,8	18,7	8,0	11,1	7,3	3,6	149
1994	35,3	58,1	44,4	25,5	112,1	99,5	53,3	9,5	18,9	5,1	1,0	9,8	473
1995	25,0	46,4	33,2	56,9	33,8	64,2	71,0	27,6	6,1	1,1	29,6	1,6	396
1996	19,0	6,5	41,6	55,1	16,6	32,4	41,5	31,4	15,1	5,4	27,5	1,3	293
1997	39,5	28,7	74,5	39,8	45,8	12,0	14,5	32,2	2,0	1,5	0,0	20,5	311
1998	5,0	1,0	10,3	25,3	17,0	12,9	21,8	33,4	2,3	0,7	0,7	0,0	130
1999	19,7	14,7	51,9	2,3	35,8	30,6	53,8	15,1	3,8	29,3	2,9	39,1	299
2000	30,3	31,8	54,0	76,6	37,6	86,6	75,0	70,1	40,4	3,3	3,0	37,8	547
2001	7,7	4,5	119,7	25,1	1,3	105,7	54,2	33,8	9,3	32,8	5,5	31,2	431
2002	93,8	58,7	56,4	20,6	46,7	77,6	38,5	23,5	5,4	6,7	8,1	3,1	439
2003	39,8	41,3	26,4	26,1	34,1	37,1	48,7	29,4	26,3	13,6	8,0	14,7	346
2004	187,0	98,9	44,0	28,3	57,7	69,8	77,1	23,6	21,4	0,6	1,3	7,9	618
2005	22,7	28,8	64,0	55,9	88,2	112,8	29,9	59,5	3,5	0,0	0,0	53,9	519
2006	0,6	34,6	44,8	30,4	55,1	75,2	25,3	11,0	3,9	4,1	13,2	0,2	298
2007	31,7	84,7	68,5	41,0	33,6	47,0	8,7	20,4	13,5	0,4	5,1	12,4	367
2008	15,3	23,7	165,8	70,7	56,2	19,7	33,5	24,1	0,8	0,5	0,0	2,1	412
2009	32,9	64,4	67,7	159,5	154,9	46,3	57,6	39,7	10,2	0,0	14,6	43,3	691
2010	73,8	16,9	30,5	64,4	15,7	196,8	39,8	41,5	25,3	59,1	0,3	46,4	611
2011	99,1	19,6	47,5	78,6	218,0	42,7	83,0	25,3	8,2	13,4	23,5	0,1	659
2012	15,5	36,3	5,6	1,5	27,3	48,7	23,1	18,0	2,3	2,1	0,6	0,2	181
2013	6,5	0,8	9,6	96,7	43,1	53,1	45,2	19,0	2,6	8,6	31,5	12,1	329
2014	3,5	45,1	11,0	34,2	80,7	20,8	39,0	15,5	19,8	30,8	50,2	0,5	351
2015	5,9	14,8	28,6	12,3	17,4	63,7	84,7	12,7	4,1	3,6	0,0	29,4	277
2016	76,6	23,4	35,5	18,9	33,6	32,6	12,2	7,8	7,3	1,5	3,3	2,3	255
2017	7,8	21,6	25,5	45,7	75,2	41,0	84,8	26,0	27,6	3,4	0,3	11,1	370
MÉDIA	28,96	35,75	64,91	62,32	55,75	54,44	54,73	27,24	14,03	9,23	8,94	16,03	432,33

Figura B. 4 - Tabela com as precipitações mensais, médias mensais e totais anuais da estação de Santa Cruz do Capibaribe (86).

ANO	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	SOMA
1967	11	22	90	76	71	69	58	70	29	12	0	46	555
1968	50	27	73	53	63	23	45	12	5	3	18	15	386
1969	38	28	149,5	69,9	48,1	98,4	119,7	15,9	9,8	4,0	13,0	6,7	601
1970	47,7	19,8	71,4	42,1	27,1	52,5	96,2	37,4	3,4	6,5	0,4	0,1	404
1971	3,6	14,9	43,2	120,7	67,8	57,0	65,0	28,9	16,9	21,1	5,7	1,3	446
1972	7,4	44,5	57,9	38,3	56,2	57,9	53,4	90,7	18,6	8,3	1,6	24,1	459
1973	19,8	21,9	96,9	104,8	58,1	53,6	39,1	15,4	38,9	15,6	5,7	21,5	491
1974	51,5	61,6	109,2	216,5	56,5	82,6	118,7	20,9	14,9	1,9	36,9	24,1	795
1975	40,5	80,7	74,4	92,2	88,0	47,1	171,5	6,4	39,9	0,3	3,8	69,3	714
1976	9,2	68,8	51,9	47,8	53,7	41,8	70,1	27,3	1,6	54,9	24,2	15,2	467
1977	34,7	21,6	21,8	120,6	135,3	94,9	96,0	15,6	24,6	16,3	2,3	13,0	597
1978	1,2	62,8	160,2	67,6	94,3	47,1	72,1	18,0	32,7	1,0	5,0	9,1	571
1979	34,8	13,9	37,0	32,8	54,9	43,1	30,3	7,3	24,7	2,6	18,7	2,5	303
1980	17,0	65,9	52,3	39,1	19,4	63,8	18,0	3,4	15,0	12,5	13,1	12,2	332
1981	36,8	8,9	280,8	21,7	24,7	14,6	16,5	14,7	8,5	0,6	10,3	24,8	463
1982	10,6	26,5	7,2	51,1	78,9	61,3	25,7	38,9	9,9	4,0	0,8	15,9	331
1983	15,3	65,7	48,4	28,8	44,1	36,2	24,5	36,8	1,9	8,6	3,2	2,8	316
1984	9,9	6,1	69,6	133,4	95,3	30,3	59,1	56,7	13,6	1,3	0,1	0,4	476
1985	15,9	118,7	121,8	185,2	26,8	37,8	58,3	41,8	3,6	10,0	4,7	20,0	645
1986	21,8	64,5	118,8	99,0	71,9	54,7	66,1	53,7	22,8	9,4	13,2	7,2	603
1987	10,0	18,8	110,2	79,1	8,0	59,4	53,1	21,3	1,2	9,3	1,3	0,0	372
1988	15,1	53,3	94,7	96,9	25,6	38,5	78,8	13,0	9,0	5,2	11,8	22,1	464
1989	7,7	9,1	42,1	127,3	86,3	58,1	70,6	7,4	5,7	7,6	17,3	73,0	512
1990	4,1	30,1	6,2	65,5	49,8	49,2	55,2	19,2	18,5	10,3	1,5	3,6	313
1991	7,7	15,0	103,0	59,2	83,8	29,9	25,0	30,6	2,8	8,5	7,5	8,0	381
1992	65,0	59,3	78,6	38,3	15,4	38,0	68,8	25,6	60,4	0,0	1,1	0,0	451
1993	2,9	0,9	5,7	6,1	20,5	24,5	41,3	18,9	8,1	11,3	7,4	3,6	151
1994	35,8	58,8	45,0	25,8	113,5	100,8	53,9	9,6	19,1	5,1	1,0	9,9	478
1995	25,3	47,0	33,6	57,6	34,2	65,0	71,9	27,9	6,2	1,1	30,0	1,6	401
1996	19,3	6,6	42,1	55,8	16,8	32,8	42,0	31,8	15,3	5,5	27,8	1,3	297
1997	40,0	29,1	75,4	40,2	46,4	12,2	14,7	32,6	2,0	1,6	0,0	20,8	315
1998	5,0	1,0	10,5	25,7	17,2	13,0	22,1	33,8	2,3	0,7	0,7	0,0	132
1999	20,0	14,9	52,5	2,3	36,2	31,0	54,5	15,3	3,9	29,7	3,0	39,6	303
2000	30,7	32,2	54,7	77,5	38,1	87,7	75,9	71,0	40,9	3,4	3,1	38,3	553
2001	7,8	4,5	121,2	25,4	1,3	107,0	54,9	34,3	9,4	33,2	5,6	31,6	436
2002	94,9	59,4	57,1	20,8	47,3	78,6	39,0	23,8	5,4	6,8	8,2	3,1	444
2003	40,3	41,8	26,8	26,4	34,5	37,6	49,3	29,8	26,7	13,8	8,1	14,9	350
2004	189,3	100,1	44,5	28,7	58,4	70,6	78,1	23,9	21,6	0,6	1,4	8,0	625
2005	23,0	29,2	64,8	56,6	89,3	114,2	30,3	60,2	3,5	0,0	0,0	54,5	526
2006	0,6	35,0	45,4	30,8	55,8	76,1	25,6	11,1	3,9	4,1	13,3	0,3	302
2007	32,1	85,8	69,3	41,5	34,0	47,6	8,8	20,7	13,7	0,4	5,2	12,6	372
2008	15,5	24,0	167,8	71,6	56,9	19,9	33,9	24,4	0,9	0,5	0,0	2,2	418
2009	33,3	65,2	68,5	161,4	156,8	46,9	58,3	40,2	10,3	0,0	14,8	43,9	700
2010	74,7	17,2	30,8	65,2	15,9	199,2	40,3	42,0	25,6	59,9	0,3	47,0	618
2011	100,3	19,8	48,0	79,6	220,7	43,2	84,0	25,7	8,3	13,6	23,7	0,1	667
2012	15,6	36,7	5,7	1,5	27,6	49,3	23,3	18,2	2,4	2,1	0,6	0,2	183
2013	6,5	0,8	9,7	97,9	43,6	53,7	45,8	19,3	2,6	8,7	31,9	12,3	333
2014	3,5	45,7	11,2	34,6	81,7	21,0	39,4	15,7	20,1	31,2	50,8	0,5	355
2015	6,0	15,0	29,0	12,5	17,6	64,5	85,8	12,8	4,1	3,7	0,0	29,8	281
2016	77,6	23,7	36,0	19,1	34,1	33,0	12,4	7,9	7,4	1,5	3,4	2,3	258
2017	7,9	21,9	25,8	46,3	76,1	41,5	85,9	26,3	28,0	3,4	0,3	11,2	375
MÉDIA	29,32	36,20	65,71	63,08	56,43	55,11	55,41	27,58	14,21	9,34	9,05	16,23	437,66

Figura B. 5 - Tabela com as precipitações mensais, médias mensais e totais anuais da estação de Taquaritinga do Norte (72).

Ano	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	SOMA
1967	26	51	205	172	162	158	132	159	66	27	1	106	1265
1968	114	61	167	121	143	52	102	28	11	7	40	34	880
1969	88	63	340,9	159,4	109,6	224,3	273,0	36,2	22,5	9,2	29,6	15,4	1371
1970	108,7	45,2	162,8	96,0	61,7	119,7	219,3	85,2	7,7	14,7	0,8	0,3	922
1971	8,1	34,1	98,4	275,3	154,5	130,1	148,3	65,9	38,5	48,0	13,1	2,9	1017
1972	16,9	101,6	132,1	87,4	128,1	132,1	121,8	206,7	42,3	19,0	3,5	55,0	1046
1973	45,2	50,0	220,9	239,0	132,4	122,2	89,2	35,0	88,7	35,5	12,9	49,0	1120
1974	117,5	140,5	249,0	493,6	128,9	188,3	270,8	47,7	34,0	4,2	84,1	54,9	1813
1975	92,5	184,0	169,6	210,3	200,6	107,3	391,0	14,6	91,1	0,8	8,7	158,1	1628
1976	21,1	156,9	118,4	109,1	122,4	95,3	159,8	62,3	3,7	125,2	55,2	34,7	1064
1977	79,1	49,3	49,6	274,9	308,5	216,5	218,9	35,7	56,1	37,3	5,3	29,7	1361
1978	2,8	143,1	365,4	154,1	215,0	107,5	164,4	41,1	74,6	2,2	11,4	20,7	1302
1979	79,3	31,7	84,4	74,9	125,2	98,4	69,1	16,7	56,4	6,0	42,6	5,7	690
1980	38,7	150,2	119,3	89,2	44,2	145,6	41,1	7,7	34,2	28,6	29,9	27,9	757
1981	83,8	20,2	640,4	49,4	56,3	33,4	37,5	33,6	19,4	1,3	23,4	56,5	1055
1982	24,1	60,4	16,4	116,4	180,0	139,8	58,6	88,8	22,6	9,2	1,9	36,3	755
1983	35,0	149,8	110,3	65,7	100,5	82,5	55,8	83,9	4,4	19,6	7,2	6,4	721
1984	22,5	14,0	158,6	304,2	217,4	69,1	134,9	129,3	31,0	3,0	0,3	1,0	1085
1985	49,6	147,1	270,9	225,7	163,9	124,6	150,7	122,5	51,9	21,4	30,2	16,4	1375
1986	22,9	42,9	251,2	180,4	18,3	135,5	121,1	48,5	2,8	21,1	3,1	0,0	848
1987	34,5	121,5	215,9	220,9	58,5	87,8	179,7	29,5	20,4	11,9	26,9	50,4	1058
1988	17,6	20,7	96,0	290,2	196,9	132,5	160,9	16,9	12,9	17,4	39,5	166,6	1168
1989	9,5	68,6	14,2	149,4	113,6	112,1	125,9	43,9	42,1	23,6	3,5	8,1	714
1990	17,5	34,1	234,8	134,9	191,1	68,2	57,0	69,7	6,3	19,4	17,1	18,3	869
1991	148,2	135,3	179,3	87,4	35,1	86,6	156,8	58,4	137,7	0,0	2,6	0,0	1027
1992	6,7	2,2	12,9	13,9	46,8	55,8	94,1	43,2	18,5	25,7	16,9	8,2	345
1993	81,5	134,2	102,5	58,9	258,8	229,8	123,0	21,9	43,6	11,7	2,3	22,6	1091
1994	57,6	107,2	76,6	131,3	77,9	148,2	163,9	63,7	14,1	2,5	68,4	3,7	915
1995	57,6	107,2	76,6	131,3	77,9	148,2	163,9	63,7	14,1	2,5	68,4	3,7	915
1996	43,9	15,0	96,1	127,3	38,4	74,7	95,8	72,5	34,9	12,5	63,4	3,0	677
1997	91,1	66,3	172,0	91,8	105,7	27,8	33,5	74,3	4,5	3,5	0,0	47,4	718
1998	11,5	2,2	23,9	58,5	39,2	29,7	50,3	77,0	5,4	1,5	1,5	0,0	301
1999	45,5	33,9	119,7	5,2	82,6	70,7	124,2	35,0	8,8	67,7	6,7	90,2	690
2000	70,0	73,4	124,8	176,7	86,8	199,9	173,0	161,9	93,2	7,7	7,0	87,2	1262
2001	17,8	10,3	276,3	57,9	3,0	244,0	125,1	78,1	21,5	75,6	12,7	72,1	994
2002	216,5	135,5	130,2	47,5	107,9	179,2	88,9	54,2	12,4	15,5	18,6	7,1	1013
2003	91,8	95,4	61,0	60,2	78,7	85,7	112,5	67,9	60,8	31,5	18,5	33,9	798
2004	431,7	228,3	101,5	65,4	133,1	161,1	178,0	54,5	49,4	1,4	3,1	18,3	1426
2005	52,5	66,6	147,7	129,1	203,6	260,5	69,1	137,3	8,0	0,0	0,0	124,4	1199
2006	1,4	79,9	103,5	70,1	127,3	173,5	58,3	25,3	9,0	9,4	30,4	0,6	689
2007	73,2	195,6	158,1	94,6	77,5	108,5	20,0	47,2	31,2	1,0	11,8	28,6	847
2008	35,3	54,7	382,6	163,2	129,7	45,4	77,4	55,7	2,0	1,1	0,0	4,9	952
2009	76,0	148,6	156,2	368,1	357,5	106,9	133,0	91,7	23,5	0,0	33,8	100,0	1595
2010	170,3	39,1	70,3	148,7	36,2	454,2	91,9	95,8	58,4	136,5	0,7	107,1	1409
2011	228,8	45,2	109,5	181,4	503,2	98,6	191,6	58,5	18,9	31,0	54,1	0,2	1521
2012	35,7	83,7	13,0	3,4	63,0	112,3	53,2	41,5	5,4	4,8	1,5	0,4	418
2013	14,9	1,9	22,2	223,3	99,4	122,5	104,4	44,0	6,0	19,9	72,7	28,0	759
2014	8,1	104,2	25,5	79,0	186,3	48,0	89,9	35,8	45,8	71,1	115,8	1,2	811
2015	13,7	34,2	66,0	28,4	40,1	147,2	195,6	29,2	9,4	8,3	0,0	67,9	640
2016	176,8	54,1	82,0	43,6	77,7	75,2	28,2	18,0	16,9	3,5	7,7	5,2	589
2017	18,0	50,0	58,9	105,5	173,6	94,5	195,8	60,0	63,8	7,8	0,7	25,6	854
MÉDIA	67,27	79,33	145,89	138,14	129,01	126,89	126,95	62,26	32,51	20,90	21,77	36,18	987,09

Apêndice C – Correlação entre os valores observados versus calculados
pelo vetor regional.

Figura C. 1 - Correlação da estação de Belo Jardim (20).

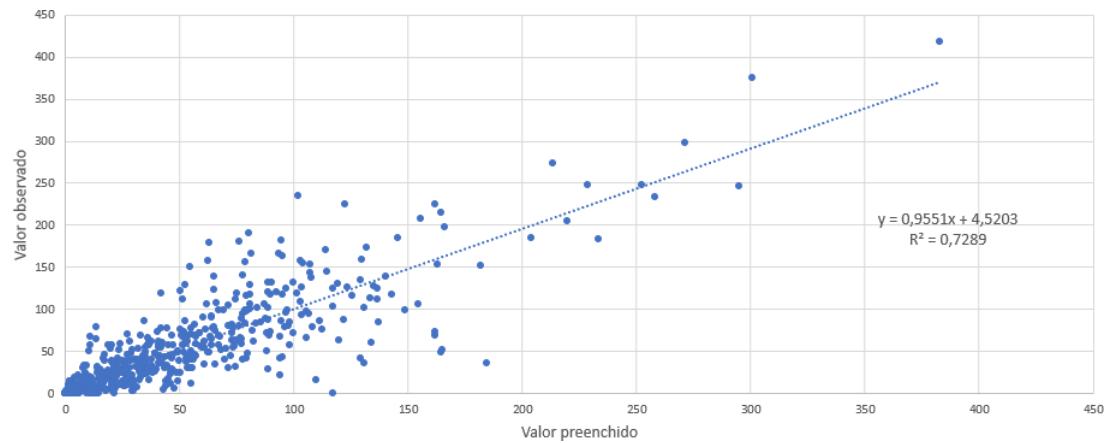


Figura C. 2 - Correlação da estação de Brejo da Madre de Deus (113).

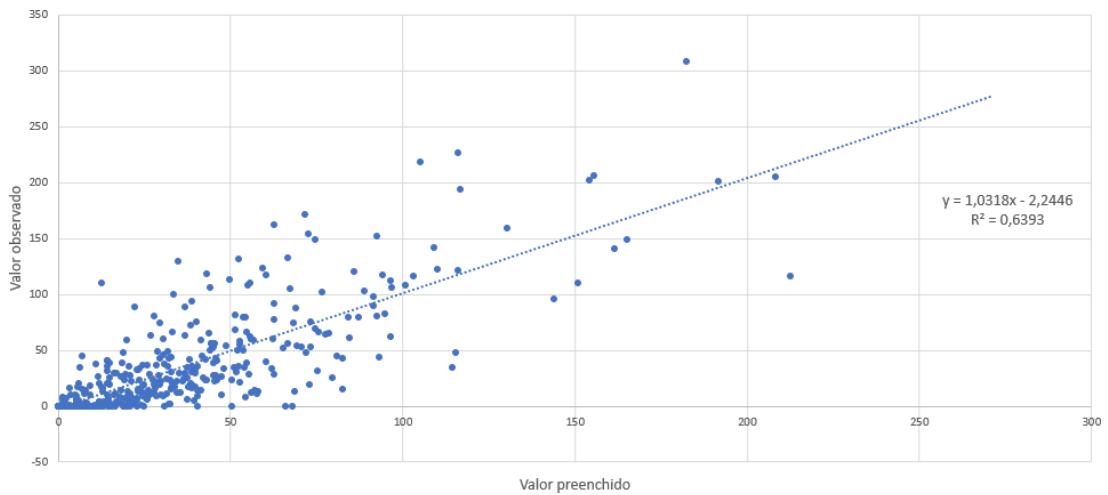


Figura C. 3 - Correlação da estação de Jataúba (120).

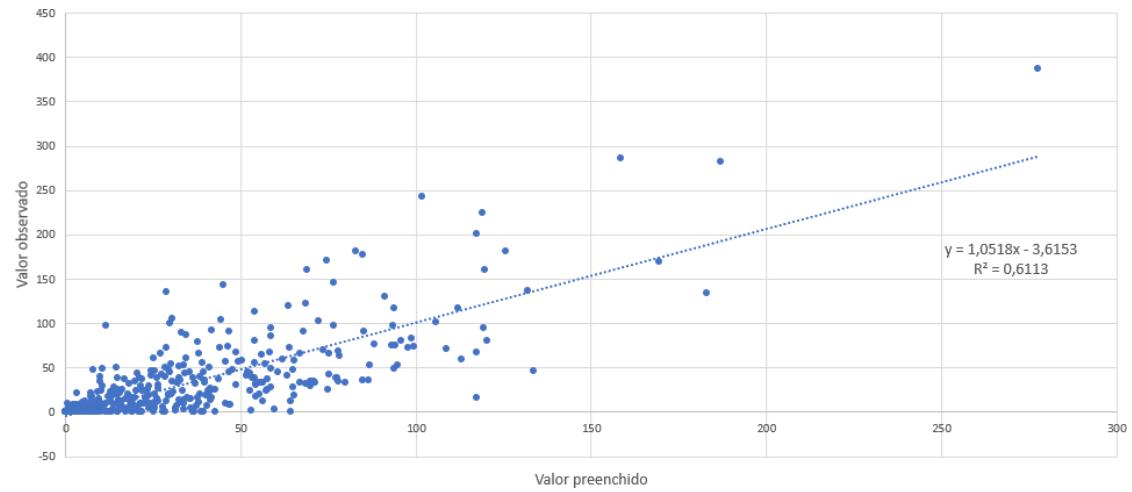


Figura C. 4 - Correlação da estação de Santa Cruz do Capibaribe (86).

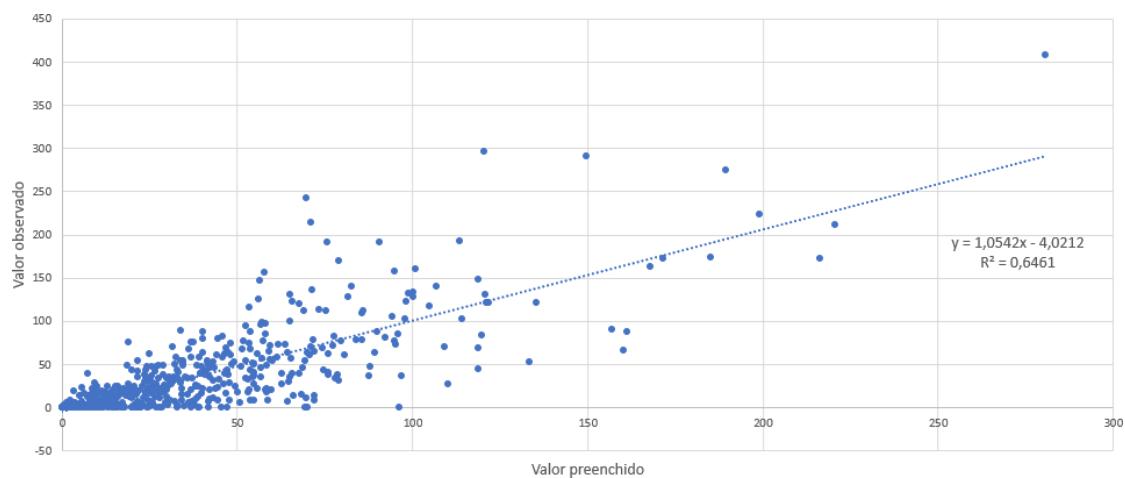
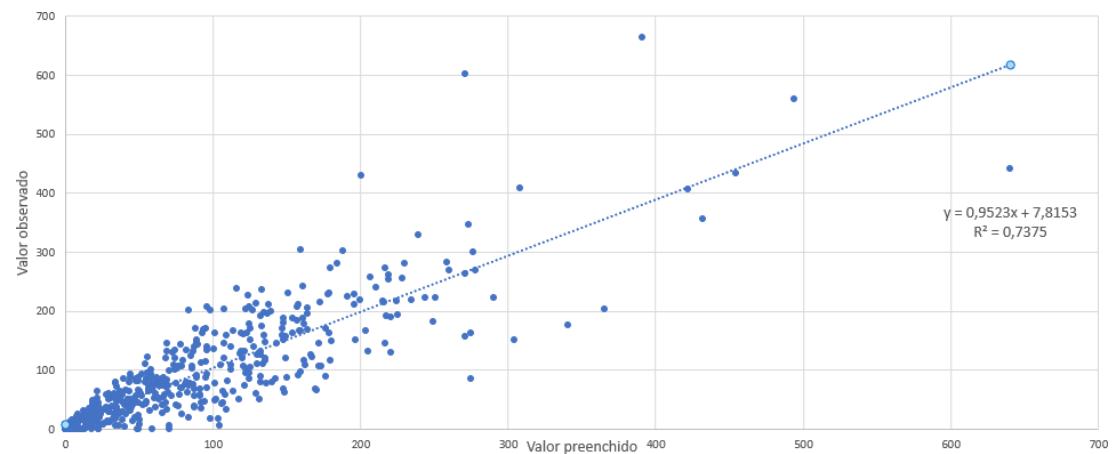


Figura C. 5 - Correlação da estação de Taquaritinga do Norte (72).



Apêndice D – Tabelas do *Software Statistica* – Parâmetros estatísticos

Figura D. 1 - Parâmetros estatísticos da cidade de Brejo da Madre de Deus (113).

Mês	n	Média	LI		Mediana	Mínimo	Máximo	Desvio Padrão	Coeficientes		
			95%	LS					Cs	Ck	Cv
Janeiro	51	28,24125	19,33079	37,15172	18,56539	0,57230	182,3861	31,68114	2,787796	10,64146	112,18
Fevereiro	51	34,86755	27,56240	42,17269	26,70541	0,81462	114,3464	25,97343	0,955437	0,60287	74,492
Março	51	63,29780	49,59959	76,99601	50,57058	5,46079	270,5246	48,70395	1,840534	5,48204	76,944
Abril	51	60,76960	48,37662	73,16257	51,08445	1,41848	208,5128	44,06320	1,337127	2,01923	72,509
Maio	51	54,36218	43,57866	65,14570	47,98079	1,26767	212,5739	38,34078	1,813431	5,11060	70,528
Junho	51	53,09190	44,43553	61,74827	47,35195	11,74085	191,9003	30,77771	2,038493	7,18869	57,971
Julho	51	53,37385	44,95571	61,79198	51,96641	8,44672	165,1784	29,93066	1,211403	2,75726	56,077
Agosto	51	26,56495	21,68520	31,44470	23,02162	3,26567	87,3440	17,34994	1,476541	2,50594	65,311
Setembro	51	13,68457	10,22137	17,14777	9,48631	0,82794	58,1861	12,31341	1,410470	2,26307	89,98
Outubro	51	8,99974	5,59968	12,39979	5,02155	0,00000	57,6665	12,08889	2,597017	7,42351	134,32
Novembro	51	8,71916	5,70207	11,73626	4,80055	0,00000	48,9206	10,72727	1,788295	3,32454	123,03
Dezembro	51	15,63148	10,69614	20,56683	10,80843	0,00000	70,3644	17,54761	1,484875	1,82197	112,26

Figura D. 2 - Parâmetros estatísticos da cidade de Jataúba (120).

Mês	n	Média	LI		Mediana	Mínimo	Máximo	Desvio Padrão	Coeficientes		
			95%	LS					Cs	Ck	Cv
Janeiro	51	28,95966	19,82253	38,09679	19,03766	0,58686	187,0257	32,48705	2,787796	10,64146	112,18
Fevereiro	51	35,75452	28,26354	43,24549	27,38475	0,83535	117,2552	26,63415	0,955437	0,60287	74,492
Março	51	64,90798	50,86132	78,95465	51,85701	5,59970	277,4063	49,94289	1,840534	5,48204	76,944
Abril	51	62,31547	49,60724	75,02370	52,38395	1,45456	213,8170	45,18409	1,337127	2,01923	72,509
Maio	51	55,74506	44,68723	66,80289	49,20134	1,29992	217,9814	39,31610	1,813431	5,11060	70,528
Junho	51	54,44246	45,56589	63,31904	48,55650	12,03951	196,7819	31,56064	2,038493	7,18869	57,971
Julho	51	54,73158	46,09931	63,36386	53,28834	8,66159	169,3802	30,69204	1,211403	2,75726	56,077
Agosto	51	27,24071	22,23683	32,24460	23,60725	3,34875	89,5659	17,79129	1,476541	2,50594	65,311
Setembro	51	14,03268	10,48138	17,58398	9,72763	0,84900	59,6663	12,62664	1,410470	2,26307	89,98
Outubro	51	9,22868	5,74213	12,71522	5,14929	0,00000	59,1335	12,39641	2,597017	7,42351	134,32
Novembro	51	8,94096	5,84712	12,03481	4,92267	0,00000	50,1650	11,00015	1,788295	3,32454	123,03
Dezembro	51	16,02912	10,96823	21,09001	11,08338	0,00000	72,1544	17,99399	1,484875	1,82197	112,26

Figura D. 3 - Parâmetros estatísticos da cidade de Santa Cruz do Capibaribe (86).

Mês	n	Média	LI		Mediana	Mínimo	Máximo	Desvio Padrão	Coeficientes		
			95%	LS					Cs	Ck	Cv
Janeiro	51	29,31666	20,06689	38,56643	19,27235	0,59410	189,3313	32,88754	2,787796	10,64146	112,18
Fevereiro	51	36,19528	28,61196	43,77860	27,72234	0,84564	118,7006	26,96248	0,955437	0,60287	74,492
Março	51	65,70814	51,48832	79,92797	52,49628	5,66873	280,8260	50,55857	1,840534	5,48204	76,944
Abril	51	63,08367	50,21877	75,94856	53,02972	1,47250	216,4528	45,74110	1,337127	2,01923	72,509
Maio	51	56,43226	45,23811	67,62641	49,80787	1,31594	220,6686	39,80077	1,813431	5,11060	70,528
Junho	51	55,11361	46,12761	64,09961	49,15509	12,18793	199,2077	31,94971	2,038493	7,18869	57,971
Julho	51	55,40629	46,66760	64,14498	53,94526	8,76837	171,4683	31,07040	1,211403	2,75726	56,077
Agosto	51	27,57653	22,51096	32,64209	23,89827	3,39003	90,6701	18,01062	1,476541	2,50594	65,311
Setembro	51	14,20567	10,61059	17,80075	9,84755	0,85947	60,4018	12,78230	1,410470	2,26307	89,98
Outubro	51	9,34244	5,81292	12,87197	5,21277	0,00000	59,8624	12,54923	2,597017	7,42351	134,32
Novembro	51	9,05118	5,91920	12,18317	4,98336	0,00000	50,7835	11,13576	1,788295	3,32454	123,03
Dezembro	51	16,22672	11,10344	21,35000	11,22001	0,00000	73,0439	18,21582	1,484875	1,82197	112,26

Figura D. 4 - Parâmetros estatísticos da cidade de Taquaritinga do Norte (72).

Mês	n	Média	LI	LS	Medianas	Mínimo	Máximo	Desvio Padrão	Coeficientes		
			95%						Cs	Ck	Cv
Janeiro	51	67,2699	46,2107	88,3290	45,2278	1,35468	431,7204	74,8758	2,784576	10,65842	111,31
Fevereiro	51	79,3279	63,7349	94,9208	63,2135	1,92827	228,2550	55,4407	0,672167	-0,29811	69,888
Março	51	145,8875	113,7512	178,0238	119,2632	12,92606	640,3501	114,2604	1,963676	6,05148	78,321
Abril	51	138,1403	111,0202	165,2604	120,9204	3,35764	493,5639	96,4255	1,375886	2,70156	69,803
Maio	51	129,0077	103,5440	154,4713	113,5738	3,00066	503,1768	90,5359	1,820272	5,15784	70,179
Junho	51	126,8876	106,4409	147,3343	112,3322	27,79138	454,2410	72,6982	2,003278	7,12856	57,293
Julho	51	126,9471	106,9674	146,9268	123,0080	19,99397	390,9885	71,0377	1,178064	2,65156	55,959
Agosto	51	62,2605	50,7834	73,7376	54,4937	7,73007	206,7493	40,8067	1,542166	2,74454	65,542
Setembro	51	32,5079	24,3344	40,6813	22,4547	1,95979	137,7305	29,0606	1,417412	2,29619	89,396
Outubro	51	20,9041	12,8223	28,9860	11,7289	0,00000	136,5006	28,7351	2,602133	7,40684	137,46
Novembro	51	21,7671	14,3947	29,1395	11,7802	0,00000	115,7984	26,2126	1,617858	2,47973	120,42
Dezembro	51	36,1783	24,4285	47,9280	22,5773	0,00000	166,5574	41,7761	1,510226	1,84321	115,47

Apêndice E – Gráficos *Box-Plot*

Figura E. 1 - Gráfico Box-Plot da cidade de Brejo da Madre de Deus (113).

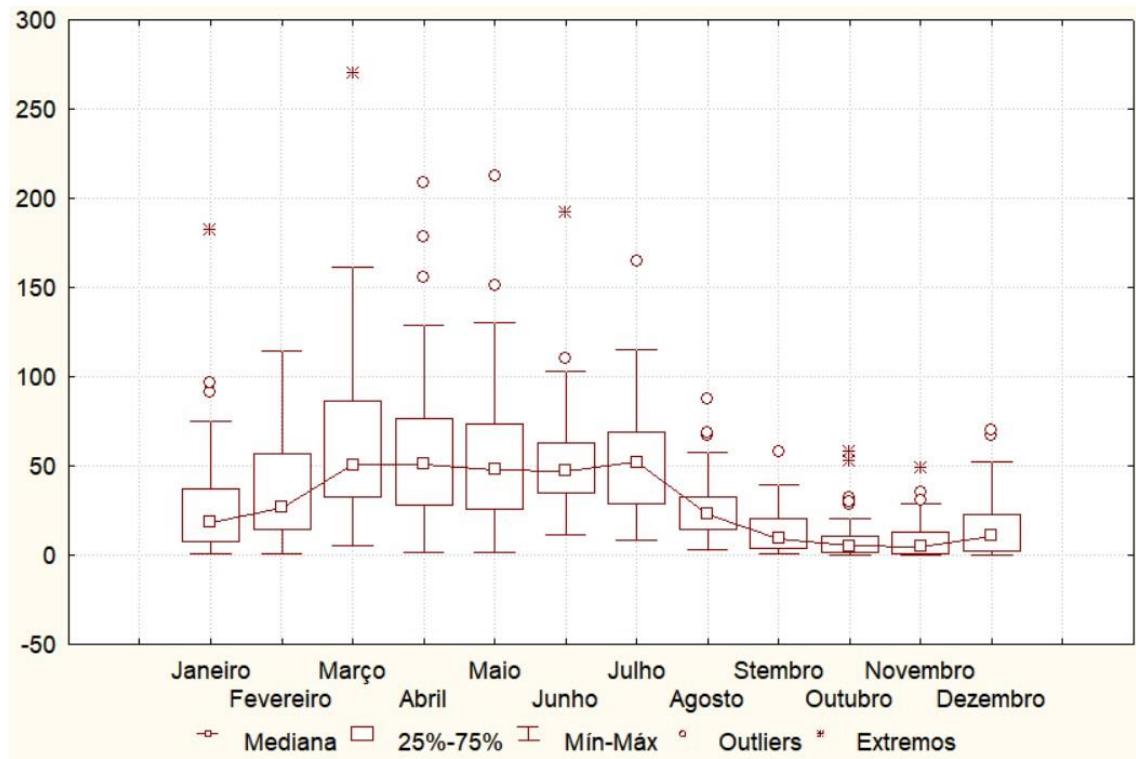


Figura E. 2 - Gráfico Box-Plot da cidade de Jataúba (113).

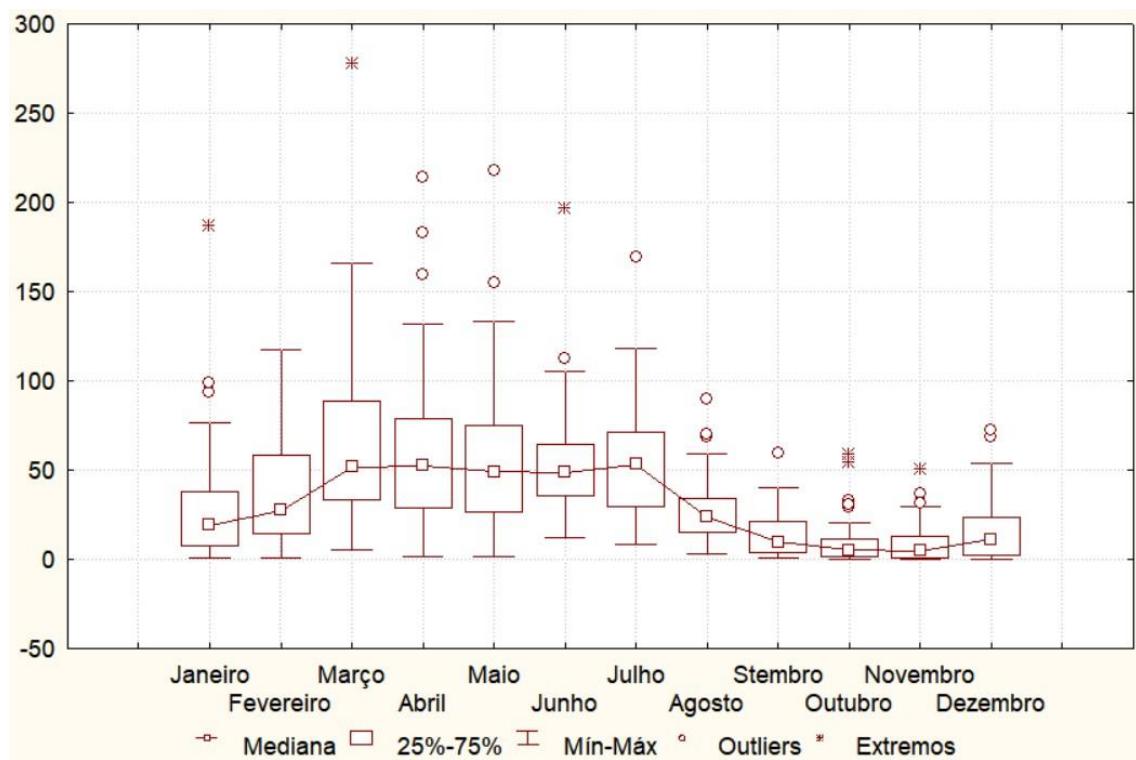


Figura E. 3 - Gráfico Box-Plot da cidade de Santa Cruz do Capibaribe (86).

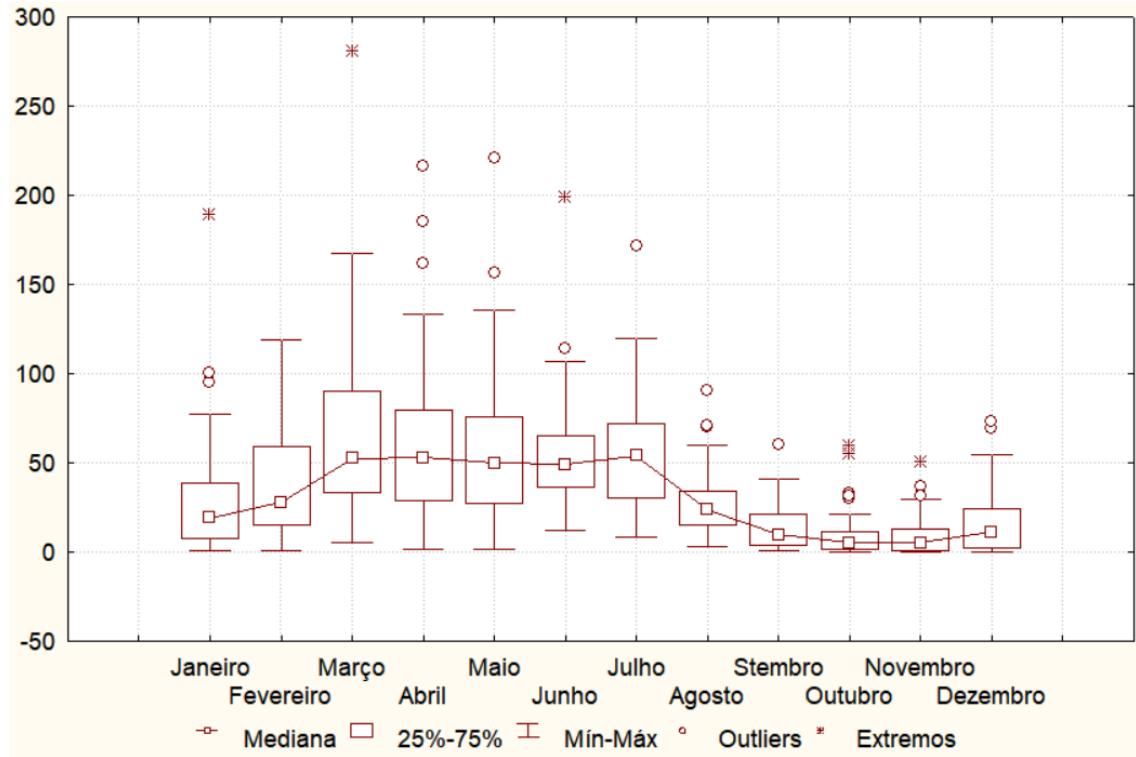
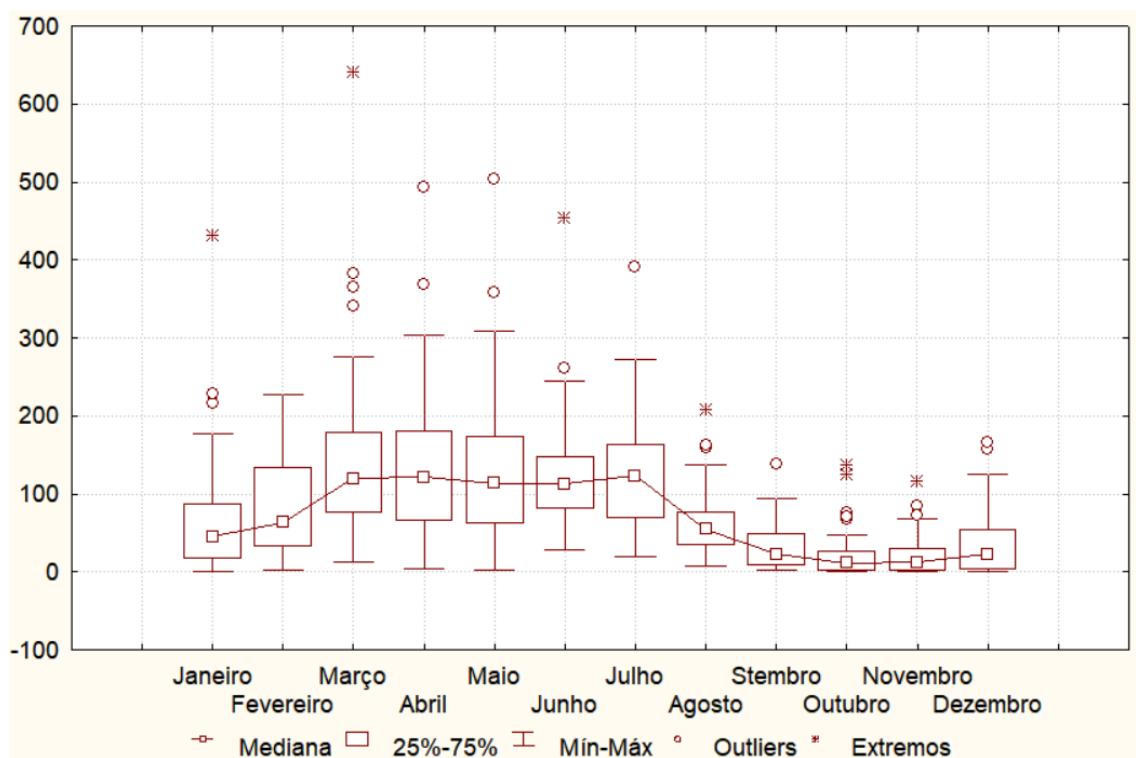


Figura E. 4 - Gráfico Box-Plot da cidade de Taquaritinga do Norte (72).



Apêndice F – Gráficos das precipitações acumuladas anuais comparadas
com a media histórica.

Figura F. 1 - Gráfico das precipitações acumuladas anuais comparadas com a média histórica do município de Belo Jardim (20).

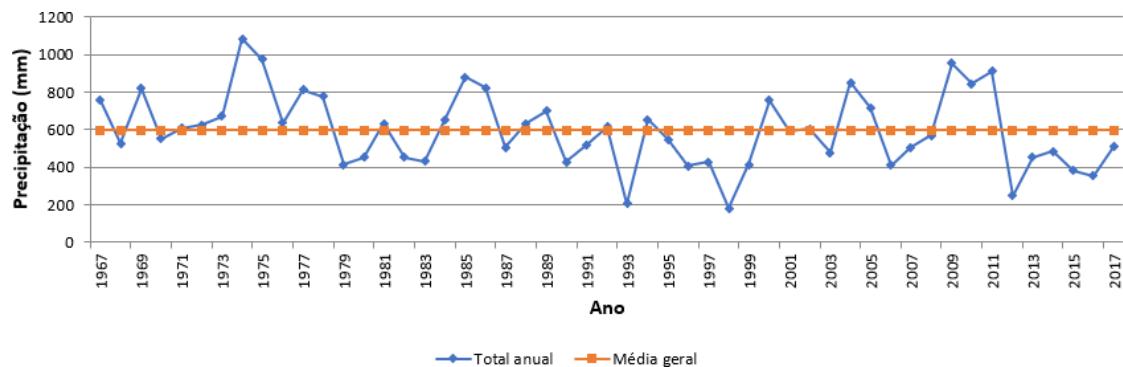


Figura F. 2 - Gráfico das precipitações acumuladas anuais comparadas com a média histórica do município de Jataúba (120).

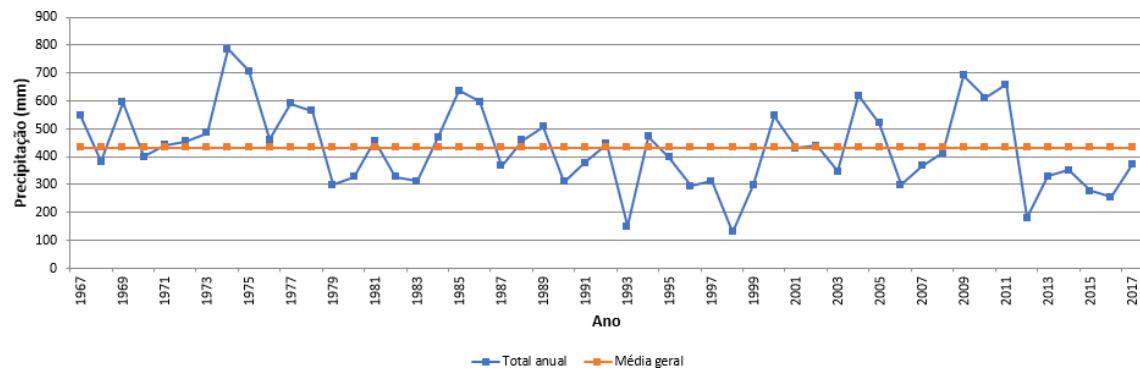


Figura F. 3 - Gráfico das precipitações acumuladas anuais comparadas com a média histórica do município de Santa Cruz do Capibaribe (86).

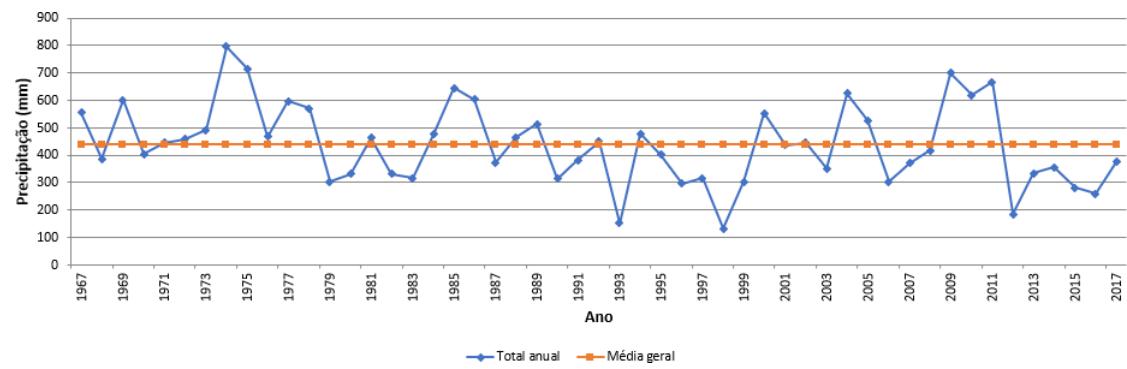
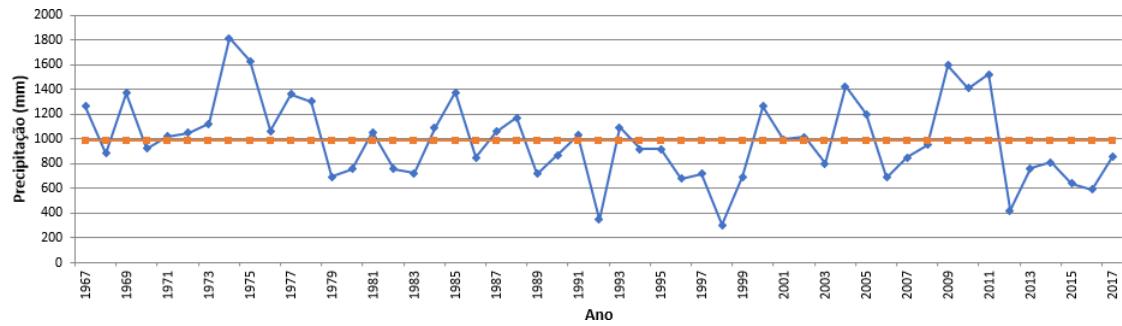


Figura F. 4 - Gráfico das precipitações acumuladas anuais comparadas com a média histórica do município de Taquaritinga do Norte (72).



Apêndice G - Gráficos dos desvios de valores médios das precipitações acumuladas mensais com relação à média mensal histórica do período de 01/01/1967 a 31/12/2017.

Figura G. 1 - Gráfico do desvio da precipitação média mensal da estação de Belo Jardim (20).

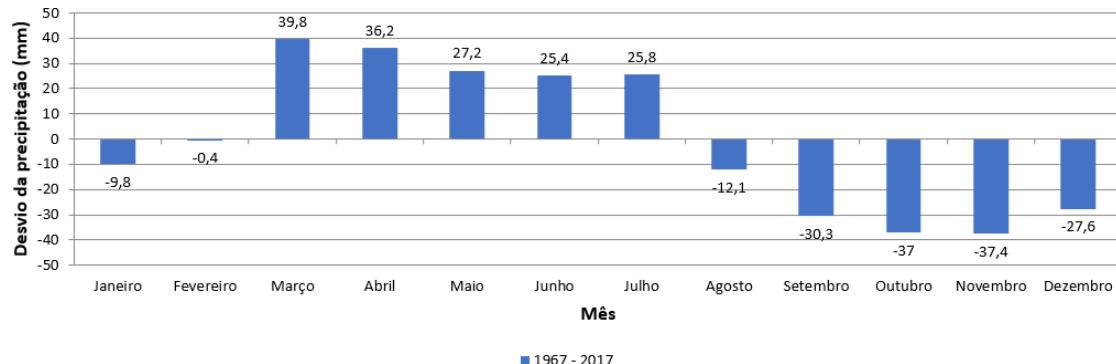


Figura G. 2 - Gráfico do desvio da precipitação média mensal da estação de Brejo da Madre de Deus (113).

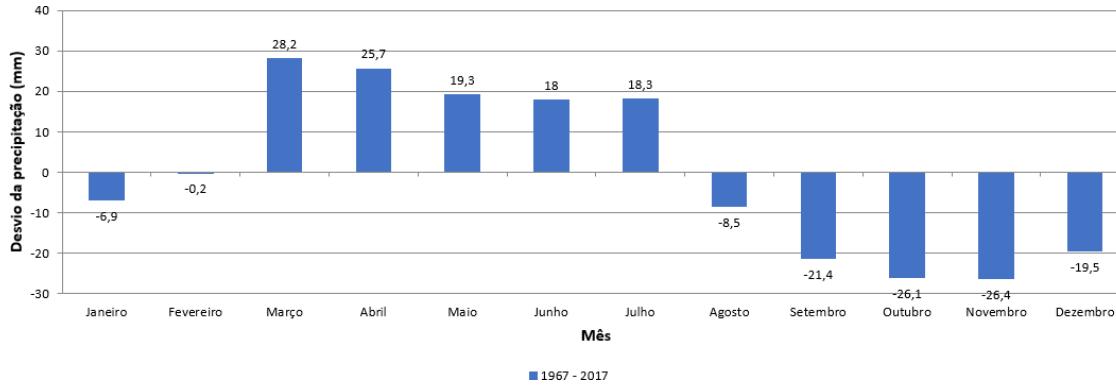


Figura G. 3 - Gráfico do desvio da precipitação média mensal da estação de Santa Cruz do Capibaribe (86).

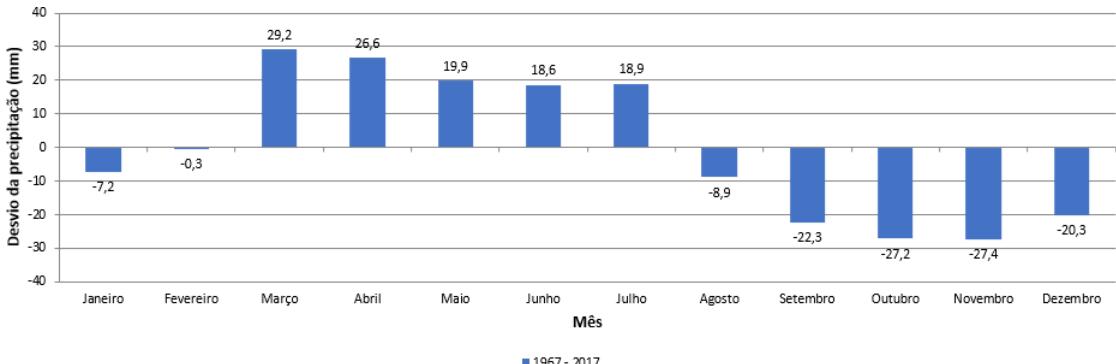
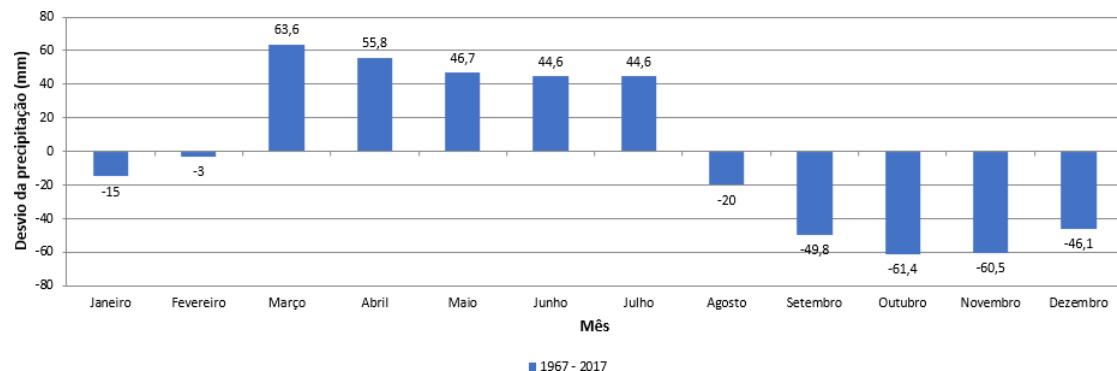


Figura G. 4 - Gráfico do desvio da precipitação média mensal da estação de Taquaritinga do Norte (72).



Apêndice H - Gráfico das médias móveis de 2 e 5 anos da precipitação total anual.

Figura H. 1 - Gráfico da média móvel da precipitação total anual do município de Belo Jardim (20).

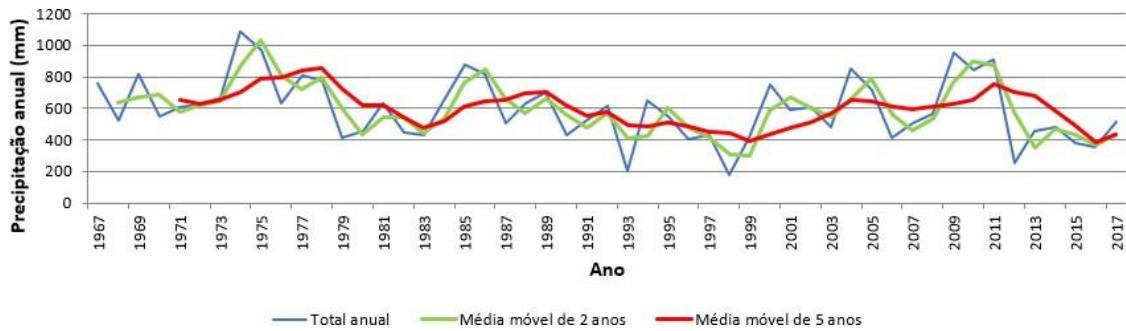


Figura H. 2 - Gráfico da média móvel da precipitação total anual do município de Brejo da Madre de Deus (113).

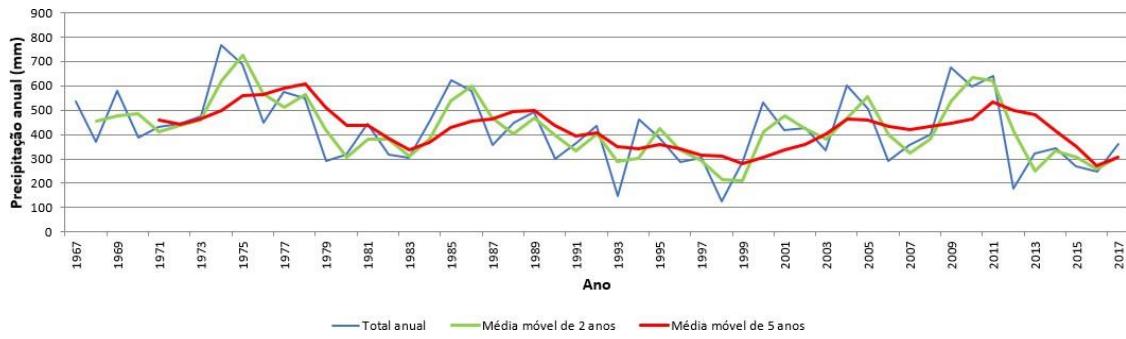


Figura H. 3 - Gráfico da média móvel da precipitação total anual do município de Jataúba (120).

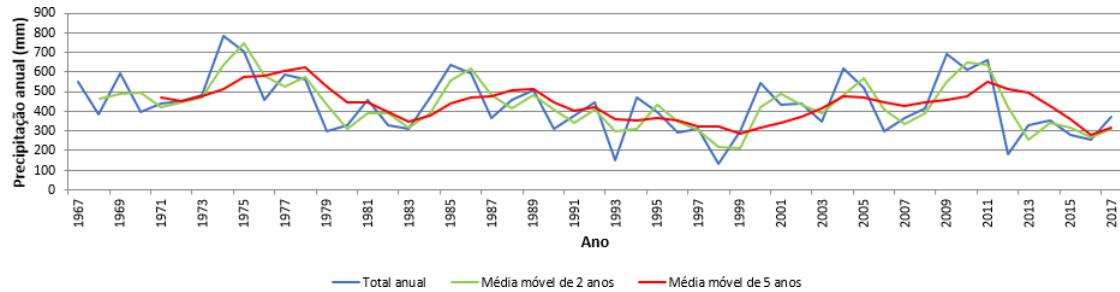
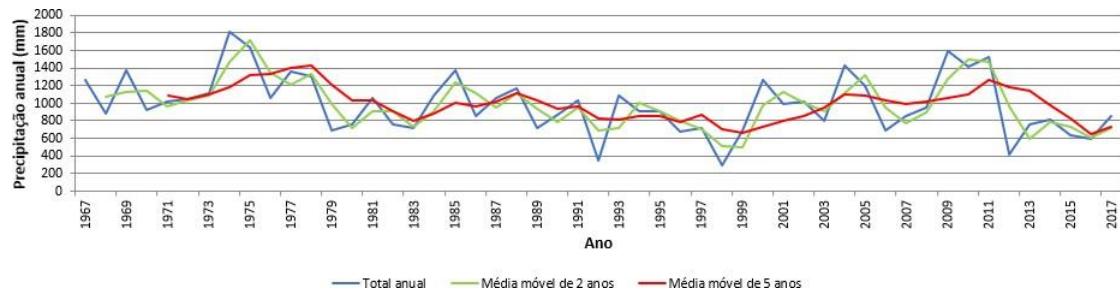


Figura H. 4 - Gráfico da média móvel da precipitação total anual do município de Taquaritinga do Norte (72).



Apêndice I – Índices de Anomalia de Chuvas

Figura I. 1 - Gráfico do IAC anual do município de Belo Jardim (20).

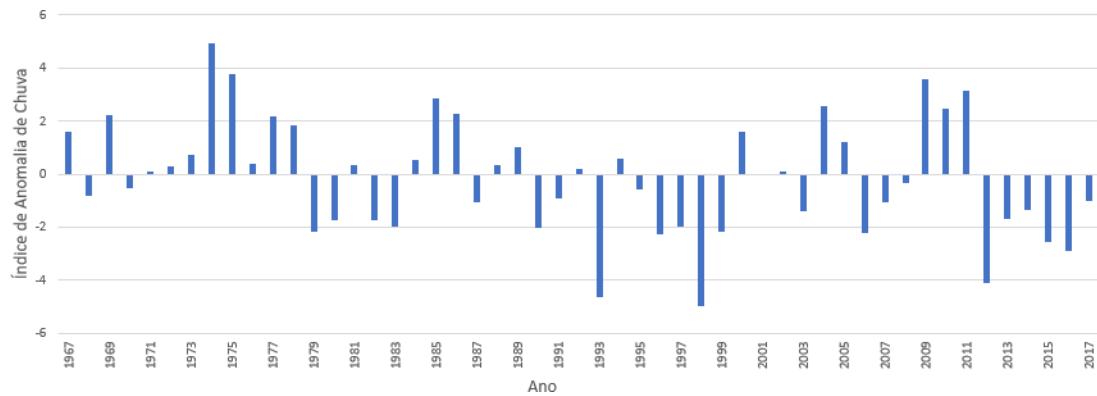


Figura I. 2 - Gráfico do IAC anual do município de Brejo da Madre de Deus (113).

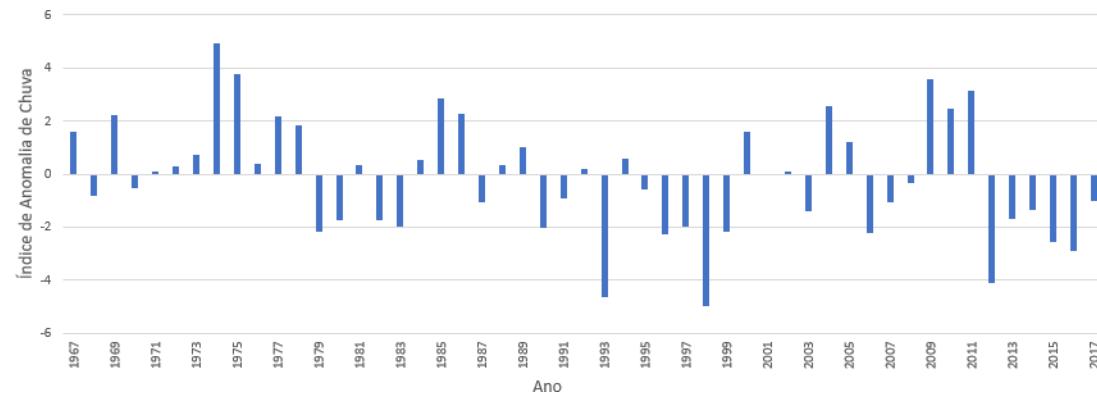


Figura I. 3 - Gráfico do IAC anual do município de Jataúba (120).

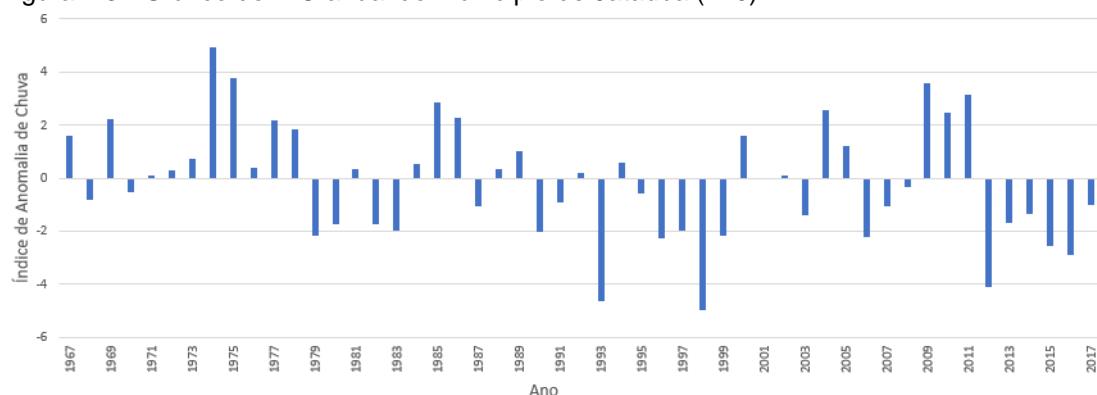


Figura I. 4 - Gráfico do IAC anual do município de Santa Cruz do Capibaribe (86).

