



MARIANA DE PAULA COSTA MORAES

**PRECIPITAÇÃO PLUVIAL NA UNIDADE DE GERENCIAMENTO DE RECURSOS
HÍDRICOS DO VALE DO PARAÍBA**

CAMPINAS

2014



NÚMERO: 244/2014
UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS

MARIANA DE PAULA COSTA MORAES

**“PRECIPITAÇÃO PLUVIAL NA UNIDADE DE GERENCIAMENTO DE RECURSOS
HÍDRICOS DO VALE DO PARAÍBA”**

ORIENTADOR: PROF. DR. JONAS TEIXEIRA NERY.

**DISSERTAÇÃO DE MESTRADO APRESENTADA AO INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS
DA UNICAMP PARA OBTENÇÃO DO TÍTULO DE MESTRA EM GEOGRAFIA NA
ÁREA DE ANÁLISE AMBIENTAL E DINÂMICA TERRITORIAL**

**ESTE EXEMPLAR CORRESPONDE À VERSÃO FINAL DA
DISSERTAÇÃO DEFENDIDA PELA ALUNA MARIANA DE PAULA
COSTA MORAES E ORIENTADA PELO PROF. DR. JONAS TEIXEIRA
NERY**

CAMPINAS

2014

Ficha catalográfica

Universidade Estadual de Campinas
Biblioteca do Instituto de Geociências
Cássia Raquel da Silva - CRB 8/5752

M791p Moraes, Mariana de Paula Costa, 1988-
Precipitação pluvial na Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos do Vale do Paraíba / Mariana de Paula Costa Moraes. – Campinas, SP : [s.n.], 2014.

Orientador: Jonas Teixeira Nery.
Dissertação (mestrado) – Universidade Estadual de Campinas, Instituto de Geociências.

1. Chuvas. 2. Vale do Paraíba. 3. Inundações. 4. Precipitação (Meteorologia) - Variabilidade. I. Nery, Jonas Teixeira, 1952-. II. Universidade Estadual de Campinas. Instituto de Geociências. III. Título.

Informações para Biblioteca Digital

Título em outro idioma: Rainfall in Unit Water Resources Management of Paraíba's Valley

Palavras-chave em inglês:

Rainfall

Paraíba's Valley

Flood

Precipitation variability

Área de concentração: Análise Ambiental e Dinâmica Territorial

Titulação: Mestra em Geografia

Banca examinadora:

Jonas Nery Teixeira [Orientador]

Luci Hidalgo Nunes

Ana Claudia Carfan

Data de defesa: 17-09-2014

Programa de Pós-Graduação: Geografia



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS
PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA
ÁREA DE ANÁLISE AMBIENTAL E DINÂMICA TERRITORIAL

AUTOR: Mariana Paula Costa de Moraes

PRECIPITAÇÃO PLUVIAL NA UNIDADE DE GERENCIAMENTO DE RECURSOS HÍDRICOS
DO VALE DO PARAÍBA

ORIENTADOR: Prof. Dr. Jonas Teixeira Nery

Aprovado em: 17 / 09 / 2014

EXAMINADORES:

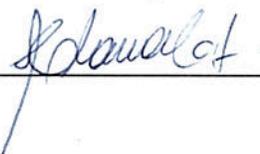
Prof. Dr. Jonas Teixeira Nery


_____ - Presidente

Profa. Dra. Lucí Hidalgo Nunes



Profa. Dra. Ana Cláudia Carfan



Campinas, 17 de setembro 2014.

Dedico ao meu avô Hugo, que tanto me apoiou e não pôde ver este trabalho terminado. Foi pelo senhor, Vô Hugo. Te amo.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço a Deus.

Agradeço os sete anos de apoio, paciência e carinho do meu orientador Jonas.

Também agradeço às professoras da banca, Ana Claudia e Luci, pela disponibilidade e atenção. Agradeço de maneira especial a professora Ana Claudia, que me acompanha e me ajuda desde minha iniciação científica.

Agradeço imensamente o apoio, carinho, dedicação, paciência e ajuda de meus familiares: meus pais Lúcio e Marisa, meu irmão Danilo, minha avó Neyde, meu namorado Murilo e principalmente ao meu avô Hugo, pessoa essencial em minha vida pessoal e de pesquisa.

Agradeço a Val e Gorete por me ajudarem nos momentos acadêmicos difíceis. Também agradeço a instituição UNICAMP, pela oportunidade.



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS

PRECIPITAÇÃO PLUVIAL NA UNIDADE DE GERENCIAMENTO DE RECURSOS
HÍDRICOS DO VALE DO PARAÍBA (UGRHI-2)

RESUMO

Dissertação de Mestrado

Mariana de Paula Costa Moraes

O estudo da variabilidade pluvial no Vale do Paraíba é uma importante ferramenta, uma vez que essa região está localizada numa área com dinâmicas climáticas peculiares que acabam gerando os casuais desastres naturais. Os principais desastres que ocorrem nesta região são as enchentes e inundações, pois a estrutura do seu relevo em vale acaba facilitando as enchentes e ocasionando alguns escorregamentos também. Neste contexto, a chuva torna-se a principal causadora dos desastres no Vale do Paraíba. Em anos de eventos extremos como El Niño, La Nina e ZCAS as chuvas ficam mais intensas e aumentam as chances de desastres nessa região, visto a cidade de São Luiz do Paraitinga que sofreu com chuvas intensas na virada do ano 2009 para 2010, ocasionando uma das maiores enchentes da história da cidade. Esse fato despertou o interesse em estudar algumas cidades da região, as dinâmicas climáticas e a sua variabilidade pluvial, procurando entender o que aconteceu e relacionando com a variabilidade da região em geral. Para o estudo da variabilidade pluvial, a estatística descritiva será uma importante ferramenta, além de programas como *Excel*, *Surfer*, *Variowin* e *Climatol*. Os dados de precipitação retirados para a pesquisa são encontrados no *site* da Agência Nacional de Águas. Dentro dos objetivos do trabalho, constatou-se que a ocupação de maneira irregular associada às chuvas intensas provocam enchentes e outros desastres naturais. Isso se deve a urbanização da região, que é crescente e como consequência, há o aumento da população, principalmente em áreas de risco. Foram analisadas algumas enchentes na região nas cidades de Guaratinguetá, São Luiz do Paraitinga e Cunha

Palavras chaves: chuva, Vale do Paraíba, inundação, variabilidade



UNIVERSITY OF CAMPINAS
INSTITUTE OF GEOSCIENCE

**PRECIPITATION IN THE RAIN UNIT MANAGEMENT OF WATER RESOURCES OF
PARAÍBA VALLEY**

ABSTRACT

Masters Degree

Mariana de Paula Costa Moraes

The study of rainfall variability in the Paraíba Valley is an important tool, since this region is located in an area with peculiar climate dynamics that have been generating casual natural disasters. Major disasters occurring in this region are the floods and floods, because the structure of its emphasis on facilitating just valley floods and landslides causing some too. In this context, the rain becomes the main cause of disasters in the Paraíba Valley. In years of extreme events such as El Nino, La Nina and SACZ rains become more intense and increase the chances of disaster in the region, as the city of Sao Luiz do Paratinga that suffered from heavy rains at the turn of the year 2009 to 2010, causing a the biggest flood in the history of the city. This fact has sparked interest in studying some cities of the region, climate dynamics and its variability rain, trying to understand what happened and relating to the variability of the region in general. To study the rain variability, descriptive statistics was an important tool, along with programs like Excel, Surfer, and Variowin Climatol. Rainfall data taken for research are found in the National Water Agency website. Within the objectives of the study, it was found that the occupation irregularly associated with heavy rains leading to floods and other natural disasters. This is due to the urbanization of the region, which is growing and as a result, there is a growing population, especially in areas of risk. Some flooding in the region were analyzed in the cities of Guaratingueta, São Luiz do Paratinga and Cunha.

Keyword: rainfall, Paraiba's Valley, flood, variability

SUMÁRIO

1 . Introdução	1
1.1 – Objetivos da pesquisa	2
2. Revisão Bibliográfica	3
2.1 – Plano Estadual de recursos Hídricos do estado de São Paulo	3
2.2 – Caracterização da área de estudo: Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos do Paraíba do Sul	5
2.2.1 – Localização da área.....	5
2.2.2 – Características humanas: histórico da ocupação.....	6
2.2.3 – Características físicas do Vale do Paraíba: clima, relevo e hidrografia	8
2.3 – Eventos extremos: desastres naturais	11
2.3.1 – Desastres naturais: causas e consequências.....	11
2.3.2 – Desastres naturais no Vale do Paraíba.....	16
2.4 – Estudos de variabilidade pluvial: influências na precipitação.....	20
2.4.1 – Precipitação: elementos e fatores.....	20
2.4.2 – El Niño-Oscilação Sul (ENOS), Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS) e Sistemas frontais (SF)	21
3 .Material e Métodos	27
3.1 – Períodos de 51 e 30 anos	27
3.2 – Desastres no Vale do Paraíba	34
4 . Resultados e Discussão	35
4.1 – Período de 51 e 30 anos.....	35
4.2 – Outros desastres no Vale do Paraíba	83
5 . Considerações Finais	101
Referências Bibliográficas	103
Apêndices	109

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	Mapa da divisão das unidades.	4
Figura 2	Localização da UGRHI-2	5
Figura 3	Relevo do estado de São Paulo	8
Figura 4	Gráfico do Índice de Qualidade de Água para a UGRHI-2	10
Figura 5	Canal fluvial em situação considerada habitual	14
Figura 6	Canal fluvial em situação de enchente	15
Figura 7	Canal fluvial em situação de inundação	15
Figura 8	Tipos de desastres naturais na região do Vale do Paraíba	17
Figura 9	Número de eventos de desastres naturais no Vale do Paraíba	18
Figura 10	Fases quentes e frias da ODP	22
Figura 11	Entrada de frentes frias	26
Figura 12	Localização das estações	28
Figura 13	Regiões críticas	33
Figura 14	Correções da estação Fazenda Sta. Clara	35
Figura 15	Correções da estação Pindamonhangaba	36
Figura 16	Correções da estação Taubaté	36
Figura 17	Correções da estação Campos de Cunha	37
Figura 18	Correções da estação Santa Branca	37
Figura 19	Correções da estação Estrada de Cunha	38
Figura 20	Correções da estação Usina Bocaina	38
Figura 21	Correções da estação São Luiz do Paraitinga	39
Figura 22	Correções da estação Ponte Alta 1	39
Figura 23	Precipitação e média climatológica (série 1) - estação Queluz Centro de Saúde	40
Figura 24	Precipitação e média climatológica (série 1) - estação Fazenda Sta. Clara	40
Figura 25	Precipitação e média climatológica (série 1) - estação Campos de Cunha	41
Figura 26	Precipitação e média climatológica (série 1) - estação Bananal	41
Figura 27	Precipitação e média climatológica (série 1) - estação Guaratinguetá	42
Figura 28	Precipitação e média climatológica (série 1) - estação Pindamonhangaba	42
Figura 29	Precipitação e média climatológica (série 1) - estação Estrada de Cunha	43
Figura 30	Precipitação e média climatológica (série 1) - estação Taubaté	43
Figura 31	Precipitação e média climatológica (série 1) - estação Caçapava	44
Figura 32	Precipitação e média climatológica (série 1) - estação São Luiz do Paraitinga	44
Figura 33	Precipitação e média climatológica (série 1) - estação Santa Branca	45
Figura 34	Precipitação e média climatológica (série 1) - estação Usina Bocaína	45
Figura 35	Precipitação e média climatológica (série 1) - estação São José do Barreiro	46
Figura 36	Precipitação e média climatológica (série 1) - estação Ponte Alta 1	46
Figura 37	Gráfico dos anos 1983-1985	51

Figura 38	Gráfico dos anos 1982-1984	52
Figura 39	Gráfico dos anos 2009-2007	52
Figura 40	Gráfico dos anos 2010-2008	52
Figura 41	Espacialização das anomalias de precipitação (mm) do ano 1982	53
Figura 42	Espacialização das anomalias de precipitação (mm) do ano 1983	53
Figura 43	Espacialização das anomalias de precipitação (mm) do ano 2009	54
Figura 44	Espacialização das anomalias de precipitação (mm) do ano 2010	54
Figura 45	Espacialização das anomalias de precipitação (mm) do ano 1984	55
Figura 46	Espacialização das anomalias de precipitação (mm) do ano 1985	55
Figura 47	Espacialização das anomalias de precipitação (mm) do ano 2007	56
Figura 48	Espacialização das anomalias de precipitação (mm) do ano 2008	56
Figura 49	Mapa hipsométrico da UGHRI-2	57
Figura 50	Distribuição temporal do IAC para a estação Queluz	59
Figura 51	Distribuição temporal do IAC para a estação Fazenda Sta. Clara	59
Figura 52	Distribuição temporal do IAC para a estação Campos de Cunha	59
Figura 53	Distribuição temporal do IAC para a estação Bananal	60
Figura 54	Distribuição temporal do IAC para a estação Guaratinguetá	60
Figura 55	Distribuição temporal do IAC para a estação Pindamonhangaba	60
Figura 56	Distribuição temporal do IAC para a estação Estrada de Cunha	61
Figura 57	Distribuição temporal do IAC para a estação Taubaté	61
Figura 58	Distribuição temporal do IAC para a estação Caçapava	61
Figura 59	Distribuição temporal do IAC para a estação São Luis do Paraitinga	62
Figura 60	Distribuição temporal do IAC para a estação Santa Branca	62
Figura 61	Distribuição temporal do IAC para a estação Usina Bocaina	62
Figura 62	Distribuição temporal do IAC para a estação São José do Barreiro	63
Figura 63	Distribuição temporal do IAC para a estação Ponta Alta 1	63
Figura 64	Tempo de retorno (anos) para precipitações máximas diárias (mm) - Estação1	65
Figura 65	Tempo de retorno (anos) para precipitações máximas diárias (mm) - Estação3	65
Figura 66	Tempo de retorno (anos) para precipitações máximas diárias (mm) - Estação4	65
Figura 67	Tempo de retorno (anos) para precipitações máximas diárias (mm) - Estação5	66

Figura 68	Tempo de retorno (anos) para precipitações máximas diárias (mm) - Estação 6	66
Figura 69	Tempo de retorno (anos) para precipitações máximas diárias (mm) - Estação 7	66
Figura 70	Tempo de retorno (anos) para precipitações máximas diárias (mm) - Estação 8	67
Figura 71	Tempo de retorno (anos) para precipitações máximas diárias (mm) - Estação 9	67
Figura 72	Tempo de retorno (anos) para precipitações máximas diárias (mm) - Estação 10	67
Figura 73	Tempo de retorno (anos) para precipitações máximas diárias (mm) - Estação 11	68
Figura 74	Tempo de retorno (anos) para precipitações máximas diárias (mm) - Estação 12	68
Figura 75	Tempo de retorno (anos) para precipitações máximas diárias (mm) - Estação 13	68
Figura 76	Tempo de retorno (anos) para precipitações máximas diárias (mm)- Estação 14	69
Figura 77	Tempo de retorno em anos - 10 anos	69
Figura 78	Tempo de retorno em anos - 20 anos	70
Figura 79	Tempo de retorno em anos - 30 anos	70
Figura 80	Tempo de retorno em anos - 40 anos	71
Figura 81	Tempo de retorno em anos - 51 anos	71
Figura 82	ZCAS já formada e concentrada sobre o estado de São Paulo	72
Figura 83	Evolução e começo da dissipação da ZCAS no período de 21 a 29 de janeiro de 1997	73
Figura 84	Evolução e começo da dissipação da ZCAS no período de 21 a 29 de janeiro de 1997	73
Figura 85	Imagem de satélite do começo da ZCAS	74
Figura 86	Imagem de satélite da formação total da ZCAS	75
Figura 87	Distribuição espacial da média (série 1)	78
Figura 88	Distribuição espacial do desvio padrão (série 1)	78
Figura 89	Distribuição espacial do coeficiente de variação (série 1)	79
Figura 90	Distribuição espacial da média série 2	79
Figura 91	Distribuição espacial da média série 3	80
Figura 92	Distribuição espacial do desvio padrão série 2	80
Figura 93	Distribuição espacial do desvio padrão série 3	81
Figura 94	Distribuição espacial coeficiente de variação série 2	81
Figura 95	Distribuição espacial coeficiente de variação série 3	82
Figura 96	Média climatológica para o município no período de 51 anos	83
Figura 97	Precipitação mensal dos anos 2009 e 2010	84
Figura 98	Precipitação mensal dos anos 2009 e 2010	84
Figura 99	Imagens de satélite 31-12-2009 (á esquerda) e 01-01-2010 (á direita)	85
Figura 100	Imagens de satélite do dia 01-01-2010	85
Figura 101	Mapeamento das principais áreas de risco do município	88
Figura 102	Mapeamento das áreas de risco para o bairro Ver de Perto	89
Figura 103	Mapeamento das áreas de risco para o bairro Santa Terezinha	89

Figura 104	Mapeamento das áreas de risco do bairro Alto do Cruzeiro	90
Figura 105	Imagens da destruição de São Luiz do Paraitinga	90
Figura 106	Imagens da destruição de São Luiz do Paraitinga	91
Figura 107	Tempo de retorno - estação São Luiz do Paraitinga	91
Figura 108	Tempo de retorno - estação Ponte Alta 1	92
Figura 109	Precipitação anual - Guaratinguetá	92
Figura 110	Precipitação mensal dos anos 2009 e 2010	93
Figura 111	Gráfico da estação Guaratinguetá (Guaratinguetá-SP), máximas diárias do período	93
Figura 112	Tempo de retorno da estação Guaratinguetá (Guaratinguetá-SP) para precipitações máximas diárias do período	94
Figura 113	Localização do bairro Chácaras Agrícolas - Guaratinguetá -SP	95
Figura 114	Enchente e deslizamento na cidade de Guaratinguetá em 30/12/2009	95
Figura 115	Precipitação máxima anual - estação Campos de Cunha	96
Figura 116	Precipitação máxima anual - estação Estrada de Cunha	96
Figura 117	Tempo de retorno - Campos de Cunha	97
Figura 118	Tempo de retorno - Estrada de Cunha	97
Figura 119	Precipitação mensal - 2009 e 2010 - Campos de Cunha	98
Figura 120	Precipitação mensal - 2009 e 2010 - Estrada de Cunha	98
Figura 121	Destruição de ponte em Cunha	99

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	10 maiores desastres naturais no Brasil no período de 1900 a 2014 classificadas pelo número de mortos	12
Tabela 2	Danos e prejuízos materiais, ambientais e humanos	19
Tabela 3	Períodos de ocorrência de Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS)	24-25
Tabela 4	Localização das estações	27
Tabela 5	Classificação do Índice de Anomalia de Chuva (IAC)	30
Tabela 6	Ocorrências de eventos El Niño	31
Tabela 7	Ocorrências de eventos La Niña	31
Tabela 8	Resumo dos Tipos de erro	32
Tabela 9	Dias com chuva - 1982	47
Tabela 10	Dias com chuva - 1983	48
Tabela 11	Dias com chuva - 2009	48
Tabela 12	Dias com chuva - 2010	49
Tabela 13	Dias com chuva - 1984	49
Tabela 14	Dias com chuva - 1985	50
Tabela 15	Dias com chuva - 2007	50
Tabela 16	Dias com chuva - 2008	51
Tabela 17	Total precipitado em 51 anos por estação	58
Tabela 18	Classificação do IAC	64
Tabela 19	Volumes de precipitação pluvial (mm) durante a ocorrência de ZCAS, entre 20 a 29 de janeiro de 1997	74
Tabela 20	Volumes de precipitação pluvial (mm) durante a ocorrência de ZCAS, entre 5 a 20 de janeiro de 2002	76
Tabela 21	Valores dos parâmetros estatísticos para as três séries	77
Tabela 22	Resultado do teste de hipótese para as médias	82
Tabela 23	Máximos diários de precipitação - São Luiz do Paraitinga	86
Tabela 24	Máximos diários de precipitação - Ponta Alta 1	87

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ANA	Agência Nacional de Águas
APP	Áreas de Preservação Permanente
CPTEC	Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos
CT	Convecção tropical
DAEE	Departamento de Águas e Energia Elétrica
EM-DAT	<i>The International Disaster Database</i>
ENOS	El Niño-Oscilação Sul
IAC	Índice de Anomalia de Chuva
IQA	Índice de Qualidade das Águas
INPE	Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
IPCC	<i>Intergovernmental Panel on Climate Change</i>
ODP	Oscilação Decadal do Pacífico
RJ	Rio de Janeiro
SF	Sistemas frontais
SIGRHI	Sistema Integrado de Gerenciamento de Recursos Hídricos
SP	São Paulo
TSM	Temperatura da Superfície do Mar
UGRHI	Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos
UN-ISDR	<i>United Nations Office for Disaster Risk Reduction</i>
ZCAS	Zona de Convergência do Atlântico Sul

1- INTRODUÇÃO

O homem se apropria do espaço natural e esquece que a natureza continuará agindo. O clima tem ganhado destaque, graças às enchentes, inundações, tornados, furacões, desmoronamentos, todos causados por eventos extremos que ao atingirem os seres humanos, causam os desastres naturais.

Regiões propícias a esses problemas são afetadas por chuvas. Quais são as reais causas desses desastres? Quais os problemas enfrentados por essas regiões? Sua ocupação foi realizada de maneira correta?

A área de estudo para esta pesquisa é a Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos do Paraíba do Sul (UGRHI-2), que compreende a região do Vale do Paraíba paulista. O Vale do Paraíba é uma das regiões econômicas mais importantes do estado de São Paulo e do centro-sul brasileiro.

Sua ocupação começou com o ciclo do ouro brasileiro, sendo, portanto, uma região de passagem para Minas Gerais. Ela se deu de maneira não planejada, seguindo o principal rio, Paraíba do Sul. Logo, a maioria das cidades cresceu e se urbanizou em áreas de várzeas, na planície de inundação do rio Paraíba. Este rio nasce na Serra da Bocaina, pela confluência do rio Paraitinga e Paraibuna, sendo extremamente importante pelo fato de drenar uma região industrializada e rica. Sofre as consequências da urbanização e industrialização: canalização, poluição, despejo de resíduos (industriais, agrícolas e residenciais), além do esgoto.

Com a urbanização e industrialização, o rio foi canalizado em muitos pontos de seu percurso. A canalização de rios torna-se um problema nas grandes cidades, pois quando ocorrem chuvas intensas, o rio transborda para a sua planície de inundação natural, ocupada pela urbanização, ocorrendo os chamados desastres naturais.

Estudar a variabilidade pluvial e eventos extremos numa região como o Vale do Paraíba, torna-se importante, devido às condições climáticas e geomorfológicas da área, que propiciam chuvas intensas, principalmente na primavera e verão. Ter conhecimento dos máximos de precipitação e tempo de retorno se torna importante, pois ajudam no combate de enchentes e inundações.

O estudo da variabilidade ajuda na compreensão do comportamento das precipitações e de suas principais influências, possibilitando um maior entendimento em relação aos desastres

naturais, isto é, perceber a chuva como um dos principais agentes dos desastres e estudá-la seguindo os seguintes parâmetros nos seguintes parâmetros: espacial, temporal e estatístico.

A cidade de São Luiz do Paraitinga sofreu entre o ano de 2009 e 2010 uma enchente de proporções históricas (nove mil pessoas atingidas pela cheia do rio). Dessa forma, tanto o estudo da ocupação do espaço geográfico desta cidade, quanto seu planejamento urbano e condições climáticas se faz necessário, uma vez que desastres naturais como estes podem destruir uma cidade, ocasionando perdas humanas e econômicas.

No Vale do Paraíba são comuns os desastres naturais ligados aos eventos extremos de precipitação, portanto um estudo que priorize a variabilidade pluvial vai ao encontro da necessidade de políticas públicas de planejamento urbano.

Logo, este trabalho tem como principal objetivo estudar a variabilidade pluvial da bacia hidrográfica do Paraíba do Sul, relacionando-a com eventos extremos de precipitação e com suas consequências. Uma das consequências estudadas foi a enchente de 2009/2010 na cidade de São Luiz do Paraitinga.

1.2 - Objetivos da pesquisa

1. Analisar a variabilidade pluvial do Vale do Paraíba através de diversos parâmetros estatísticos;
2. Entender como esta variabilidade ocorre no espaço e no tempo;
3. Analisar os principais agentes influentes na precipitação da região;
4. Analisar alguns casos de enchentes nas cidades da UGRHI-2.

2 - REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 - Plano Estadual de Recursos Hídricos do estado de São Paulo

De acordo com a Legislação Estadual de São Paulo, Capítulo IV, Seção II, o estado instituiu por meio de lei um sistema integrado de gerenciamento de recursos hídricos, participando dessa gerência, o estado, os municípios e a comunidade civil, sendo que todos os gastos deverão ser custeados pelo estado.

Para garantir a exequibilidade desse processo, a Constituição Federal, promulgada em 1988 e a Constituição do estado de São Paulo, promulgada em 1989, propõem o Sistema de Gerenciamento dos Recursos Hídricos, com o objetivo de instituir um novo conceito de que a água é um bem público, dotado de valor econômico, considerando que temos uma história de décadas de exploração, fruto de um modelo administrativo baseado na cultura de abundância e da exploração indiscriminada, tornando este bem escasso em algumas regiões do país (AZEVEDO, *et al.* 2007).

Por gastos entende-se a utilização racional das águas superficiais e subterrâneas, a proteção dos recursos hídricos e a gestão descentralizada, entre outros. O órgão responsável por coordenar esses aspectos é o Sistema Integrado de Gerenciamento de Recursos Hídricos (SIGRHI), (PLANO ESTADUAL DE RECURSOS HÍDRICOS, 1990).

A Lei Nº 7.663, 30 de dezembro de 1991, estabelece normas de orientação para a Política Estadual de Recursos Hídricos, prevista na legislação. A lei objetiva que água seja controlada e utilizada com qualidade satisfatória, (LEGISLAÇÃO ESTADUAL, 1991).

O plano estadual de recursos hídricos (1990) adota a bacia hidrográfica como unidade físico territorial básica, para o planejamento e gerenciamento dos recursos hídricos. A primeira divisão hidrográfica, realizada em 1928, divide o estado de São Paulo em oito zonas:

1ª Zona- Bacia do rio Tietê, a montante da confluência do rio Piracicaba.

2ª Zona- Bacia do rio Tietê, entre a confluência da Bacia do rio Piracicaba até a sua foz, no rio Paraná.

3ª Zona- Bacias dos rios Peixe e Aguapeí.

4ª Zona- Bacia dos rios Paranapanema e Itararé

5ª Zona- Bacia do rio Ribeira de Iguape e vertentes marítimas.

6ª Zona- Bacia do rio Paraíba

7ª Zona- Bacias dos rios Pardo e Mogi-Guaçu.

8ª Zona- Bacias dos rios Turvo, Preto e São José dos Dourados.

O Departamento de Águas e Energia Elétrica (DAEE), em 1972, dividiu as oito zonas em dezoito subzonas, que foram utilizadas para a nova divisão hidrológica do estado. Essa nova divisão passou a considerar os aspectos políticos e socioeconômicos, além dos geomorfológicos, geológicos e hidrológicos. As subzonas foram divididas em unidades, obedecendo aos seguintes critérios: rio principal ou dois rios principais, divisão segundo trechos (Alto, Médio e Baixo) e denominações regionais, (PLANO ESTADUAL DE RECURSOS HÍDRICOS, 1990). As unidades ficaram assim divididas:

- Rio principal ou dois rios principais: Piracicaba, Tietê-Sorocaba, Tietê-Batalha, Tietê-Jacaré, Aguapeí, Peixe-Santo Anastácio, Ribeira do Iguape-litoral Sul, Paraíba do Sul, Sapucaí-Grande Pardo-Grande, São José dos Dourados, Turvo-Grande
- Divisão segundo trechos: Alto Tietê, Baixo Tietê, Alto Paranapanema, Baixo Paranapanema Alto Pardo-Mogi, Baixo Pardo-Mogi.

O mapa da divisão das unidades de gerenciamento de recursos hídricos (UGRHI) está representado na Figura 1.

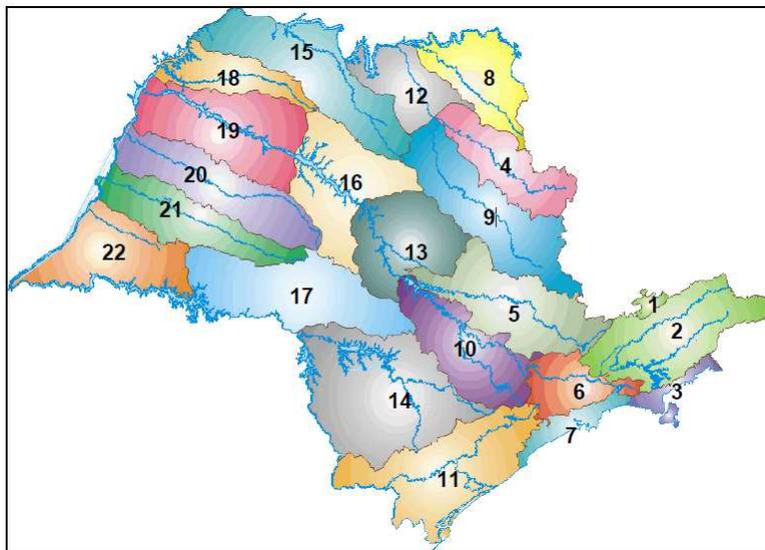


Figura 1- Mapa da divisão das unidades.
Fonte: Azevedo, *et al.* 2007

Atualmente, as UGRHI encontram-se assim definidas: UGRHI 1 (Mantiqueira), UGRHI 2 (Paraíba do Sul), UGRHI 3 (Litoral Norte), UGRHI 4 (Pardo), UGRHI 5 (Piracicaba/Capivari/Jundiaí), UGRHI 6 (Alto Tietê), UGRHI 7 (Baixada Santista), UGRHI 8 (Sapucaí/Grande), UGRHI 9 (Mogi-Guaçu), UGRHI 10 (Tietê/Sorocaba), UGRHI 11 (Ribeira de Iguape/Litoral Sul), UGRHI 12 (Baixo Pardo/Grande), UGRHI 13 (Tietê/Jacaré), UGRHI 14

(Alto Paranapanema), UGRHI 15 (Turvo/Grande), UGRHI 16 (Tietê/Batalha), UGRHI 17 (Médio Paranapanema), UGRHI 18 (São José dos Dourados), UGRHI 19 (Baixo Tietê), UGRHI 20 (Aguapeí), UGRHI 21 (Peixe) e UGRHI 22 (Pontal do Paranapanema).

2.2 - Caracterização da área de estudo: Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos do Paraíba do Sul.

2.2.1 - Localização da área.

A UGRHI-2 compreende o total de 34 municípios inseridos no Vale do Paraíba. Localiza-se na porção sudeste do estado de São Paulo. Seus limites são: ao norte, com a UGRHI-1 (Serra da Mantiqueira), além do estado de Minas Gerais; a nordeste, com a UGRHI-5 (Piracicaba/Capivari/Jundiaí); a oeste, novamente com a UGRHI-5 e com a UGRHI-6 (Alto Tietê), sendo que esta última também faz o limite sudoeste; ao sul, com a UGRHI-3 (litoral Norte); a sudeste, também com a UGRHI-3 e com o estado do Rio de Janeiro e a leste e nordeste, com os estados do Rio de Janeiro e Minas Gerais, (PLANO ESTADUAL DE RECURSOS HÍDRICOS, 1990).

A Figura 2 mostra a localização da área de estudo.

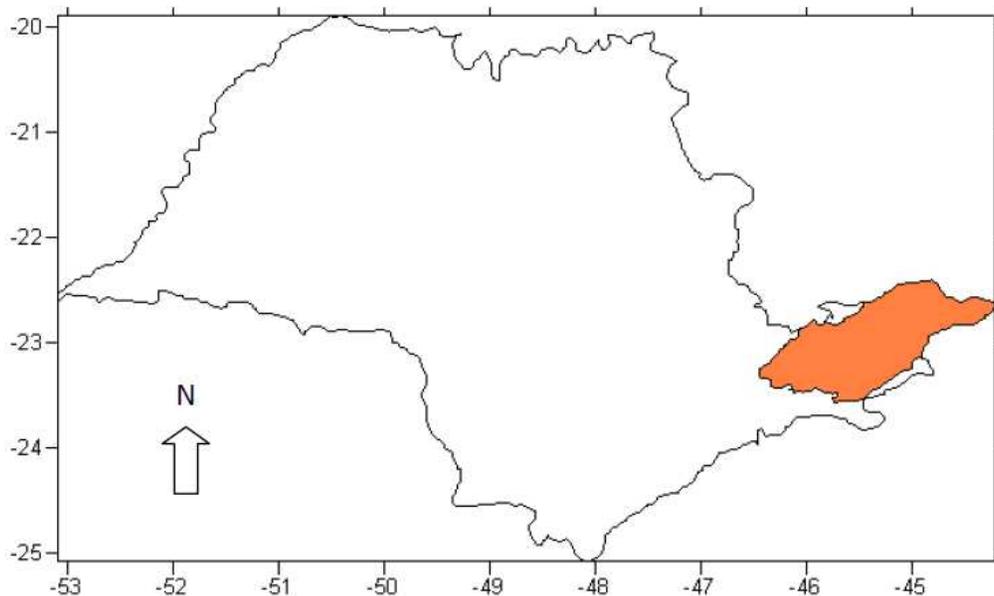


Figura 2 - Localização da UGRHI-2.

2.2.2 - Características humanas: histórico da ocupação.

De acordo com a caracterização existente no Plano Estadual de Recursos Hídricos (1990), a bacia hidrográfica do Paraíba do Sul é considerada industrializada, com uma área aproximadamente de 14.396 km². As principais cidades são: São José dos Campos, Taubaté, Jacareí, Guaratinguetá, Pindamonhangaba, Cruzeiro, Lorena e Caçapava. Os principais rios da bacia são: Paraíba do Sul, Paraitinga, Paraibuna, Jaguari, Parateí, Buquira e Una.

O diagnóstico dado pelo Plano afirma que a bacia possui recurso hídrico superficial abundante, porém com qualidade comprometida a partir de Jacareí, devido às fontes industriais e urbanas poluidoras presentes na área, havendo possibilidades de ocorrências de inundações em cursos d'água secundários presentes em áreas urbanas.

A bacia do Vale do Paraíba é caracterizada por ser uma das bacias mais industrializadas e urbanizadas do estado. De acordo com Müller (1969), o Vale do Paraíba constitui uma das mais antigas áreas de ocupação do estado e esse processo pode ser estudado através da origem dos núcleos urbanos:

Analisar o contexto regional que configura o Vale do Paraíba Paulista é pensar que sua organização territorial está intimamente ligada historicamente à organização da cadeia produtiva e aos vetores de ocupação e desenvolvimento propiciados no meio físico, seja ele natural (bacias hidrográficas, em especial a do rio Paraíba e relevo), seja ele transformado pela construção dos eixos ferroviário e rodoviário e a consequente formação de assentamentos humanos, (RESCHILIAN, p. 25, 2005).

O Vale do Paraíba foi conquistado no fim da primeira metade do século XVII e o desencadeamento do povoamento foi dado principalmente pela política metropolitana de ocupação do território através da doação de terras, pela procura de jazidas minerais e para estabelecer uma ligação com o litoral norte da província. No final deste século, o Vale do Paraíba contava com três vilas (Taubaté, Jacareí e Guaratinguetá), dois povoados (Pindamonhangaba e Tremembé) e dois aldeamentos indígenas (Nossa Senhora da Escada e São José), (MÜLLER, 1969). Esses pequenos núcleos eram essencialmente agrícolas, centrados na economia de subsistência.

Müller (1969) também afirma que no ciclo do ouro (século XVIII), começou o crescimento urbano do Vale, pois sua proximidade com Minas Gerais, o tornou a principal área paulista de abastecimento, criando um pequeno comércio local e intensificando o povoamento.

No fim do período, ainda seguindo rotas para o litoral, surgiram outros dois núcleos de povoamento: São Luiz do Paraitinga e Paraibuna.

Entretanto, foi no ciclo do café que o Vale do Paraíba teve a eclosão da vida urbana. Historiadores não sabem determinar quando e por onde a cafeicultura foi introduzida no estado de São Paulo, mas não há dúvidas que a área de estudo foi uma das pioneiras neste ciclo, com início em 1836. O café tornou-se uma atração no Vale do Paraíba, que fora densamente ocupado nesta época, surgindo novos aglomerados urbanos, que se concentravam em torno de algum elemento polarizador. No período áureo do café, que compreende os anos 1836 a 1886, ocorreu a intensificação do processo de urbanização, surgindo novos aglomerados em ritmos acelerados. Esse ritmo foi perdendo intensidade apenas nas últimas décadas do século XIX, com a decadência da produção do café na região, (MÜLLER, 1969).

Durante os ciclos econômicos, a ocupação e o povoamento da área geraram uma urbanização desordenada, sem planejamento algum. O elemento polarizador, uma capela em muitos casos, unia as pessoas em núcleos, independentemente de onde eram construídos.

Com o fim da cafeicultura, o processo de urbanização se uniu ao processo de industrialização. As primeiras indústrias, frutos do acúmulo de capital cafeeiro, surgiram nas últimas décadas do século XIX, aproveitando as matérias primas locais. Müller (1969) afirma que é possível identificar três fases na industrialização do Vale do Paraíba, a primeira (1891-1914) com indústrias têxteis e de produtos alimentares; a segunda (1914-1943), período entre guerras com indústrias de transformação de minerais não - metálicos, de beneficiamento de produtos agropecuários e de madeira e a última fase, com indústrias metalúrgicas e mecânicas.

Muitas cidades da região tiveram a expansão de seus núcleos urbanos ocasionada pela população operária. Müller (1969) ressalta que "*pela ação isolada ou conjugada da industrialização e do desenvolvimento do setor terciário, os centros urbanos do Vale do Paraíba não seguiram padrões uniformes de crescimento*". O êxodo rural foi comum em algumas cidades da região, o que aumentou o povoamento desordenado.

Como se pode notar, o Vale do Paraíba, não teve sua ocupação planejada, suas aglomerações urbanas foram motivadas por cada período econômico que surgia, aumentando seu crescimento demográfico e propiciando o recebimento de imigrantes. Esse crescimento demográfico eclodiu em um crescimento urbano com pouco planejamento e de maneira desordenada:

A região vale paraibana, por sua vez, ao longo de quatro séculos, foi constituindo seus núcleos urbanos, na maioria das vezes, nas proximidades do rio Paraíba, crescendo paralelamente às suas margens e, posteriormente, já no século XX, expandindo-se a leste e a oeste do eixo do rio, da ferrovia e das rodovias, (RESCHILIAN, p. 30, 2005).

2.2.3 - Características físicas do Vale do Paraíba: clima, relevo e hidrografia.

De acordo com Marengo e Alves (2005), o clima da bacia hidrográfica do Paraíba do Sul é caracterizado como:

Subtropical quente, com temperatura média anual oscilando entre 18°C e 24°C. As máximas precipitações ocorrem nas cabeceiras mineiras da bacia e nos pontos mais altos das serras do Mar e Mantiqueira, chegando a valores de 2.250 mm/ano, (MARENGO E ALVES, p.217, 2005).

O verão é considerado o período chuvoso, apresentando nos meses de máxima precipitação, acumulado entre 200 e 250 mm/mês. Já o inverno é o período seco, sendo o intervalo entre os meses de maio e agosto, o mais seco, com precipitação acumulada de 50 mm/mês, (MARENGO e ALVES, 2005).

Conti (1973) afirma que a região é constantemente influenciada por sistemas frontais, o que ocasiona precipitações, " *mesmo considerando que as chuvas frontais diminuem com a latitude, essa é uma faixa onde os eventos pluviais são determinados predominantemente pela ação das frentes*" (CONTI, 1973).

Para discutir o relevo do Vale do Paraíba, é necessário compreender na Figura 3 onde está localizada a região.

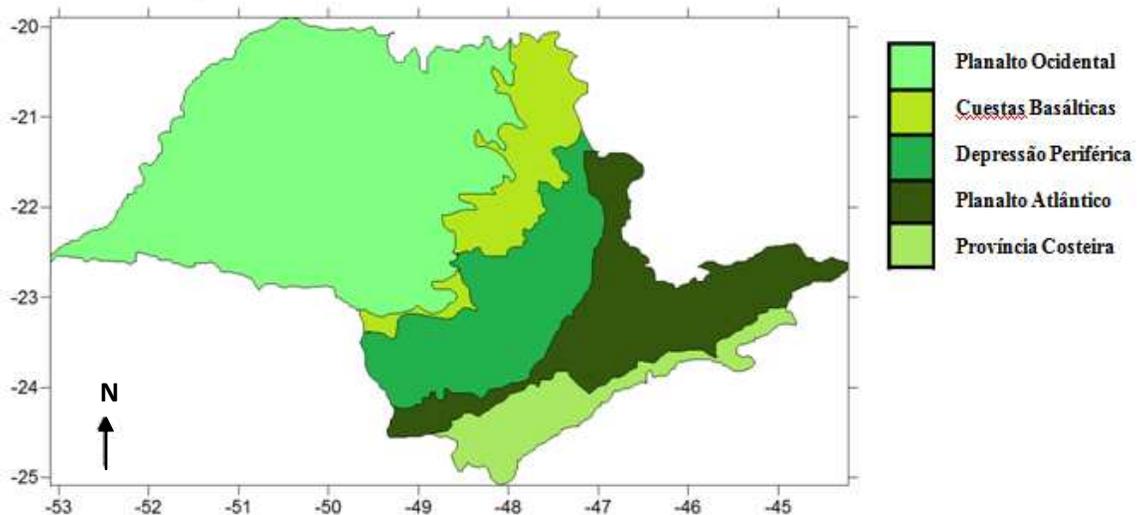


Figura 3 - Relevo do estado de São Paulo.

O Vale do Paraíba e a Serra da Mantiqueira estão inseridos na Província Geomorfológica do Planalto Atlântico, tendo cinco macro unidades: Planalto do Paraitinga, Planalto da Bocaina, Médio Vale do Paraíba, Serra da Mantiqueira e Planalto do Alto Rio Grande, (GRAMANI *et al.* 2004). Conti (1973) afirma que:

O Planalto Atlântico corresponde à área pré-cambriana amorreada, marginal ao Vale do Paraíba, propriamente dito, formada pela escarpa da Serra do Mar e o bloco de terrenos granito-gnáissicos que é a sua continuação para interior, cujas altitudes, em alguns trechos, eleva-se a mais de 1.000 metros, (CONTI, p.24-25, 1975).

Neste contexto, o Vale do Paraíba é uma depressão alongada, de origem tectônica, rodeado por serras modeladas por agentes erosivos, dando origem ao que Aziz Ab'Saber (2003) chama de mares de morros, caracterizados pelo relevo em forma de meia laranja, formados pela intensa ação erosiva na estrutura cristalina das serras do Mar e da Mantiqueira.

França (2006), afirma que:

A área de estudo, inserida no planalto Atlântico, é constituída de formas variadas de relevo, dentre as quais se destacam as escarpas acentuadas das serras do Mar e da Mantiqueira e a fossa tectônica do médio vale do rio Paraíba do Sul, cuja gênese está vinculada aos episódios tectônicos que originaram estas serras. Segundo Morelli (2002), o relevo local apresenta os maiores contrastes morfológicos do Brasil, pois entre altas superfícies cristalinas está localizado o amplo vale do Paraíba, (FRANÇA, p.20, 2006).

Nunes e Calbete (2000) afirmam que "*a disposição do relevo exerce papel importante na direção dos fluxos atmosféricos, sendo a trajetória da corrente polar coincidente com o posicionamento orográfico da Mantiqueira e Serra do Mar (SW-NE), com frequente instabilidade local.*"

O principal rio da bacia é o Paraíba do Sul, nasce na Serra da Bocaina (SP), pela confluência dos rios Paraibuna e Paraitinga, a 1.800 m de altitude e deságua no oceano Atlântico (RJ), (MARENGO e ALVES, 2005).

Durante seu percurso apresenta características distintas, podendo ser dividido em (MARENGO e ALVES, 2005): 1) curso superior: da nascente até a cidade de Guararema (572 m de altitude), contendo fortes declives e regime de chuva torrencial; 2) curso médio superior: começa em Guararema e vai até Cachoeira Paulista (515 m de altitude), trecho em que o rio é bastante sinuoso e meandrado; 3) curso médio inferior: começa em Cachoeira Paulista e vai até São Fidélis (RJ) (200 - 400 m de altitude), trecho em que o rio apresenta cachoeiras e 4) curso inferior: é o seu trecho final, de São Fidélis (RJ) à foz.

Entre os afluentes mais importantes do Paraíba, destacam-se o Paraibuna, Paraitinga, Jaguari, Pirapetinga, Pomba, Muriaé, Bananal, Piraí, Piabanha e Dois Rios.

As águas desse rio banham aproximadamente 15 milhões de pessoas e uma das áreas mais industrializadas do estado de São Paulo. Suas águas, em muitas regiões, já sofrem com a intensa ação humana. De acordo com o Relatório de Qualidade das Águas Superficiais (2010), o rio Paraíba do Sul em relação ao Índice de Qualidade das Águas (IQA), aparece na categoria boa em quase todos os seus trechos, com exceção de Caçapava, Aparecida e Lorena, em que a classificação do IQA foi regular (representadas pela cor amarela na Figura 4). O trecho de Caçapava tem grande influência dos despejos realizados em Jacareí e São José dos Campos, que estão localizados a montante. A Figura 4 apresenta os valores do IQA, para esse rio.

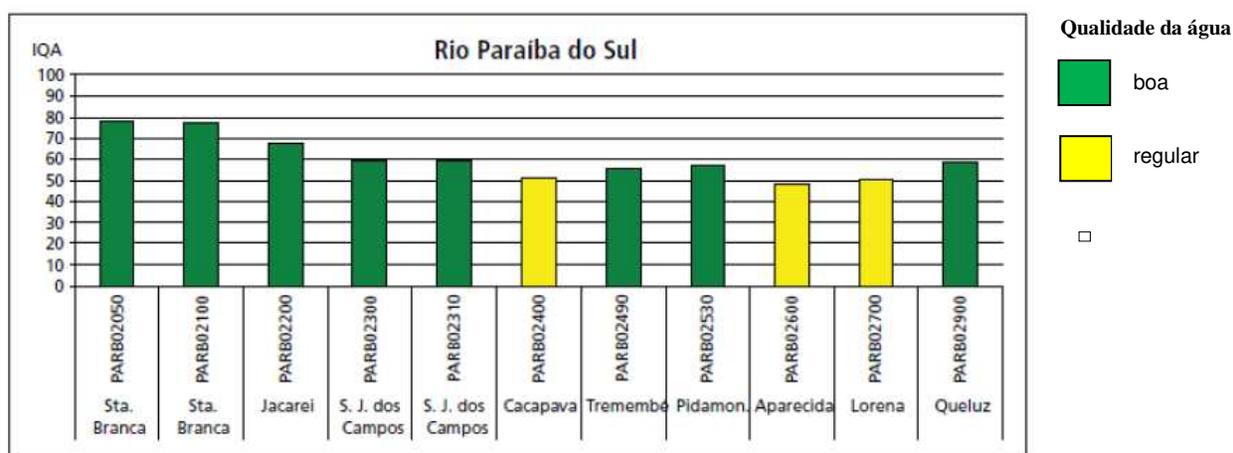


Figura 4 – Gráfico de Índice de qualidade de água para a UGRHI-2.
Fonte: Relatório Qualidade das Águas Superficiais- CETESB (2010).

Os principais problemas apontados no plano da bacia são os seguintes: baixo índice de tratamento de esgoto, mais da metade das cidades estão em situação inadequada com relação à coleta e disposição dos resíduos sólidos domiciliares, alta suscetibilidade a inundações em alguns afluentes do Paraíba do Sul e a intensa extração de areia no leito do rio.

Marengo e Alves (2005) ressaltam que "*a bacia do rio Paraíba do Sul tem sido palco para a implantação de uma série de aproveitamentos de usos múltiplos da água, visando à regularização de vazões, o controle de cheias e à geração de energia elétrica*", (MARENGO e ALVES, 2005).

Uma cidade estudada neste trabalho foi São Luiz do Paraitinga, que possui uma área de cerca de 620 km², com altitude média de 724 m. Localiza-se na porção leste do Vale do Paraíba. O rio que passa pela cidade é o Paraitinga, um dos principais afluentes do rio Paraíba do Sul.

Ab'Saber (2003), afirma que o rio Paraitinga está inserido na porção ocidental da Serra do Mar, possuindo diversificada topografia, conhecida pelos seus "mares de morro". Essa era uma região de Mata Atlântica, que devido aos ciclos econômicos, principalmente o do café, foi removida, tornando os solos da região mais desprotegidos contra a erosão e incapazes de reter água, aumentando o escoamento superficial associado às fortes tempestades.

2.3 - Eventos extremos: desastres naturais.

2.3.1 - Desastres naturais: causas e consequências.

O homem é um ser natural e por isso não consegue se dissociar da natureza. A sociedade reage às mudanças da natureza assim como esta responde ao que acontece na sociedade. A exploração e tentativas de dominação da natureza têm mostrado sérias consequências para a sociedade. Os desastres naturais estão vinculados diretamente a essa relação.

Marcelino (2008), afirma que foi nas cidades a origem dos desastres naturais, pois essas eram construídas sobre as planícies de rios, no litoral ou em encostas vulcânicas. O ser humano para ocupar e construir moradias realiza obras que acabam descaracterizando e modificando o solo, que, por muitas vezes, perde suas características originais, (PUSKÁS e FARSANG, 2009 *apud* SILVA, 2011). Silva (2011) ressalta que os problemas ambientais que ocorrem nas áreas urbanas, na sua maior parte, são causados pela ocupação de encostas, de solos altamente suscetíveis à erosão ou mesmo pela ocupação de fundos de vale e áreas sujeitas às inundações.

Botelho (2011) afirma que, os recursos hídricos têm sido alvo das intervenções humanas há muito tempo, mas foram nos períodos mais recentes que ocorreram os registros das maiores intervenções nesses recursos, principalmente nos rios.

Quando os fenômenos naturais atingem áreas ou regiões habitadas por homens, causando algum dano, recebem o nome de desastres naturais. Ressalta-se também que, desastre pode ser considerado qualquer perturbação em uma comunidade ou sociedade, que causem perdas materiais, sociais, humanas ou ambientais e seus impactos excedem a capacidade da sociedade de arcar com os prejuízos, (TOMINAGA, *et al.* 2009).

Os desastres naturais podem ser classificados de acordo com a sua origem e intensidade. Quanto a sua origem, os desastres podem ser classificados em naturais ou humanos. Os primeiros são os fenômenos ou desequilíbrios que independem da ação humana, como chuvas intensas que provocam inundações. Já os desastres de origem humana são aqueles resultantes das ações ou

omissões humanas, estando relacionados com o homem como agente ou autor, como o rompimento de barragens, (TOMINAGA, *et al.* 2009).

Kobiyama, *et al.* (2006), afirmam que a maioria dos desastres naturais tem como gênese instabilidades atmosféricas severas, como precipitações intensas, vendavais, tornados, (Tabela 1).

No Brasil, os principais desastres estão ligados à dinâmica externa da Terra, tais como inundações, enchentes, escorregamentos e tempestades. Estes fenômenos ocorrem normalmente associados a eventos pluviométricos intensos e prolongados, nos períodos chuvosos (região Sul e Sudeste) e no inverno (região Nordeste). O aumento de incidência nos desastres no Brasil é considerado por muitos autores como consequência do intenso processo de urbanização verificado no país nas últimas décadas, levando ao crescimento desordenado das cidades em áreas impróprias para ocupação. As intervenções antrópicas nestes terrenos como, desmatamentos, alterações nas drenagens, lançamento de lixo e construção de moradias efetuadas, na sua maioria, sem a implantação de infraestrutura adequada, aumentam a instabilidade dos mesmos. Com o adensamento destas áreas com moradias precárias, os desastres (inundações e escorregamentos), assumem proporções catastróficas e causam perdas econômicas e sociais, (FERNANDES *et al.* 2001; CARVALHO E GALVÃO, 2006; LOPES, 2006; TOMINAGA, 2007 *apud* TOMINAGA *et al.* 2009).

Tabela 1 - 10 maiores desastres naturais no Brasil no período de 1900 a 2014 classificadas pelo número de mortos

DESASTRE	DATA	NÚMERO DE MORTOS
Epidemia	01/01/1974	1500
Inundação	11/01/2011	900
Inundação	23/01/1967	785
Movimento de massa	19/03/1967	436
Inundação	11/01/1966	373
Movimento de massa	11/01/1966	350
Inundação	14/03/1969	316
Inundação	jan/79	300
Epidemia	mai/84	300
Inundação	1988	300

Fonte: EM-DAT, 2014.

Tradução: Moraes, 2014

Marcelino (2008) aponta que nas últimas décadas a frequência e a intensidade dos desastres naturais têm aumentado. Várias partes do globo estão sendo seriamente afetadas,

principalmente pelos eventos atmosféricos extremos, causados em sua maioria pelas tempestades severas. As precipitações pluviais podem desencadear diversos desastres naturais como inundações e escorregamentos. Após a publicação do 4º Relatório do *Intergovernmental Panel on Climate Change* (IPCC) em 2007, as mudanças climáticas ganharam mais espaço na discussão dos desastres naturais, pois os eventos como tempestades severas tendem a aumentar e no Brasil, as regiões mais afetadas seriam o sul e o sudeste.

Diante dos condicionantes antrópicos, surgem as áreas de risco. Marchiori-Faria e Santoro, (2009) afirmam que a *United Nations Office for Disaster Risk Reduction* (UNISDR) (2007), define risco como a probabilidade de consequências prejudiciais ou danos esperados (morte, ferimentos a pessoas, prejuízos econômicos, por exemplo) resultantes da interação entre perigos naturais ou induzidos pela ação humana e as condições de vulnerabilidade. Castro *et al.* (2005), complementa apontando que risco pode ser considerado como exposição ao perigo. O grau de vulnerabilidade de uma população nas chamadas áreas de risco, está mais relacionado com a posição social da população atingida, do que de fato, a sua exposição ao perigo. Castellano (2010), afirma que na questão da vulnerabilidade não se deve apenas levar em consideração os aspectos físicos do local, mas sim, em primeiro lugar, a população que vive naquele local e as suas condições. Quanto pior a condição de vida de uma população, maior é o seu grau de vulnerabilidade. Entretanto, quando se tratam de eventos climáticos, não é possível dissociar a vulnerabilidade socioeconômica da vulnerabilidade ambiental.

A vulnerabilidade de uma população frente à alguns eventos é calculada pelos danos, dificuldades ou mortes registradas durante o período do evento. A vulnerabilidade é maior em países menos desenvolvidos, já o conceito de risco está ligado, principalmente, com a probabilidade de ocorrência de um evento adverso, que poderá ou não causar adversidades à população local.

Para Marandola Jr e Hogan (2005), o termo vulnerabilidade não deve ser estudado separadamente de risco:

O interesse dos geógrafos e dos demógrafos tem confluído, principalmente, com preocupações mais recentes destes últimos sobre as populações em situações de risco. Ambos passam a ocupar-se de estudos sobre enchentes e deslizamentos, entre outras situações em que o ambiente, conjugado a fatores socioeconômicos, expõe as populações a riscos, sobretudo nas cidades, (MARANDOLA JR E HOGAN, p.31, 2005).

Dentro os desastres naturais, este estudo tem mais enfoque nas inundações e enchentes, pelo fato do Vale do Paraíba estar situado numa área de planície de inundação.

O problema das enchentes constitui um objeto de análise multidimensional, resultando de um processo natural relacionado às características do ciclo hidrológico e do espaço geográfico, mas também de um processo social, relacionado à produção do socioespacial. A relação entre estes dois processos é complexa e seu entendimento pressupõe a consideração de vários fatores, pois as respostas ao problema não tem sido satisfatórias, (MATTEI, p.19, 1999)

Tanto as enchentes quanto as inundações são eventos naturais que ocorrem com certa periodicidade, ao longo de cursos d'água e são ocasionados geralmente por chuvas fortes e rápidas ou chuvas de longa duração. Amaral e Ribeiro (2009) apontam que a UNISDR (2007) afirma que as inundações e enchentes são problemas geoambientais derivados de fenômenos ou perigos naturais a partir de causas hidrometeorológicas ou hidrológicas.

Candido (2007) ressalta que as palavras enchente e inundação não são sinônimos. Deve-se usar o termo inundação quando as águas dos rios transpassam vias públicas, edificações, pois ultrapassaram o limite do canal. Já a palavra enchente é usada para cheias de rios.

Tucci (2005), afirma que o escoamento pluvial pode produzir inundações em áreas urbanas devido a dois processos: inundações de áreas ribeirinhas (são inundações naturais que ocorrem no leito maior dos rios) e inundações devido à urbanização (ocorrem devido à impermeabilização do solo ou canalização do escoamento).

As inundações de áreas ribeirinhas ocorrem "*quando o escoamento atinge níveis superiores ao leito menor, atingindo o leito maior. As cotas do leito maior identificam a magnitude da inundação e seu risco*", (TUCCI, 2005). Esse é um processo natural (Figura 5). Já as inundações devido à urbanização, são causadas principalmente pela impermeabilização do solo, a água não consegue infiltrar no solo. A construção de aterros, pontes e drenagem inadequada colaboram para este tipo de inundação, (TUCCI, 2005).

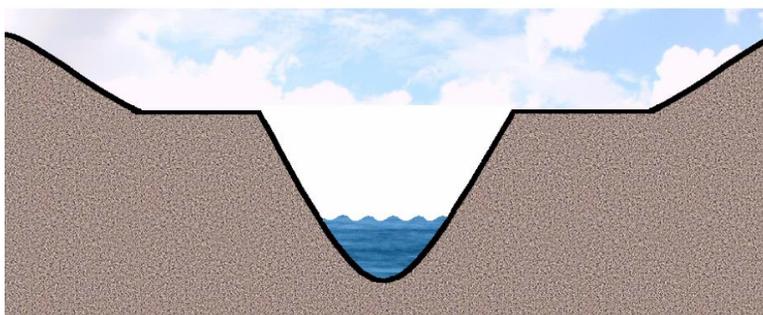


Figura 5- Canal fluvial em situação considerada habitual.

Fonte: Candido, 2007.



Figura 6 - Canal fluvial em situação de enchente
Fonte: Candido, 2007.

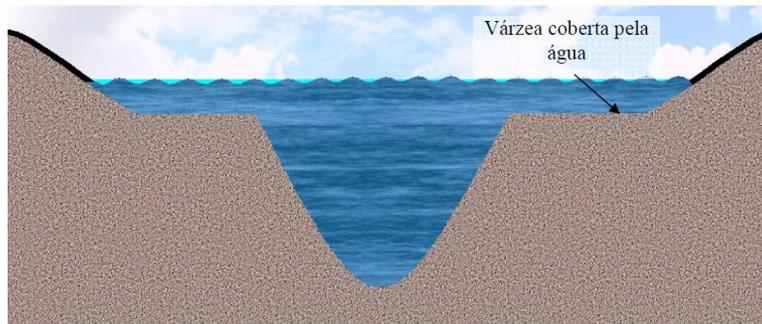


Figura 7 - Canal fluvial em situação de inundação.
Fonte: Candido, 2007.

Beyer (1974) *apud* Candido (2007) afirma que os danos que as inundações provocam podem ser classificados em: danos diretos e indiretos. Os danos diretos referem-se aos que são causados pela própria água, como inundação de habitações, construções, áreas agrícolas, entre outros, além dos detritos gerados pela água, como a lama que pode encobrir o solo das áreas inundadas. Já os danos indiretos são os que causam prejuízos à população, como a contaminação de águas e produções agrícolas.

Candido (2007), ainda afirma que:

Com a expansão das cidades, o problema das inundações torna-se mais evidente, visto que nas áreas urbanas grandes porções de espaço estão impermeabilizados devido, sobretudo, à presença de concreto e asfalto, construções de grandes proporções, compactação do solo e ocupações de várzeas, combinados a outros fatores, como construção inadequada de canais de drenagem, retificação dos rios e córregos e pouca presença ou até ausência de vegetação, (CANDIDO, D.H., p.2, 2007).

As inundações podem ocorrer por diversas causas, como excesso de precipitação e os canais fluviais, que alteram o comportamento dos rios. Candido (2007) afirma que:

Obras de retificação, canalização, aprofundamento dos canais e construções de barragens evidenciam que atualmente a maior parte dos rios têm sido utilizados pelo homem em suas atividades cotidianas. Restam poucos locais onde os cursos d'água ainda mantêm as suas formas naturais, sem terem recebido o controle da ação humana, que acaba por alterá-las periodicamente, de acordo com os interesses das populações locais, (CANDIDO, D.H., p.22-23, 2007).

2.3.2 - Desastres naturais no Vale do Paraíba.

Nunes e Calbete (2000), afirmam que o Vale do Paraíba tem apresentado diversos problemas oriundos do impacto das precipitações pluviais.

Por ser uma área ocupada sem planejamento, por ter relevo favorável à desastres e eventos climáticos extremos, o Vale do Paraíba torna-se uma região suscetível, (AYRES, 2010). Ribeiro (2009) *apud* Ayres (2010) afirma que a população que vive em fundos de vale está vulnerável às inundações, pois são as regiões que mais estão suscetíveis as cheias dos rios, ocupando áreas muito próximas às margens:

Os relevos constituem os pisos sobre os quais se fixam as populações humanas e são desenvolvidas suas atividades, derivando daí valores econômicos e sociais que lhes são atribuídos. Em função de suas características e dos processos que sobre eles atuam, oferecerem, para as populações, tipos e níveis de benefícios ou riscos dos mais variados. Suas maiores ou menores estabilidades decorrem, ainda, de suas tendências evolutivas e das interferências que podem sofrer dos demais componentes ambientais, ou da ação do homem, (GUERRA E CUNHA [orgs], p. 25, 1998).

A apropriação do espaço de maneira desordenada causa sérios problemas, pois a partir do momento que a vertente passa a ser ocupada, a cobertura vegetal é retirada, ocasionando uma menor infiltração. Assim a vazão, antes controlada pelo lençol freático, passa a ser controlada pelo fluxo por terra, (CASSETI, 1995).

Quando a vertente encontra-se urbanizada o fluxo por terra se agrava, uma vez que a superfície torna-se impermeabilizada (pavimentação de ruas, quintais, cobertura de edificações...), impedindo o abastecimento do lençol freático. Diante disso tem-se a descarga fluvial controlada quase que exclusivamente pelo escoamento de superfície (ou esgotos pluviais), que responde pela torrencialidade observada nos grandes centros, gerando sérios prejuízos à população ribeirinha, normalmente discriminada socialmente, (CASSETI, p.73, 1995).

Em um estudo feito por Gramani *et al.* (2004), constatou-se que no Vale do Paraíba, os problemas de inundação em áreas urbanas estão vinculados a grande quantidade de lixo e entulho, travessias de drenagem mal direcionadas, estrangulamento dos canais por pontes ou travessias, intenso assoreamento, impermeabilização do terreno, ocupação da margem de córrego

e alteração da drenagem natural por meio de alinhamento de cursos d'água e construção sobre suas várzeas.

Na várzea do rio Paraíba do Sul encontram-se trechos de áreas de cultura irrigada. Ao longo dessa várzea estão localizadas as principais cidades da região, que têm apresentado uma crescente expansão nas últimas décadas. As inundações das áreas de várzea do Paraíba do Sul são processos naturais, principalmente nas épocas de verão, quando os níveis pluviométricos são mais elevados. Porém esse fato é agravado pelo crescimento populacional nessas áreas de várzea, caracterizando várias áreas de risco no período das chuvas intensas, (BRANDÃO E FISCH, p.97, 2009).

Ayres (2010), afirma que os desastres naturais ocorridos no Vale do Paraíba tiveram como origem chuvas intensas. Em seu estudo, Ayres (2010), fez um levantamento com os principais desastres da região, em que constatou que as cidades mais afetadas são São José dos Campos, Jacareí, Aparecida, Campos do Jordão, Guaratinguetá e Taubaté.

Ayres (2010), também mostra na Figura 8, quais foram os principais tipos de desastres que ocorreram:

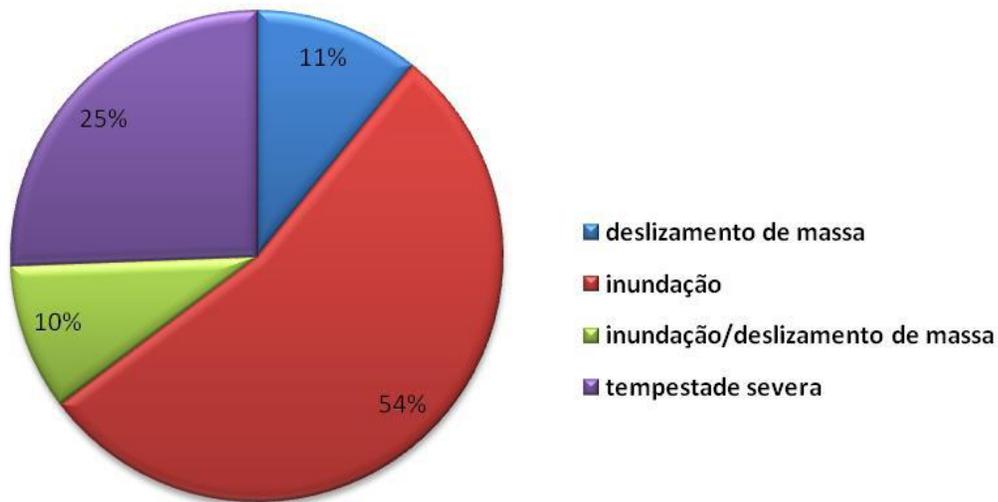


Figura 8 - Tipos de desastres naturais na região do Vale do Paraíba.

Fonte: Ayres, 2010

A Figura 9 representa o número de eventos ocorridos nos municípios da região do Vale do Paraíba/SP no período de 1990 a 2008:

Número de eventos de desastres naturais por município (1990-2008)

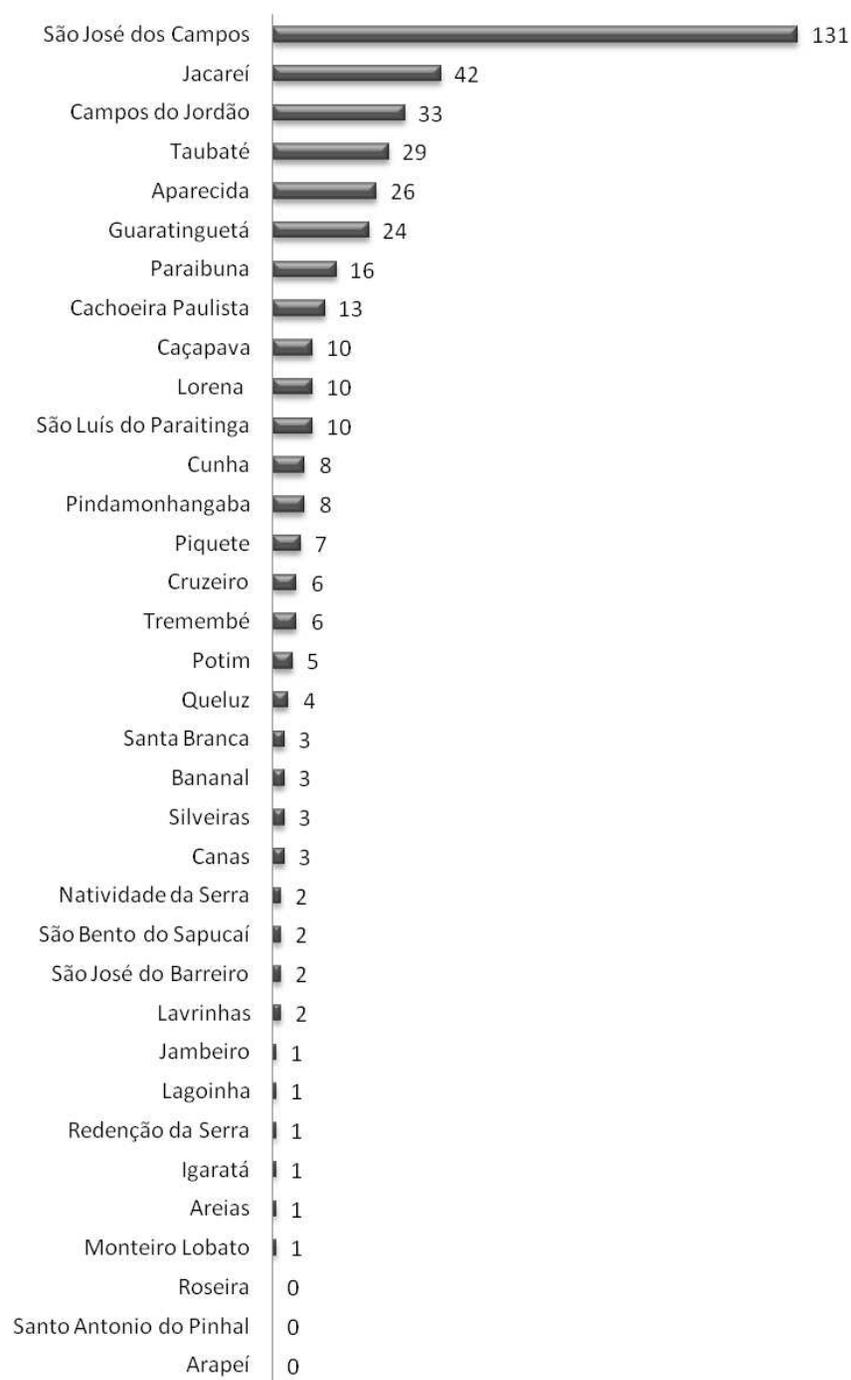


Figura 9 - Número de eventos de desastres naturais no Vale do Paraíba.
Fonte: Ayres, 2010

Ayres (2010), também quantifica diversos parâmetros dos desastres, como danos e prejuízos ambientais e humanos, conforme descrito na Tabela 2. Esse tipo de análise é importante pois pode-se calcular a vulnerabilidade da população em relação aos eventos.

Tabela 2 - Danos e prejuízos materiais, ambientais e humanos.

Danos e prejuízos materiais, ambientais e humanos ocorridos na região do Vale do Paraíba (1990-2008).	
Carros atingidos	148
Casas atingidas por deslizamento de massa	260
Casas desabadas	649
Casas destelhadas	551
Casas inundadas	11.671
Queda de árvores	1.625
Queda de pontes	126
Queda de postes de iluminação	29
Pessoas desalojadas	4.747
Famílias desalojadas	1.776
Pessoas desabrigadas	7.519
Famílias desabrigadas	1.488
Feridos	182
Mortes	58

Fonte: Ayres, 2010

Um dos maiores desastres naturais ocorridos na UGRHI-2 foi na cidade de São Luiz do Paraitinga em 2009-2010. A cidade de São Luís do Paraitinga, não apresenta características divergentes do restante do Vale do Paraíba. Fundada nos primórdios dos núcleos urbanos do Vale, São Luís teve ocupação irregular desde seu início.

Essa era uma região de Mata Atlântica, que devido aos ciclos econômicos, principalmente o do café, foi removida, tornando os solos da região mais desprotegidos contra a erosão e incapazes de reter água, aumentando o escoamento superficial associado as fortes tempestades. Ranzani, *et al.* (2004) *apud* Dias, *et al.* (2011), afirmam que bacias onde houve o corte raso da cobertura vegetal, sofrem com um significativo aumento de vazão, o tempo de pico é reduzido, aumentam-se as áreas de saturação, conseqüentemente o escoamento superficial é potencializado. São Luiz do Paraitinga desde o início de sua formação teve seu solo rural explorado: extenso desmatamento das várzeas, encostas e topos de morro para a exploração do café e no século XX a monocultura do gado contribuiu para este desmatamento. Essa exploração contribuiu para o assoreamento dos cursos d'água, ampliando as enchentes.

A partir de ações antrópicas no meio urbano pode-se observar algumas áreas de risco no município, principalmente as áreas que estão nas chamadas áreas de preservação permanente

(APP). Das ações mais perceptíveis podem ser citadas: a ampliação das construções nos fundos de lote em direção às APP de várzeas, o desmembramento de lotes e ampliações de construções nas fachadas criadas pela introdução de uma via marginal ao rio Paraitinga, a expansão urbana no entorno do centro histórico, ocupando áreas de APP, a ocupação de APPs de córregos urbanos, a ocupação de forma desordenada e não planejada de encostas e topos de morros e a ocupação de forma não planejada de regiões mais periféricas, atualmente consideradas como áreas de APP de topo de morro, como no bairro Santa Terezinha (ALVES, *et al.* 2010).

2.4 - Estudos de variabilidade pluvial: influências na precipitação.

2.4.1 - Precipitação: elementos e fatores

Estudos de variabilidade pluvial se tornam importantes em regiões como o Vale do Paraíba, onde desastres naturais ocasionados por eventos extremos de precipitação ocorrem.

É necessário estudar o comportamento da chuva e quais são os sistemas, elementos e fatores que influenciam em sua localidade e quantidade.

A precipitação e o clima em geral são influenciados pelos chamados fatores e elementos do clima. Vianello e Alves (1991), descrevem elementos como grandezas meteorológicas que difundem à atmosfera suas características e propriedades. São eles: chuva, umidade e temperatura, por exemplo. Os elementos variam no tempo e no espaço e são influenciados por certos fatores capazes de modificar o clima, como o relevo, tipo de solo, latitude.

"O termo precipitação é usado para qualquer deposição em forma líquida ou sólida e derivada da atmosfera. Conseqüentemente, o termo refere-se às várias formas líquidas e congeladas de água, como chuva, neve, granizo, orvalho, geada e nevoeiro", (AYOADE, 1991).

O relevo é um fator climático que influencia de maneira direta as chuvas:

De forma geral observa-se que independentemente do porte do relevo, este exerce algum notável controle sobre as dinâmicas climáticas locais. É perceptível a gama de influências conhecidas do relevo sobre os atributos do clima. As resultantes destes processos interativos entre a atmosfera e a crosta terrestre são os gradientes de temperatura e pressão, a obstrução e bifurcação de ventos e a geração de brisas e nuvens, além da chuva orográfica e da sombra de chuva, (MILANESI E GALVANI, p.68, 2011).

Na região do Vale do Paraíba esse fator tem extrema importância, pois tem influência direta na precipitação pluvial. A região está posicionada entre duas serras, a Serra do Mar e a Serra da Mantiqueira, sendo influenciada pelas chuvas orográficas e pela maritimidade.

As chuvas orográficas são as mais comumente conhecidas como chuva de montanha:

As regiões montanhosas também causam influência nos ventos na atmosfera, pois, ao encontrar uma barreira topográfica, uma corrente de ar tende a ascender e, nesse processo, pode ocorrer a formação de nuvens e precipitação. Normalmente, na presença de topografia elevada, ocorre chuva a barlavento (lado em que o ar ascende) e condições secas a sotavento (lado em que o ar desce), pois o ar descendo após cruzar a topografia se aquece e seca o que não favorece a formação de nuvens, (REBOITA, M.S. *et al.* 2012)

Já a maritimidade, é o efeito da proximidade do mar. Em um dos estudos sobre o assunto, Reboita *et al.* (2012), afirmam que a capacidade térmica dos corpos d'água reduz as variações de temperatura durante o passar do dia nas áreas continentais vizinhas aos oceanos e mares, tanto pela proximidade quanto pela grande quantidade de vapor d'água que se estaciona nas regiões vizinhas, (REBOITA, *et al.* 2012).

2.4.2 - El Niño-Oscilação Sul (ENOS), Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS) e Sistemas frontais (SF).

Os sistemas discutidos nesse item, são os que influenciam, além do relevo, na precipitação da bacia estudada. Cada um da sua forma, atua no aumento ou na diminuição de precipitação.

SANSIGOLO *et al.* (2004), afirma que em vários estudos sobre variabilidade pluvial, a associação entre oceano e atmosfera tem sido cada vez mais estudada. Esses estudos têm mostrado que os padrões da temperatura da superfície do mar nos oceanos Pacífico e Atlântico podem ser importantes para definir a precipitação em algumas regiões do Brasil, como norte, sul e sudeste.

Não se sabe as reais causas do fenômeno ENOS, mas aparentemente, são internas ao oceano, a diferença de pressão ao nível do mar entre o Tahiti e Darwin, no oceano Pacífico Tropical, está relacionado com o aquecimento anômalo de águas frequentemente frias do lado leste do oceano. Possui duas fases:

- Fase quente (El Niño): ocorrem anomalias positivas, ou seja, há um aquecimento da Temperatura da Superfície do Mar (TSM) do Pacífico Equatorial Oriental e Central. Os dois principais eventos de El Niño do século XX aconteceram em 1982/83 e 1997/98, (DESSAY, *et al.* 2002) .

- Fase fria (La Niña): Entre muitos autores, MARENGO e SAMPAIO (s/d), afirmam que a La Niña ou a fase fria do oceano Pacífico, é o resfriamento anômalo das águas superficiais do Pacífico Equatorial Central e Oriental.

A Oscilação Decadal do Pacífico (ODP) é a flutuação da Temperatura da Superfície do Mar no Pacífico em uma escala de tempo interdecadal. Molion (2005) observou uma maior frequência e intensidade de eventos de La Niña entre 1947-1976, fase fria da ODP. Entre 1977-1998, vários eventos de El Niño. Pela Figura 10 observa-se um gráfico no qual consta as fases frias e quentes da ODP. Molion (2005) observou que em fases frias, ocorrem mais eventos de La Niña do que de El Niño, quando a fase se torna quente, acontece o contrário, ocorrem mais eventos de El Niño do que de La Niña. Os dois grandes eventos de El Niño, 1982-83, 1997-98, ocorreram numa fase quente da ODP.

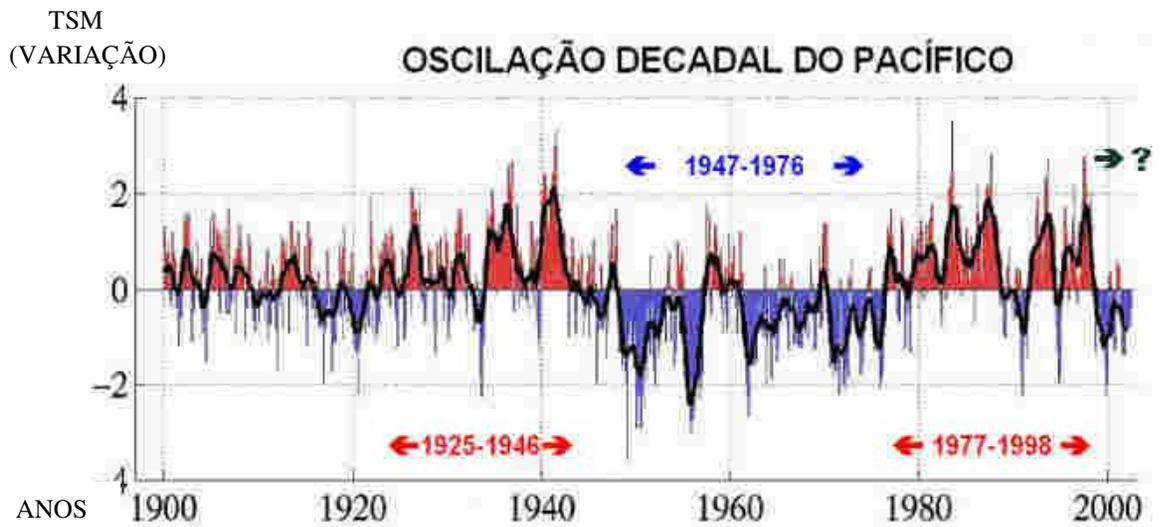


Figura 10 - Fases quentes e frias da ODP
Fonte: Molion, 2005

O El Niño de 1982/83, foi o mais forte do século passado, ocorreram diversas mudanças no oceano Pacífico (TSM a 27°C no Equador), a vida marinha foi afetada, bem como o aumento do nível do mar. No Equador e norte do Peru, mais de 300 mm de chuva caíram durante um período de seis meses, transformando regiões desérticas costeiras em áreas de verde e de lagos, (COMISSÃO EL NIÑO - RELATÓRIO FINAL, 1997).

De acordo com Ferreira, *et al.* (2004), a Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS) é um fenômeno que ocorre no verão da América da Sul. Quadro (1994) afirma que:

Durante os meses de verão sobre a América do Sul grande parte da precipitação é ocasionada pela intensa atividade convectiva sobre o continente. Simultaneamente, a presença das ZCAS, devido a sua estacionaridade, contribui intensamente para a persistência da precipitação em algumas regiões do Brasil. Acredita-se que as ZCAS seja a resposta para a associação de vários sistemas atmosféricos que compõem a circulação de verão sobre a América do Sul, (QUADRO, p.7, 1994).

Entende-se por ZCAS, uma faixa de nebulosidade convectiva, que se estende da Amazônia em direção o sudeste até o oceano Atlântico. É caracterizada pela estacionaridade de uma banda de nebulosidade durante vários dias, que influencia no regime de chuva das áreas afetadas, (QUADRO, 1994). Este fenômeno tem duração de pelo menos quatro dias. Quadro (1994) registrou que no período de verão ocorrem em média três episódios de ZCAS (um por mês). Em seu estudo, Quadro usou o período de 1980 a 1989 e concluiu que o fenômeno pode ser uma resposta atmosférica devido à associação de vários sistemas e os alguns mais comumente encontrados em seu estudo foram: vórtices ciclônicos, em altos níveis encontrados sobre o nordeste brasileiro e sobre o oceano Atlântico Tropical e a penetração de sistemas frontais vindos do sul da América do Sul.

Ressalta-se a importância da Amazônia para a formação e manutenção dessa zona de convergência, *"o fato das ZCAS ocorrerem durante o período de verão do hemisfério Sul (HS) ressalta a importância da convecção tropical (CT) e a consequente liberação de calor latente, na região da Amazônia tanto para a geração como manutenção do fenômeno"*, (QUADRO, 1994). Carvalho e Jones (2009), afirmam que a atividade convectiva começa no mês de agosto no oeste da Amazônia, se dirigindo para o sudeste brasileiro nos meses subsequentes.

A ZCAS possui tanto variabilidade espacial quanto temporal. A primeira implica qual a direção da faixa de nebulosidade, *"imagens de satélite frequentemente mostram que a atividade convectiva da ZCAS pode estender-se da Amazônia até o oceano Atlântico Subtropical, enquanto em outras situações a ZCAS estende-se apenas até a região Sudeste do Brasil"*, (CARVALHO e JONES, 2009). Já a variabilidade temporal, refere-se a variabilidade da ZCAS em diferentes escalas de tempo: escala sinótica, escalas de tempo subsazonais, escala intrassazonal, entre outras.

A ZCAS se torna importante para esse estudo, uma vez que, *"tem um papel fundamental em modular a precipitação sobre a região mais populosa do Brasil, a qual possui centros urbanos com densidade de habitantes entre as maiores do mundo, como é o caso da cidade de*

São Paulo", (CARVALHO e JONAS, 2009). Também porque, de acordo com Brandão e Fisch (2009):

Chuvas fortes e persistentes, associadas a tempestades de verão e a atuação das ZCAS, trazem consequências desastrosas tais como enchentes e desabamentos na região de Guaratinguetá e redondezas. Essas chuvas causam inundações em áreas de várzea do rio Paraíba do Sul, o problema é agravado pela ocupação indevida e pelo crescimento populacional nesses locais, caracterizando várias áreas de risco, (BRANDÃO e FISCH, p.95, 2009).

A Tabela 3 mostra o período de ocorrência de ZCAS, os anos, meses e a intensidade do fenômeno. É importante analisar que vários anos estudados neste trabalho, apresentam a ocorrência do fenômeno. Alguns desses anos também apresentaram uma das fases do ENOS.

Tabela 3- Períodos de ocorrência de Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS).

Anos	Mês	Períodos de ocorrência	ENOS
1980	janeiro	17/01 a 31/01	normal
1980	fevereiro	06/02 a 20/02	normal
1980	dezembro	01/12 a 15/12	normal
1981	dezembro	28/11 a 12/12	normal
1982	janeiro	28/12/1981 a 11/01	normal
1983	janeiro	01/01 a 15/01	El Niño
1985	janeiro	23/01 a 06/02	La Niña
1985	fevereiro	19/02 a 05/03	La Niña
1987	janeiro	26/12/1986 a 09/01/1987	El Niño
1987	fevereiro	01/02 a 15/02	El Niño
1988	fevereiro	31/01 a 14/02	El Niño
1990	janeiro	01/01 a 15/01	normal
1991	janeiro	10/01 a 18/01	normal
1992	janeiro	16/01 a 31/01	El Niño
1993	fevereiro	02/02 a 06/02/1993	normal
1993	fevereiro	09/02 a 16/02	normal
1995	fevereiro	02/02 a 06/02	El Niño
1995	fevereiro	17/02 a 23/03	El Niño
1995	dezembro	13/12 a 17/12	La Niña
1995	dezembro	26/12/1995 a 05/01/1996	La Niña
1996	janeiro	01/01 a 11/01	La Niña

1996	fevereiro	03/02 a 25/02	La Niña
1997	janeiro	02/01 a 08/01	normal
1997	janeiro	20/01 a 29/01	El Niño
1998	fevereiro	12/02 a 16/02	normal
1999	janeiro	06/01 a 18/01	La Niña
2000	janeiro	01/01 a 08/01	La Niña
2000	dezembro	17/12 a 22/12	La Niña
2001	dezembro	24/12 a 28/12	normal
2002	fevereiro	04/02 a 07/02	normal
2002	fevereiro	16/02 a 24/02	normal
2002	dezembro	10/12 a 16/12	El Niño
2002	dezembro	27/12 a 07/01/2003	El Niño
2003	janeiro	13/01 a 19/01	El Niño
2003	janeiro	25/01 a 01/02	El Niño
2004	janeiro	02/01 a 06/01	normal
2004	janeiro	10/01 a 20/01	normal
2004	janeiro	25/01 a 29/01	normal
2005	dezembro	11/12 a 16/12	La Niña
2006	janeiro	01/01 a 08/01	La Niña
2006	janeiro	27/01 a 02/02	La Niña
2006	dezembro	26/11 a 02/12	El Niño
2006	dezembro	07/12 a 16/12	El Niño
2007	janeiro	27/12/2006 a 16/01/2007	El Niño
2007	janeiro	22/01 a 27/01	El Niño
2008	fevereiro	30/01 a 08/02	La Niña
2008	fevereiro	22/02 a 25/02	La Niña
2008	dezembro	03/12 a 07/12	normal
2008	dezembro	12/12 a 20/12	normal
2009	janeiro	04/01 a 08/01	normal
2009	janeiro	20/01 a 24/01	normal
2009	dezembro	04/12 a 09/12	El Niño
2009	dezembro	12/12 a 15/12	El Niño
2010	dezembro	27/12 a 31/12	La Niña

Fonte: Malvestio (2014).

Conti (1973), afirmou que o clima da região do Vale do Paraíba é influenciado pelos sistemas frontais. Cavalcanti e Kousky (2009) ressaltaram que *"as frentes frias afetam o tempo sobre a América do Sul durante todo o ano"*, geralmente estão no sentido sudoeste-nordeste sobre o continente e oceano Atlântico.

Esses sistemas quando associados à ZCAS provocam chuvas intensas na região Sudeste:

Durante o verão, as frentes frias frequentemente se posicionam ao longo da costa do Brasil, entre São Paulo e Bahia, na região da posição climatológica da Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS), originando períodos prolongados de chuva forte, algumas vezes com ocorrência de inundações e prejuízos materiais e humanos na região, (CAVALCANTI e KOUSKY, p. 135, 2009).

A Figura 11 mostra a frequência de entrada de frentes frias no Brasil:

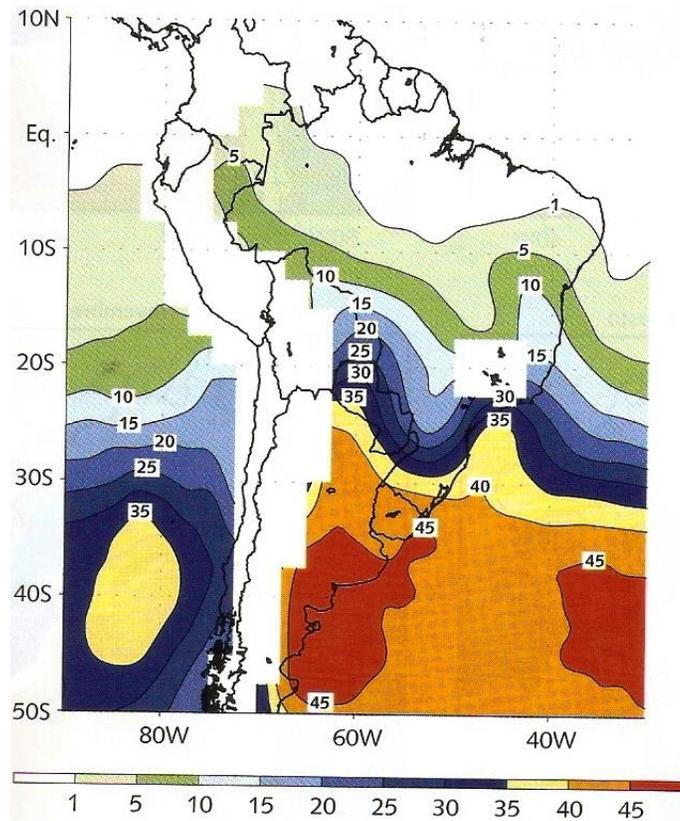


Figura 11 - Entrada de frentes frias.

Fonte: CAVALCANTI e KOUSKY, p. 139, 2009

Na Figura 11, nota-se que a região do Vale do Paraíba é frequente cerca de 30 a 35 frentes frias durante o ano. Há uma sazonalidade na ocorrência de frentes frias, que são mais frequentes de maio a setembro e menos frequentes durante no dezembro e fevereiro, (CAVALCANTI e KOUSKY, 2009). Nos estudos de Cavalcanti e Kousky (2009), também foi constatado que a *"precipitação é maior ao longo e atrás da frente que passa pelo Sudeste"*.

3 - MATERIAL E MÉTODOS.

3.1 - Períodos de 51 e 30 anos.

Para este estudo foram coletados dados da *hidroweb*, site da Agência Nacional de Águas (ANA). Foram utilizadas 14 estações espacialmente distribuídas pela UGRHI-2 (TABELA 4), buscando-se as melhores séries temporais e espaciais (Figura 12). O período escolhido foi 1960 a 2010.

A série de 51 anos (série 1 - 1960 a 2010) foi dividida em duas séries de 30 anos: 1960-1989 (série 2) e 1981-2010 (série 3). Essa divisão foi feita para analisar a variabilidade pluviométrica da área de estudo.

A série 1 foi homogeneizada (agrupamento de três séries pluviométricas por vez) através de um "pacote" estatístico R (*software* livre) e sua sub rotina Climatol:

"The "Climatol" R contributed package is mostly devoted to the problem of homogenizing climatological series, that is to say, remove the perturbations produced by changes in the conditions of observation or in the nearby environment to allow the series to reflect only (as far as possible) the climatic variations."(GUIJARRO, p.2, 2011).

Tabela 4 - Localização das estações

Número	Nome da estação	Cidade - SP	Longitude	Latitude
1	Queluz	Queluz	-44,77	-22,53
2	F. Santa Clara	C. Paulista	-44,97	-22,68
3	Campos de Cunha	Cunha	-44,82	-22,92
4	Bananal	Bananal	-44,32	-22,68
5	Guaratinguetá	Guaratinguetá	-45,17	-22,80
6	Pindamonhangaba	Pindamonhangaba	-45,47	-22,90
7	Estrada de Cunha	Cunha	-45,03	-22,98
8	Taubaté	Taubaté	-45,55	-23,03
9	Caçapava	Caçapava	-45,70	-23,07
10	S. L. Paraitinga	S. L.Paraitinga	-45,32	-23,22
11	Santa Branca	Santa Branca	-45,90	-23,37
12	Usina Bocaina	Cachoeira Paulista	-44,90	-22,72
13	S. J. Barreiro	S. J. Barreiro	-44,57	-22,63
14	Ponte Alta 1	S. L. Paraitinga	-45,14	-23,33

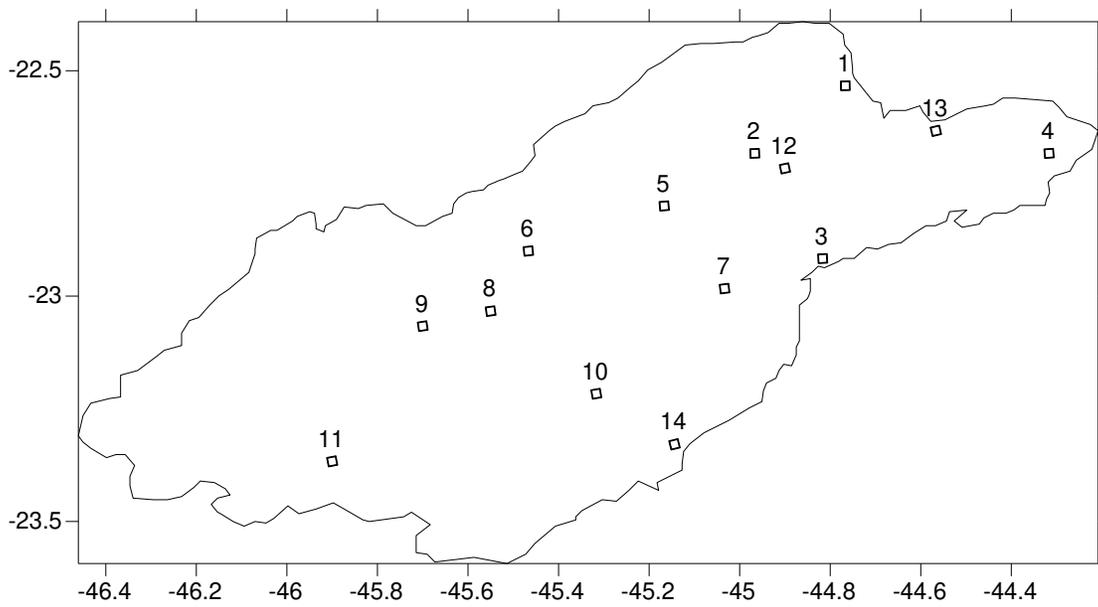


Figura 12 - Localização das estações.

Também foi utilizado através de um "pacote" estatístico R, a sub rotina *DataConversion*, que possibilita localizar a precipitação máxima de uma estação. O estudo de máximos se faz importante, uma vez que, é necessário estudar a maior quantidade de chuva daquela estação no dia.

Foram realizados cálculos para as três séries (uma série de 50 anos e duas de 30 anos): média climatológica, precipitação anual, desvio padrão e coeficiente de variação.

A análise estatística dos dados se iniciou com a realização da medida de posição através da média aritmética da precipitação do período. As medidas de posição em um conjunto de dados são valores calculados com o propósito de descrevê-los. A média é importante em estudos com séries pluviométricas, pois permite inferências de variabilidade com base em um longo período. *“A média aritmética resume o conjunto de dados em termos de posição central ou valor típico, mas, em geral, não fornece informação sobre outros aspectos da distribuição”*, (BARBETTA, 2008). Esta média é aqui chamada de média climatológica.

Após a realização das medidas de posição, trabalhou-se com as medidas de dispersão ou variabilidade. Estas medidas, como o desvio padrão e o coeficiente de variação, fornecem informações que complementam a informação da média aritmética. Estas medidas avaliam a dispersão do conjunto de valores analisados, ou seja, é a maior ou menor dispersão dos valores em torno da média, que é o ponto tomado para comparação.

De acordo com Barbetta, 2008: “O desvio padrão fornece informação sobre a dispersão (variância ou heterogeneidade) dos valores”. Logo, ao se comparar os desvios padrões de uma base de dados pode-se observar quais dados se distribuem de maneira mais dispersa em relação à média.

Já o coeficiente de variação é uma medida relativa de variabilidade, é interpretado como a variabilidade dos dados em relação à média, logo, quanto menor o coeficiente de variação mais homogêneo é o conjunto de dados. É dado pela razão entre o desvio padrão (S) e a média (\bar{x}).

Além desses cálculos, para a série 1, foram calculados os dias de chuva, período úmido, período seco, anos úmidos e anos secos. As anomalias de precipitação para os anos úmidos e secos também foram calculadas.

Com os resultados desses cálculos foram traçadas de isolinhas, utilizando no *software Surfer*. Para que as isolinhas ficassem de forma mais adequada, utilizou-se a Geoestatística como recurso, através do *software Variowin* para interpolação dos dados.

De acordo com Zimback (2003) o termo krigagem foi usado pela primeira vez por Matheron em 1965, em homenagem a Daniel G. Krige (que primeiro formulou essa maneira de interpolação). A krigagem pode fornecer a estimativa para um local específico.

A Geoestatística é uma ferramenta usada para uma melhor interpolação de dados através da krigagem. Isso ocorre devido ao fato da Geoestatística levar em conta a distribuição espacial das medidas, o que permite uma definição da correlação espacial entre as amostras (FREITAS, 2000).

De acordo com Landim (2003), essa correlação espacial entre as amostras tem base na Teoria das Variáveis Regionalizadas de Matheron, pois quando se tratam de variáveis cujos valores amostrados estão relacionados com a posição espacial que ocupam, a continuidade espacial é um fator importante, ou seja, cada valor tem forte interferência dos valores de sua vizinhança: existe uma relação que depende da distância, em que dados mais dispersos apresentam menor dependência.

Freitas (2000), afirma que quando as amostras forem coletadas nas duas dimensões do lugar e a interpolação entre locais medidos for necessária para a elaboração de isolinhas, é preciso usar uma ferramenta adequada para medir a dependência espacial. A ferramenta mais utilizada é o semivariograma e seus modelos mais comuns são linear, gaussiano, esférico e exponencial. Zimback (2003) afirma que o semivariograma possui alguns parâmetros. Entre eles

estão: efeito pepita (*nugget effect*), alcance (*range*) e patamar (*sill*). O efeito pepita (Co) corresponde a cota do ponto onde o semivariograma corta o eixo das ordenadas. O alcance (A) marca a distância a partir da qual as amostras tornam-se independentes, é a chamada Zona de Influência ou de Dependência Espacial de uma amostra. O patamar (C+Co) corresponde ao ponto onde toda a semivariância da amostra é de influência aleatória.

O Índice de Anomalia de Chuva (IAC) analisa a frequência que ocorrem anos secos e chuvosos e a intensidade do evento, tendo sido desenvolvido por Rooy (1965). Tem como fórmula:

$$IAC = 3 \left[\frac{(p - \bar{p})}{(m - p)} \right], \text{ para anomalias positivas (1)}$$

$$IAC = -3 \left[\frac{(p - \bar{p})}{(m - p)} \right], \text{ para anomalias negativas (2)}$$

Onde: p = precipitação ou anual (mm); \bar{p} = precipitação média anual da série histórica (mm); m = média das dez maiores precipitações anuais da série histórica (mm); x = média das dez menores precipitações anuais da série histórica (mm) e anomalias positivas são valores acima da média e negativas, abaixo da média.

A Tabela 5 mostra a classificação do IAC.

Tabela 5 - Classificação do Índice de Anomalia de Chuva (IAC).

IAC	Classificação
$\geq 4,00$	Extremamente úmido
3,00 a 3,99	Umidade alta
2,00 a 2,99	Umidade moderada
0,5 a 1,99	Umidade baixa
-0,49 a 0,49	Normal
-1,99 a -0,5	Seca suave
-2,00 a -2,99	Seca moderada
-3,00 a - 3,99	Seca alta
$\leq - 4,00$	Extremamente seca

Fonte: EMBRAPA (2009), adaptado pela autora (2010).

Para a análise dos anos de evento ENOS, foi utilizado como base, às tabelas do Centro de previsão de tempo e estudos climáticos (CPTEC- INPE), que apresentam os anos do evento (Tabela 6 e 7)

Tabela 6 - Ocorrências de eventos El Niño

1877 - 1878	1888 - 1889
1896 - 1897	1899
1902 - 1903	1905 - 1906
1911 - 1912	1913 - 1914
1918 - 1919	1923
1925 - 1926	1932
1939 - 1941	1946 - 1947
1951	1953
1957 - 1959	1963
1965 - 1966	1968 - 1970
1972 - 1973	1976 - 1977
1977 - 1978	1979 - 1980
1982 - 1983	1986 - 1988
1990 - 1993	1994 - 1995
1997 - 1998	2002 - 2003
2004 - 2005	2006 - 2007
2009 - 2010	-

Fonte: CPTEC/INPE - <http://enos.cptec.inpe.br/>

Tabela 7 - Ocorrências de eventos La Niña

1886	1903 - 1904
1906 - 1908	1909 - 1910
1916 - 1918	1924 - 1925
1928 - 1929	1938 - 1939
1949 - 1951	1954 - 1956
1964 - 1965	1970 - 1971
1973 - 1976	1983 - 1984
1984 - 1985	1988 - 1989
1995 - 1996	1998 - 2001
2007 - 2008	-

Fonte: CPTEC/INPE - <http://enos.cptec.inpe.br/>

Neste trabalho foi realizado o teste de hipótese para a comparação das médias climatológicas da série 2 e série 3.

Os testes estatísticos de hipóteses são usados quando o pesquisador tem alguma ideia sobre o comportamento de alguma variável ou de uma possível associação de variáveis. Logo, se testa a veracidade de suas ideias sobre a amostra em estudo (BARBETTA, 2008).

Dado o problema, cabe ao pesquisador escolher a hipótese de trabalho ou hipótese nula, que é basicamente a negação daquilo que o pesquisador deseja provar (H_0). Quando o teste realizado mostrar evidências que a hipótese nula é falsa, aceita-se em seu lugar a hipótese alternativa (H_1). Essa hipótese é geralmente aquilo que o pesquisador quer provar. É comum H_0

ser representada em termos de igualdade de parâmetros, enquanto H_1 em forma de desigualdade (maior, menor ou diferente), (BARBETTA, 2008).

Andriotti (2003) afirma que podem ocorrer dois tipos de erro em um teste, referidos como tipo I e II. Ocorre um erro tipo I quando se rejeita a hipótese nula, sendo ela verdadeira: chama-se de nível de significância e anota-se por α e ocorre o erro tipo II (β) quando aceita-se a hipótese nula sendo ela falsa. A maior parte dos testes são planejados para cometer o erro tipo I, que é o erro chamado de nível de significância do teste. Barbetta (2008), afirma que é comum adotar o nível de significância de 5%, ou seja, $\alpha=0,05$:

Tabela 8 – Resumo dos Tipos de erro.

	H₀ verdadeira	H₁ falsa
Aceitar H₀	decisão correta	erro do tipo II (β)
Rejeitar H₀	erro do Tipo I (α)	decisão correta

Fonte: Andriotti (2003)

Os testes de hipótese podem ser bilaterais ou unilaterais. A diferença entre eles é basicamente, que quando se testam dois extremos da distribuição, os testes são bilaterais, quando houver interesse em apenas um lado, usam-se os testes unilaterais. Nos unilaterais, a região crítica está em um só lado da distribuição e sua área tem o valor do nível de significância, já nos bilaterais, tem-se metade da área em cada cauda da distribuição. No teste unilateral, testa-se se a média amostral é maior ou menor, já no teste bilateral, testa-se apenas se um valor é diferente do outro, (ANDRIOTTI, 2003).

Para este trabalho, foram consideradas as seguintes hipóteses para o teste:

$$H_0: \mu_1 = \mu_2$$

$$H_1: \mu_1 \neq \mu_2$$

Como as hipóteses são sobre a diferença das médias das amostras, considera-se o teste como bilateral. Utilizou-se o nível de significância de 5%, ou seja, $\alpha= 0,05$.

A Figura 13 mostra a região crítica no gráfico de distribuição, ou seja, a região de aceitação ou rejeição de H_0 :

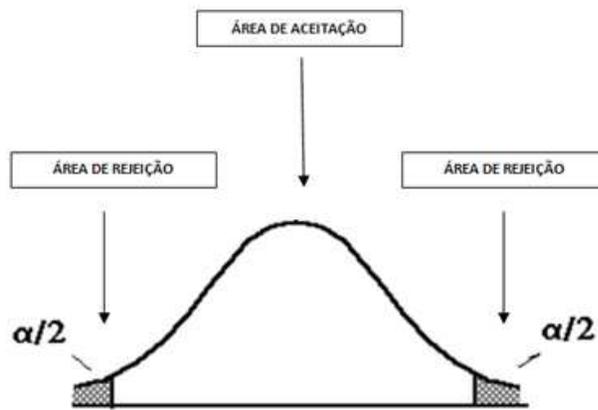


Figura 13 – Regiões críticas.

Se os valores calculados forem maiores do que os tabelados, rejeita-se H_0 , caso contrário, aceita-se H_0 , ou seja, se t_{cal} for menor que t_{tab} , aceita-se H_0 , pois seu valor está na área de aceitação. Para calcular o t_{tab} , foi utilizada a tabela da distribuição t de *Student*.

Com os dados de altitude de cada uma das estações foi elaborado o mapa hipsométrico da bacia, no *software Surfer*, afim de relacionar a quantidade de chuva com o relevo da bacia.

Também se estudou o tempo de retorno. Entende-se tempo de retorno como o inverso da probabilidade de ocorrência de um evento de precipitação. É o intervalo médio em que um evento pode ser igualado ou superado, (MESQUITA *et al.* 2009).

Para um estudo mais detalhado do período, também foi realizado o cálculo do tempo de retorno para as precipitações máximas diárias encontradas. Para isso, achou-se primeiramente a probabilidade de ocorrência de chuvas, através da fórmula:

$$P = m/(n+1)$$

Onde: P é a probabilidade de ocorrência de chuvas; m é a localização da precipitação e n o número de eventos do período.

Após isso, foi encontrado o tempo de retorno para a precipitação máxima diária, através da fórmula:

$$TR = 1/(1-P)$$

Onde: TR é o tempo de retorno e P é a probabilidade de ocorrência de chuvas.

Através de imagens de satélite retiradas do *site* do CPTEC-INPE, foi estudada a influência da ZCAS e da dinâmica climática na precipitação. Para isso também utilizou-se os boletins, Climanálises e resumos sinóticos, presentes no mesmo *site*.

3.2 - Desastres no Vale do Paraíba.

Para a cidade de São Luiz do Paraitinga, foi realizado um estudo específico para a enchente de 2009/2010, com cálculos estatísticos da estação local para analisar a chuva: média climatológica da cidade, máximos de precipitação, dias com chuva e período úmido.

Foram retiradas imagens de áreas de risco do *site* da Prefeitura de São Luiz do Paraitinga. Buscou-se relacionar essas imagens com condicionantes para uma enchente: relevo, ocupação e quantidade de chuva.

Também foi calculado o tempo de retorno para a chuva que atingiu a cidade e acabou ocasionando a enchente.

Para as cidades de Guaratinguetá e Cunha, também afetadas no mesmo ano, foram calculadas as precipitações máximas e o estudo da climatologia da cidade, mostrando algumas das causas das enchentes.

4 - RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 - Análise dos períodos de 51 e 30 anos.

Primeiramente, serão apresentados alguns resultados das homogenizações das estações através do programa Climatol (Figuras 14 a 22). Essas homogenizações foram realizadas através do agrupamento de três estações próximas, que apresentavam altitudes parecidas, tendo como parâmetro de homogenização a série climatológica mais completa dentre as três agrupadas.

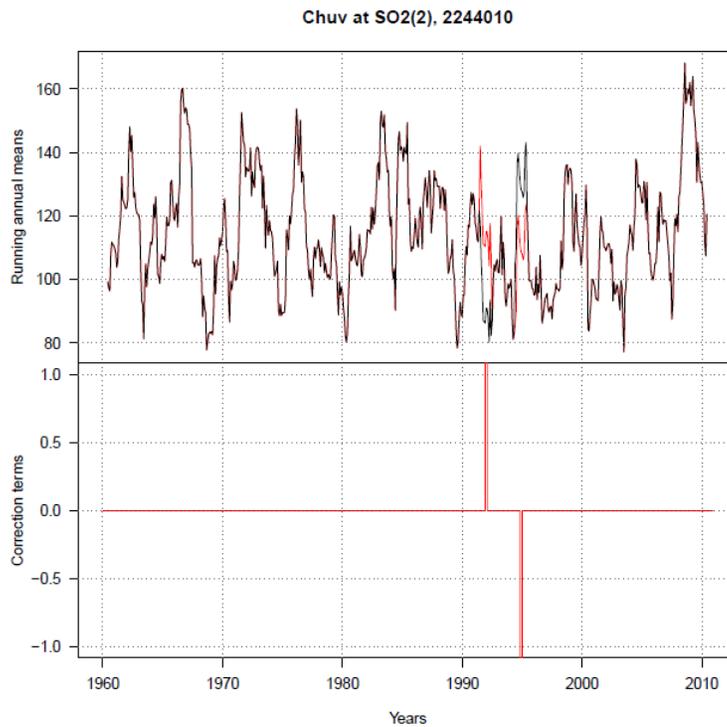


Figura 14 - Correções da estação Fazenda Sta. Clara

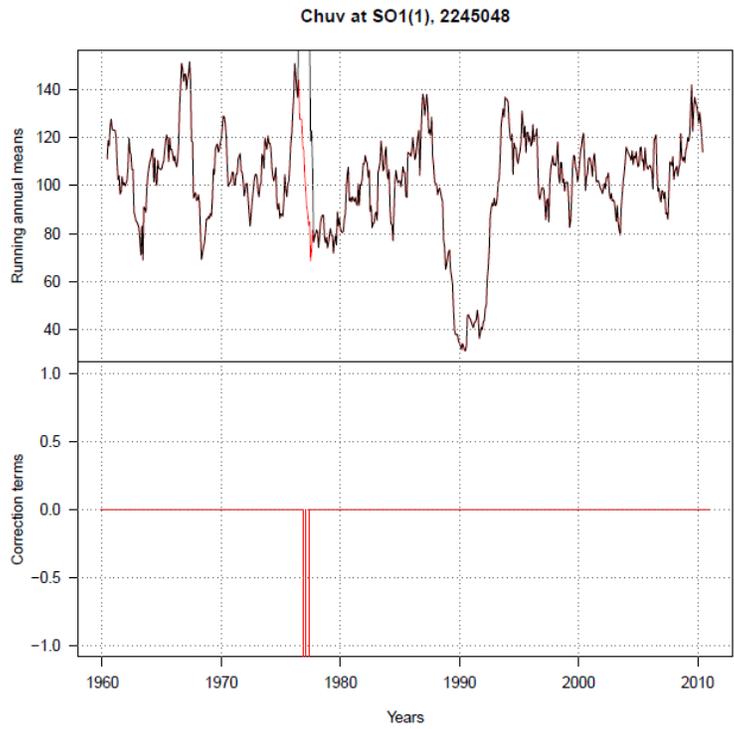


Figura 15 - Correções da estação Pindamonhangaba.

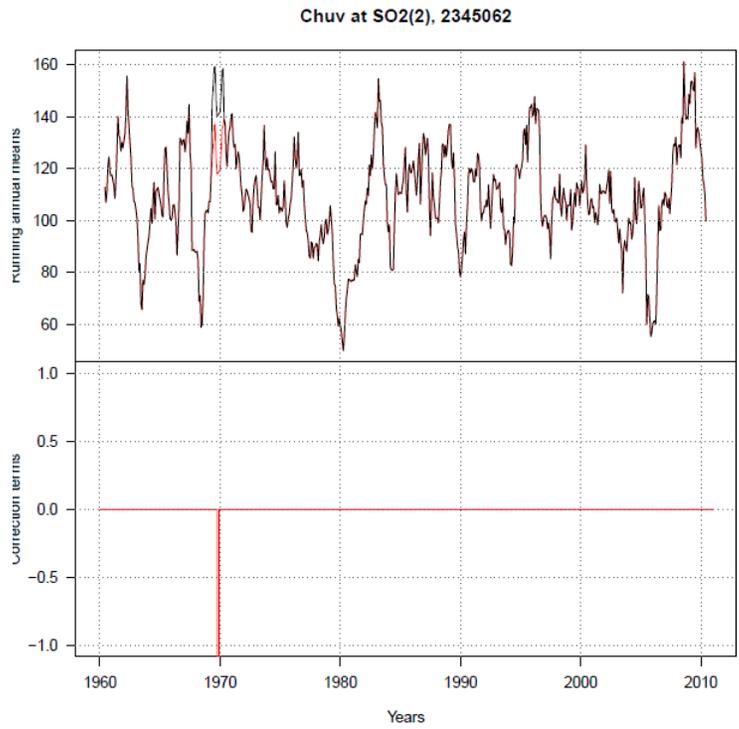


Figura 16 - Correções da estação Taubaté

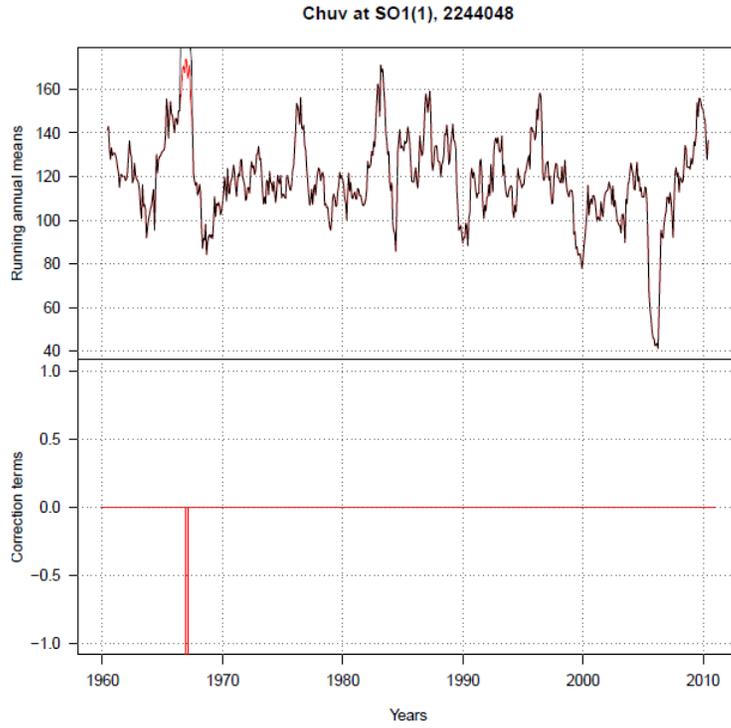


Figura 17 - Correções da estação Campos de Cunha.

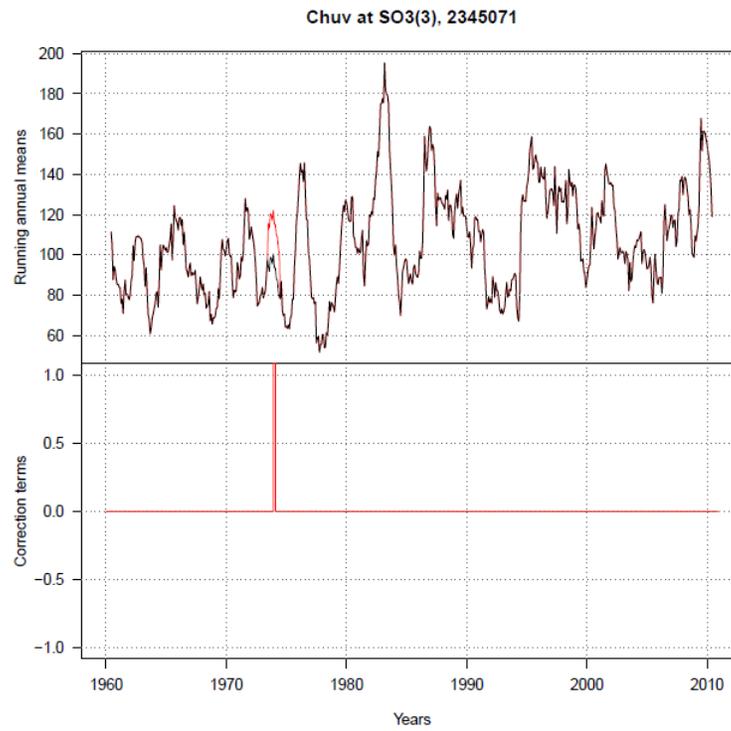


Figura 18 - Correções da estação Santa Branca

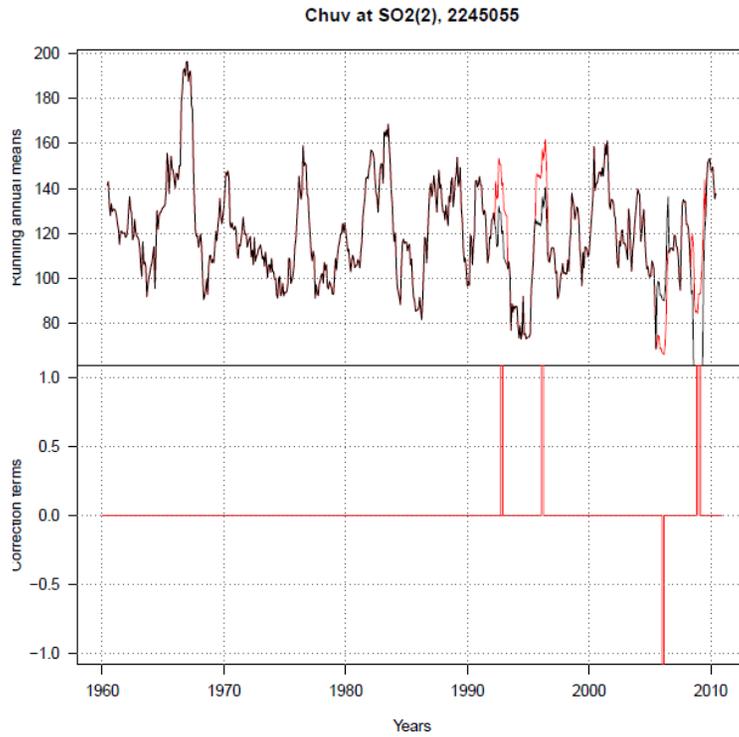


Figura 19 - Correções da estação Estrada de Cunha.

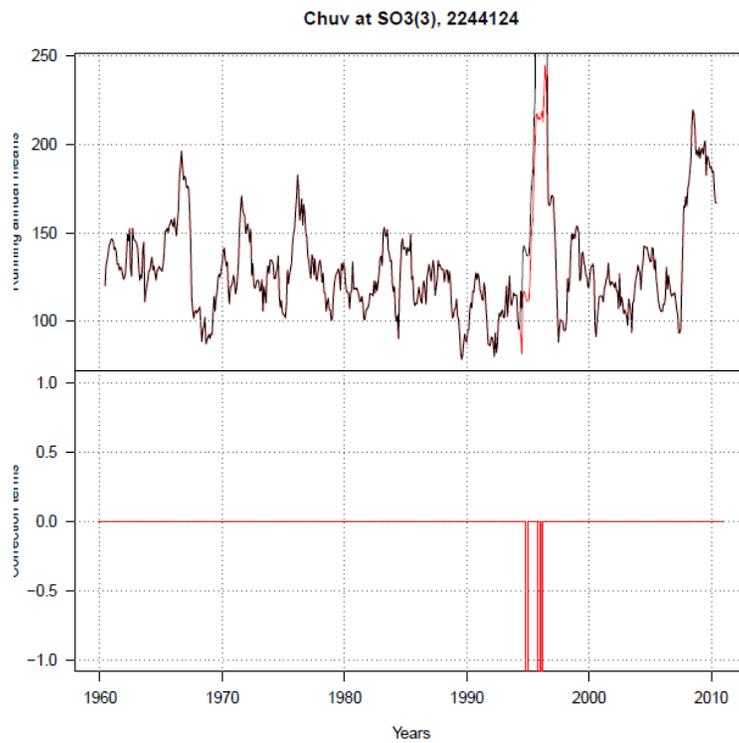


Figura 20 - Correções da estação Usina Bocaina

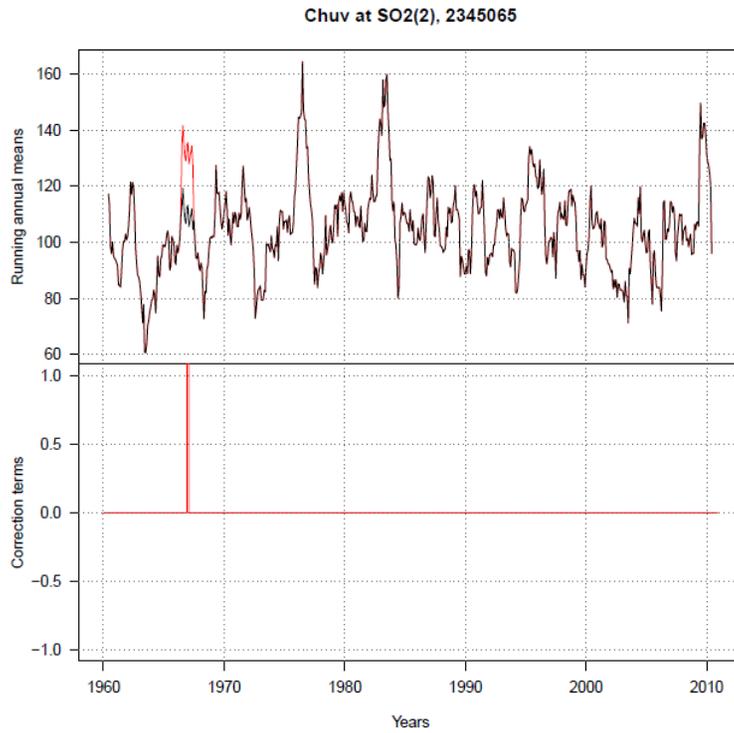


Figura 21 - Correções da estação São Luiz do Paraitinga.

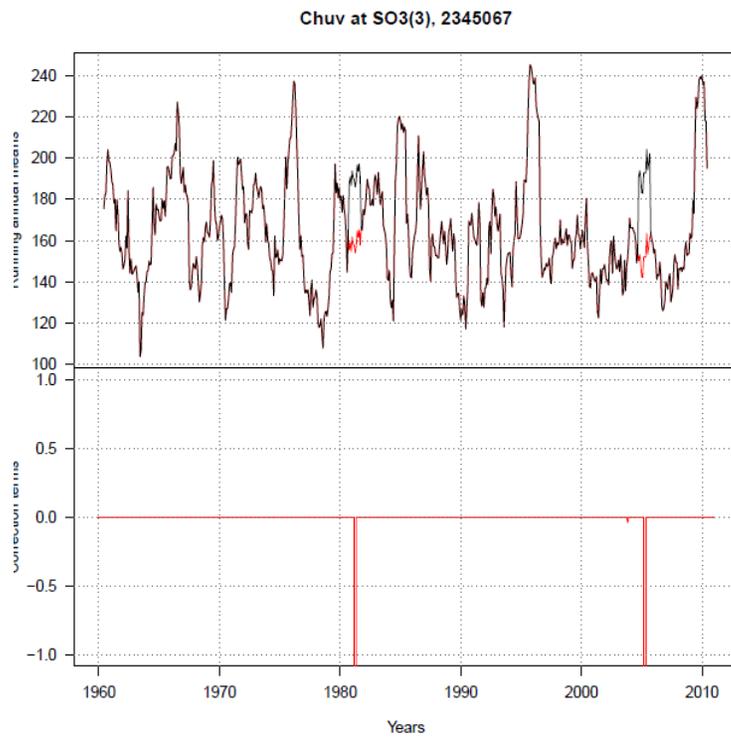


Figura 22 - Correções da estação Ponte Alta 1

Observa-se nas Figuras 14 a 22, que foram necessários alguns ajustes na precipitação diária das séries. Isso propiciou séries corrigidas e melhores para serem trabalhadas, uma vez que, apresentam dados consistidos dentro da área da estação, através da metodologia de Guijarro.

As Figuras 23 a 36, apresentam os gráficos de precipitação anual e da média climatológica de cada estação. Buscou-se extrair os anos considerados úmidos (com precipitação acima da média) e os anos considerados secos (com precipitação abaixo da média) para a série 1.

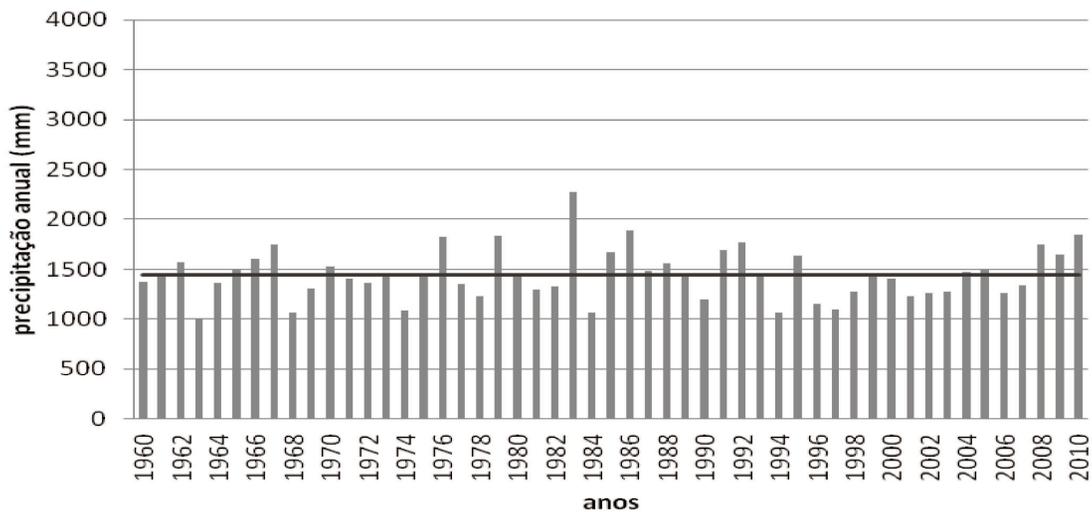


Figura 23 - Precipitação e média climatológica (série 1) - estação Queluz - Centro de Saúde

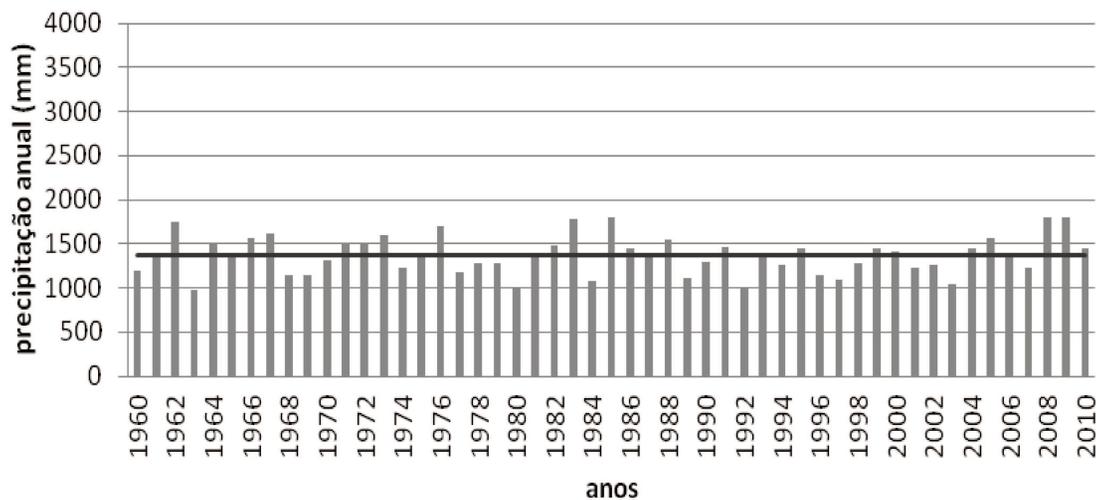


Figura 24 - Precipitação e média climatológica (série 1) - estação Fazenda Sta. Clara

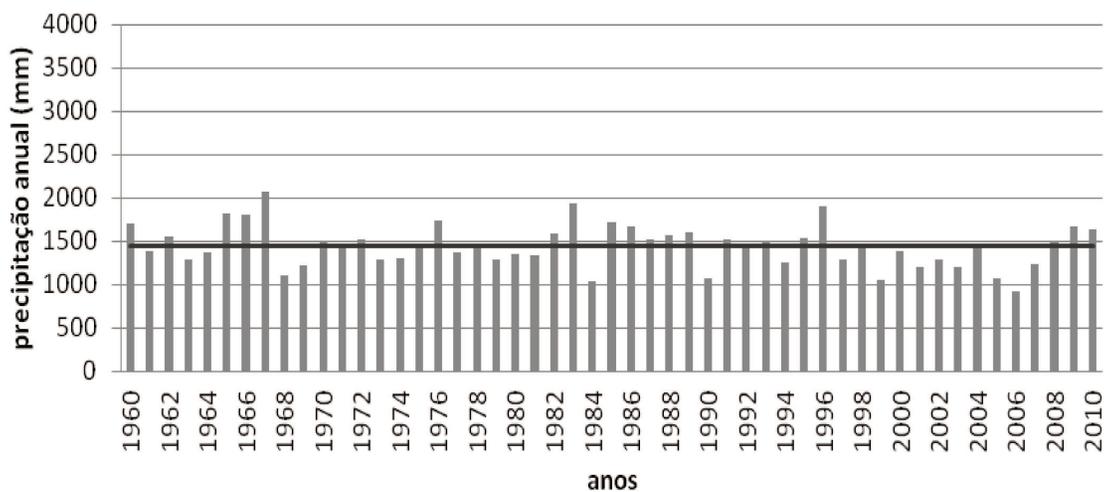


Figura 25 - Precipitação e média climatológica (série 1) - estação Campos de Cunha

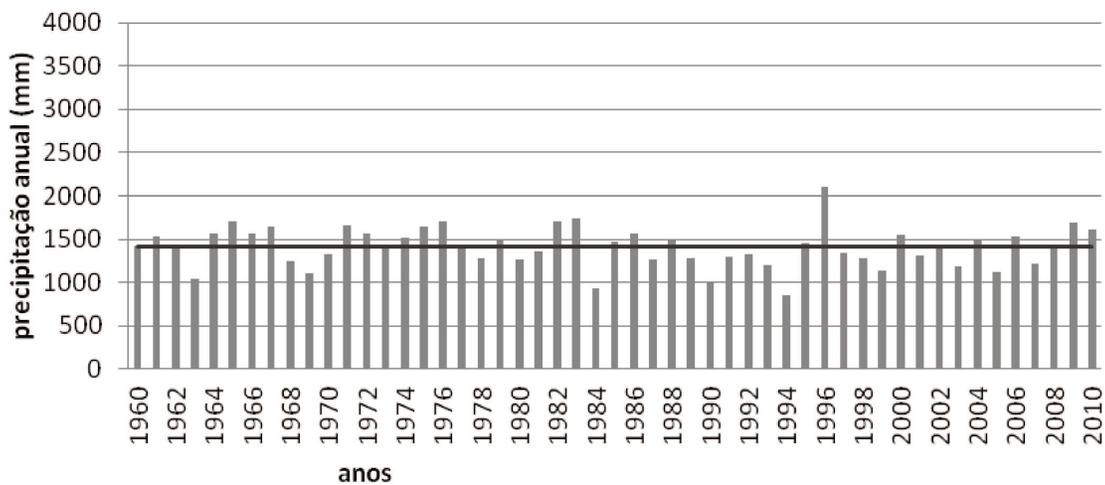


Figura 26 - Precipitação e média climatológica (série 1) - estação Bananal

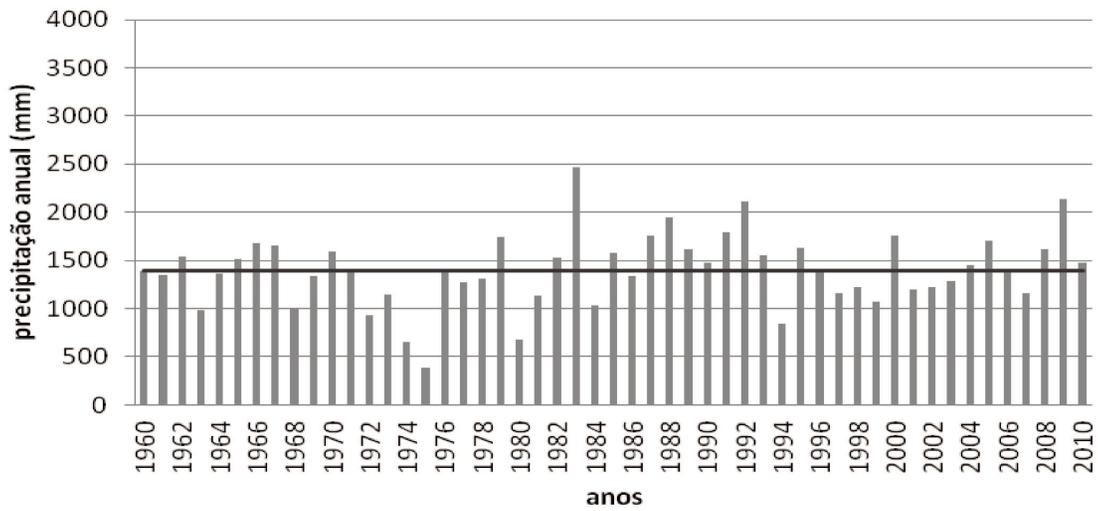


Figura 27 - Precipitação e média climatológica (série 1) - estação Guaratinguetá

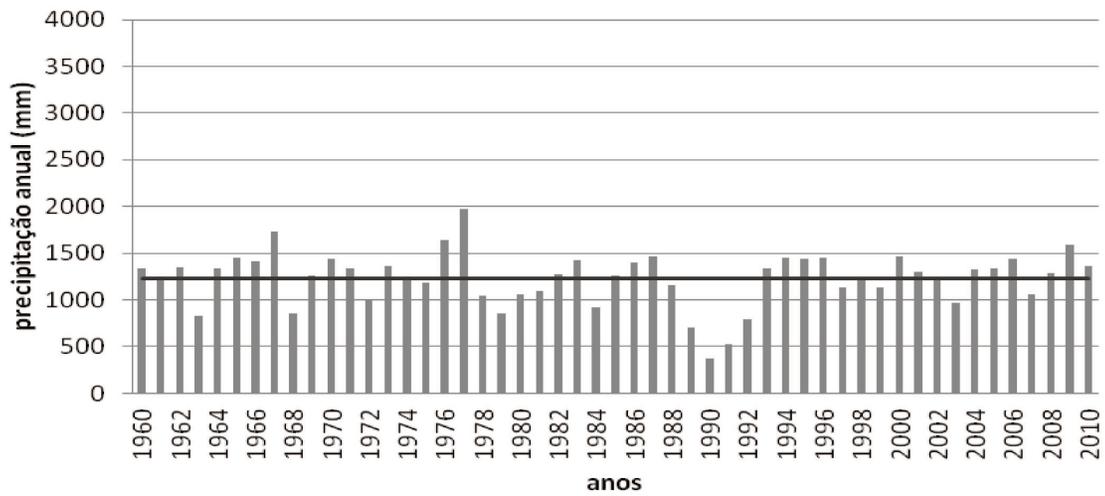


Figura 28 - Precipitação e média climatológica (série 1) - estação Pindamonhangaba

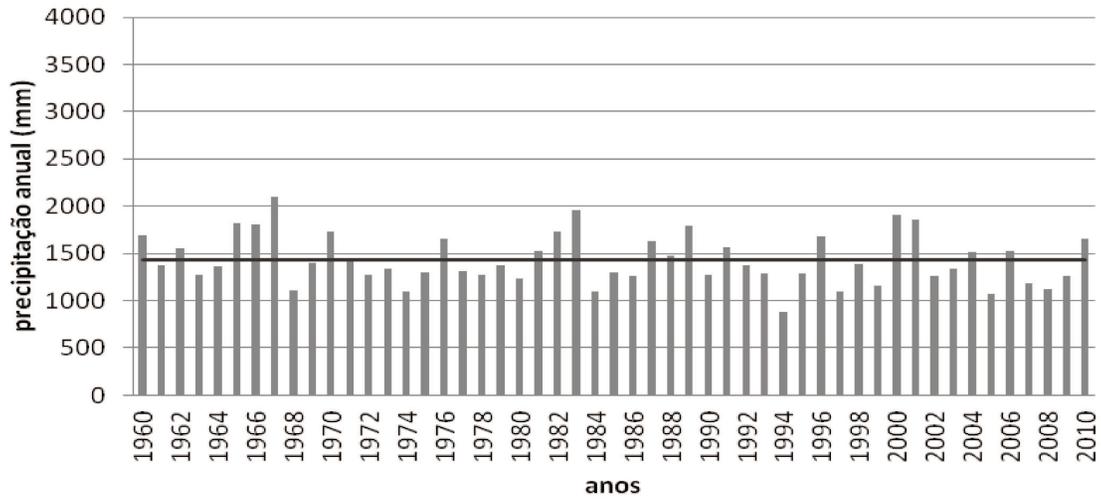


Figura 29 - Precipitação e média climatológica (série 1) - estação Estrada de Cunha

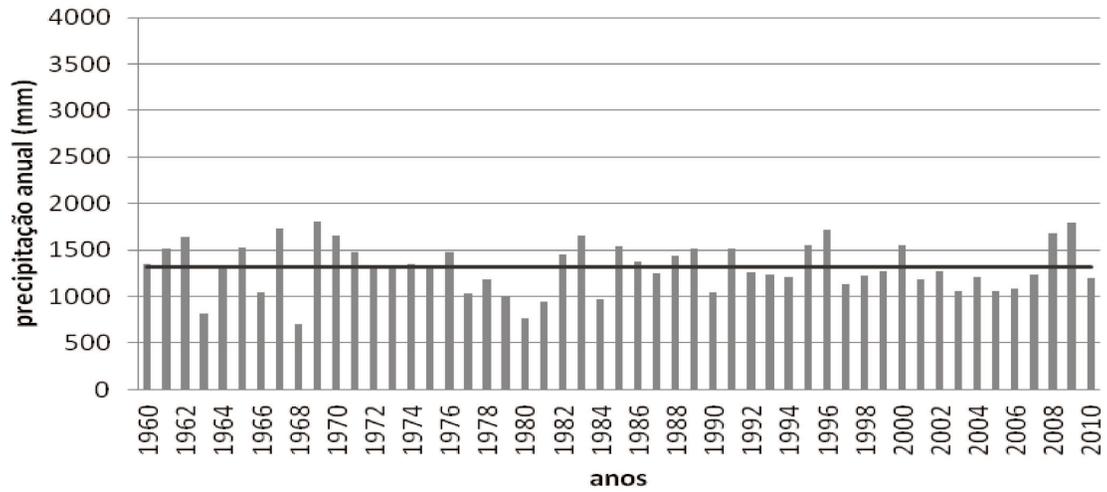


Figura 30 - Precipitação e média climatológica (série 1) - estação Taubaté

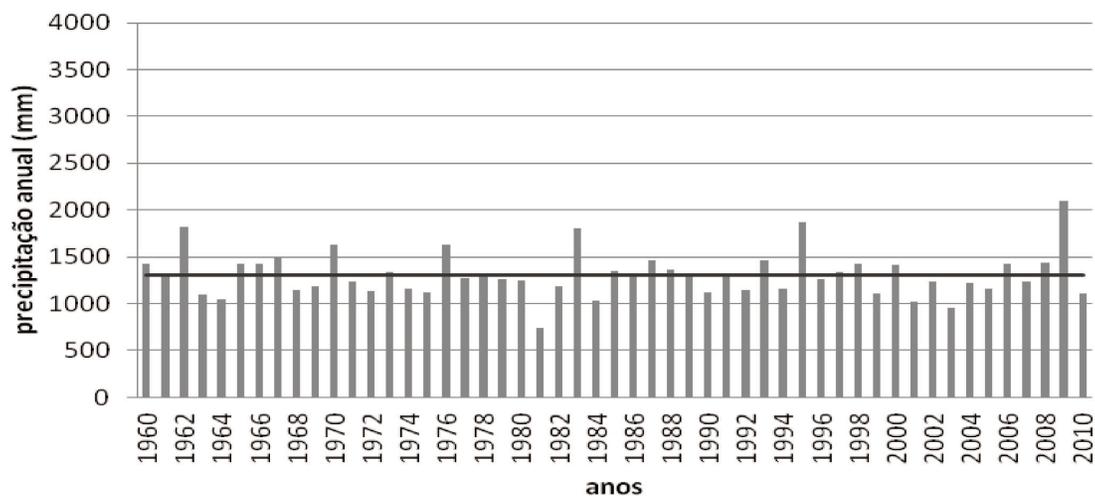


Figura 31 - Precipitação e média climatológica (série 1) - estação Caçapava

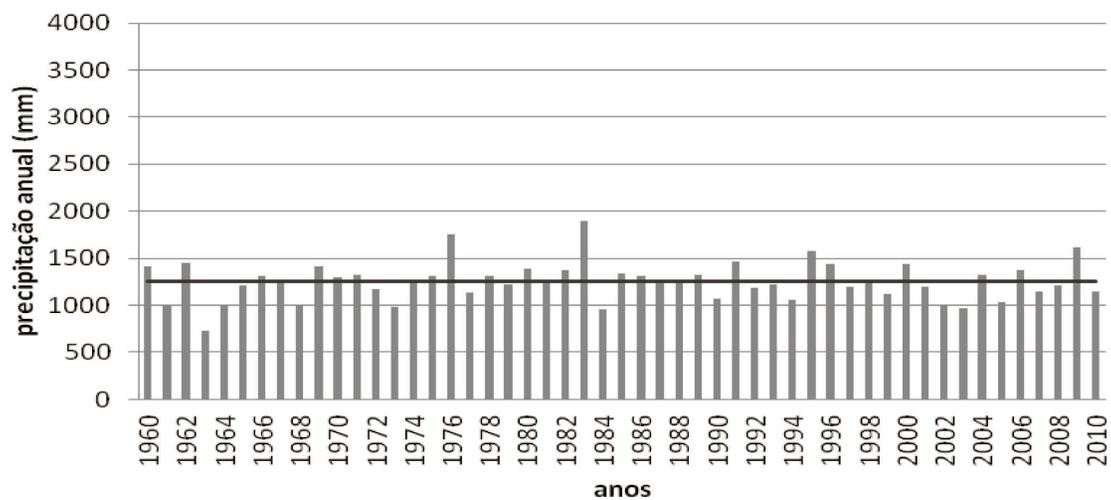


Figura 32 - Precipitação e média climatológica (série 1) - estação São Luiz do Paraitinga

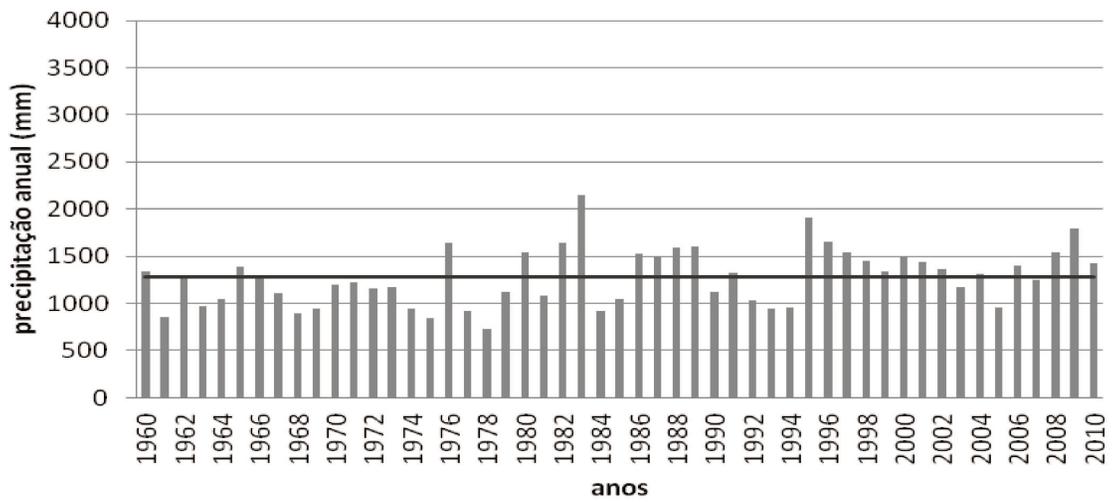


Figura 33 - Precipitação e média climatológica (série 1) - estação Santa Branca

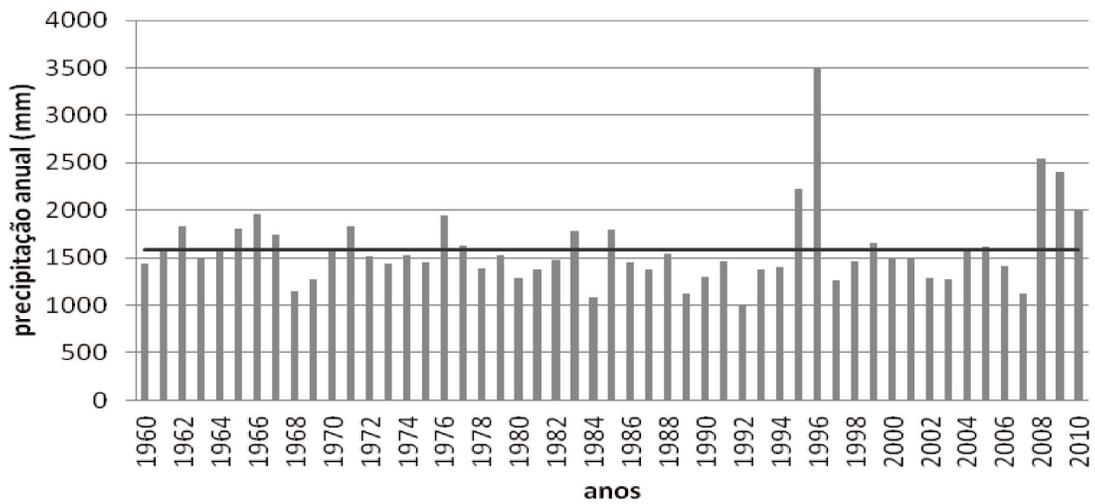


Figura 34 - Precipitação e média climatológica (série 1) - estação Usina Bocaína

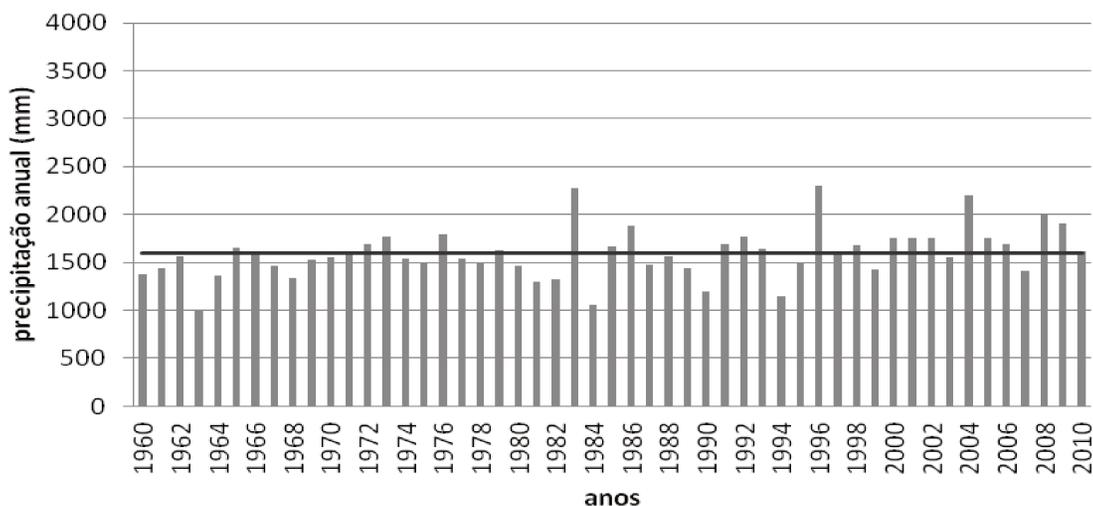


Figura 35 - Precipitação e média climatológica (série 1) - estação São José do Barreiro.

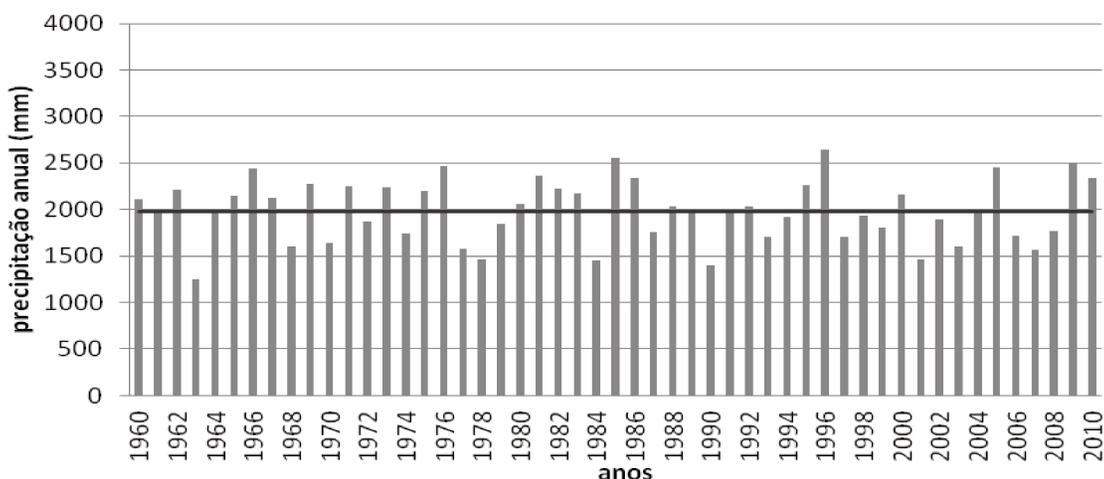


Figura 36 - Precipitação e média climatológica (série 1) - estação Ponte Alta 1.

Observando as Figuras 23 a 36, foi possível destacar alguns anos como úmidos: 1965, 1966, 1972, 1973, 1982, 1983, 2004, 2005, 2006, 2007, 2009 e 2010. Já os anos secos foram: 1984, 1985, 1988, 1989, 1995, 1996, 1998, 2000, 2001, 2007 e 2008. A classificação dos anos está de acordo com as Tabelas 5 e 6. Os anos úmidos são anos que apresentaram, de modo geral, El Niño de intensidade moderada ou forte e os secos são os que apresentaram, também de modo geral, La Niña de intensidade forte ou moderada. Desta forma, pode-se observar marcada variabilidade pluviométrica na área de estudo.

Foi possível observar que os anos de 1997 e 1998, de El Niño intensidade forte não foram percebidos na região. Possivelmente, não foi percebido devido a um forte bloqueio atmosférico

ocorrido na região, o que impossibilitou muitas chuvas no período. Observou-se nos gráficos que as chuvas não foram tão significativas nestes anos. Em outras regiões do país, as chuvas foram intensas nesses anos e nota-se que na região de estudo, as chuvas permaneceram dentro ou abaixo da média climatológica.

Observou-se nos gráficos de média climatológica que a maioria das estações não apresentaram médias climatológicas superiores a 1.500 mm. Logo, os anos que registraram precipitação anual superior a 1.500 mm foram considerados úmidos, possuindo uma quantidade marcada de chuva, durante todo o ano. Apenas três estações apresentaram média climatológica superior a 1.500 mm.

As Tabelas 9 a 12, mostram os dias com chuva anuais do período seco (meses de junho, julho e agosto) e período úmido de alguns dos anos úmidos e secos, (APÊNDICE 1).

Tabela 9 - Dias com chuva - 1982

1982			
Estações	Dias com chuva anual	Dias com chuva período úmido	Dias com chuva período seco
Queluz	128	57	20
F. Santa Clara	123	52	18
Campos de Cunha	145	56	29
Bananal	129	55	19
Guaratinguetá	138	53	22
Pindamonhangaba	104	45	21
Estrada de Cunha	192	68	43
Taubaté	116	48	18
Caçapava	111	33	25
S. L. Paraitinga	153	62	33
Santa Branca	144	54	28
Usina Bocaína	123	52	18
S. J. do Barreiro	128	57	20
Ponte Alta I	134	53	21

Tabela 10 - Dias com chuva - 1983

1983			
Estações	Dias com chuva anual	Dias com chuva período úmido	Dias com chuva período seco
Queluz	156	58	20
F. Santa Clara	140	47	19
Campos de Cunha	187	59	33
Bananal	158	53	22
Guaratinguetá	169	63	19
Pindamonhangaba	128	49	18
Estrada de Cunha	203	54	26
Taubaté	127	43	16
Caçapava	141	41	22
S. L. Paraitinga	176	59	28
Santa Branca	148	53	22
Usina Bocaína	140	47	19
S. J. do Barreiro	156	58	20
Ponte Alta I	158	58	16

Tabela 11 - Dias com chuva - 2009

2009			
Estações	Dias com chuva anual	Dias com chuva período úmido	Dias com chuva período seco
Queluz	134	52	19
F. Santa Clara	128	51	18
Campos de Cunha	166	59	27
Bananal	147	55	23
Guaratinguetá	165	61	23
Pindamonhangaba	141	55	23
Estrada de Cunha	59	33	7
Taubaté	141	52	24
Caçapava	123	43	24
S. L. Paraitinga	144	54	23
Santa Branca	183	62	37
Usina Bocaína	138	58	18
S. J. do Barreiro	148	53	23
Ponte Alta I	125	51	17

Tabela 12 - Dias com chuva - 2010

2010			
Estações	Dias com chuva anual	Dias com chuva período úmido	Dias com chuva período seco
Queluz	105	51	6
F. Santa Clara	120	54	9
Campos de Cunha	131	53	12
Bananal	119	54	10
Guaratinguetá	123	53	6
Pindamonhangaba	110	52	9
Estrada de Cunha	108	58	6
Taubaté	141	59	13
Caçapava	112	46	8
S. L. Paraitinga	115	46	10
Santa Branca	144	65	13
Usina Bocaína	118	50	9
S. J. do Barreiro	142	62	12
Ponte Alta I	99	49	5

Nas Tabelas 9 a 12, foram selecionados alguns anos úmidos que apresentaram El Niño. O período úmido, por ser formado por três meses, contém 90 dias e observou-se que na região houve uma maior quantidade de chuva neste período. A maior parte dessa chuva é ocasionada pelas chamadas "chuvas de verão", típicas de nuvens cumulonimbus, que formam tempestades intensas, com marcada quantidade de chuva em poucas horas.

As Tabelas 13 a 16 são correspondentes aos anos de La Niña, (APÊNDICE 2).

Tabela 13 - Dias com chuva - 1984

1984			
Estações	Dias com chuva anual	Dias com chuva período úmido	Dias com chuva período seco
Queluz	103	44	10
F. Santa Clara	94	38	9
Campos de Cunha	112	45	16
Bananal	112	41	18
Guaratinguetá	107	42	11
Pindamonhangaba	107	45	16
Estrada de Cunha	153	61	31
Taubaté	78	36	5
Caçapava	102	46	14
S. L. Paraitinga	110	46	15
Santa Branca	98	40	20
Usina Bocaína	94	38	9
S. J. do Barreiro	103	44	10
Ponte Alta I	104	44	9

Tabela 14 - Dias com chuva - 1985

1985			
Estações	Dias com chuva anual	Dias com chuva período úmido	Dias com chuva período seco
Queluz	131	50	9
F. S. Clara	120	50	5
Campos de Cunha	149	48	18
Bananal	119	46	7
Guaratinguetá	104	38	4
Pindamonhangaba	124	43	9
Estrada de Cunha	179	44	33
Taubaté	85	32	4
Caçapava	108	40	5
S. L. Paraitinga	132	42	14
Santa Branca	128	42	9
Usina Bocaína	120	50	5
S. J. do Barreiro	131	50	9
Ponte Alta 1	108	45	6

Tabela 15 - Dias com chuva - 2007

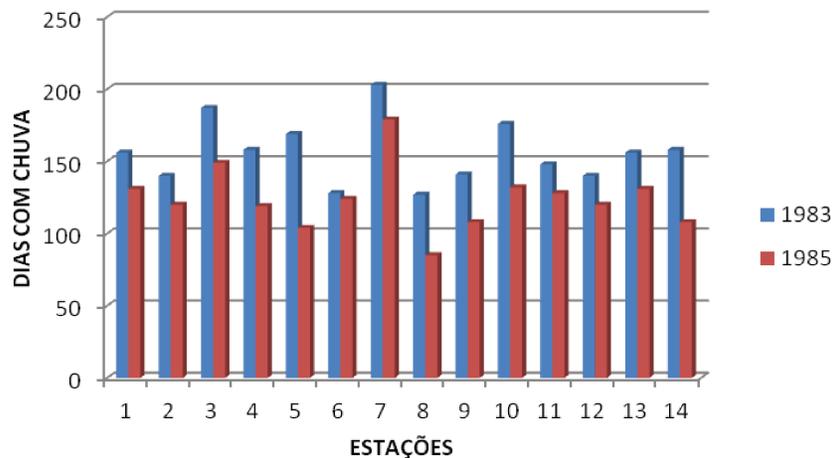
2007			
Estações	Dias com chuva anual	Dias com chuva período úmido	Dias com chuva período seco
Queluz	121	61	11
F. S. Clara	116	56	11
Campos de Cunha	117	60	9
Bananal	98	53	8
Guaratinguetá	125	60	11
Pindamonhangaba	118	53	11
Estrada de Cunha	84	38	7
Taubaté	118	56	12
Caçapava	116	54	12
S. L. Paraitinga	103	54	11
Santa Branca	151	61	18
Usina Bocaína	114	53	11
S. J. Barreiro	96	54	10
Ponte Alta 1	97	51	9

Tabela 16 - Dias com chuva - 2008

2008			
Estações	Dias com chuva		
	anual	período úmido	período seco
Queluz	134	49	13
F. Santa Clara	141	59	16
Campos de Cunha	160	68	19
Bananal	142	55	18
Guaratinguetá	152	57	16
Pindamonhangaba	116	46	12
Estrada de Cunha	92	21	4
Taubaté	160	61	19
Caçapava	120	40	15
S. L. Paraitinga	135	49	15
Santa Branca	187	54	29
Usina Bocaína	158	65	18
S. J. do Barreiro	143	57	21
Ponte Alta I	121	50	9

Observando as Tabelas 13 a 16, pode-se notar que os dias com chuva no período seco são menores que do período úmido. Geralmente, as chuvas no período seco são ocasionadas pela entrada de frentes frias, que abaixam as temperaturas e provocam chuvas estratiformes.

Para melhor visualização dos dias com chuva, foram confeccionados gráficos comparando os dias com chuva anuais da bacia, dos anos em questão (Figuras 37 a 40).

**Figura 37 - Gráfico dos anos 1983-1985.**

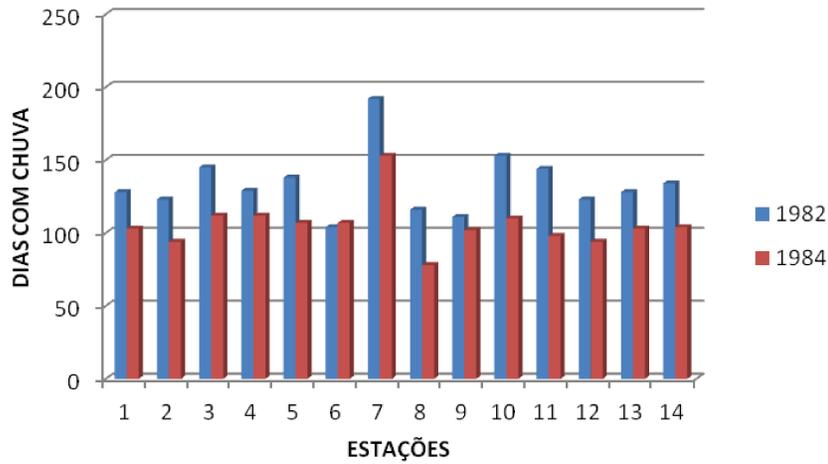


Figura 38 - Gráfico dos anos 1982-1984.

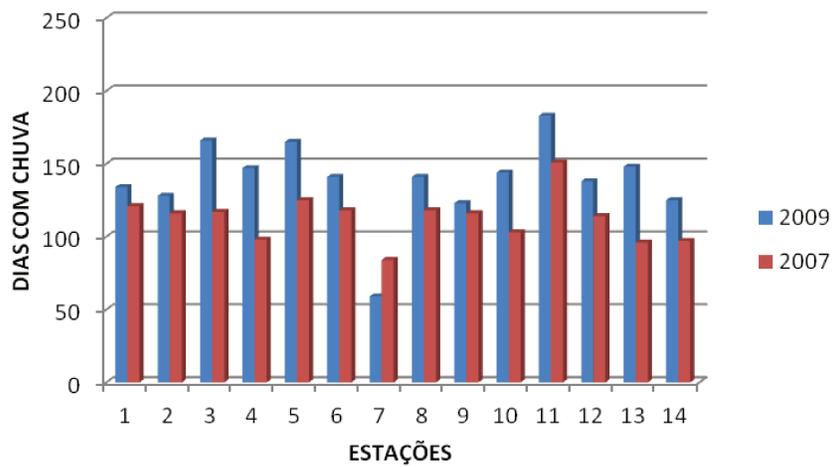


Figura 39 - Gráfico dos anos 2009-2007.

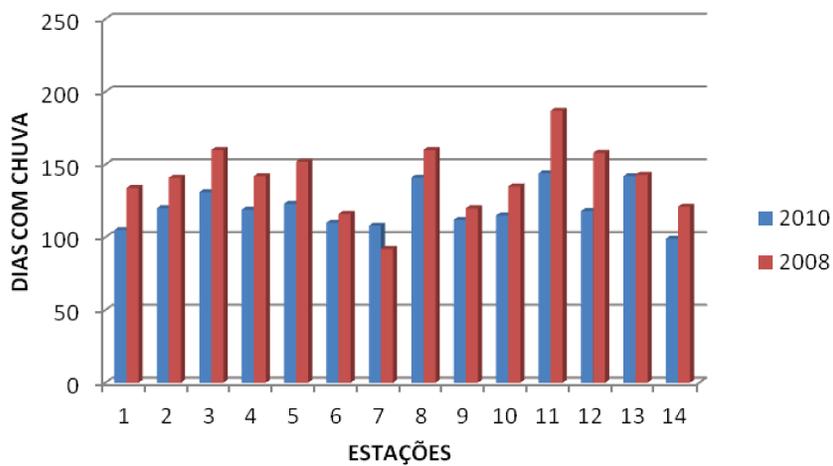


Figura 40 - Gráfico dos anos 2010-2008.

Nas Figuras 37 a 40, é possível notar a ocorrência de ENOS, fase quente e fase fria. Os anos com El Niño apresentaram mais dias com chuva durante o ano. Observou-se no gráfico dos anos 2008-2010 (Figura 40) o El Niño não foi muito forte e não há muitos dias com chuva no período.

O estudo da espacialização das anomalias é importante, pois através dele observou-se as áreas da bacia que tiveram maior ou menor ocorrência de chuva durante os anos de El Niño e La Niña. Para isso também foram utilizados os anos 1982, 1983, 1984, 1985, 2007, 2008, 2009 e 2010, (Figuras 41 a 48), (APÊNDICE 3).

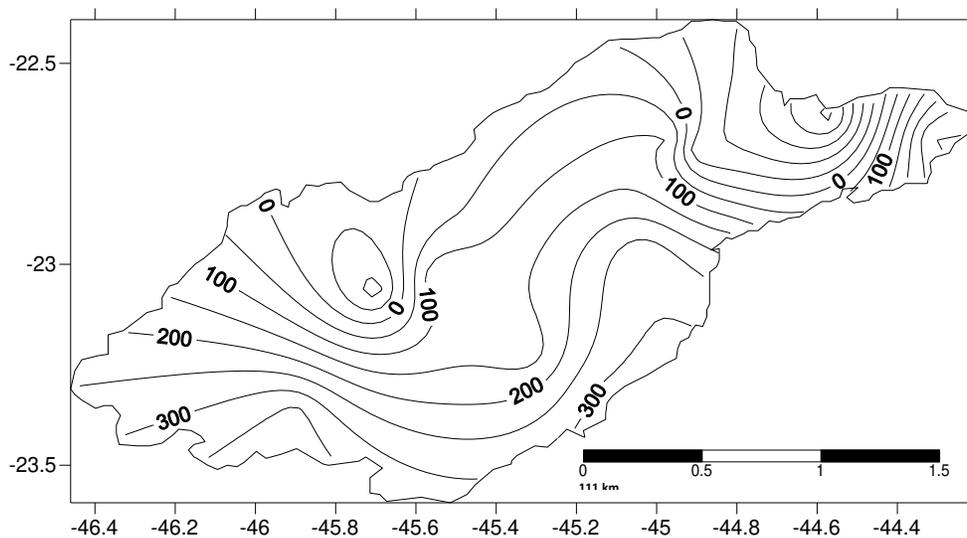


Figura 41 - Espacialização das anomalias de precipitação (mm) do ano 1982.

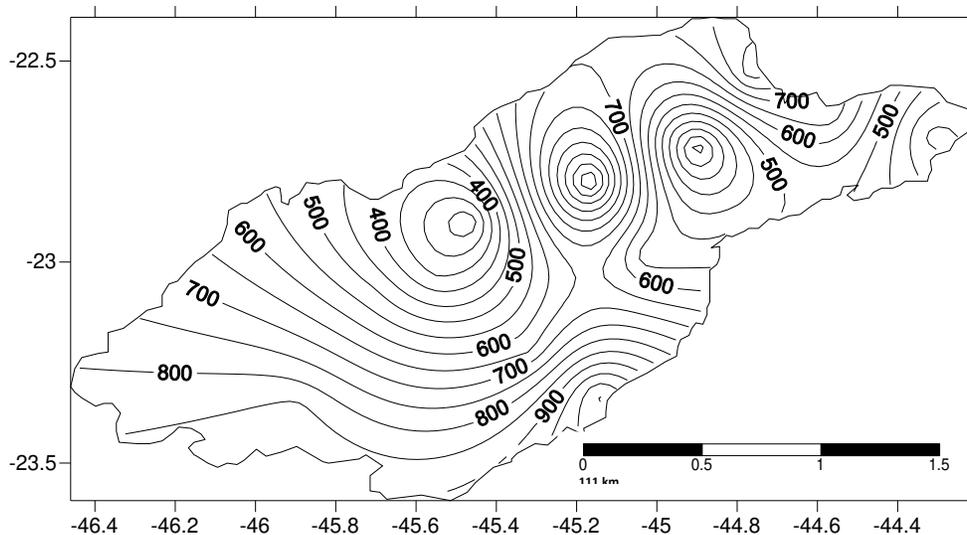


Figura 42 - Espacialização das anomalias de precipitação (mm) do ano 1983.

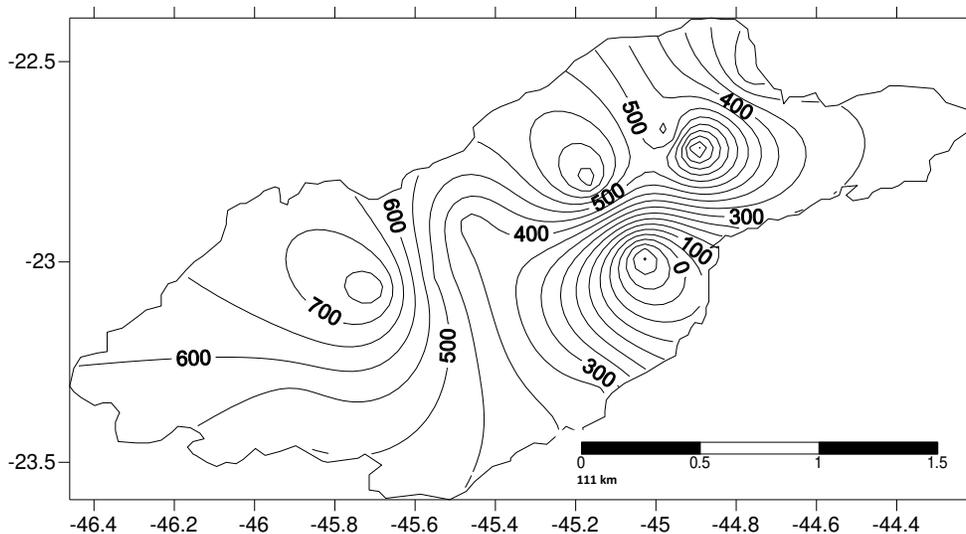


Figura 43- Espacialização das anomalias de precipitação (mm) do ano 2009.

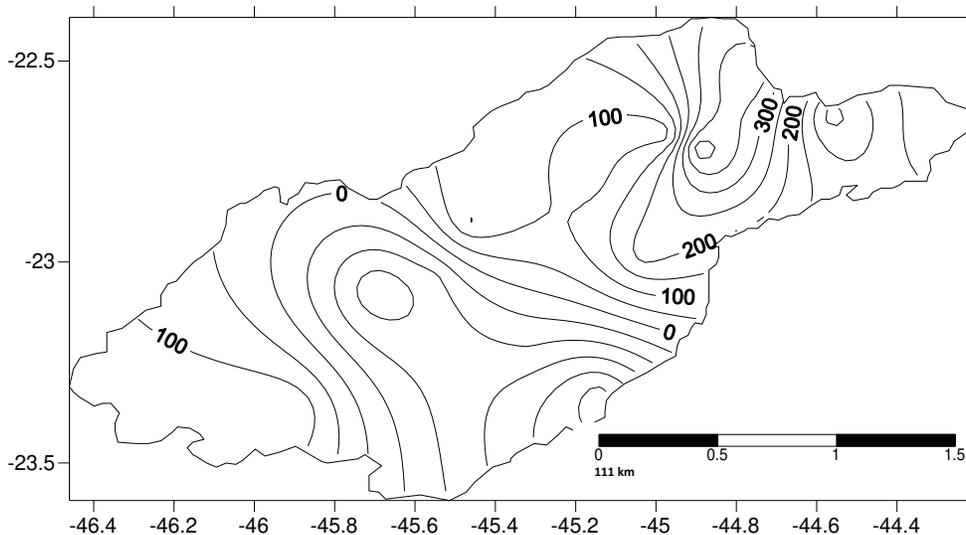


Figura 44 - Espacialização das anomalias de precipitação (mm) do ano 2010.

Nos anos de El Niño estudados, observou-se que 1983 (Figura 42), foi o ano que mais se destacou, apresentou as maiores anomalias. Essas anomalias estão bem distribuídas pela região, onde as áreas com altitudes mais elevadas, apresentam os maiores valores de anomalias.

O ano de 2010 foi o que apresentou as menores anomalias em relação aos demais, atingindo áreas com valor zero, ou seja, nota-se que o El Niño de 1982-83 foi de maior intensidade que o de 2009-2010, as anomalias foram maiores e bem mais distribuídas pela região, que apresentou valores altos em todas as suas áreas.

As áreas mais próximas ao mar apresentam anomalias significativas. Isso se dá, muitas vezes, pelo efeito da maritimidade. O mesmo acontece nas áreas mais altas, que sofrem os efeitos das chuvas orográficas.

Nas Figuras 45 a 48, tem-se os anos de La Niña, (APÊNDICE 4).

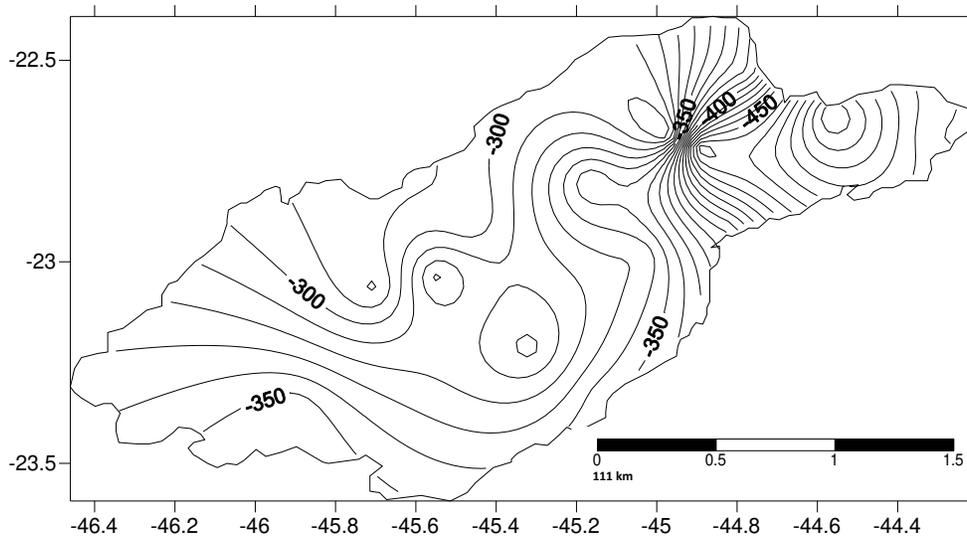


Figura 45 - Espacialização das anomalias de precipitação (mm) do ano 1984.

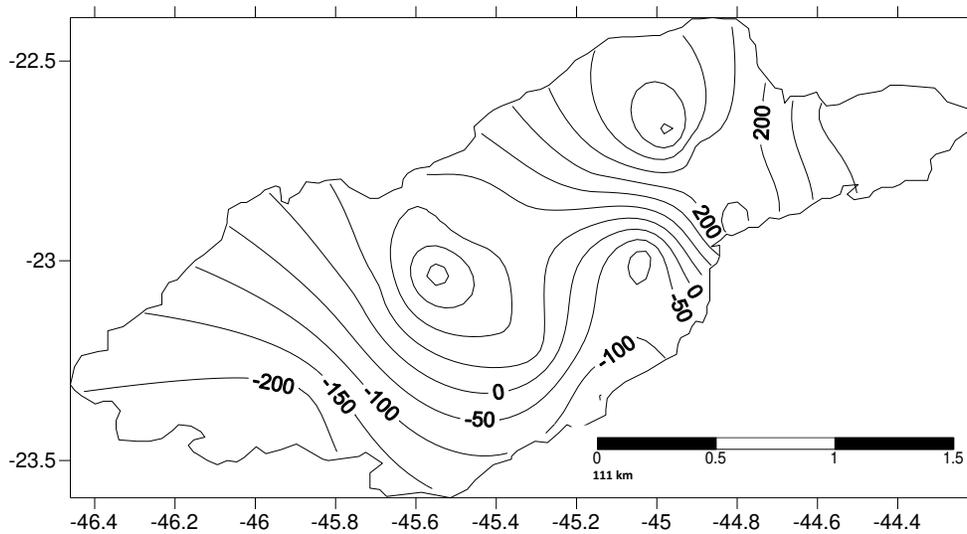


Figura 46- Espacialização das anomalias de precipitação (mm) do ano 1985.

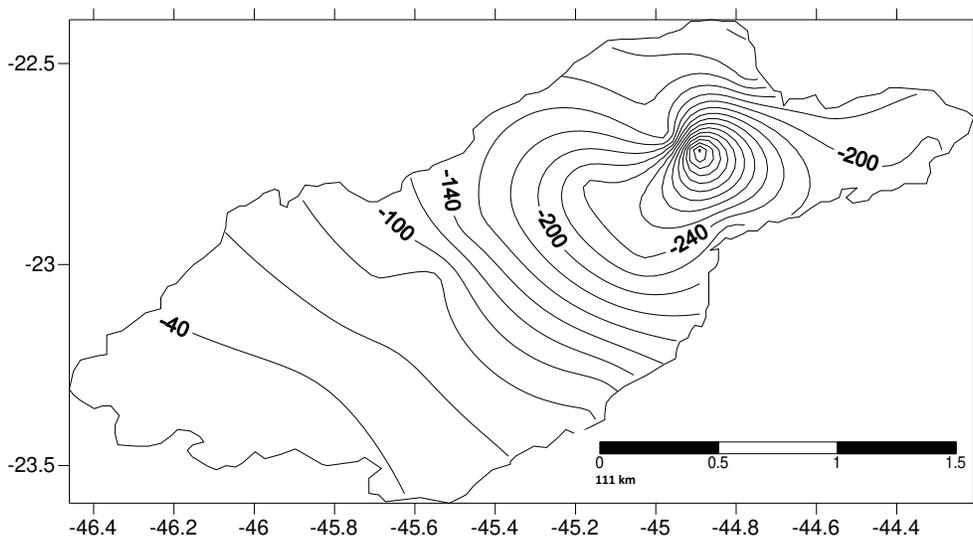


Figura 47 - Espacialização das anomalias de precipitação (mm) do ano 2007.

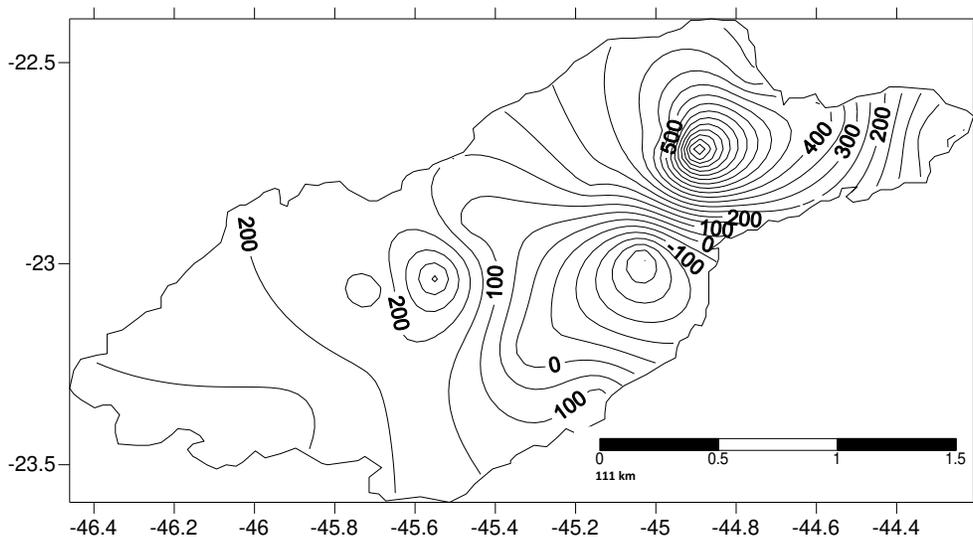


Figura 48 - Espacialização das anomalias de precipitação (mm) do ano 2008

É possível observar (Figuras 45, 46 e 47), que 1984 foi o ano que teve La Niña mais marcante, seguido de 1985 e 2007. Observou-se em 1984, que as anomalias negativas chegaram a -500 mm, ou seja, chuvas 500 mm abaixo da média climatológica.

Na Figura 48, pode-se observar que o ano 2008 não apresentou La Niña marcante na região. Uma das respostas para isso, pode ser que 2008 foi um ano de transição entre La Niña e El Niño, logo a La Niña já estava perdendo força, não influenciando de maneira tão direta na precipitação da região.

O mapa hipsométrico da bacia (Figura 49), ajuda na discussão da média climatológica, pois o relevo é um dos fatores climáticos mais importantes no estudo do clima de uma região. Áreas com altitudes mais elevadas, costumam apresentar maior quantidade de chuva.

De forma geral observa-se que independentemente do porte do relevo, este exerce algum notável controle sobre as dinâmicas climáticas locais. É perceptível a gama de influências conhecidas do relevo sobre os atributos do clima. As resultantes destes processos interativos entre a atmosfera e a crosta terrestre são os gradientes de temperatura e pressão, a obstrução e bifurcação de ventos e a geração de brisas e nuvens, além da chuva orográfica e da sombra de chuva, (MILANESI E GALVANI, p.68. 2011).

Através da Figura 49, foi possível observar que o relevo da UGRHI varia de 420 a 880 metros, sendo portanto uma região de relevo irregular. Entretanto, a maior parte da região apresenta relevo abaixo dos 600 metros.

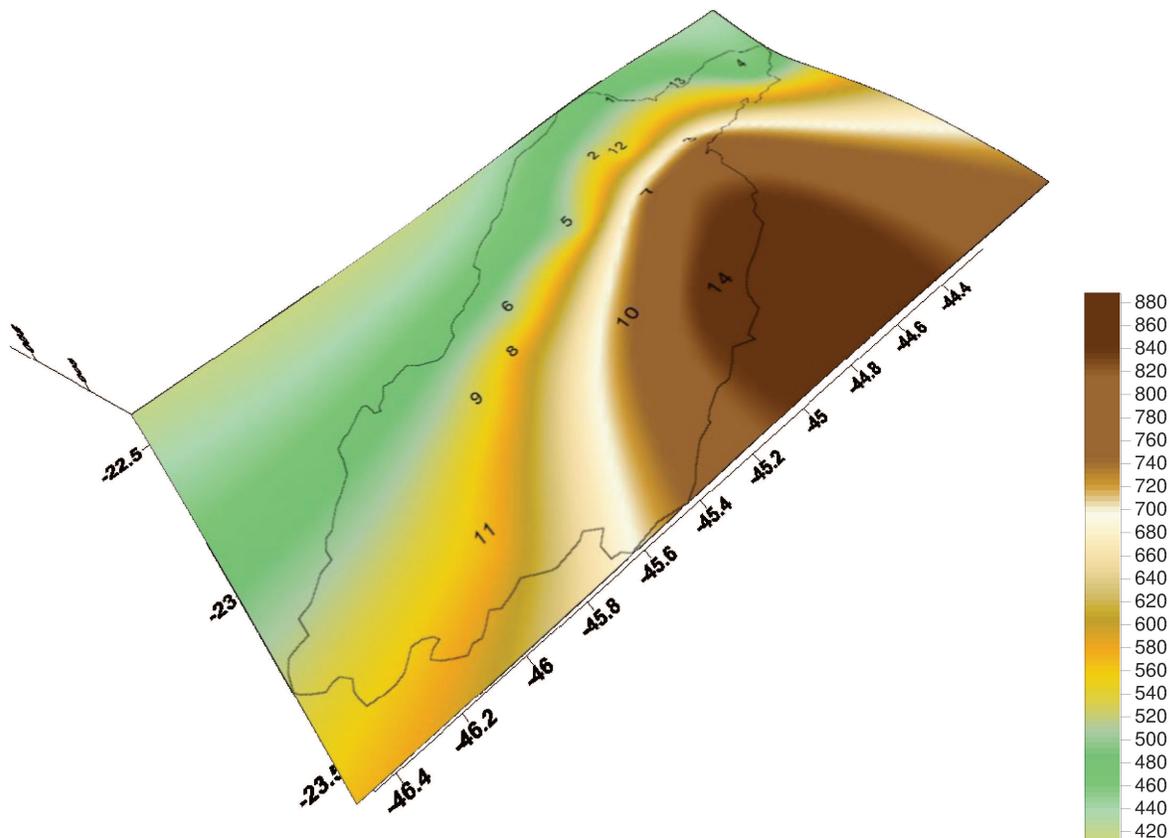


Figura 49 - Mapa hipsométrico da UGRHI-2

A Tabela 17, mostra o total precipitado para cada estação durante o período de 51 anos.

É possível observar na Tabela 17, que a estação Usina Bocaina, São José do Barreiro e Ponte Alta 1 apresentam a maior quantidade de total precipitado. A altitude dessas estações são 550 m, 520 m e 888 m, respectivamente. Dessas estações, a última, Ponte Alta 1, apresenta a maior média climatológica e também é a estação que está em um dos pontos mais elevados da bacia.

Neste sentido, nota-se que o relevo tem influência na bacia, uma vez que a maior parte das estações que ficam em regiões altas apresentam altos valores de precipitação.

Em áreas com relevo mais elevado, as chuvas orográficas são mais comuns, de acordo com Ayoade (1988) *apud* Milanesi e Galvani (2011).

A gênese da chuva orográfica se configura num fluxo de vento úmido que ao transpor uma rugosidade do relevo, tem sua coluna de ar em elevação com perda de temperatura sem troca com o meio e gerando nebulosidade que, possivelmente se converterá em chuva até uma determinada altitude, na encosta ativa do processo (barlavento). Posteriormente à transposição da linha de cumeeira, o fluxo de ar agora descende, aquece e gera, a sotavento, uma atmosfera relativamente seca (fenômeno da sombra de chuva), (MILANESI E GALVANI, p.68, 2011)

A Tabela 17, também é esclarecedora no sentido de mostrar que as médias de chuvas na bacia são superiores a 1500 mm no período

A Tabela 17, mostra o total precipitado para cada estação durante o período de 51 anos.

Tabela 17 - Total precipitado em 51 anos por estação

ESTAÇÃO	MÉDIA DE CHUVA NO PERÍODO (mm)
Queluz (Centro Saúde)	1444,6
Fazenda Santa Clara	1371,7
Campos de Cunha	1438,7
Bananal	1410,0
Guaratinguetá	1398,9
Pindamonhangaba	1232,6
Estrada de Cunha	1430,3
Taubaté	1312,0
Caçapava	1307,9
São Luís do Paraitinga	1255,0
Santa Branca	1274,9
Usina Bocaina	1585,3
São José do Barreiro	1592,9
Ponte Alta 1	1983,4

Para a complementação do estudo, o IAC foi analisado de duas maneiras, gráficos e tabelas de classificação (Figuras 50 a 63).

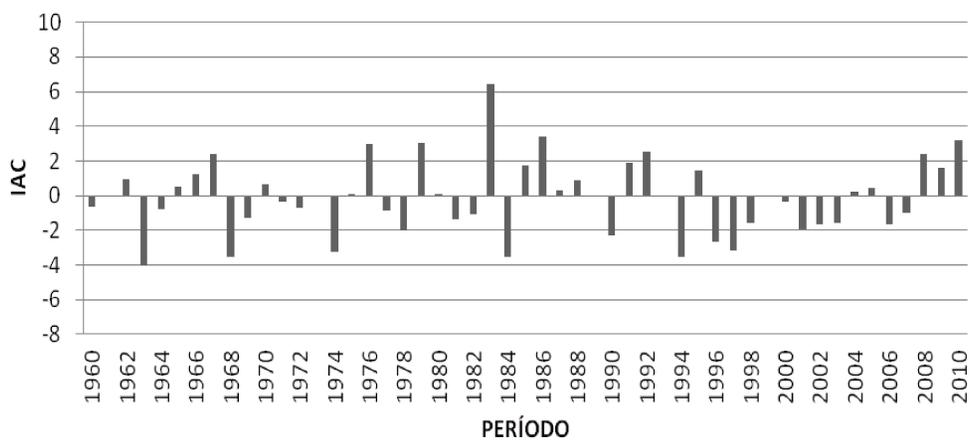


Figura 50 - Distribuição temporal do IAC para a estação Queluz.

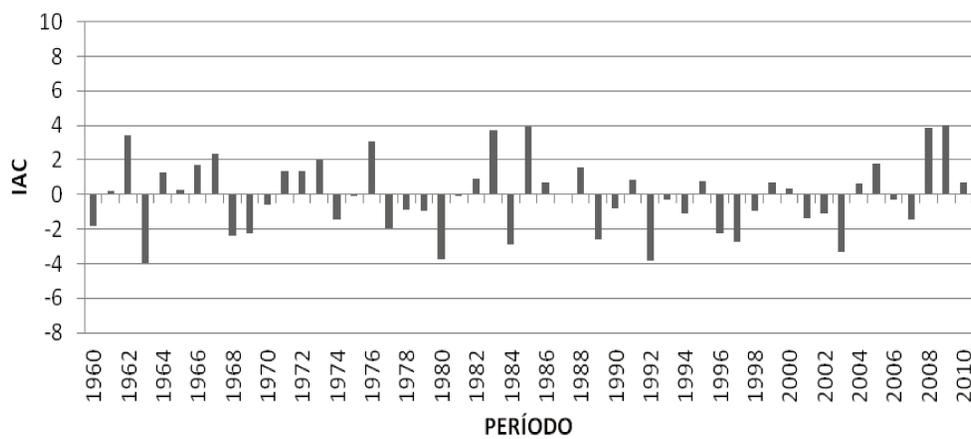


Figura 51 - Distribuição temporal do IAC para a estação Fazenda Sta. Clara.

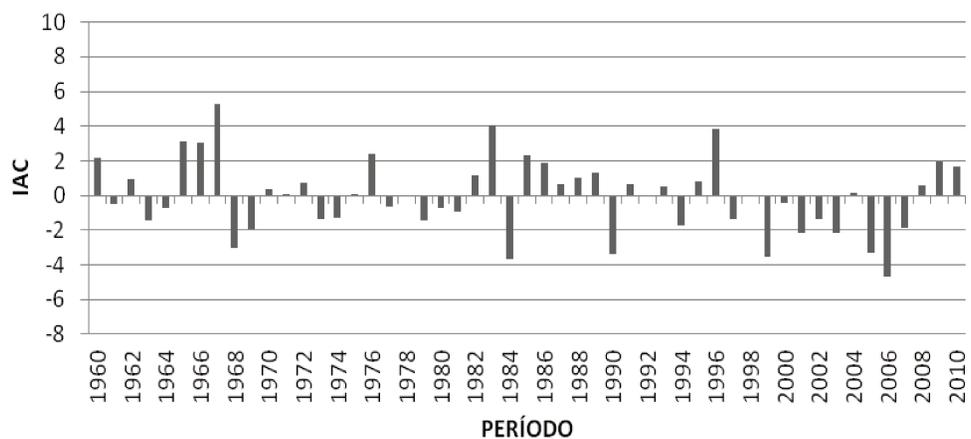


Figura 52 - Distribuição temporal do IAC para a estação Campos de Cunha.

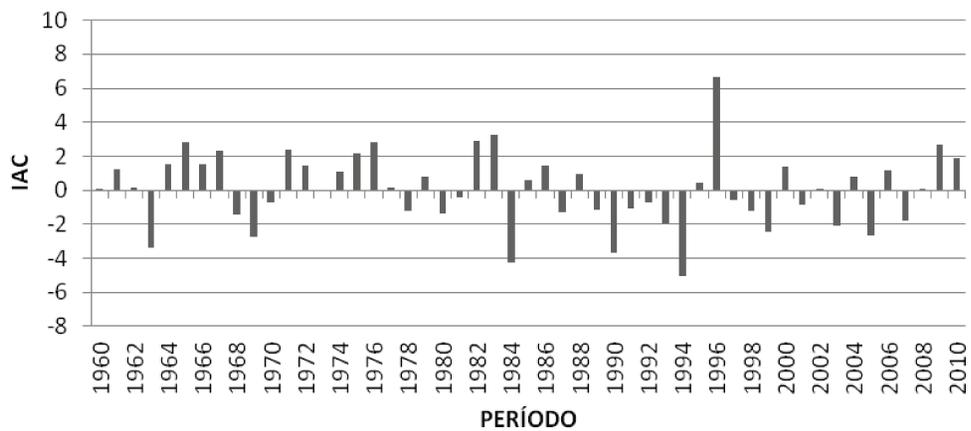


Figura 53 - Distribuição temporal do IAC para a estação Bananal.

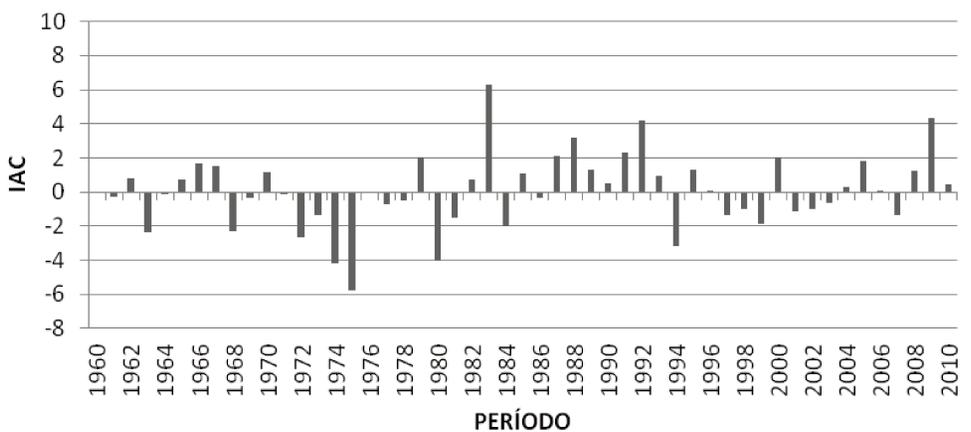


Figura 54 - Distribuição temporal do IAC para a estação Guaratinguetá.

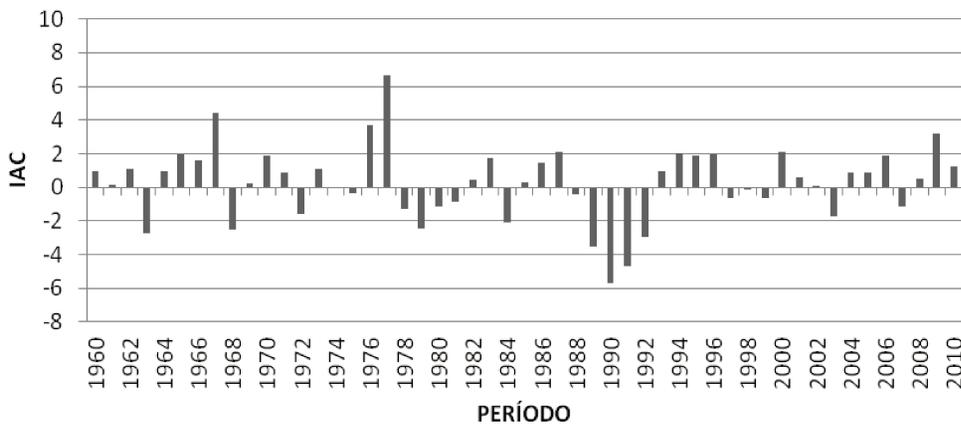


Figura 55 - Distribuição temporal do IAC para a estação Pindamonhangaba.

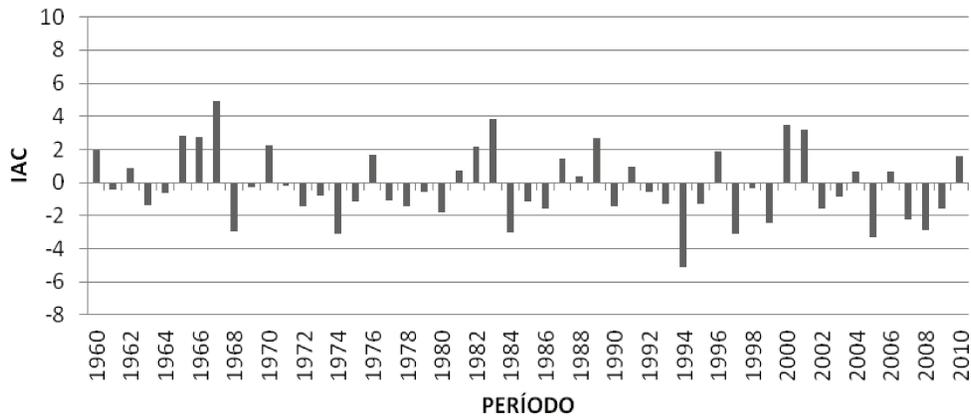


Figura 56 - Distribuição temporal do IAC para a estação Estrada de Cunha.

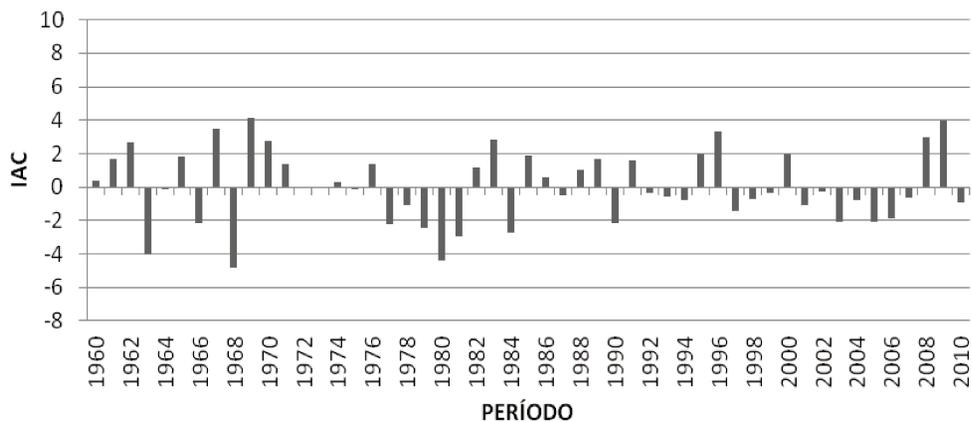


Figura 57 - Distribuição temporal do IAC para a estação Taubaté.

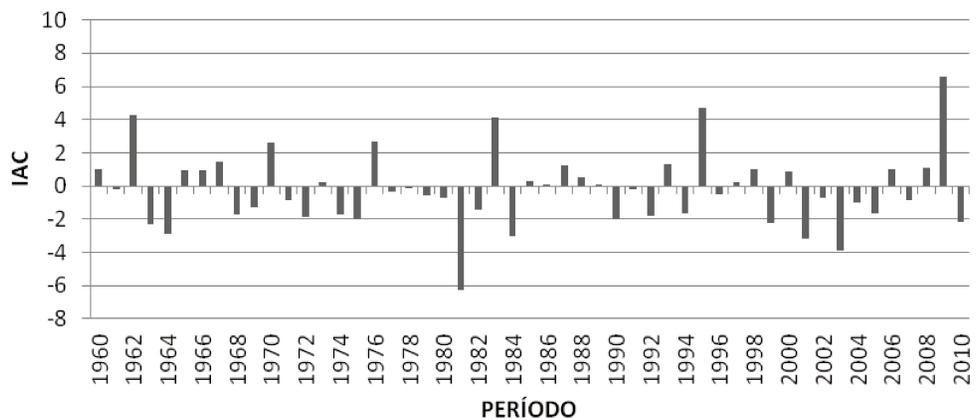


Figura 58 - Distribuição temporal do IAC para a estação Caçapava.

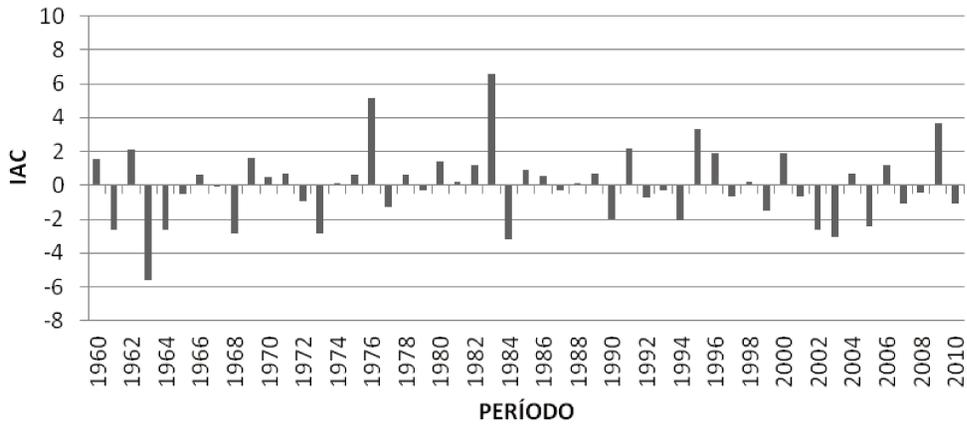


Figura 59 - Distribuição temporal do IAC para a estação São Luis do Paraitinga.

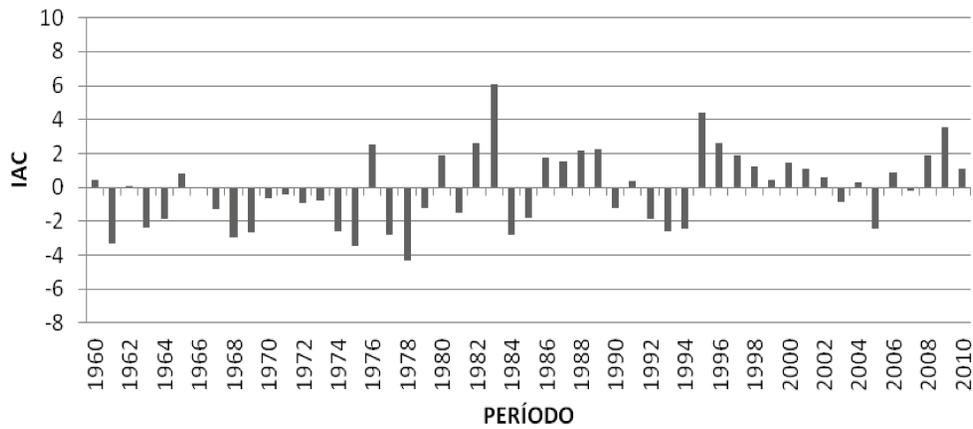


Figura 60 - Distribuição temporal do IAC para a estação Santa Branca.

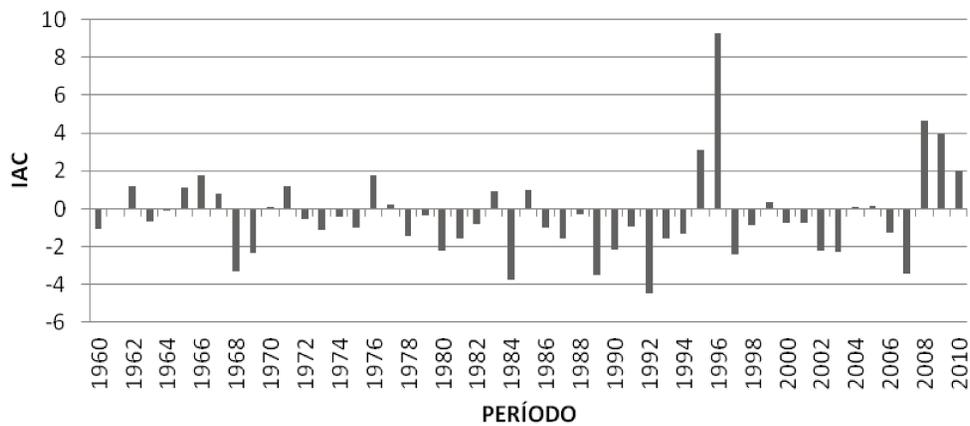


Figura 61 - Distribuição temporal do IAC para a estação Usina Bocaina.

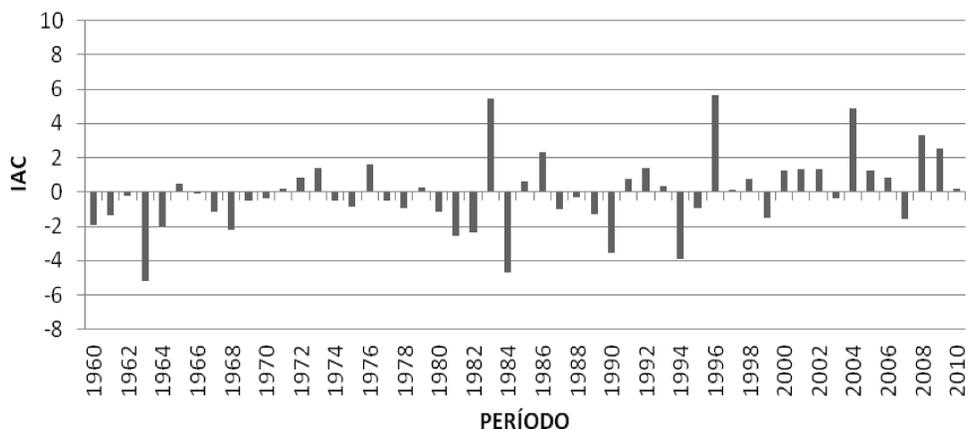


Figura 62 - Distribuição temporal do IAC para a estação São José do Barreiro.

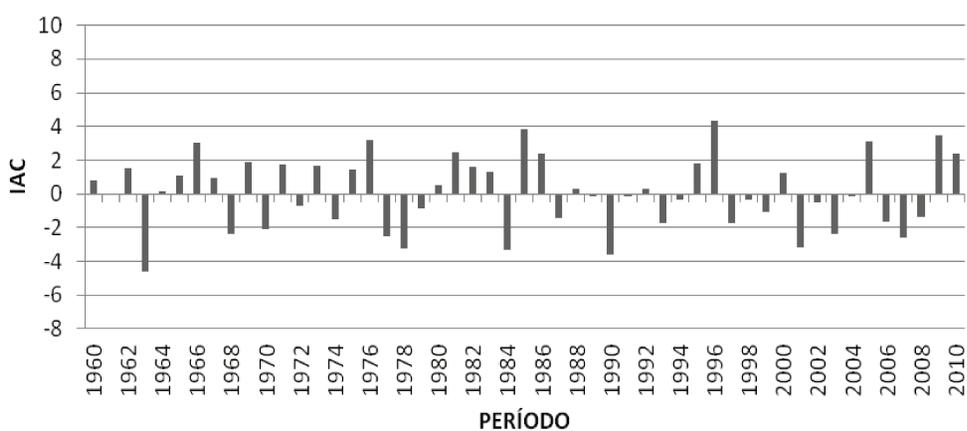


Figura 63 - Distribuição temporal do IAC para a estação Ponta Alta 1.

Nas Figuras 50 a 63, pode-se observar uma marcada variabilidade temporal, ou seja, os valores de IAC variaram ao passar dos anos, possuindo picos altos em alguns anos e picos muito baixos em outros. É possível relacionar esse índice com o ENOS, pois os anos que apresentaram altos valores de IAC são justamente os anos de El Niño, como pode ser observado em 1983, na maior parte dos gráficos, uma exceção foi Pindamonhangaba. Já os anos que possuem valores baixos de IAC, são, geralmente, anos de La Niña, como pode ser observado no ano 1984.

Em alguns dos gráficos (Figuras 58 e 59) pode-se observar que o ano 1996 teve alto valor de IAC, porém esse ano não ocorreu evento ENOS. É possível que alguma dinâmica climática local possa ter interferido na precipitação deste ano, como a constante entrada de sistemas frontais, associados com orografia e brisas de mar, sobrepondo-se diferentes escalas dinâmica e forçante orográfica. De acordo com Dias *et al.* (2004), no ano de 1996 houve a ocorrência de uma Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS), que aumentou a quantidade de chuva na região.

Sua principal característica é a persistência de uma faixa de nebulosidade orientada no sentido noroeste-sudeste (NW-SE), cuja área de atuação engloba o centro-sul da Amazônia, regiões Centro-Oeste e Sudeste, centro-sul da Bahia, norte do estado do Paraná e prolonga-se até o oceano Atlântico sudoeste. A ZCAS exerce um papel preponderante no regime de chuvas na região onde atua, acarretando altos índices pluviométricos, (DIAS *et al.* 2004).

A seguir, a Tabela 18 mostra a classificação do IAC, destacando os anos úmidos e secos.

Tabela 18 - Classificação do IAC

ANO	ESTAÇÕES													
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
1972	SCS	UMB	UMB	UMB	SCM	SCS	SCS	NOR	SCS	SCS	SCS	NOR	UMB	SCS
1973	SCS	UMM	SCS	SCS	SCS	UMB	SCS	NOR	NOR	SCM	SCS	SCS	UMB	UMB
1982	SCS	UMB	UMB	UMB	UMB	NOR	UMM	UMB	SCS	UMB	UMM	SCS	SCM	UMB
1983	EXU	UMA	EXU	EXU	EXU	UMB	UMA	UMM	EXU	EXU	EXU	UMB	EXU	UMB
1984	SCA	SCM	EXS	EXS	SCM	SCM	SCA	SCM	SCA	SCA	SCM	SCA	EXS	SCA
1985	UMB	UMA	UMB	UMB	UMB	NOR	SCS	UMB	NOR	UMB	SCS	UMB	UMB	UMA
1995	UMB	UMB	UMB	UMB	UMB	UMB	SCS	UMB	EXU	UMA	EXU	UMA	SCS	UMB
1996	SCM	SCM	EXU	EXU	NOR	UMB	UMB	UMA	NOR	UMB	UMM	EXU	EXU	EXU
2006	SCS	SCS	EXS	EXS	NOR	UMB	UMB	SCS	UMB	UMB	UMB	SCS	UMB	SCS
2007	SCS	SCS	SCS	SCS	SCS	SCS	SCM	SCS	SCS	SCS	NOR	SCA	SCS	SCM
2008	UMM	UMA	NOR	NOR	UMB	UMB	SCM	UMM	UMB	NOR	UMB	EXU	UMA	SCS
2009	UMB	EXU	UMB	UMB	EXU	UMA	SCS	UMA	EXU	UMA	UMA	UMA	UMB	UMA
2010	UMA	UMB	UMB	UMB	NOR	UMB	UMB	SCS	SCM	SCS	UMB	UMM	NOR	UMB

Legenda: EXU - Extremamente úmido UMA - Umidade alta UMM - Umidade moderada
 UMB - Umidade baixa NOR - Normal SCS - Seca suave SCM - Seca moderada
 SCA - Seca alta EXS - Extremamente seca

Na Tabela 18, é possível observar que alguns anos, mesmo sendo anos de El Niño não apresentaram valores de IAC alto, mostrando que muitas vezes esse evento não tem influência na UGRHI estudada, possivelmente devido à bloqueios atmosféricos que atingiram a região. A mesma conclusão é válida para os anos de La Niña, muitos anos não apresentaram classificação de seca.

O principal objetivo da elaboração do IAC é auxiliar na análise da variabilidade pluvial no período de 51 anos e pode-se observar que essa variabilidade é marcada no período, mesmo que alguns anos não possam ser relacionados com eventos ENOS. Entretanto, é possível notar que o ano de 1983, marcado por um El Niño forte, apresentou classificação de umidade alta a extremamente úmido na maior parte das estações.

Os gráficos de precipitação máxima *versus* tempo de retorno (Figuras 64 a 76) mostram de quanto em quanto tempo as precipitações máximas diárias ocorrerão.

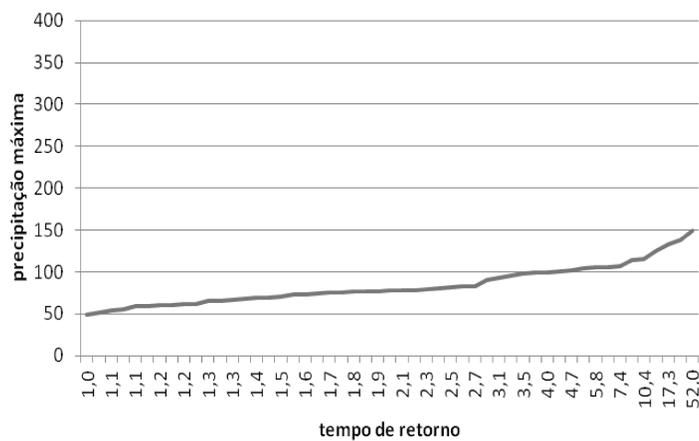


Figura 64 - Tempo de retorno (anos) para precipitações máximas diárias (mm) - Estação 1

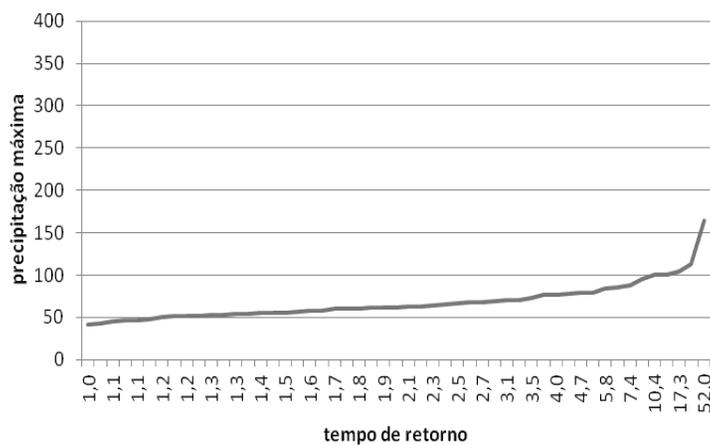


Figura 65 - Tempo de retorno (anos) para precipitações máximas diárias (mm) - Estação 3

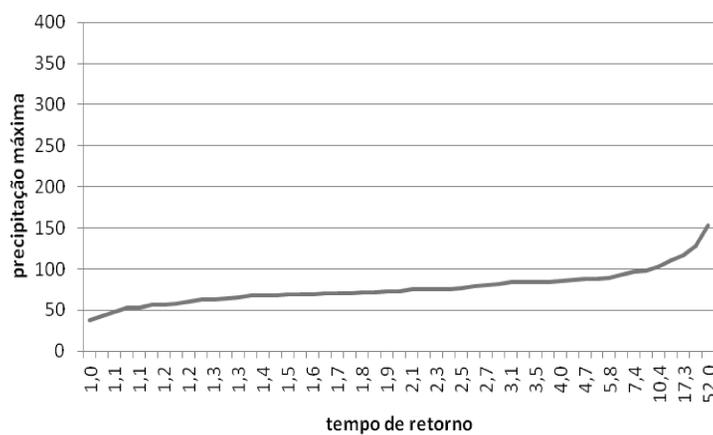


Figura 66 - Tempo de retorno (anos) para precipitações máximas diárias (mm) - Estação 4

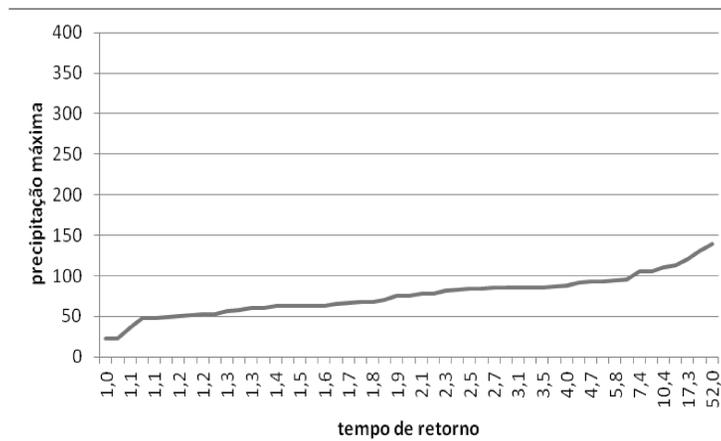


Figura 67 - Tempo de retorno (anos) para precipitações máximas diárias (mm) - Estação 5

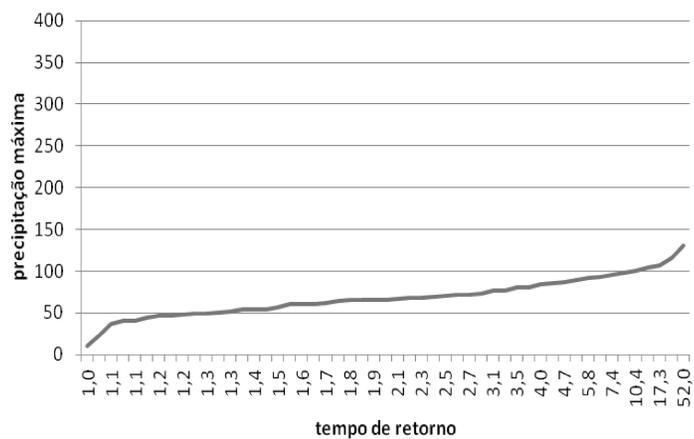


Figura 68 - Tempo de retorno (anos) para precipitações máximas diárias (mm) - Estação 6

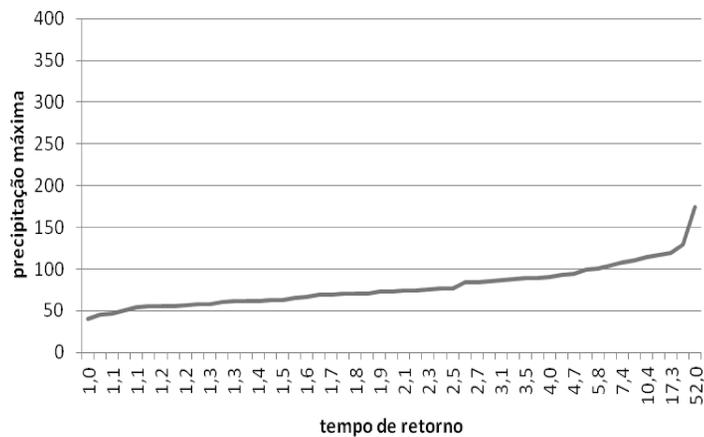


Figura 69 - Tempo de retorno (anos) para precipitações máximas diárias (mm) - Estação 7

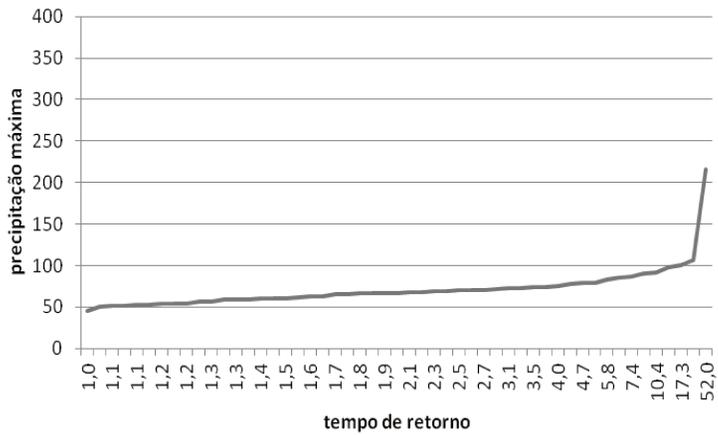


Figura 70 - Tempo de retorno (anos) para precipitações máximas diárias (mm) - Estação 8

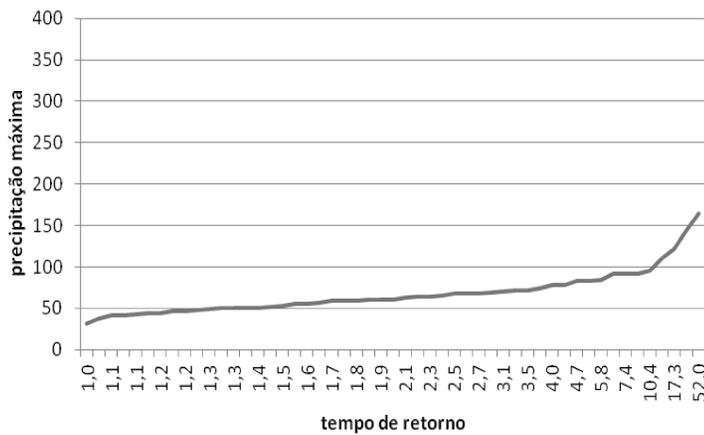


Figura 71 - Tempo de retorno (anos) para precipitações máximas diárias (mm) - Estação 9

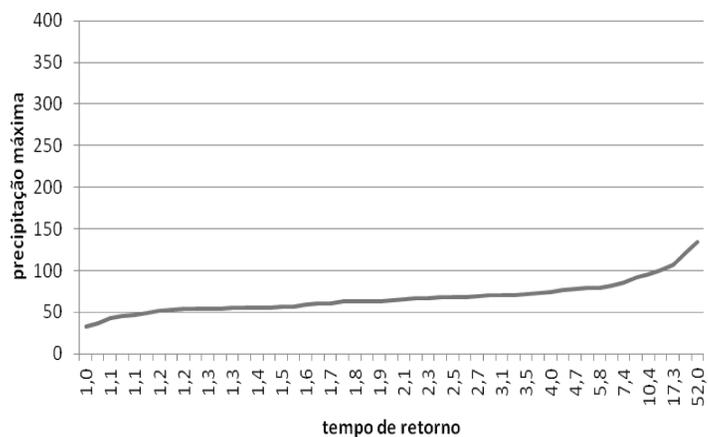


Figura 72 - Tempo de retorno (anos) para precipitações máximas diárias (mm) - Estação 10

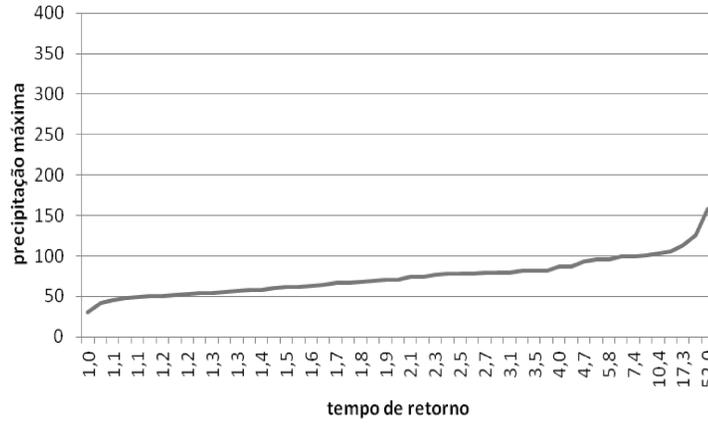


Figura 73 - Tempo de retorno (anos) para precipitações máximas diárias (mm) - Estação 11

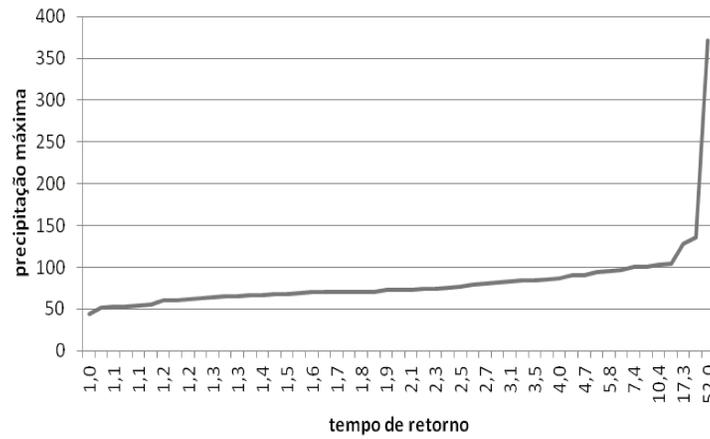


Figura 74 - Tempo de retorno (anos) para precipitações máximas diárias (mm) - Estação 12

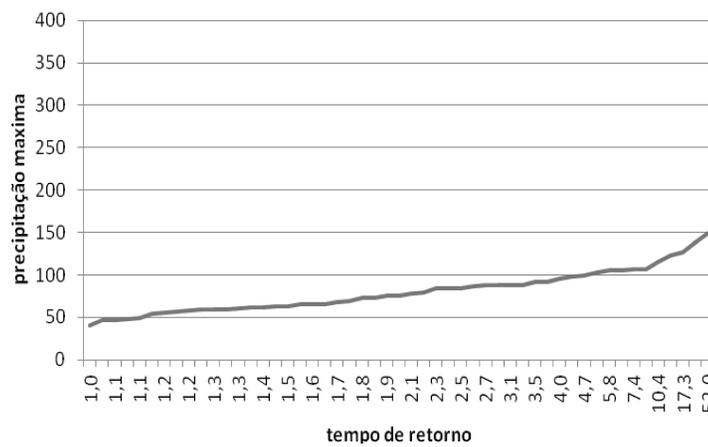


Figura 75 - Tempo de retorno (anos) para precipitações máximas diárias (mm) - Estação 13

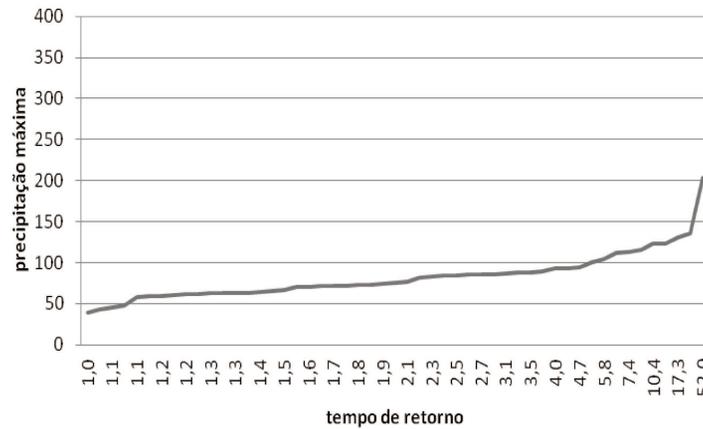


Figura 76 - Tempo de retorno (anos) para precipitações máximas diárias (mm)- Estação 14.

Para que precipitem cerca de 200 mm em um dia na região, o tempo de retorno deve ser 52 anos. Chuvas diárias de 50 mm acontecem a cada ano. Logo, observando esses dados, nota-se que chuvas diárias muito intensas não são comuns na região, possivelmente, sendo mais comum as chuvas causadas por sistemas frontais e brisas marítimas, pois tem cerca de 52 anos para acontecerem de novo. É importante ressaltar que uma precipitação de 150 mm no dia é intensa e pode gerar vários danos para uma cidade.

Estudar o tempo de retorno para precipitações máximas diárias é uma ferramenta importante, pois ajuda no planejamento quando sabido o intervalo de tempo que uma precipitação intensa ocorrerá.

Foi calculado o tempo de retorno para a precipitação máxima anual de cada ano do período. A análise foi feita de 10 em 10 anos, sendo assim tem-se o tempo de retorno para 10, 20, 30, 40 e 50 anos. As Figuras 77 a 81, mostram os gráficos.

tempo de retorno (10 anos)



Figura 77 - Tempo de retorno em anos - 10 anos.

Na Figura 77 é possível observar que não há nenhum ponto extrapolando o gráfico, ou seja, não há nenhuma anomalia. Estima-se que a cada 11 anos, ocorra uma precipitação diária de aproximadamente 100 mm. As chuvas de aproximadamente 80 mm são mais comuns na unidade de gerenciamento, ocorrendo a cada 1 ano, aproximadamente.

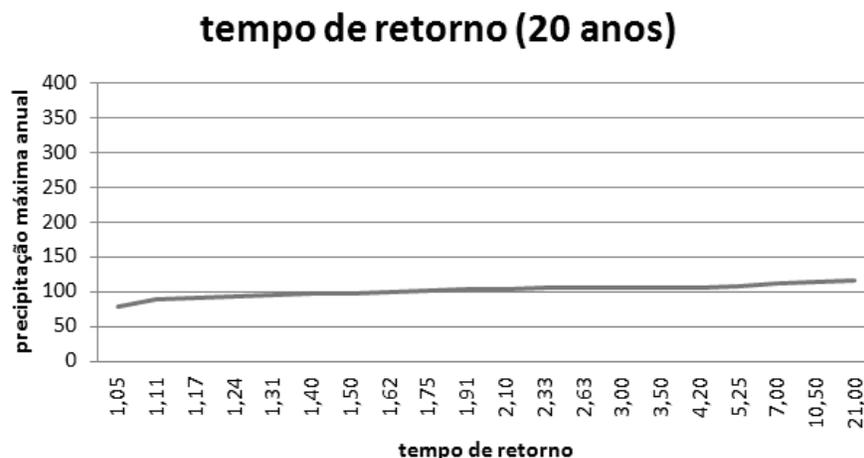


Figura 78 - Tempo de retorno em anos - 20 anos

Na Figura 78, observa-se que com o aumento do período estudado, aumenta-se também a precipitação máxima, na Figura 77 (10 anos) ela era 100 mm, já na Figura 78 (20 anos), ela se aproxima de 120 mm. As chuvas de 100 mm continuam a acontecer a cada 11 anos, aproximadamente e as chuvas diárias de 120 mm acontecem a cada 21 anos, aproximadamente na região. Também não há nenhum ponto extrapolando a área do gráfico, mostrando que não há nenhuma anomalia.

A Figura 79, mostra o tempo de retorno para 30 anos.

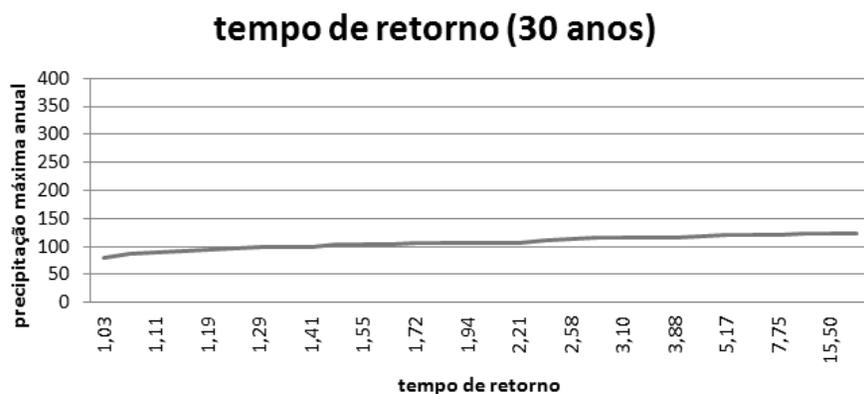


Figura 79- Tempo de retorno em anos - 30 anos

Na Figura 79, observa-se que não há muita mudança para o período de 20 anos (Figura 78), a precipitação máxima diária também foi de aproximadamente 120 mm (um pouco superior a esse valor). Uma chuva superior a 120 mm ocorre na região estudada, a cada 31 anos aproximadamente, ou seja, chuvas de 120 mm ocorrem a cada 21 anos aproximadamente, chuvas com valores um pouco superiores a 120 mm ocorrem a cada 31 anos.

A Figura 80 mostra o tempo de retorno para 40 anos.



Figura 80 - Tempo de retorno em anos - 40 anos.

Na Figura 80, observa-se que a precipitação máxima foi de aproximadamente 140 mm e que ela ocorre a cada 41 anos. Chuvas diárias de superiores a 120 mm, ocorrem a cada 3 anos aproximadamente.

Em todos os gráficos nota-se que o tempo de retorno pouco se modifica até chuvas 100 mm. Quando os períodos aumentam, chuvas superiores a 100 mm se tornam mais frequentes na região. Logo, podem ocorrer chuvas diárias que causem danos à população. Na Figura 81, tem-se o tempo de retorno para todo o período estudado, 51 anos.

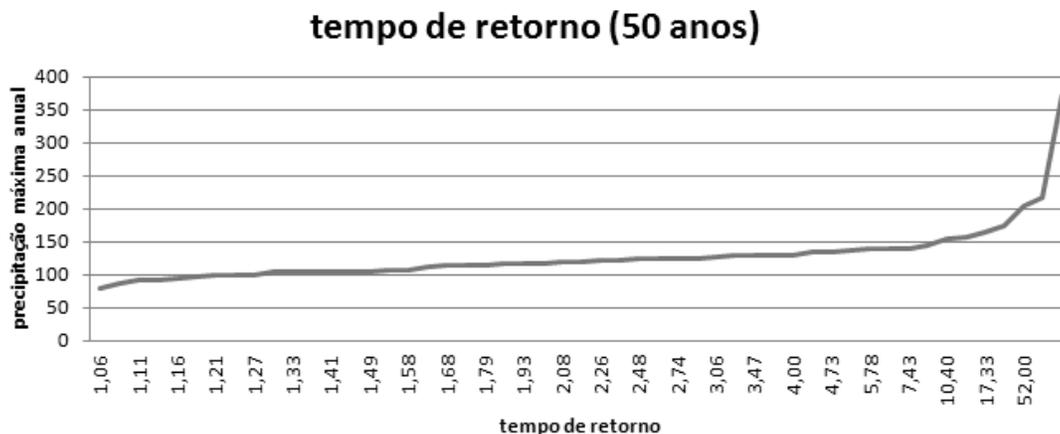


Figura 81 - Tempo de retorno em anos - 51 anos.

Neste gráfico (Figura 81), percebe-se que um ponto extrapola a área do gráfico, isso pode significar um acontecimento fora do padrão, ou seja, uma chuva diária muito intensa, que demoraria para acontecer novamente. Observa-se que chuvas diárias superiores a 300 mm, acontecem num período maior que 52 anos. Já as chuvas de 200 mm diários, acontecem a cada 52 anos na região.

Outro sistema que influencia na variabilidade pluviual é a ZCAS, comumente aumentando a quantidade de precipitação nas áreas em que está direcionada. Foram analisados dois anos, um com a presença e outro sem a presença da ZCAS. É importante analisar se as chuvas continuaram com a mesma quantidade ou se houve alguma alteração.

Os escolhidos foram 1997 e 2002. Mesmo não apresentando El Niño forte, o ano 1997 apresentou uma ZCAS bem localizada sobre a região Sudeste, conseqüentemente sobre a região do Vale do Paraíba.

As Figuras 82 a 84, mostram a ZCAS em janeiro de 1997, no período do dia 20 ao dia 29, com suas bandas convectivas estendidas sobre São Paulo, inclusive na região do Vale do Paraíba.

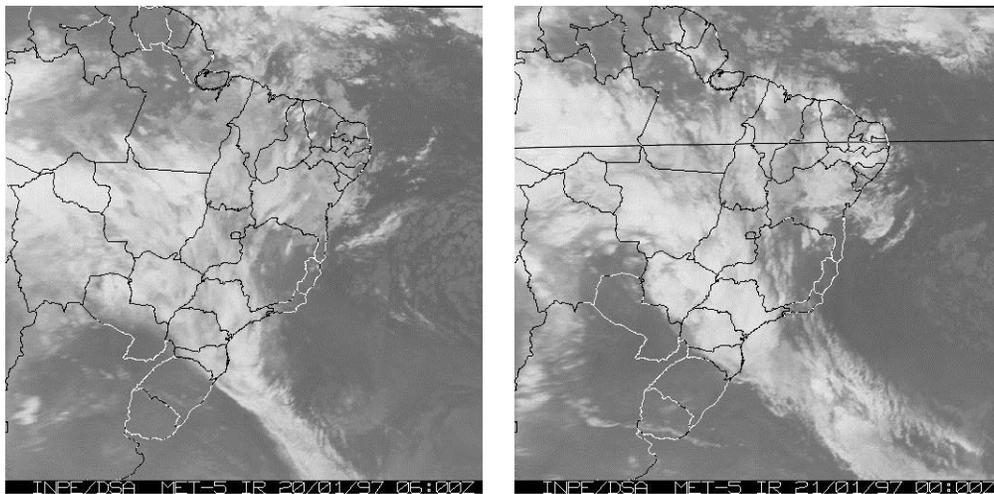


Figura 82– ZCAS já formada e concentrada sobre o estado de São Paulo.

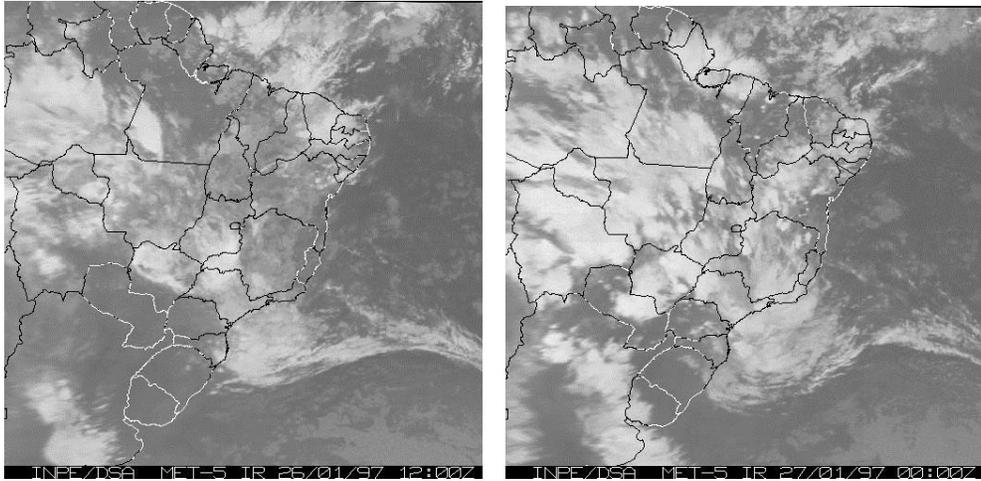


Figura 83 – Evolução e começo da dissipação da ZCAS no período de 21 a 29 de janeiro de 1997.

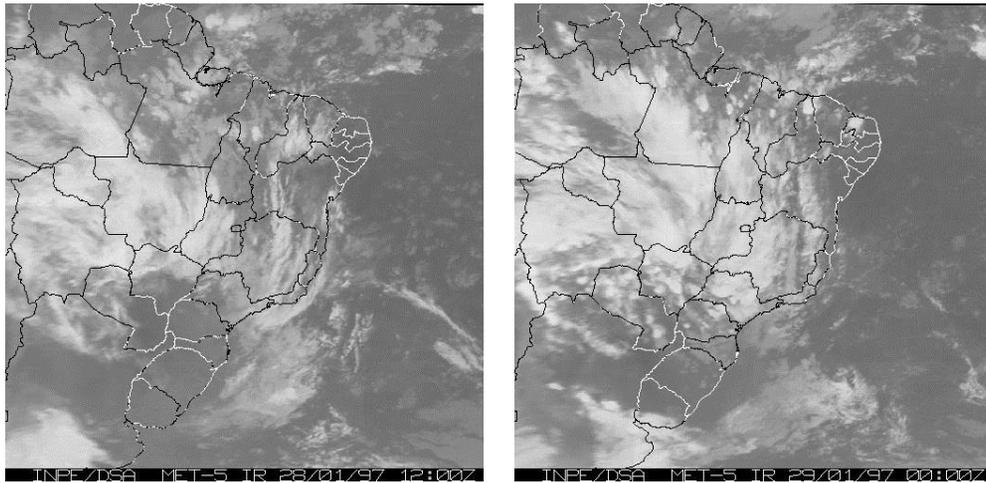


Figura 84 – Evolução e começo da dissipação da ZCAS no período de 21 a 29 de janeiro de 1997.

Fonte das imagens: SILVA (2003).

Observa-se na figuras anteriores (Figuras 82, 83 e 84), uma ZCAS bem concentrada no estado de São Paulo, durante nove dias. A Tabela 19 mostra as médias de precipitação em cada estação nos dois períodos distintos do mês, o período sem a ZCAS (01 a 20 e 30 a 31/01) e o com a presença da zona (20 a 29/01).

Tabela 19 - Volumes de precipitação pluvial (mm) durante a ocorrência de ZCAS, entre 20 a 29 de janeiro de 1997.

Estações	Nº	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	Total	T97
Queluz	1	5,1	15,0	0,0	1,0	0,0	0,0	0,0	3,1	2,0	0,0	26,2	210,2
Fazenda S. Clara	2	5,1	15,0	0,0	1,0	0,0	0,0	0,0	3,1	2,0	0,0	26,2	210,2
Campos de Cunha	3	0,0	0,4	0,0	7,1	0,0	4,0	26,4	3,5	16,1	6,8	64,3	204,5
Bananal	4	13,9	8,3	1,1	84,4	0,0	9,0	13,7	45,1	7,5	4,4	187,4	395,5
Guaratinguetá	5	0,0	0,0	0,0	8,6	4,2	0,0	2,4	9,3	10,6	0,0	35,1	171,2
Pindamonhangab.	6	3,8	0,0	15,6	4,2	5,8	0,0	22,2	11,0	33,2	4,2	100,0	248,2
Estrada de Cunha	7	0,0	40,0	1,2	0,0	0,0	0,0	0,0	29,7	10,1	0,5	81,5	189,5
Taubaté	8	0,0	0,0	6,0	5,1	9,3	4,5	46,8	16,4	9,5	0,0	97,6	288,8
Caçapava	9	0,0	0,0	0,0	16,4	0,0	3,1	45,6	11,6	21,7	0,0	98,4	211,8
S. L. Paraitinga	10	0,0	2,3	44,7	18,3	11,1	4,1	51,4	13,6	11,5	8,7	165,7	346,7
Santa Branca	11	0,0	6,3	43,5	46,1	22,8	9,6	5,8	10,8	10,4	0,0	155,3	395,6
Usina Bocaina	12	28,1	33,4	0,0	24,2	0,0	3,6	9,4	16,2	5,5	4,2	124,6	429
S. J. Barreiro	13	0,0	1,6	0,0	8,2	0,0	1,6	5,8	4,2	25,4	16,2	63,0	358,6
Ponte Alta 1	14	0,0	1,7	2,3	11,2	8,6	10,3	0,6	3,2	31,2	9,8	78,9	188,7

*Nº = posto pluviométrico T97 = volume total precipitado (mm) em janeiro de 1997

Na Tabela 19, observa-se que na maior parte das estações, o volume de chuva dos dias com ZCAS foi maior. Para dez dias de ZCAS, em 1997, pode-se observar que do total de chuva no mes de janeiro, em Pindamonhangaba, 40% das chuvas ocorreram durante esse evento; também em Bananal, do total da chuva em janeiro de 1997, 47% foi causado por essa zona de convergência. Em Santa Barbara ocorreu 39%, no mês de janeiro desse mesmo ano devido a ZCAS. Dessa forma pode-se observar marcada variabilidade da chuva, durante a ocorrência da Zona de Convergência, mas que em algumas estações essas chuvas foram muito representativas, alcançando praticamente, em dez dias a metade pluviométrica, referente a esse mês.

A Figura 85 e 86, mostram o ano de 2002, no qual a ZCAS esteve presente do dia 5 ao dia 20 de janeiro.

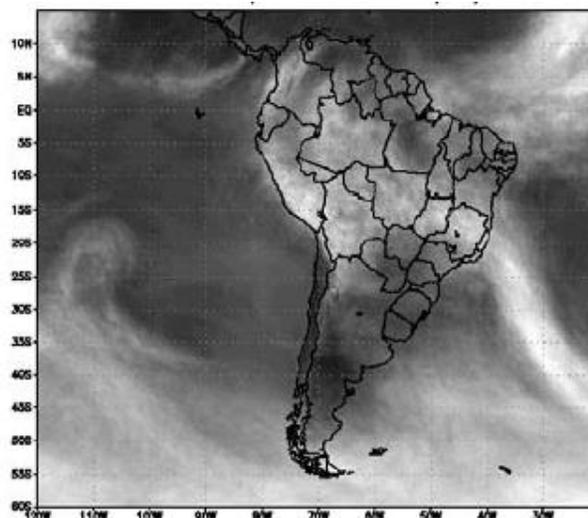


Figura 85- Imagem de satélite do começo da ZCAS.

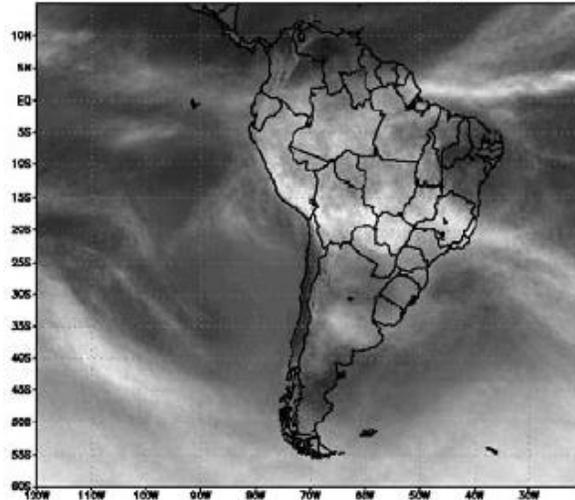


Figura 86- Imagem de satélite da formação total da ZCAS.
Fonte: Mendonça e Bonatti (2008).

Nas imagens das Figuras 85 e 86, observa-se a ZCAS não tão atuante sobre o estado de São Paulo, concentrada mais acima do estado, sobre o estado de Minas Gerais. O período predominante da ZCAS foi 5 a 20 de janeiro.

Na Tabela 20, observa-se que a ZCAS de 2002 apresentou maior influência na precipitação da região se comparado a ZCAS de 1997. Essa ZCAS teve duração maior, comparativamente a de 1997 e pode-se observar que do total precipitado no período, 47% da chuva registrada em Bananal foi devido a essa zona de confluência. O mesmo se observa em Pindamonhangaba e Santa Branca, com 40% e 39%, respectivamente, da chuva provocada pela ZCAS, correspondente ao ano 2002 (Tabela 20).

Tabela 20 - Volumes de precipitação pluvial (mm) durante a ocorrência de ZCAS, entre 5 a 20 de janeiro de 2002.

Estações	Nº	05	06	07	08	09	10	11	12
Queluz	1	0,0	0,0	0,0	3,1	22,4	3,2	0,0	0,0
Fazenda Santa Clara	2	0,0	0,0	0,0	3,1	22,4	3,2	0,0	0,0
Campos de Cunha	3	0,0	3,3	0,0	2,1	2,7	0,3	0,0	0,0
Bananal	4	0,0	0,0	20,0	0,0	2,8	0,0	0,0	0,0
Guaratinguetá	5	10,0	35,0	0,0	0,9	13,1	15,3	0,0	0,0
Pindamonhangaba	6	5,3	13,0	9,5	1,4	16,3	1,2	0,0	0,7
Estrada de Cunha	7	0,0	22,8	0,5	1,6	5,5	2,5	0,0	0,0
Taubaté	8	0,0	11,3	16,8	0,0	31,0	0,0	1,0	3,8
Caçapava	9	0,0	0,0	6,1	2,0	30,0	1,1	0,0	0,0
S. L. do Paraitinga	10	0,0	0,0	5,9	1,8	18,2	11,0	0,0	1,2
Santa Branca	11	0,0	0,0	35,3	0,0	31,4	0,8	0,0	3,1
Usina Bocaina	12	14,5	0,3	0,0	4,3	9,1	3,7	0,0	0,0
São José do Barreiro	13	0,7	0,0	0,0	2,2	92,3	33,1	0,0	0,0
Ponte Alta 1	14	0,0	0,0	7,1	12,8	45,2	0,0	0,0	0,0

Continuação Tabela 20 - Volumes de precipitação pluvial (mm) durante a ocorrência de ZCAS, entre 20 a 29 de janeiro de 1997

Estações	Nº	13	14	15	16	17	18	19	20	Total	T2002
Queluz	1	1,9	18,7	7,4	4,1	0,0	0,0	0,0	1,1	33,2	209,9
Fazenda Santa Clara	2	1,9	18,7	7,4	4,1	0,0	0,0	0,0	1,1	33,2	209,9
Campos de Cunha	3	3,7	18,7	28,0	17,1	1,1	0,0	0,0	3,2	71,8	252,0
Bananal	4	0,3	19,2	20,8	22,1	0,0	0,0	0,5	0,9	63,8	238,2
Guaratinguetá	5	6,0	16,0	15,6	3,7	0,0	0,0	0,0	32,4	73,7	187,0
Pindamonhangaba	6	9,6	16,7	21,6	4,9	0,0	0,0	0,0	4,6	57,4	188,2
Estrada de Cunha	7	0,0	0,0	6,2	3,6	0,0	0,0	0,0	0,0	9,8	282,3
Taubaté	8	3,8	23,3	8,0	16,6	0,0	0,0	0,0	4,6	56,3	193,2
Caçapava	9	15,1	26,6	18,7	28,9	0,0	0,0	0,0	0,0	89,3	255,9
S. L. do Paraitinga	10	9,0	13,0	4,0	13,0	2,5	0,0	0,0	10,5	52,0	269,5
Santa Branca	11	7,0	16,6	60,2	8,6	1,7	0,0	0,0	6,9	101,0	406,8
Usina Bocaina	12	6,5	10,1	8,8	4,5	1,9	1,2	0,0	2,5	35,5	128,7
São José do Barreiro	13	2,3	17,2	19,4	5,9	3,1	2,0	2,7	2,5	55,1	400,6
Ponte Alta 1	14	63,2	12,0	0,0	0,0	0,0	0,0	8,1	26,8	110,1	239,5

*Nº = posto pluviométrico T97 = volume total precipitado (mm) em janeiro de 2002

Em anos de El Niño, a ZCAS intensifica a ação do fenômeno, aumentando a quantidade de chuva também. Além disso, muitas frentes frias provenientes do sul se encontram com a nebulosidade da ZCAS, organizando-as e acabam aumentando as chuvas.

Para uma maior análise do comportamento da chuva, a série de 51 anos foi dividida em duas séries de 30 anos: 1960-1989 (série 2) e 1981-2010 (série 3).

Primeiramente, segue a Tabela 21 com os valores para cada série. É possível observar que os valores são parecidos, ou seja, não há uma variabilidade acentuada entre os períodos, principalmente entre as duas séries de 30 anos, ou seja, não houve aparentemente uma mudança nas médias climatológicas das duas séries pluviométricas.

O coeficiente de variação tem o mesmo valor para os intervalos estudados, mostrando que a variabilidade foi praticamente a mesma nos períodos analisados. Ressalta-se que o valor do coeficiente de variação não é alto.

Tabela 21 - Valores dos parâmetros estatísticos para as três séries.

ESTAÇÃO	SÉRIE 1			SÉRIE 2			SÉRIE 3		
	MÉDIA	DP	CV	MÉDIA	DP	CV	MÉDIA	DP	CV
Queluz	1444,58	254,06	0,18	1464,11	269,96	0,18	1458,17	276,93	0,19
Fda Santa Clara	1371,69	219,21	0,16	1387,42	227,49	0,16	1377,10	221,92	0,16
Campos de Cunha	1438,75	245,56	0,17	1494,98	237,70	0,16	1415,07	254,24	0,18
Bananal	1410,09	232,30	0,16	1445,86	204,39	0,14	1379,48	257,04	0,19
Guaratinguetá	1398,87	378,73	0,27	1356,04	410,77	0,30	1501,68	360,32	0,24
Pindamonhangaba	1232,60	289,13	0,23	1254,06	275,80	0,22	1198,61	290,04	0,24
Estrada de Cunha	1430,23	265,15	0,19	1475,54	261,46	0,18	1414,83	273,23	0,19
Taubaté	1312,03	265,32	0,20	1314,38	291,94	0,22	1320,67	231,15	0,18
Caçapava	1307,85	241,28	0,18	1306,79	226,05	0,17	1301,80	270,39	0,21
S. L. Paraitinga	1255,02	207,60	0,17	1264,32	224,77	0,18	1268,07	204,20	0,16
Santa Branca	1274,86	301,10	0,24	1219,68	318,59	0,26	1382,45	298,03	0,22
Usina Bocaina	1585,32	414,43	0,26	1532,64	232,06	0,15	1595,06	512,40	0,32
S. J. do Barreiro	1592,92	263,00	0,17	1529,62	235,02	0,15	1644,83	304,34	0,19
Ponte Alta 1	1983,38	334,59	0,17	2011,63	330,42	0,16	1992,16	348,98	0,18

DP - desvio padrão

CV - Coeficiente de variação

Foram elaboradas isolinhas da média, desvio padrão e coeficiente de variação para a série 1. As Figuras 87 a 95 mostram a distribuição espacial desses parâmetros estatísticos.

É possível observar na Figura 87, que a distribuição espacial das médias climatológicas segue a altitude do relevo, ou seja, áreas mais elevadas apresentam na média, maior quantidade de chuva. Também é possível notar que as médias são bem distribuídas pela UGRHI, variando cerca de 400 mm, da área mais baixa para a mais alta do relevo. Há uma variabilidade espacial

das médias climatológicas para a série de 51 anos, no entanto as chuvas se mostram bem distribuídas pela bacia.

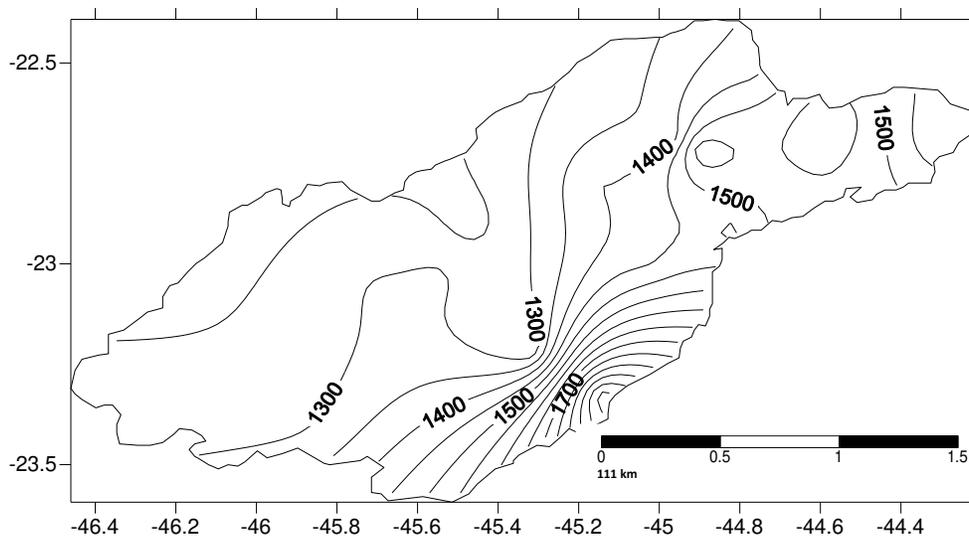


Figura 87 - Distribuição espacial da média (série 1).

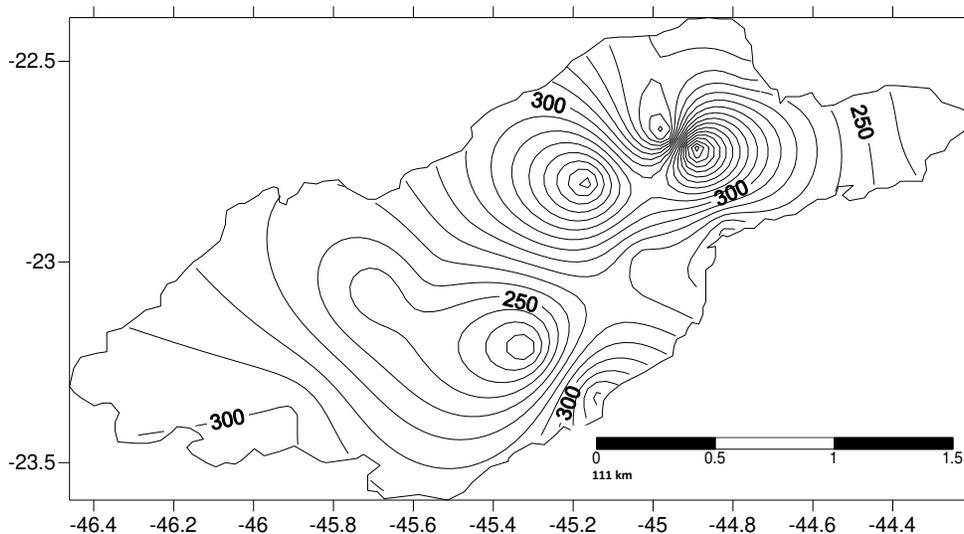


Figura 88 - Distribuição espacial do desvio padrão (série 1).

Na Figura 88, pode-se observar que espacialmente, que a variabilidade foi aproximadamente de 300 mm, mostrando que há não há dispersão na quantidade de chuva entre as estações da UGRHI. Essa diferença pode ser justificada pela localização de cada estação, ou seja, o relevo da bacia, que influencia na precipitação.

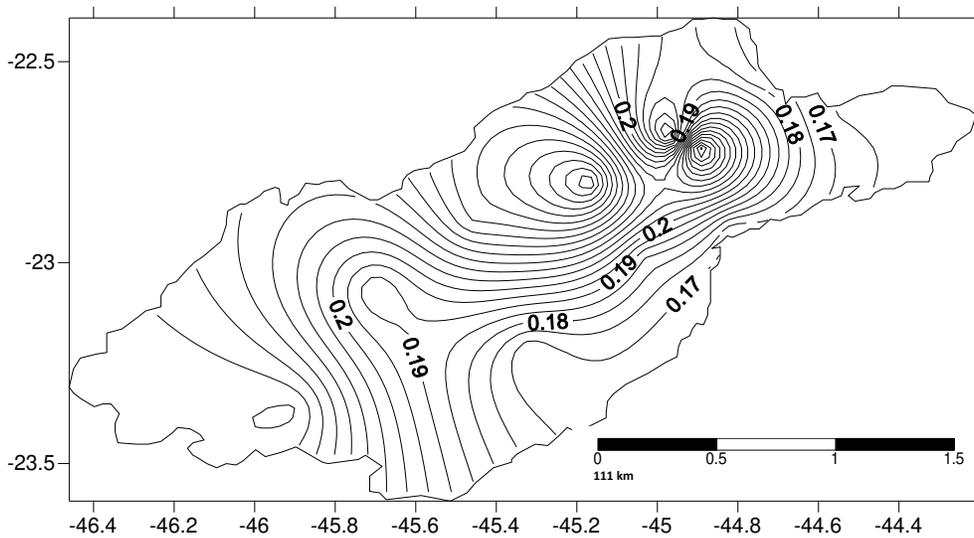


Figura 89 - Distribuição espacial do coeficiente de variação (série 1).

O coeficiente de variação mostra a variabilidade relativa. Na bacia, seus valores não são altos, ou seja, a chuva se distribui homogeneamente dentro da área de estudo.

As mesmas isolinhas foram traçadas para as séries 1 e 2, conforme pode ser observado nas Figuras 90 a 95.

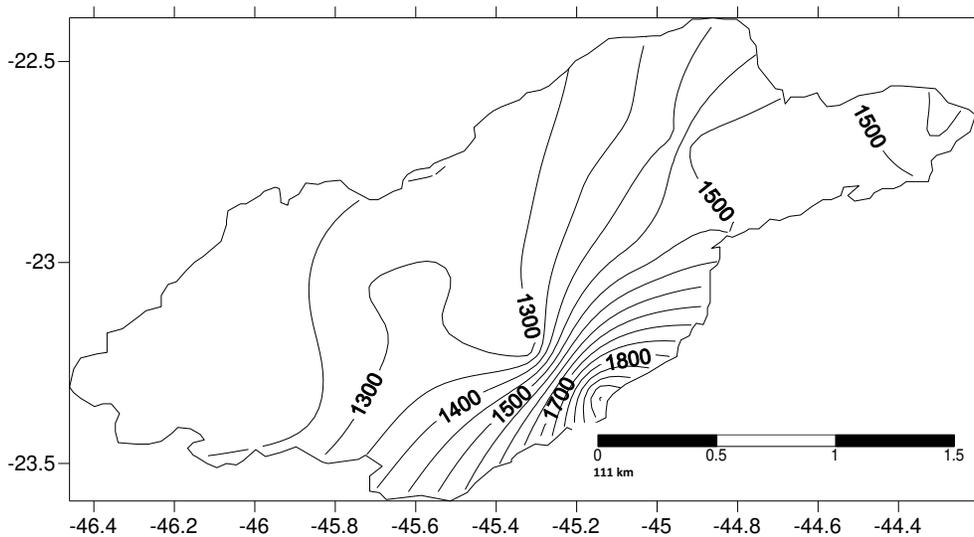


Figura 90 - Distribuição espacial da média série 2.

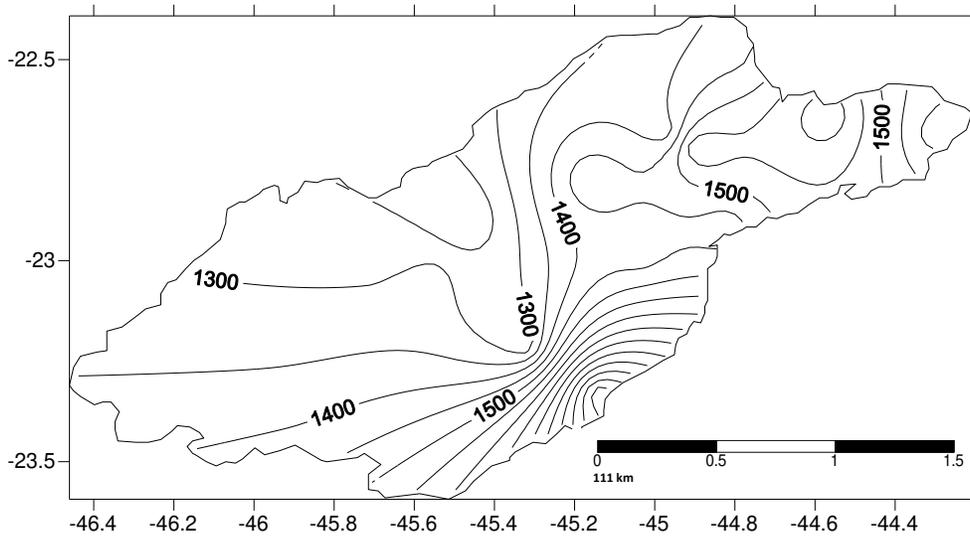


Figura 91 - Distribuição espacial da média série 3.

Nas Figuras 90 e 91, nota-se que a diferença espacial entre as médias das séries é praticamente inexistente. Observa-se que a distribuição espacial das chuvas tem a mesma disposição, as maiores médias estão nas partes mais elevadas do relevo, variando cerca de 400 mm.

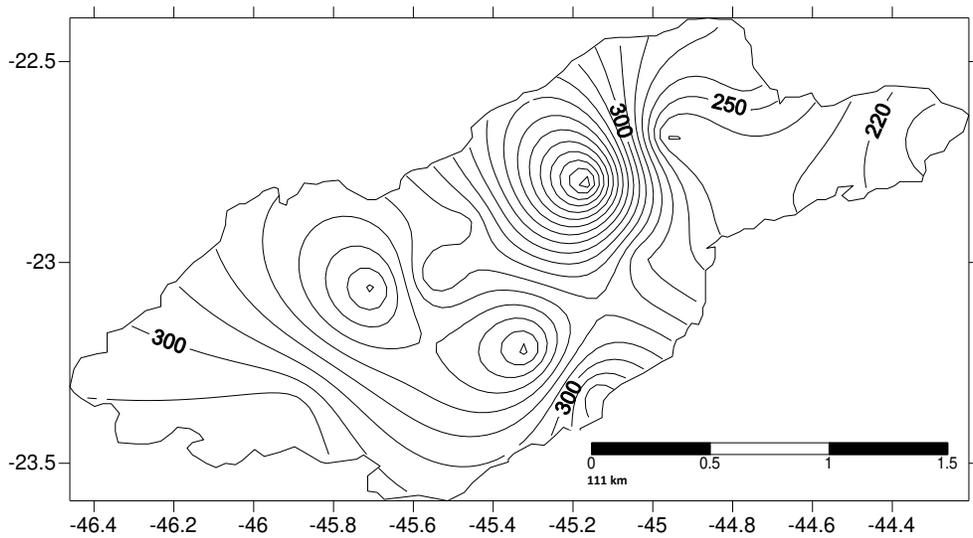


Figura 92 - Distribuição espacial do desvio padrão série 2.

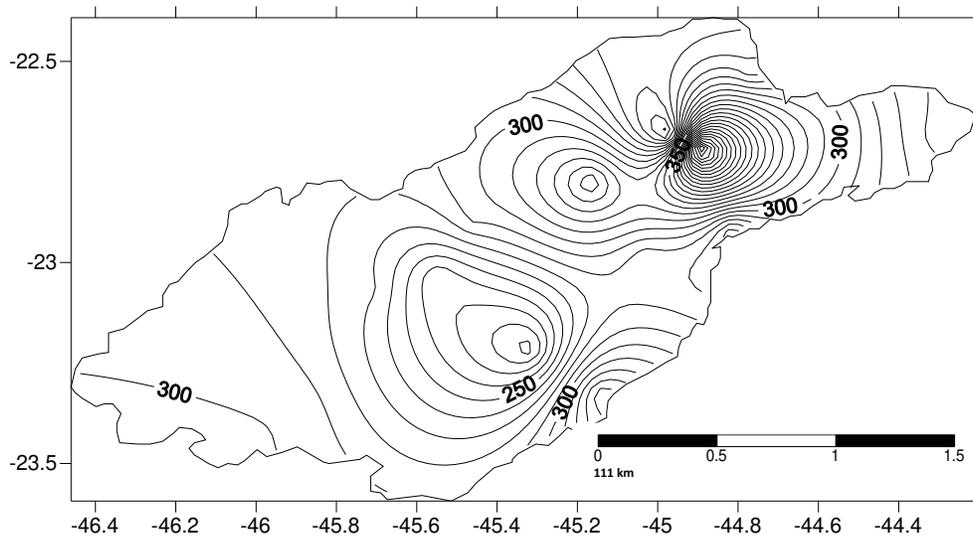


Figura 93 - Distribuição espacial do desvio padrão série 3.

Nas Figuras 92 e 93, observa-se que em relação ao desvio padrão, há variabilidade de um período em relação ao outro não divergem marcadamente. Isso também pode ser notado no coeficiente de variação (Figuras 92 e 93).

Nas Figuras 93 e 94, é possível observar uma diferença entre os padrões dos mapas, mas não entre os coeficientes, conforme mostrado na Tabela 21. A variação foi a mesma para as duas séries, o que modificou foi a espacialização dessa variação pela bacia.

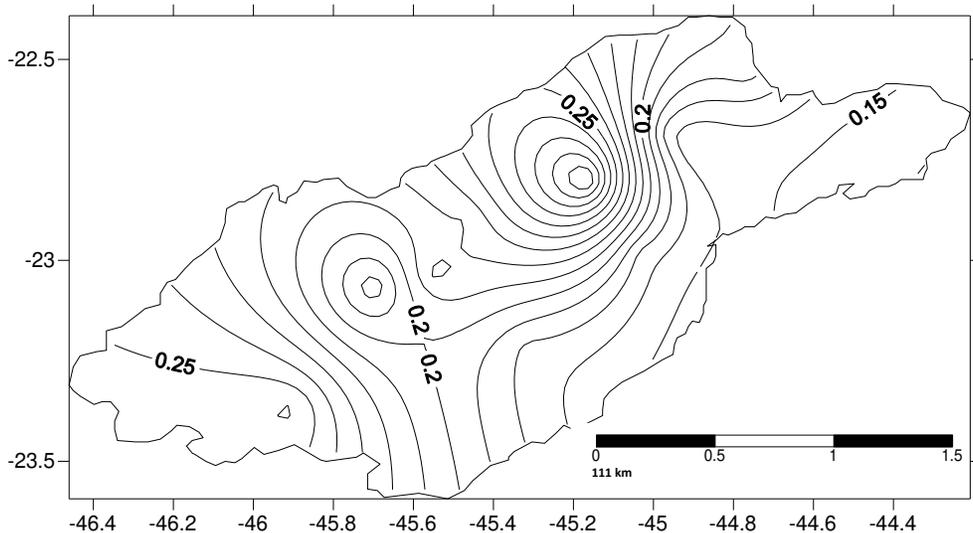


Figura 93 - Distribuição espacial coeficiente de variação série 2.

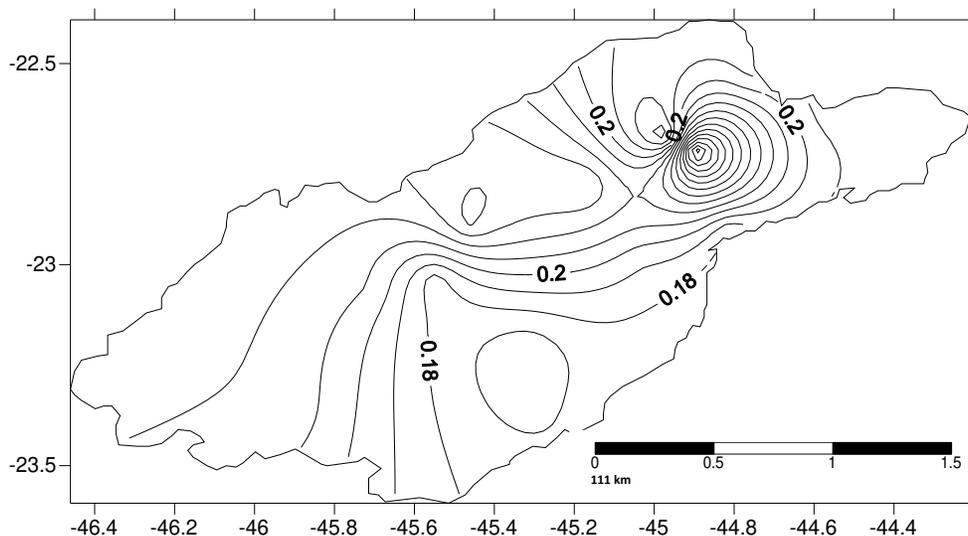


Figura 95 - Distribuição espacial coeficiente de variação série 3.

Através das isolinhas foi possível observar uma variabilidade na distribuição da média climatológica pela bacia. Também foi possível notar que, a variação entre as estações foi praticamente a mesma para todos os períodos, o que realmente variou foi a distribuição espacial dessa variação.

Para uma última análise, foi calculado o teste de hipótese para as médias, buscando analisar se há uma grande variabilidade entre os períodos estudados. Como resultado do teste, obteve-se conforme mostra a Tabela 22.

Tabela 22 - Resultado do teste de hipótese para as médias.

ESTAÇÃO	T_{cal}	T_{tab}	RESULTADO
1	0,0840	2,0017	H_0 é aceita
2	0,1778	2,0017	H_0 é aceita
3	1,2576	2,0017	H_0 é aceita
4	1,1070	2,0017	H_0 é aceita
5	-1,4598	2,0017	H_0 é aceita
6	0,7588	2,0017	H_0 é aceita
7	0,8794	2,0017	H_0 é aceita
8	0,0925	2,0017	H_0 é aceita
9	0,0775	2,0017	H_0 é aceita
10	-0,0677	2,0017	H_0 é aceita
11	-2,0430	2,0017	H_0 é rejeitada
12	-0,6078	2,0017	H_0 é aceita
13	-1,6410	2,0017	H_0 é aceita
14	0,2219	2,0017	H_0 é aceita

Na Tabela 22, é possível observar através dos testes que as médias das séries 2 e 3 são iguais, ou seja, apresentam pequena variação entre elas. A maior parte dos testes apresentou Ho aceita, mostrando que não há variabilidade entre as médias dos dois períodos de 30 anos.

4.2 - Outros desastres no Vale do Paraíba

Para o estudo da cidade de São Luiz do Paraitinga foram utilizadas duas estações: São Luiz do Paraitinga e Ponte Alta 1 (ambas localizadas na cidade).

Na Figura 96, observa-se o gráfico da média climatológica para o período de 51 anos.

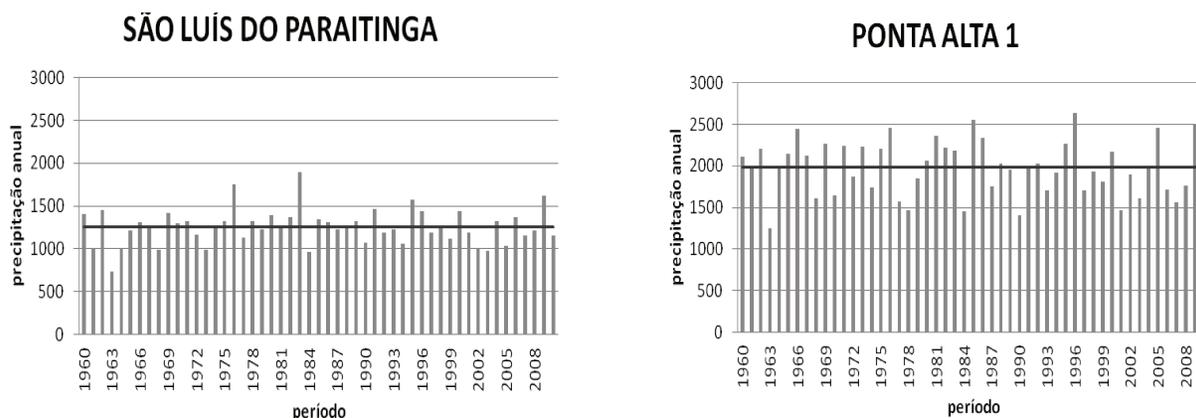


Figura 96 - Média climatológica para o município no período de 51 anos.

Na Figura 95, nota-se que o ano 2009 apresentou precipitação anual bem acima da média climatológica do período. De acordo com o CPTEC/INPE, 2009 foi um ano de El Niño fraco, fenômeno que costuma aumentar significativamente as precipitações na região Sul e Sudeste. Este fenômeno continuou no ano 2010, mas perdeu sua força, sendo mais notado no ano anterior.

As Figuras 96 e 97 mostra o gráfico da precipitação mensal para os anos 2009 e 2010, comparando a quantidade de chuva mês a mês:

São Luiz do Paraitinga

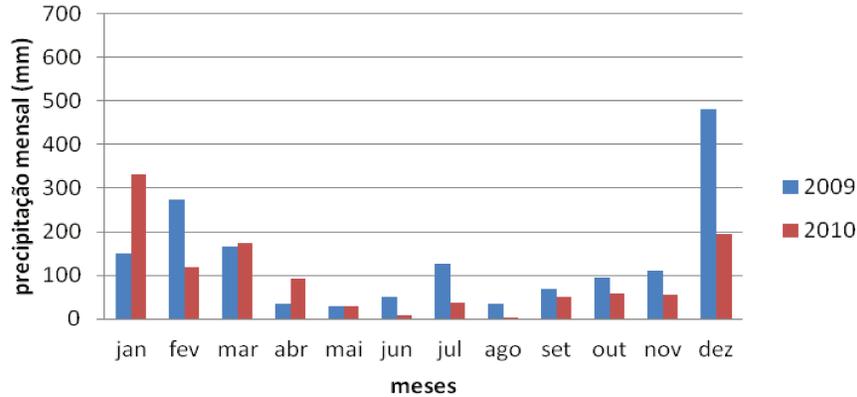


Figura 97- Precipitação mensal dos anos 2009 e 2010.

Ponta Alta 1

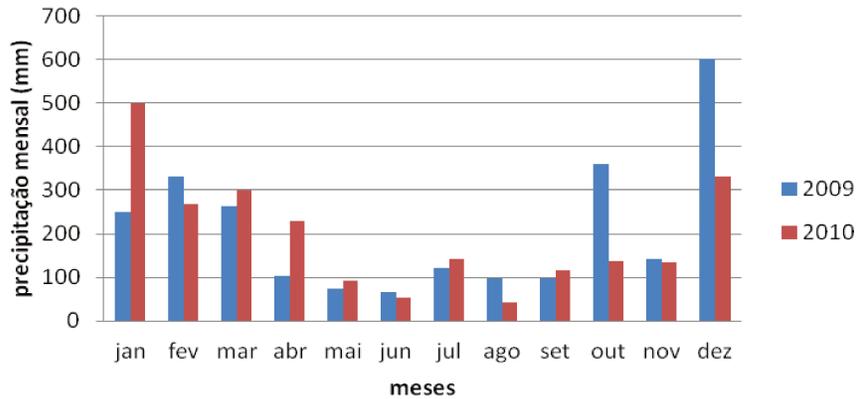


Figura 98- Precipitação mensal dos anos 2009 e 2010.

Nas Figura 97 e 98, pode-se notar que no mês de dezembro de 2009, a precipitação atingiu 500 mm aproximadamente, na estação São Luiz do Paraitinga e ultrapassando este valor na estação Ponta Alta 1, ou seja, uma quantidade expressiva de chuva para apenas um mês. No mês de janeiro de 2010, nota-se que a precipitação continuou alta, passando dos 300 mm.

Com essas informações, observou-se que choveu acima da média no mês anterior à inundação (dezembro/2009). Logo, pode-se concluir que, nas regiões onde o solo está mais exposto, a infiltração é menor e como choveu muito durante o mês, o solo não conseguiu absorver a quantidade de chuva.

As imagens de satélite abaixo (Figuras 99 e 100), mostram uma faixa de nebulosidade sobre a região Sudeste.

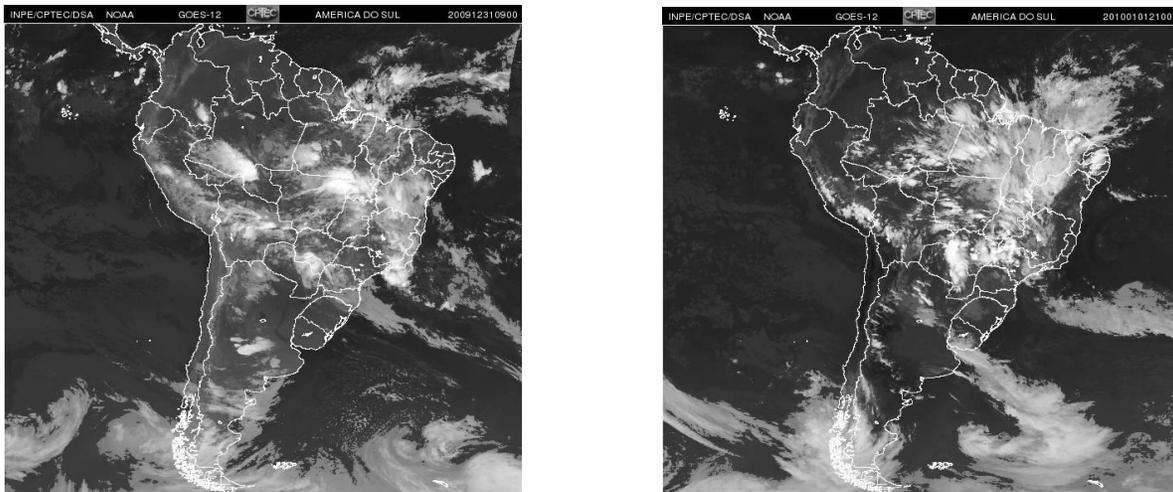


Figura 99- Imagens de satélite 31-12-2009 (á esquerda) e 01-01-2010 (á direita).

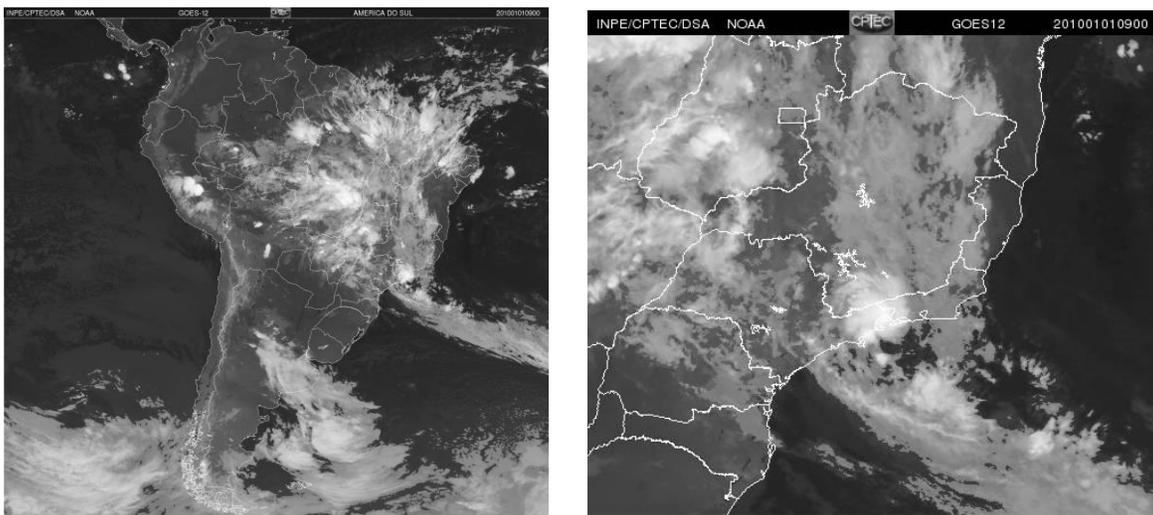


Figura 100 - Imagens de satélite do dia 01-01-2010.

Na análise sinótica do dia 31-12-2009 e 01-01-2010, realizada pelo CPTEC-INPE, consta que há um sistema de baixa pressão atuando sobre sudeste, causando instabilidade, consequentemente chuvas na região. No dia 31-12-2009 também houve a entrada de uma frente fria. Esses sistemas geraram precipitações intensas na região. Pode-se notar nas Figuras 98 e 99, intensa nebulosidade sobre a região Sudeste e principalmente sobre o Vale do Paraíba.

As Tabelas 23 e 24 mostram as máximas diárias de precipitação, pode-se notar que não foram nos anos da enchente que se teve os maiores valores de precipitação. Logo, os danos foram provocados pelo acúmulo de precipitação durante o mês de dezembro de 2009 e alguns dias de janeiro de 2010.

O estudo de máximas se mostra importante, porém não se pode excluir os dados mensais, uma vez que as cheias não ocorrem com o pico diário de chuva e sim, com o acúmulo de precipitação durante os dias.

Com as áreas de APPs do rio Paraitinga praticamente todas ocupadas e o solo ao redor sem cobertura vegetal significativa, a água excessiva da chuva não teve para onde correr, logo invadiu as áreas de risco da cidade, ou seja, as áreas ocupadas sem planejamento urbano e sem levar em conta as cheias do rio.

Tabela 23 - Máximos diários de precipitação - São Luiz do Paraitinga

Ano	Máx	Ano	Máx
1960	56,6	1986	68,5
1961	36,6	1987	54,0
1962	49,4	1988	69,4
1963	32,4	1989	73,0
1964	63,4	1990	74,0
1965	64,2	1991	60,6
1966	53,2	1992	76,2
1967	54,2	1993	65,8
1968	53,7	1994	61,0
1969	91,6	1995	70,0
1970	42,8	1996	71,0
1971	106,9	1997	51,4
1972	56,8	1998	78,2
1973	79,3	1999	96,0
1974	134,6	2000	72,2
1975	58,8	2001	68,0
1976	55,0	2002	47,2
1977	85,0	2003	62,8
1978	100,0	2004	55,0
1979	62,6	2005	67,0
1980	70,0	2006	79,2
1981	54,0	2007	66,3
1982	55,2	2008	55,2
1983	62,4	2009	82,0
1984	45,2	2010	67,4
1985	120,0	----	----

Tabela 24 - Máximos diários de precipitação - Ponta Alta 1

Ano	Máx	Ano	Máx
1960	73,8	1986	86,0
1961	60,4	1987	66,4
1962	92,4	1988	58,0
1963	73,0	1989	61,2
1964	123,2	1990	63,0
1965	87,2	1991	84,8
1966	136,0	1992	70,2
1967	59,2	1993	93,2
1968	59,6	1994	61,2
1969	39,7	1995	85,4
1970	115,8	1996	89,4
1971	82,0	1997	47,3
1972	130,0	1998	72,0
1973	75,4	1999	100,6
1974	43,0	2000	73,0
1975	112,0	2001	71,4
1976	94,0	2002	63,2
1977	113,6	2003	45,8
1978	63,0	2004	85,9
1979	87,9	2005	64,8
1980	87,8	2006	104,7
1981	70,8	2007	71,2
1982	82,6	2008	203,0
1983	123,2	2009	84,1
1984	63,8	2010	62,6
1985	77,1		

Na Figura 101, observa-se as áreas de risco do município e através do mapeamento nota-se que as áreas de risco estão perto ou nas áreas de APPs, todas apresentando risco 3, ou seja, alto risco.



Figura 101 - Mapeamento das principais áreas de risco do município.

Fonte: <http://www.saoluizdoparaitinga.sp.gov.br>

As Figuras 102 a 104, mostram o mapeamento das áreas de risco do bairro Ver de Perto, bairro Santa Teresinha e bairro Alto do Cruzeiro. Todos esses bairros estão ao entorno do centro histórico e também foram atingidos pela enchente e foram ocupados de maneira diferente, em direção às varzeas, encostas ou topos de morros, respectivamente. No mapeamento de risco, todos os bairros estão em áreas classificadas em R3, R4, ou seja, risco alto ou muito alto.



Figura 102- Mapeamento das áreas de risco para o bairro Ver de Perto.
Fonte: <http://www.saoluizdoparaitinga.sp.gov.br>



Figura 103 - Mapeamento das áreas de risco para o bairro Santa Teresinha.
Fonte: <http://www.saoluizdoparaitinga.sp.gov.br>

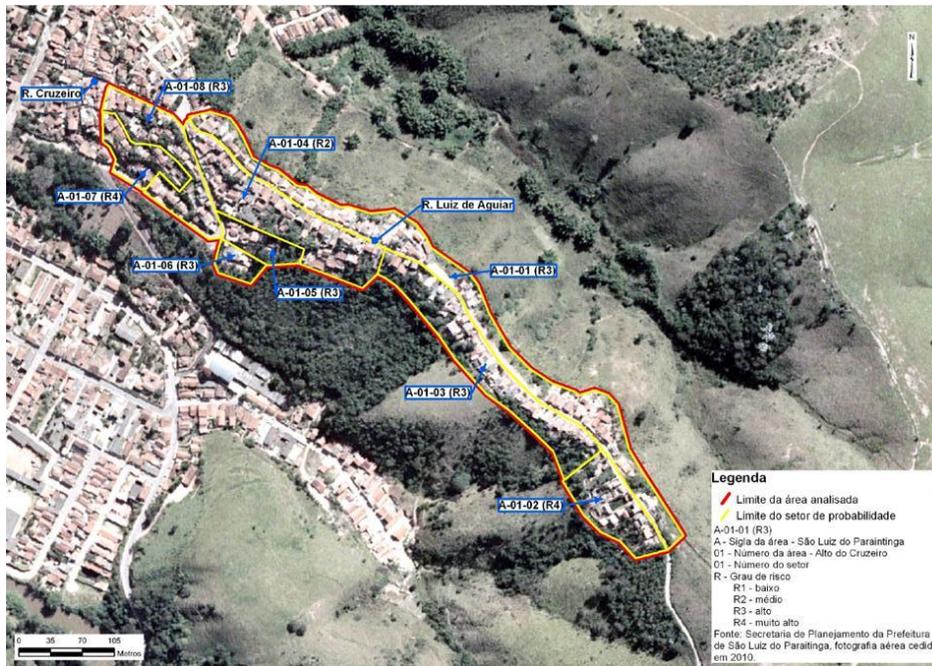


Figura 104- Mapeamento das áreas de risco do bairro Alto do Cruzeiro.
Fonte: <http://www.saoluizdoparaitinga.sp.gov.br>

De acordo com o Comitê de Integração da Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul, dos 11 mil habitantes da cidade, 9 mil foram atingidos, sendo que destes, 4 mil ficaram desabrigados e outros 5 mil foram para a casa de parentes ou alojamentos improvisados. A igreja matriz da cidade desabou e pelo menos 10 dos 90 imóveis tombados pelo patrimônio histórico foram atingidos.

As Figuras 105 e 106 mostram a devastação que ocorreu na cidade:



Figura 105 - Imagens da destruição de São Luiz do Paraitinga.
Fonte: [ww.saoluizdoparaitinga.sp.gov.br](http://www.saoluizdoparaitinga.sp.gov.br)



Figura 106 - Imagens da destruição de São Luiz do Paraitinga.

Fonte: www.saoluizdoparaitinga.sp.gov.br

Da análise da cidade de São Luiz do Paraitinga, conclui-se que a ocupação irregular de áreas de várzeas, somado a eventos de chuvas intensas, causados por entradas de frentes frias e centros de baixa pressão, ocasionaram uma das piores enchentes que a cidade já presenciou.

Os gráficos (Figuras 107 e 108) de tempo de retorno mostram a precipitação máxima diária para cada uma das estações estudadas da cidade.

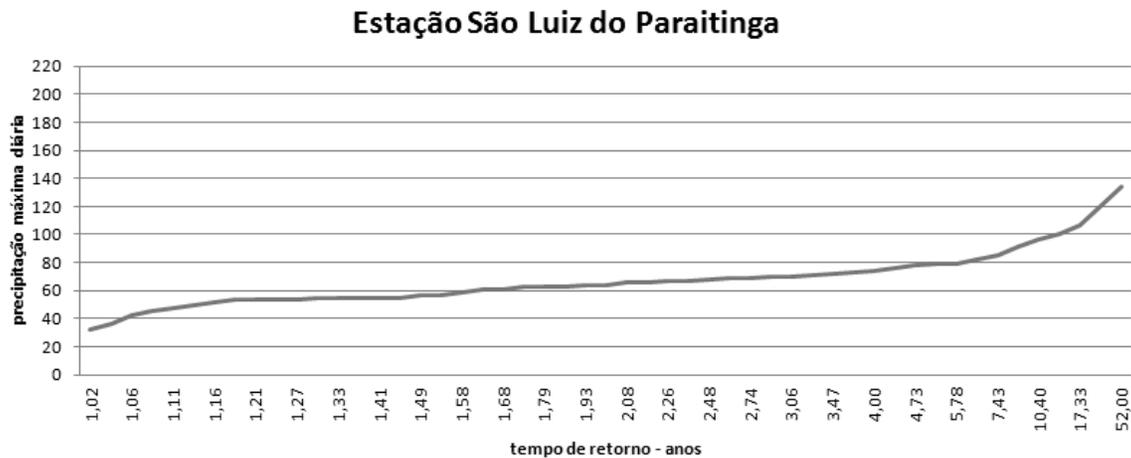


Figura 107 - Tempo de retorno - estação São Luiz do Paraitinga.

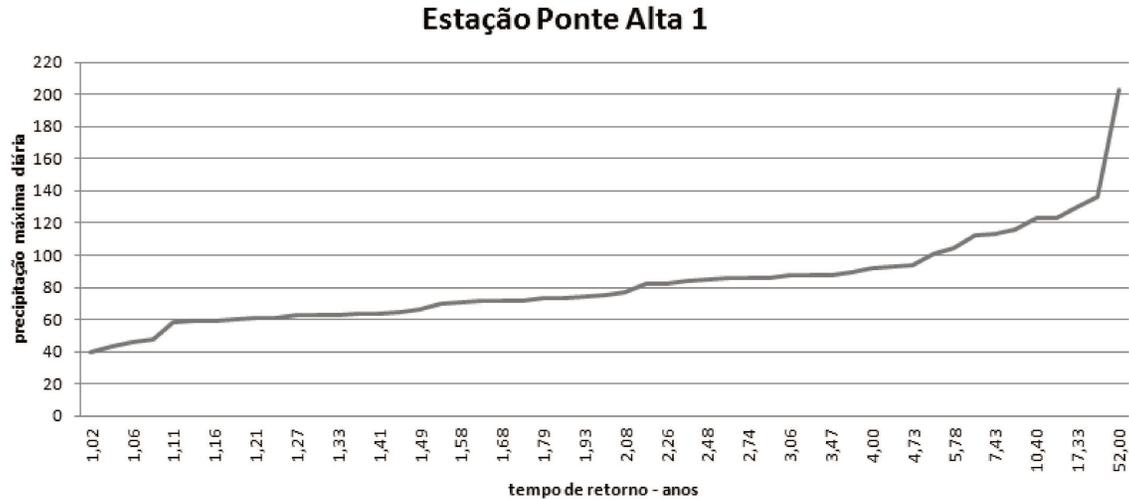


Figura 108 - Tempo de retorno - estação Ponte Alta 1.

Nas Figuras 107 e 108, observa-se que chuvas diárias superiores a 120 mm acontecem aproximadamente a cada 18 anos e as chuvas mais intensas, como a de 200 mm.

Não é apenas na cidade de São Luiz do Paraitinga que as enchentes acontecem. O ano de 2009 e 2010 também foi traumático para outras cidades da UGRHI-2, como Cunha e Guaratinguetá. Essas cidades apresentaram bairros devastados pelas chuvas de dezembro e janeiro.

As imagens de satélite (Figuras 98 e 99), mostram que a presença de uma zona de instabilidade colaborou para o aumento de chuvas, além da presença de um evento ENOS.

Na Figura 109, tem-se precipitação anual em relação à média da cidade de Guaratinguetá. É possível notar que o ano de 2009 teve uma precipitação anual bem acima da média.

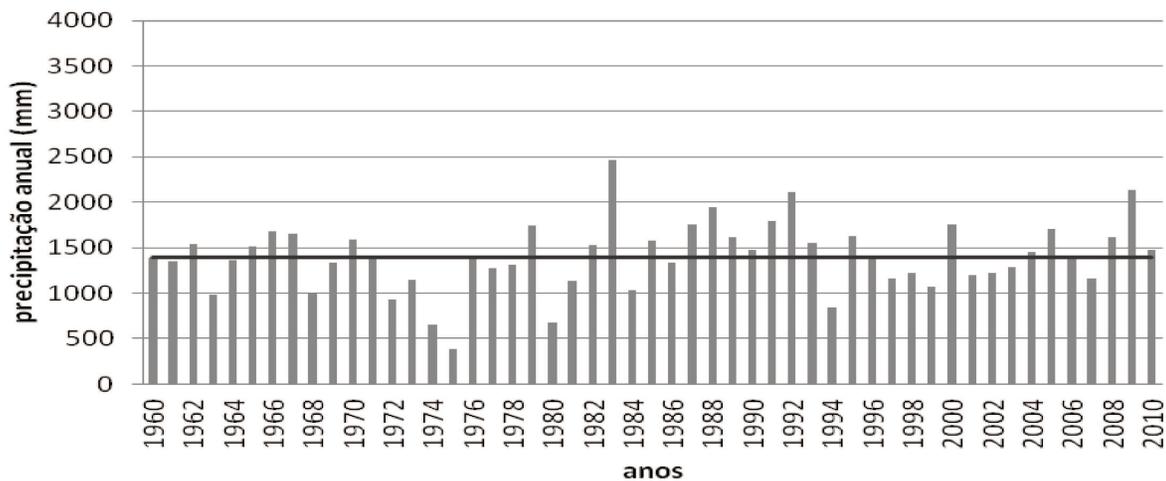


Figura 109 - Precipitação anual - Guaratinguetá

A Figura 110, mostra a comparação da precipitação mensal no município no ano de 2009 e 2010.

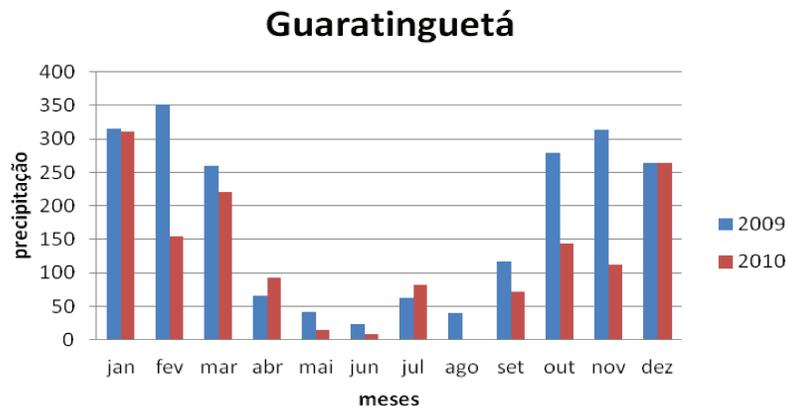


Figura 110 - Precipitação mensal dos anos 2009 e 2010.

Na Figura 110, nota-se no gráfico que o ano de 2009 foi mais chuvoso que 2010. Já com a análise da Figura 111, observa-se o gráfico de precipitação máxima de cada ano do período de 51 anos para a cidade de Guaratinguetá. Nota-se no gráfico, que assim como em São Luiz do Paraitinga, a precipitação máxima diária não aconteceu nos anos de 2009 e 2010, mas sim no ano de 1997. Entretanto, é importante observar que em 2009 a precipitação máxima foi de 120 mm e em 2010, 111 mm, muito acima da média do período (78 mm aproximadamente), mostrando que o acúmulo de precipitação entre dezembro de 2009 e janeiro de 2010 foi grande, o que pode ter ajudado na enchente da cidade.

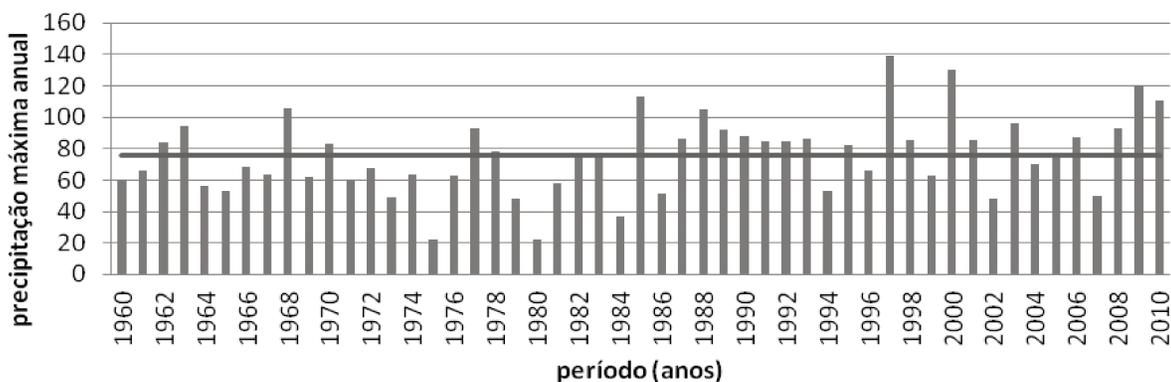


Figura 111 - Gráfico da estação Guaratinguetá (Guaratinguetá-SP), máximas diárias do período.

A Figura 112, mostram o tempo de retorno das precipitações máximas diárias da cidade:

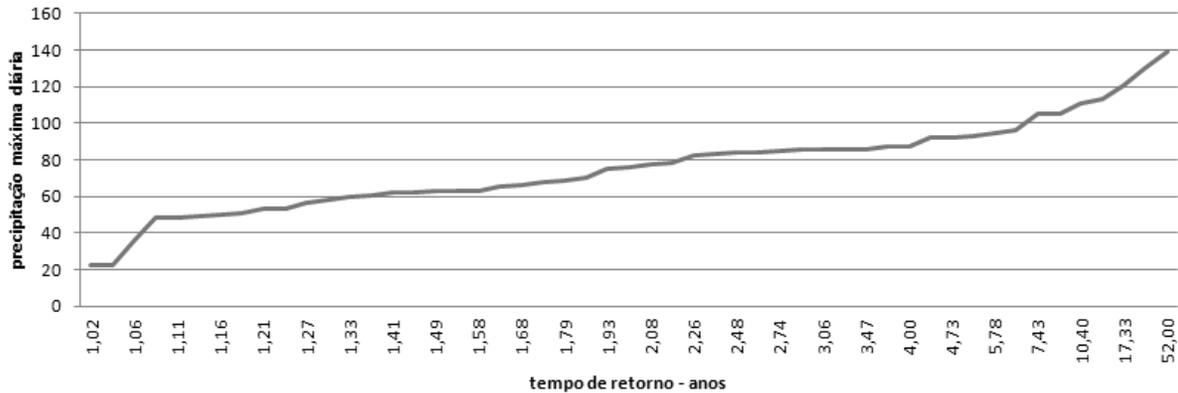


Figura 112 - Tempo de retorno da estação Guaratinguetá (Guaratinguetá-SP) para precipitações máximas diárias do período.

Na Figura 112, observa-se que as precipitações máximas diárias acima de 100 mm ocorrem a cada 8 anos, aproximadamente na cidade. Chuvas acima de 140 mm ocorrem a cada 52 anos na cidade.

De acordo com o CEDEC-SP *apud* Kawasaki *et al.* (2012), em Guaratinguetá, a enchente causou alguns danos como: 597 habitantes desalojados, 400 desabrigados e 3 feridos.

A Defesa Civil da cidade constatou que os bairros mais afetados pela enchente foram rua Anísio Novaes, (escorregamento e alagamento), Campo do Galvão, Chácaras Agrícolas, Olaria de São Benedito (Chácaras Selles).

A Figura 113 mostra a localização de um dos bairros, Chácaras Agrícolas. Observa-se que o bairro está numa área de planície de inundação, ou seja, numa área suscetível à enchentes e inundações. Observa-se, mais uma vez, que a falta de planejamento urbano e a ocupação de áreas de APP e várzea são as principais causadoras de danos à população.

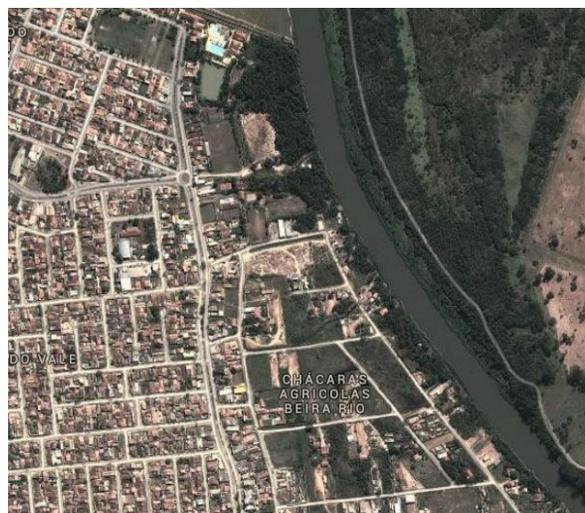


Figura 113 - Localização do bairro Chácara Agrícolas - Guaratinguetá -SP
Fonte: google maps

Os casos de enchente são muito comuns na área, promovendo que o governo local construísse obras de contenção de enchentes no ano de 2011. A obra consiste na construção de um dique no bairro.

A Figura 114 mostra algumas imagens das enchentes na cidade no dia 30/12/2009. As fotos foram retiradas do jornal Vale News. Nas imagens é possível notar, que além da enchente, também houve deslizamento de terras em algumas áreas da cidade.



Figura 114 - Enchente e deslizamento na cidade de Guaratinguetá em 30/12/2009.
Fonte: ValeNews, 2012.

Outra cidade afetada foi Cunha. As Figuras 115 e 116, mostram os gráficos de precipitação máxima anual da cidade, no período de 51 anos. Foram estudadas duas estações: Campos de Cunha e Estranha de Cunha.

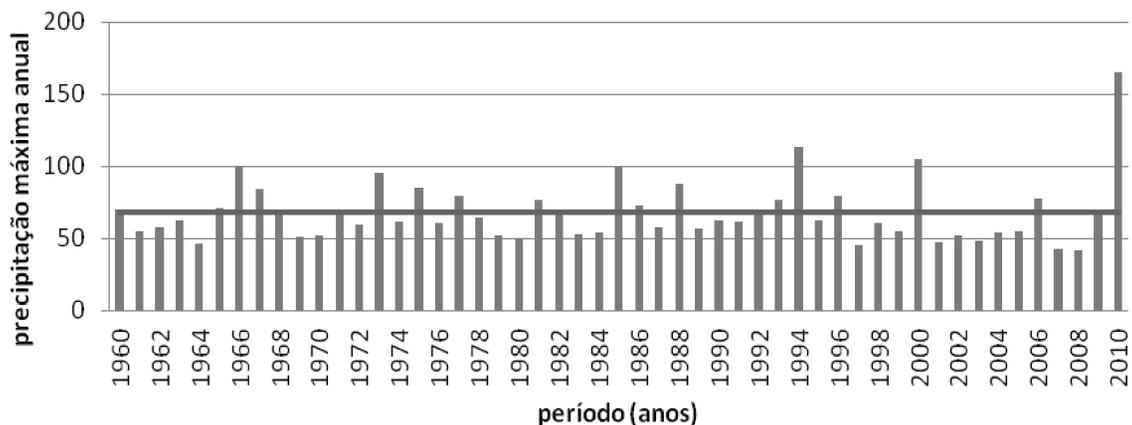


Figura 115 - Precipitação máxima anual - estação Campos de Cunha.

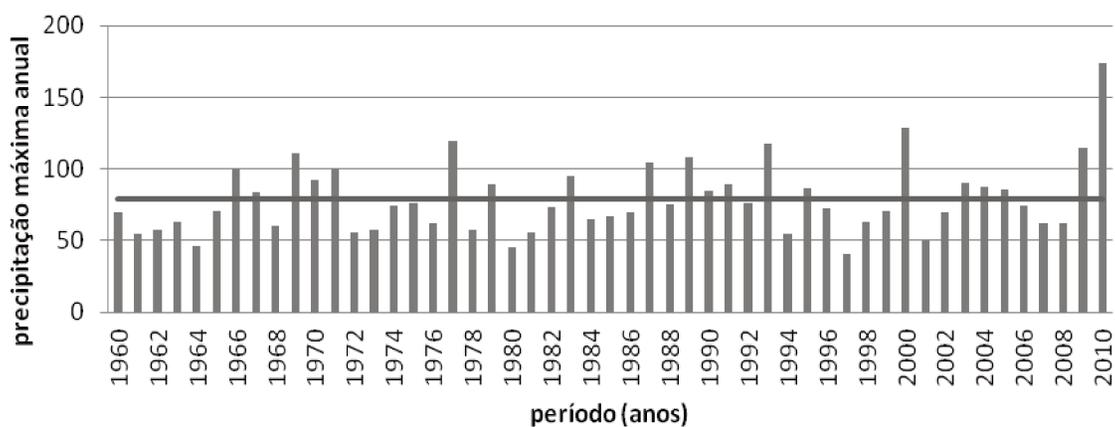


Figura 116 - Precipitação máxima anual - estação Estrada de Cunha.

Nas Figuras 115 e 116, observa-se que, ao contrário, de São Luiz do Paraitinga e Guaratinguetá, em Cunha, as precipitações máximas aconteceram nos anos de 2009 e 2010. Nota-se que o ano de 2010 apresentou nas duas estações, a maior precipitação máxima, possivelmente ocorrida no mês de janeiro.

Os gráficos das Figuras 117 e 118, mostram o tempo de retorno das precipitações máximas diárias de cada estação.

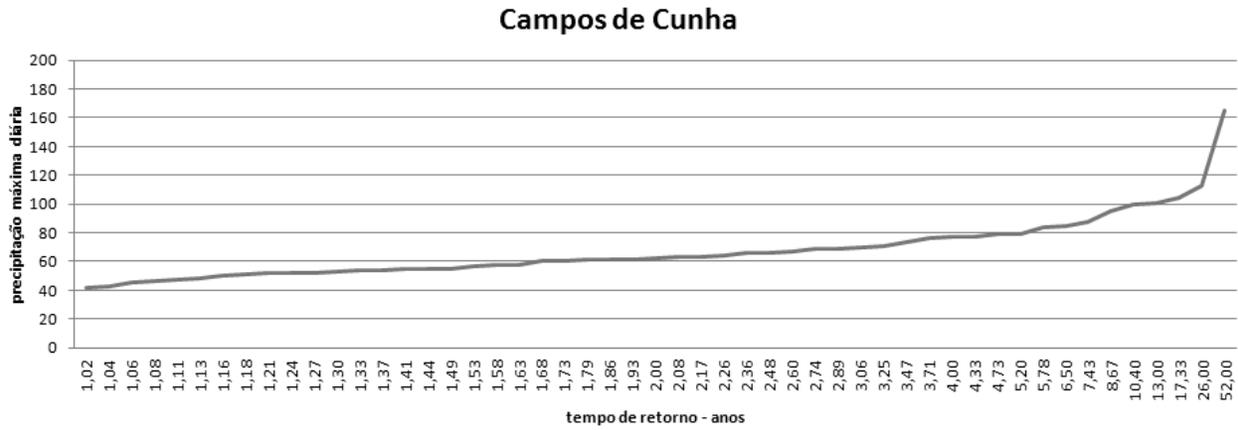


Figura 117 - Tempo de retorno - Campos de Cunha.

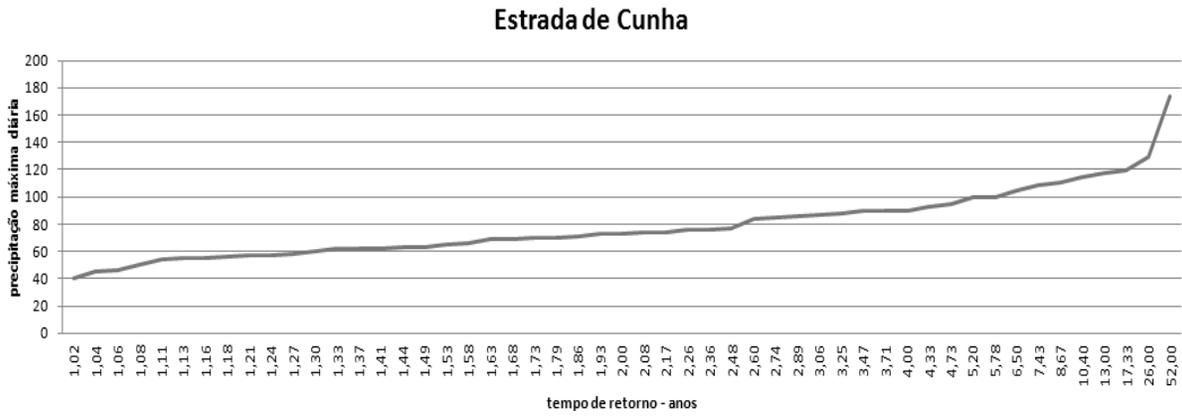


Figura 118 - Tempo de retorno - Estrada de Cunha.

Observa-se nas Figuras 117 e 118, que as duas estações apresentam gráficos bem parecidos, com precipitações diárias acima de 160 mm ocorrendo a cada 52 anos.

As Figuras 119 e 120, mostram as precipitações mensais nos anos de 2009 e 2010.

Campos de Cunha

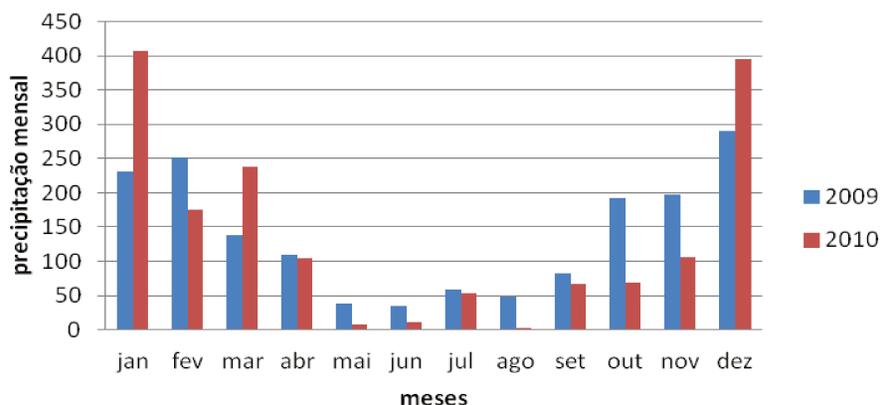


Figura 119 - Precipitação mensal - 2009 e 2010 - Campos de Cunha.

Estrada de Cunha

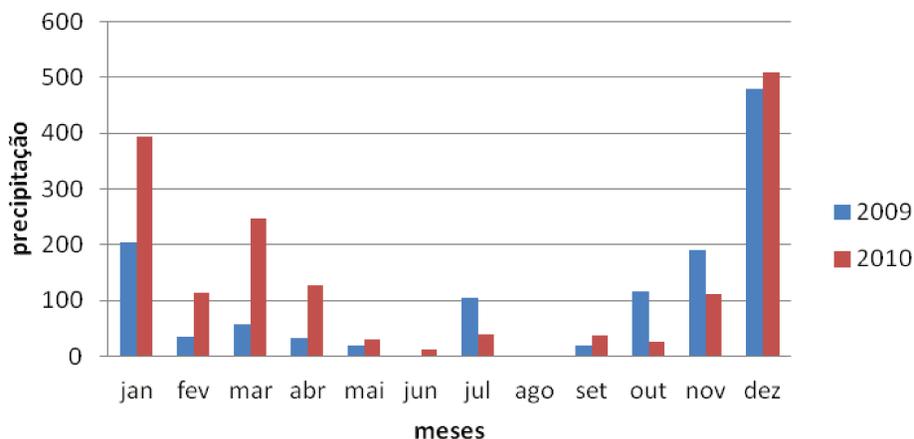


Figura 120 - Precipitação mensal - 2009 e 2010 - Estrada de Cunha.

Nas Figuras 119 e 120, observa-se que a precipitação de dezembro de 2009 e janeiro de 2010 foram altas, o que pode ter gerado um acúmulo de precipitação e possivelmente enchentes na cidade. Os gráficos (Figuras 119 e 120) mostram que a quantidade mensal de precipitação em 2010 foi menor que em 2009.

Nestes anos, aconteceram enchentes na cidade, o que provocou muitos danos materiais, como a queda de pontes e isolamento de bairros. Os principais bairros afetados foram Jericó, Capivara, Barro Vermelho, Bananal, Três Pontes, Itambé, Sertão dos Marianos, Catioca, Catióquina, Cachoeira dos Rodrigues, Sapezal e Fazenda Santana. Esses bairros estão próximos a riachos, córregos ou aos rios que cortam a cidade. De acordo com a Defesa Civil da cidade, 12

mil pessoas foram afetadas pela enchente, 95 pessoas desalojadas, 600 desbarrancamentos e 300 pontes destruídas.

A Figura 121 mostra a destruição na cidade de Cunha.



Figura 121 - Destruição de ponte em Cunha.

Fonte: blogdomarcelo.com.br

Observando as enchentes que ocorreram no fim de 2009 e começo de 2010 na UGRHI-2, é possível notar que elas foram ocasionadas por um acúmulo de precipitação mensal e diário. As enchentes não ocorreram apenas porque houve muita chuva no dia do evento, mas sim, porque houveram consequentes precipitações intensas no mês.

Esse acúmulo de precipitação encharca o solo, que passa não aguentar a grande quantidade de chuva.

A ocupação irregular de áreas de APP e de planícies de inundação são um dos agentes principais na ocorrência de enchentes, pois as cheias do rio acontecem justamente nessas áreas.

Esses eventos são mais uma prova que a ocupação do Vale do Paraíba foi feita de maneira desorganizada e irregular, o que gera diversos problemas nas cidades da região até hoje. Por isso, muitas obras de contenção de enchentes estão sendo realizadas nessas cidades.

Também é importante ressaltar que o ano de 2009 (mês de dezembro) teve a presença da ZCAS e de um El Niño e como já foi analisado neste trabalho, esses sistemas aumentam a quantidade de chuva na região, sendo considerados importantes para a análise das enchentes na

região. Os anos que apresentam ZCAS ou El Niño costumam apresentar uma maior quantidade de chuva; anos que apresentam ZCAS e El Niño conjuntamente, costumam apresentar uma quantidade superior de precipitação a dos eventos isolados, ou seja, apenas ZCAS ou apenas EL Niño.

5 - CONSIDERAÇÕES FINAIS

Observa-se que a urbanização e a industrialização do Vale do Paraíba causaram alguns danos para a região. O crescimento das cidades nas áreas de várzeas do rio Paraíba do Sul ocorreram de maneira desorganizada.

Essa desorganização gera alguns problemas em épocas de chuvas intensas, pois a cheia do rio acaba "invadindo" a cidade, causando enchentes e inundações.

A variabilidade pluvial da bacia é marcada temporal e espacialmente, pois o relevo é um influenciador na precipitação pluvial. Áreas mais altas apresentam maior quantidade de precipitação. Áreas mais próximas ao mar, apresentam maior quantidade de chuva.

Outros sistemas como frentes frias, ZCAS e ENOS influenciam na precipitação local. O El Niño-Oscilação Sul aumenta a precipitação e quando associado a ZCAS essas chuvas são mais intensas. Já a La Niña, diminui a quantidade de chuva na área de estudo, mas a mantém bem distribuída pelo espaço da região.

O IAC é um índice que mostra a marcada variabilidade da região, tanto para os anos úmidos, quanto os secos. Esse índice detecta os eventos ENOS, como na fase quente, (anomalias positivas no Pacífico Equatorial) e esses anos são classificados como úmidos e os anos de La Niña apresentam-se como anos secos.

O tempo de retorno permite analisar que chuvas de grande intensidade tem pequeno probabilidade de ocorrer na região, em uma média de 40 em 40 anos, aproximadamente. Logo, precipitações intensas diárias não são comuns na UGRHI-2. As chuvas mais comuns são as de menor intensidade (acima de 30 mm) e ocorrem praticamente durante todo o ano, devido a fatores importantes como entrada de frentes frias, maritimidade e eventos externos como ENOS, tão presentes na região.

A região do Vale do Paraíba é uma região de risco, altamente suscetível a desastres naturais. A maior parte desses desastres são causados por eventos extremos de precipitação, que ocorrem de muitos em muitos anos, mas quando ocorrem causam grandes desastres como enchentes e inundações.

A cidade de São Luiz do Paraitinga teve precipitação acentuada nos dias da enchente. Os dados diários mostram que a enchente ocorreu devido a precipitação acumulada dos dias 29/12/2009 a 01/01/2010, com a entrada de frente fria e sistemas de baixa pressão. A ocupação

irregular das áreas de várzeas colaboraram para que a enchente tomasse a proporção que tomou, sendo considerada uma das maiores da história do Vale do Paraíba.

As outras análises realizadas, em Guaratinguetá e Cunha mostram que as enchentes são os grandes desastres naturais da UGRHI-2. É preciso entender que essas enchentes não tiveram tanta repercussão na mídia, pois não apresentaram a mesma quantidade de danos que São Luiz do Paraitinga. Entretanto, essas cidades são constantemente afetadas pelas enchentes, principalmente no período de verão.

Todos os eventos analisados mostram que o estudo da precipitação máxima diária é importante, mas que nem sempre a precipitação diária é a geradora e explica desastres. Através das enchentes estudadas, é possível observar que os principais fatores são a ocupação de áreas de várzeas e APP dos rios, juntamente com o acúmulo de precipitação semanal ou mensal (depende da intensidade da precipitação).

6- REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Ab'Saber, A.N. **Os Domínios de Natureza no Brasil: Potencialidades Paisagísticas**. Ateliê Editorial, São Paulo, 152 p., 2003

ALVES, J.X.S, *et al.* **Feridas e cicatrizes na paisagem de São Luiz do Paraitinga**. In: Simpósio Internacional de Ciências Integradas da UNAERP Campus do Guarujá, 2010. Disponível em <http://www.google.com.br/url?sa=t&rct=j&q=feridas%20e%20cicatrizes%20na%20paisagem%20de%20s%C3%A3o%20luiz%20do%20paraitinga&source=web&cd=1&ved=0CFAQFjAA&url=http%3A%2F%2Fwww.unaerp.br%2Ffici%2Fpt%2Fedicoesanteriores%2Fdoc_download%2F254-feridas-e-cicatrizes-na-paisagem-de-sao-luiz-doparaitinga&ei=u2MDUOy3As-N0QGDpPy0Bw&usq=AFQjCNH-KLOHGcpfIy41hHl8YtSyz29HBA> Acesso: 14/07/2012

AMARAL, R. e RIBEIRO R.R. **Inundação e enchentes**. In: Desastres Naturais: conhecer para prevenir, TOMINAGA, L.K. *et al* (orgs). São Paulo, Instituto Geológico, 2009. p. 39-53

AYOADE, J. O. **Introdução à climatologia para os trópicos**. Tradução de Maria Juraci Zani dos Santos. 12 ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2007.

AYRES, A.C. **Variabilidade e desastres naturais da região do Vale do Paraíba/SP: passado e futuro**. Dissertação (mestrado): Universidade de Taubaté, Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais, 2010. Disponível em:<http://www.dominipublico.gov.br/pesquisa/DetalheObraForm.do?select_action=&co_obra=202526> Acesso em 30 de setembro de 2011

AZEVEDO, F. Z. *et al.* **Gestão dos Recursos Hídricos no Estado de São Paulo**. I Simpósio de Recursos Hídricos do Norte e Centro Oeste. Cuiabá, 2007. Disponível em <http://www.abrh.org.br/novo/i_simp_rec_hidric_norte_centro_oeste86.pdf> Acesso em 03/03/2011

ANDRIOTTI, J.L.S. **Fundamentos da Estatística e da Geostatística**. Editora Unisinos. 4 ed. 2003.

BARBETTA, P. A. **Estatística aplicada às ciências sociais**. 7 ed. Florianópolis: Ed. da UFSC, 2008. p. 91- 95.

BOTELHO, R.G.M. **Bacias Hidrográficas urbanas**. In: Geomorfologia Urbana, GUERRA, A.J.T (orgs). Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2011. p.71-110

BRANDÃO, R. S., FISCH, G. F., **A zona de convergência do Atlântico Sul e seus impactos nas enchentes em áreas de risco em Guaratinguetá – SP**. Departamento de Ciências Ambientais, Universidade de Taubaté, Revista Biociências, v. 14, n. 2, p. 02-02, 2008 74

BRASIL (CONGRESSO-SENADO FEDERAL). **Comissão "El Niño"- Relatório Final**. Relator: ORNELAS, W. Brasília: Senado Federal, Secretaria Especial de Editoração e Publicações, 1997.

CARVALHO, L.M.V; JONES,C. **Tempo e Clima no Brasil**. ; CAVALCANTI,I. F.A, et al.,(orgs). São Paulo: Oficina de Textos, 2009

CASSETI,V. **Ambiente apropriação do relevo**. São Paulo: Contexto, 2ed, 1995.

CASTRO,C.M. *et al.* **Riscos Ambientais e Geografia: Conceituações, Abordagens e Escalas**. Anuário do Instituto de Geociências – UFRJ. Vol. 28-2 / 2005 p. 11-30. Disponível em: < http://www.anuario.igeo.ufrj.br/anuario_2005/Anuario_2005_11_30.pdf> Acesso em 20 de setembro de 2011.

CAVALCANTI,I.F.A; KOUSKY, V.E . **Tempo e Clima no Brasil**. ; CAVALCANTI,I. F.A, et al.,(orgs). São Paulo: Oficina de Textos, 2009

CETESB. **Relatório de qualidade das águas superficiais no estado de São Paulo**. São Paulo : CETESB, 2010. Disponível em:< <http://www.cetesb.sp.gov.br/tecnologia-ambiental/laboratorios/61-publicacoes-e-relatorios---relatorios-de-qualidade>> Acesso em 23 de setembro de 2011.

CONTI, J.B **Circulação secundária e efeito orográfico na gênese das chuvas na região lesnordeste paulista**. São Paulo,1973, Tese (doutorado), Série Teses e Monografias, IGEOG-USP 18

DESSAY,N., *et al.* **Uma análise das diferenças de comportamentos da vegetação na América do Sul durante os dois eventos de El Niño de 1982-1983 e 1997-1998**. XII Congresso Brasileiro de Meteorologia. Foz do Iguaçu, PR, 2002. Disponível em< <http://www.cbmet.com/cbm-files/11-2c197ef010063e3181d61999a23971f8.pdf>> Acesso em: 2 de novembro de 2009.

DIAS, M.A.F.S, *et al.*, **Composição da Zona de convergência do Atlântico Sul em períodos de El Niño e La Niña**. Revista Brasileira de Meteorologia, v.19, n.1, 89-98, 2004. Disponível em: < http://www.rbmet.org.br/port/revista/revista_dl.php?id_artigo=45&id_arquivo=153> Acesso em 15/07/2013

DIAS, N.W. *et al.*, **A enchente de São Luis do Paraitinga: evidências de sua dimensão obtidas a partir de dados orbitais**. Anais XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR, Curitiba, PR, Brasil, 30 de abril a 05 de maio de 2011, INPE p.1411. Disponível em:< <http://www.dsr.inpe.br/sbsr2011/files/p0695.pdf>> Acesso em: 31 de agosto de 2011.

FERNANDES, D.S.;*et al.* **Índices para a Quantificação da Seca**. EMBRAPA, Santo Antonio de Goiás, GO. 2009. Disponível em < www.cnpaf.embrapa.br/publicacao/seriedocumentos/doc_244.pdf> Acessado em 21/09/2010 75

FERREIRA, N.J.; SANCHES, M.; DIAS, M.A.F.S. **Composição da zona de convergência do Atlântico Sul em períodos de El Niño e La Nina**. Revista Brasileira de Meteorologia, v.19, n.1, 89-98, 2004. Disponível em < www.rbmet.org.br/port/revista/revista_dl.php?id_artigo=45&id...153 > Acesso em 17 de agosto de 2011.

FRANÇA, D.A. **Mudança do uso e cobertura da terra no vale do Paraíba e vizinhança e seus impactos na circulação atmosférica local**. São José dos Campos: INPE, 2006. - Dissertação de Mestrado

FREITAS, V. A. **Análise de dados espaciais por meio de semivariogramas**. Dissertação de Mestrado (Matemática) Universidade Federal de Uberlândia: Uberlândia - MG, 2000. Disponível em < <http://www.famat.ufu.br/prof/ednaldo/geoest/mvan.pdf> > Acessado em 28/05/2010

GUERRA, A.J.T; CUNHA, S.B. (orgs). **Geomorfologia e meio ambiente**. Rio de Janeiro. Bertrand Brasil, 1966.

GUIJARRO, J.A. **User's guide to climatol**. Junho, 2011

GRAMANI, M.F. *et al.*, **Diagnóstico das inundações em áreas urbanas do rio Paraíba do Sul e Mantiqueira, SP: subsídio para o plano de contingência**. Simpósio Brasileiro de desastres naturais, Florianópolis, 2004. Disponível em: < http://www.cfh.ufsc.br/~gedn/sibraden/cd/EIXO%203_OK/3-40.pdf > Acesso em: 23 de setembro de 2011.

LANDIM, P.M.B. **Análise estatística de dados geológicos**. 2 ed. São Paulo: Editora UNESP, 2003.

MARANDOLA JR, E.; HOGAN, D.J. **As dimensões da Vulnerabilidade**. São Paulo em Perspectiva, v. 20, n. 1, p. 33-43, jan./mar. 2006. Disponível em < : http://www.seade.gov.br/produtos/spp/v20n01/v20n01_03.pdf > Acesso em 03/08/2012

MARCELINO, E. V. **Desastres Naturais e geotecnologias: conceitos básicos**. Caderno Básico nº 1. Santa Maria, RS, 2008. Disponível em: < <http://mtc-m18.sid.inpe.br/col/sid.inpe.br/mtc-m18@80/2008/07.02.16.22/doc/publicacao.pdf> > Acesso em: 23 de setembro de 2011

MARENCO, J.A; ALVES L.M. **Tendências hidrológicas da bacia do rio Paraíba do sul**. Revista Brasileira de Meteorologia, v.20, n.2, 215-226, 2005. Disponível em < http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:2nHetTZR0mIJ:www.rbmet.org.br/port/revista/revista_dl.php%3Fid_artigo%3D506%26id_arquivo%3D132+&cd=1&hl=pt-BR&ct=clnk&gl=br > Acesso em: 20/09/2012

MARENGO, J.A ; OLIVEIRA,G.S. **Impactos do fenômeno la niña no tempo e clima do brasil: desenvolvimento e intensificação do la niña 1998/99.** s/d. Disponível em <http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:m0jG4qm_qz0J:mtc-m15.sid.inpe.br/col/cptec.inpe.br/walmeida/2004/06.30.08.07/doc/Marengo_Impactos%762520do%2520fenomeno.pdf+%&cd=1&hl=pt-BR&ct=clnk&gl=br> Acesso em 20/08/2010

MARCHIORI-FARIA, D.G. E SANTORO, J. **Gerenciamento de Desastres Naturais. In: Desastres Naturais: conhecer para prevenir**, TOMINAGA, L.K. *et al* (orgs). São Paulo, Instituto Geológico, 2009. p. 39-53

MESQUITA, W.O.; *et al.* **Precipitações máximas diárias esperadas para as regiões Central e Sudeste de Goiás.** Pesquisa Agropecuária Tropical v. 39, n. 2, p. 73-81, abr./jun. 2009. Disponível em < <http://www.revistas.ufg.br/index.php/pat/article/viewFile/5785/4542>> Acessado em 02/10/2010

MILANESI, M.A e GALVANI, E. **Efeito orográfico na ilha de São Sebastião (Ilhabela – SP).** Revista Brasileira de Climatologia. N. 9 – JUL/DEZ/2011. Disponível em < <http://ojs.c3sl.ufpr.br/ojs2/index.php/revistaabclima/article/view/27516>> Acesso em 15/07/2013

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

MÜLLER, N.L. **O fato urbano na bacia do rio Paraíba- São Paulo.** Rio de Janeiro: Fundação IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia, 1969.

NUNES, L. H., CALBETE, N. O. **Variabilidade Pluviométrica no Vale do Paraíba Paulista** Congresso Brasileiro de Meteorologia (CBMET) Edição XI - Rio de Janeiro – 2000.

PROGRAMA DAS NAÇÕES UNIDAS PARA O DESENVOLVIMENTO. **Relatório de Desenvolvimento Humano 2007/2008.** New York, EUA, 2007.

QUADRO, M.F.L. **Estudo de episódios de zonas de convergência do Atlântico Sul (ZCAS) sobre a América do Sul.** Dissertação de Mestrado em Meteorologia (INPE), São José dos Campos, 1994. Disponível em < <http://mtc-m15.sid.inpe.br/col/sid.inpe.br/MTC-m13%4080/2005/08.26.14.10/doc/publicacao.pdf>> Acesso em 17 de agosto de 2011.

RESCHILIAN, P.R. **O Vale do Paraíba no contexto da urbanização brasileira e a questão do planejamento regional.** Rev. ciênc. hum, Taubaté, v. 11, n. 1, p. 25-32, jan./jun. 2005. Disponível em: < <http://site.unitau.br/scripts/prppg/humanas/download/R11.V1.2005/3%BA%20art.>> Acesso em : 08/07/2013

ROOY, M. P. van. **A rainfall anomaly index independent of time and space.** Notos, Pretoria, v. 14, p. 43-48, 1965.

SÃO PAULO (ESTADO). Plano Estadual de Recursos Hídricos. Disponível em <<http://www.sigrh.sp.gov.br/sigrh/basecon/perh90/Perh9009.htm>> Acessado em 25/08/2010. 77

SANSIGOLO, C. A.; PEREIRA, C.S.; SILVA, I. R. **Relações entre as precipitações regionais no Sul do Brasil e as temperaturas da superfície dos oceanos Atlântico e Pacífico.** Revista Brasileira de Meteorologia, v.19, n.1, 5-11, 2004

SÃO PAULO (ESTADO). **Legislação Estadual.** 1991. Disponível em: <http://www.sigrh.sp.gov.br/sigrh/basecon/lrh2000/LE/Leis/03_LEI_n_7663_de_30_de_dezembro_de_1991.htm> Acesso em 08/10/2012.

SILVA, A. S. **Solos Urbanos.** *In:* Geomorfologia Urbana, GUERRA, A.J.T (orgs). Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2011. p.43-52

TOMINAGA, L.K. **Desastres naturais: por que ocorrem?** *In:* Desastres Naturais: conhecer para prevenir, TOMINAGA, L.K. *et al* (orgs). São Paulo, Instituto Geológico, 2009. p. 11-15

TUCCI, C.E.M. **Gestão de Águas Pluviais Urbanas. Ministério das Cidades. Global Water Partnership. World Bank.** Unesco, 2005. Disponível em:<http://4ccr.pgr.mpf.gov.br/institucional/grupos-de-trabalho/residuos/docs_resid_solidos/GestaoAguasPluviaisUrbanas.pdf> Acesso em: 24/11/2010.
VIANELLO, R. L. & ALVES, A. R. **Meteorologia Básica e aplicações.** 1 ed. Viçosa: Ed. UFV, 2006. p. 330.

ZIMBACK, C.R.L. **Apostila de Geoestatística.** Grupo de Estudos e Pesquisas Agrárias Georreferenciadas. UNESP – Faculdade de Ciências Agrônômicas. Botucatu. 2003.

APÊNDICES

APÊNDICE 1 - Dias com chuva El Niño.

1965			
estações	dias com chuva		dias com chuva
	anual	período úmido	período seco
1	155	60	18
2	130	51	12
3	123	48	18
4	142	60	13
5	143	56	19
6	151	58	19
7	123	48	18
8	125	59	10
9	109	40	13
10	164	55	30
11	103	37	13
12	183	71	22
13	157	61	19
14	118	48	14

1966			
estações	dias com chuva		dias com chuva
	anual	período úmido	período seco
1	136	56	13
2	114	46	10
3	91	37	7
4	138	61	9
5	107	50	5
6	123	56	10
7	91	37	7
8	87	49	4
9	105	44	9
10	138	50	21
11	100	38	13
12	151	59	14
13	136	54	15
14	126	48	6

1972			
estações	dias com chuva		dias com chuva
	anual	período úmido	período seco
1	143	56	13
2	118	51	12
3	165	77	19
4	111	42	14
5	121	44	15
6	137	54	15
7	122	51	10
8	154	54	16
9	105	39	14
10	155	54	29
11	76	25	12
12	151	53	18
13	182	59	32
14	130	50	16

1973			
estações	dias com chuva		dias com chuva
	anual	período úmido	período seco
1	127	50	13
2	133	52	13
3	142	51	18
4	126	51	17
5	123	52	10
6	115	48	9
7	134	52	13
8	102	38	11
9	91	44	6
10	140	51	19
11	67	29	8
12	158	54	18
13	207	68	39
14	114	52	13

2004

estações	dias com chuva	
	anual	período úmido
1	136	40
2	108	34
3	140	45
4	142	46
5	129	50
6	143	47
7	131	42
8	104	38
9	105	37
10	137	42
11	176	48
12	137	46
13	147	56
14	104	36

2005

estações	dias com chuva	
	anual	período úmido
1	128	50
2	118	45
3	116	26
4	134	51
5	148	50
6	133	44
7	95	28
8	100	27
9	112	44
10	121	38
11	165	42
12	151	58
13	131	51
14	113	52

2006			
estações	dias com chuva		dias com chuva
	anual	período úmido	período seco
1	119	44	12
2	111	45	9
3	108	40	9
4	119	46	9
5	125	45	9
6	119	47	8
7	89	35	7
8	103	32	12
9	110	46	8
10	116	46	8
11	167	55	31
12	128	46	13
13	117	40	14
14	104	40	7

2007			
estações	dias com chuva		dias com chuva
	anual	período úmido	período seco
1	121	61	11
2	116	56	11
3	117	60	9
4	98	53	8
5	125	60	11
6	118	53	11
7	84	38	7
8	118	56	12
9	116	54	12
10	103	54	11
11	151	61	18
12	114	53	11
13	96	54	10
14	97	51	9

APÊNDICE 2 - Dias com chuva La Niña

1988			
estações	dias com chuva		dias com chuva
	anual	período úmido	período seco
1	138	52	10
2	116	37	8
3	153	50	19
4	116	42	7
5	114	40	3
6	129	42	10
7	179	63	29
8	101	35	5
9	101	33	4
10	119	43	7
11	126	42	14
12	116	37	8
13	138	52	10
14	107	43	2

1989			
estações	dias com chuva		dias com chuva
	anual	período úmido	período seco
1	95	38	10
2	114	45	13
3	176	53	31
4	110	43	15
5	121	46	15
6	127	41	28
7	211	62	48
8	107	41	14
9	106	40	17
10	132	46	18
11	116	43	15
12	114	45	13
13	95	38	10
14	113	43	15

1995			
estações	dias com chuva		dias com chuva
	anual	período úmido	período seco
1	81	27	6
2	94	32	6
3	112	42	11
4	102	39	10
5	101	39	7
6	129	45	10
7	232	69	43
8	100	36	6
9	220	53	66
10	133	50	10
11	126	47	13
12	145	53	9
13	122	45	11
14	109	45	6

1996			
estações	dias com chuva		dias com chuva
	anual	período úmido	período seco
1	102	38	3
2	102	38	3
3	137	52	5
4	156	56	12
5	117	38	4
6	146	53	12
7	136	52	9
8	116	38	8
9	145	49	13
10	136	44	11
11	140	48	13
12	167	51	14
13	167	58	13
14	113	46	10

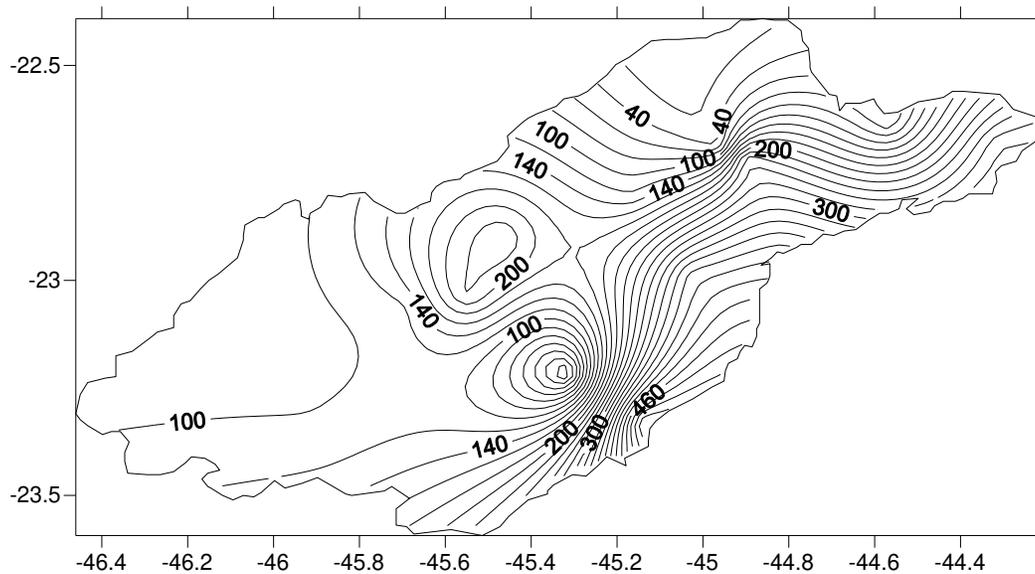
1998			
estações	dias com chuva		dias com chuva
	anual	período úmido	período seco
1	117	43	6
2	117	43	6
3	124	45	8
4	132	48	9
5	104	48	0
6	151	46	14
7	147	57	8
8	108	37	4
9	139	44	12
10	132	41	9
11	130	40	13
12	139	50	10
13	135	45	11
14	118	41	6

2000			
estações	dias com chuva		dias com chuva
	anual	período úmido	período seco
1	102	43	13
2	98	46	8
3	110	51	11
4	112	48	14
5	120	51	14
6	134	57	15
7	140	57	17
8	100	41	12
9	96	39	13
10	100	45	11
11	108	40	13
12	141	59	17
13	124	46	20
14	117	53	13

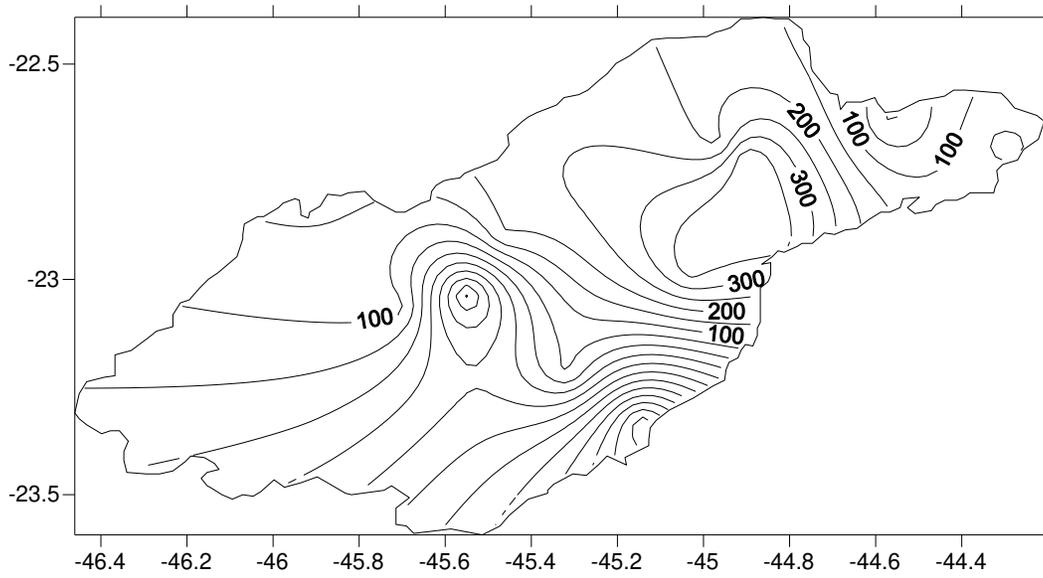
2001			
estações	dias com chuva		dias com chuva
	anual	período úmido	período seco
1	114	50	12
2	99	40	11
3	121	56	13
4	114	43	10
5	115	46	11
6	148	53	16
7	137	52	21
8	91	35	12
9	113	42	16
10	133	53	17
11	132	45	21
12	142	56	19
13	137	55	14
14	103	43	6

APÊNDICE 3 - Espacialização das anomalias de precipitação - anos de El Niño

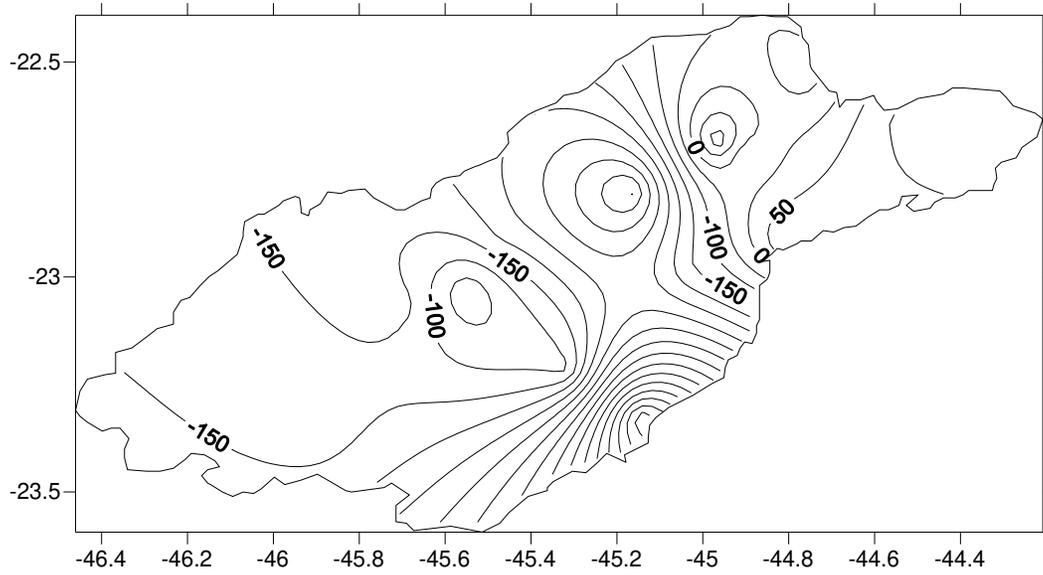
1965



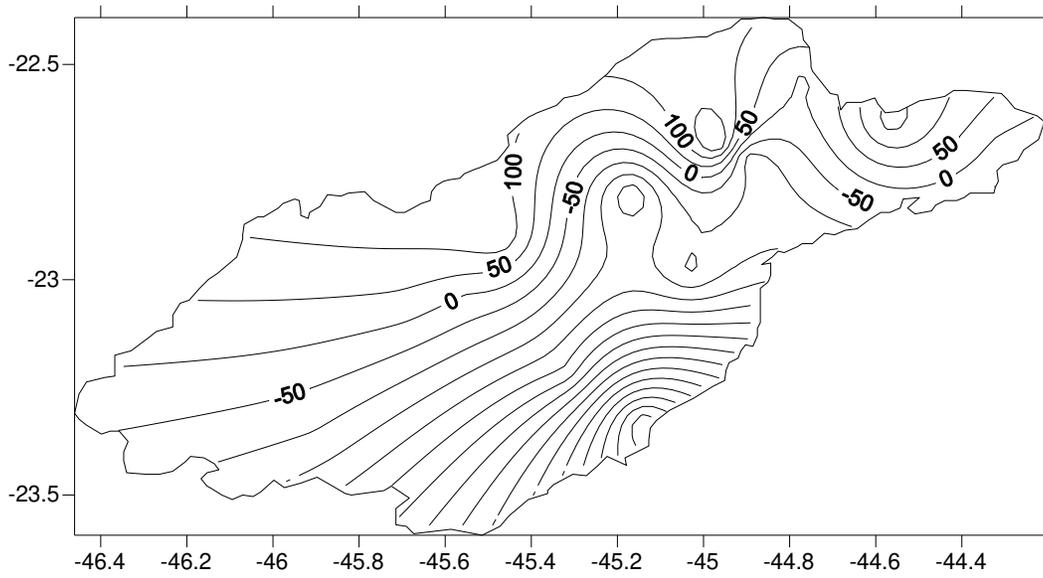
1966



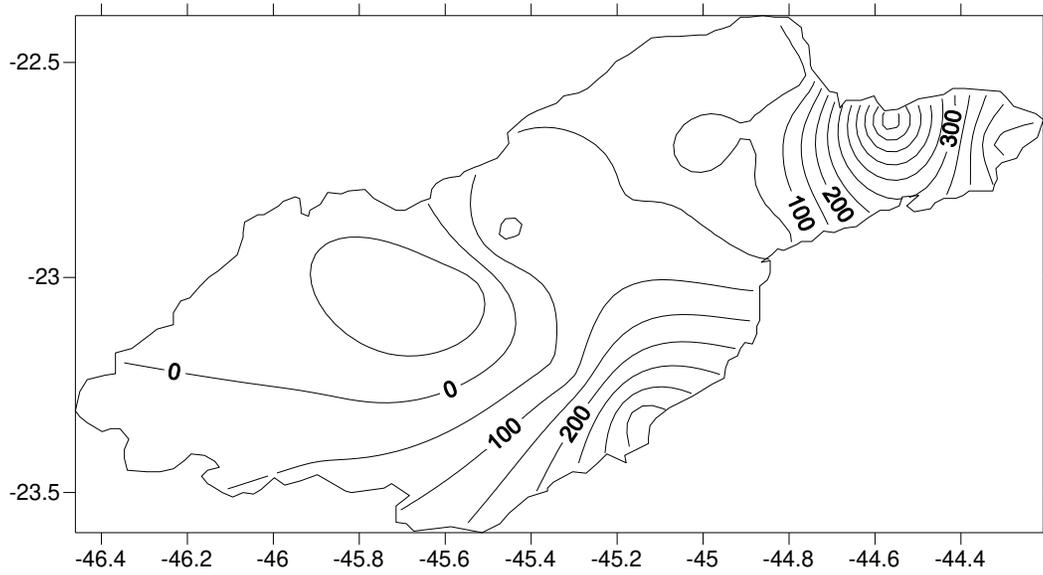
1972



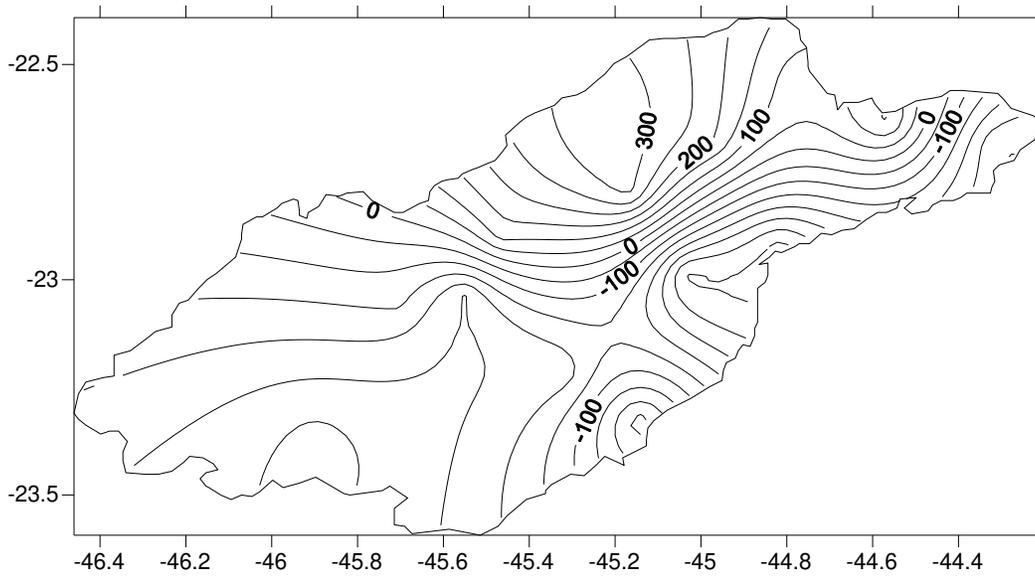
1973



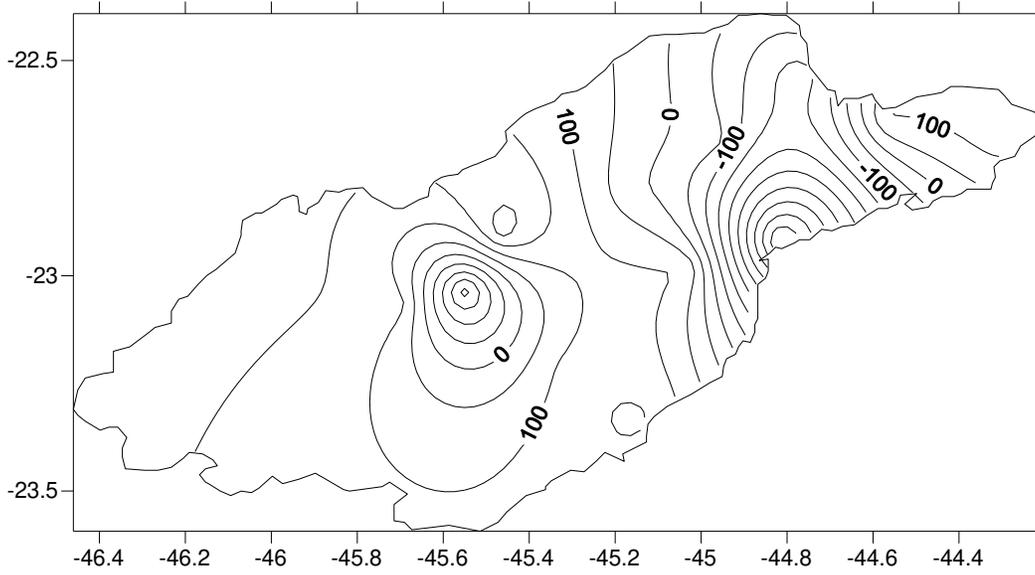
2004



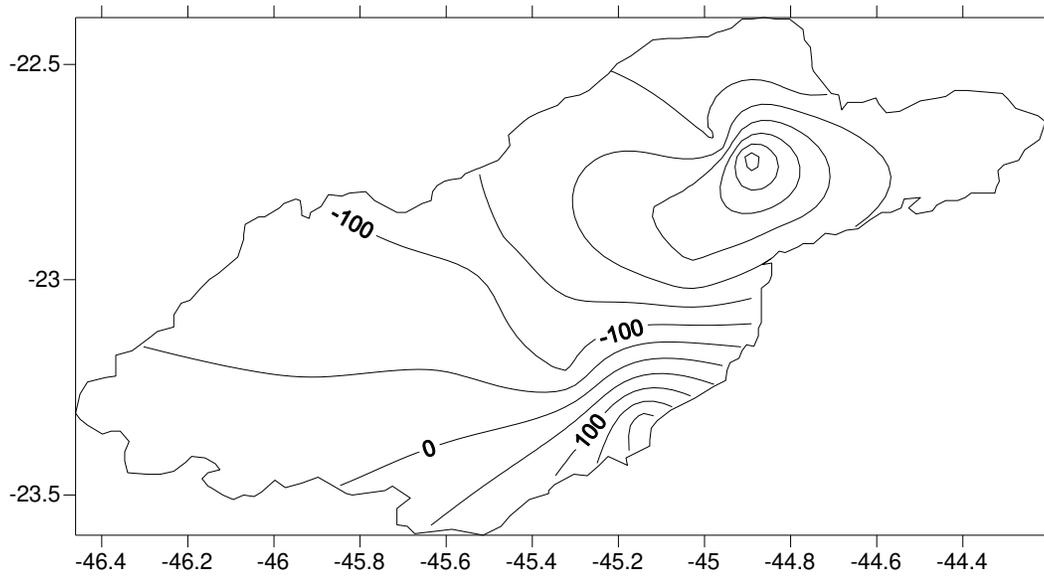
2005



2006

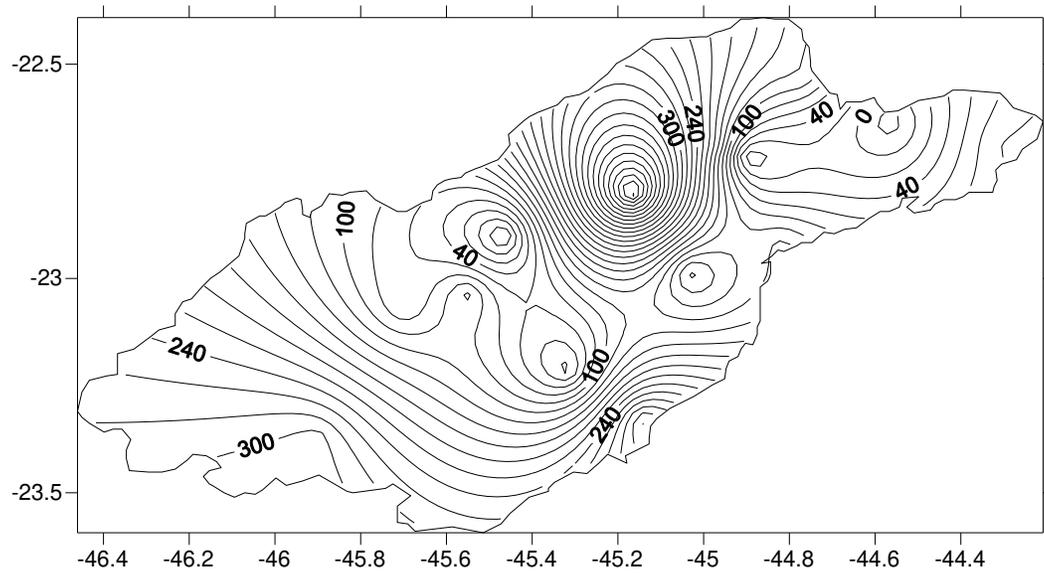


2007

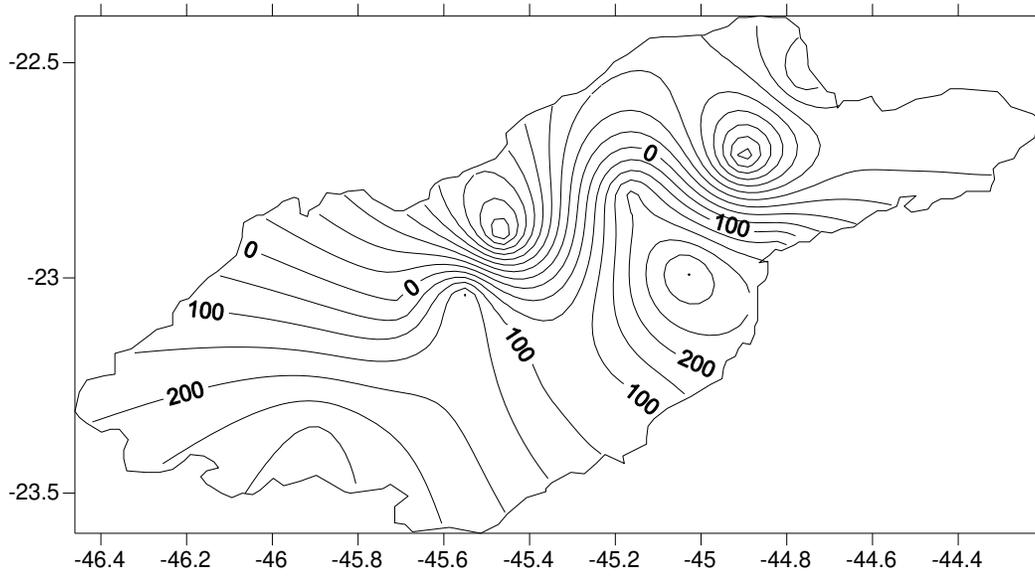


APÊNDICE4 - Espacialização das anomalias de precipitação - anos de La Niña

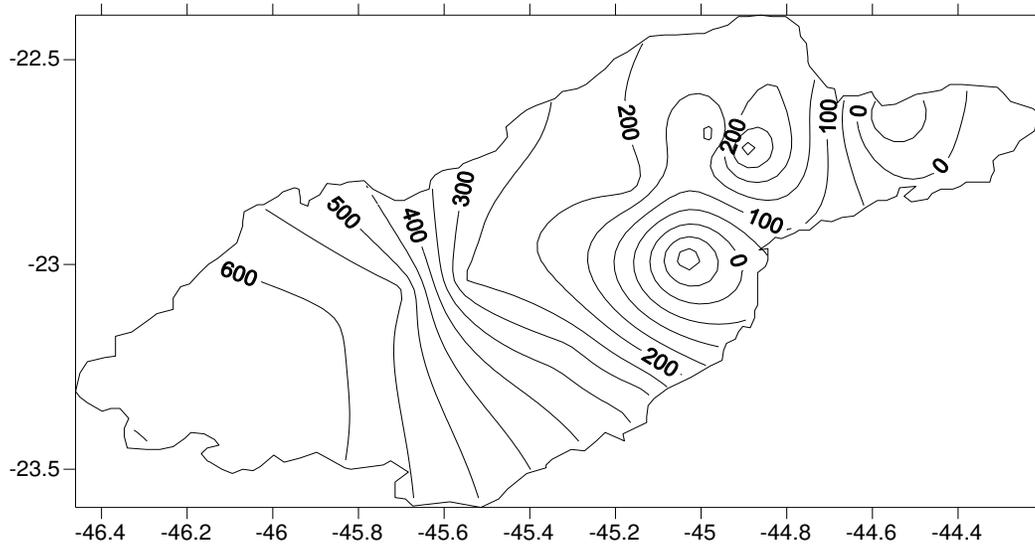
1988



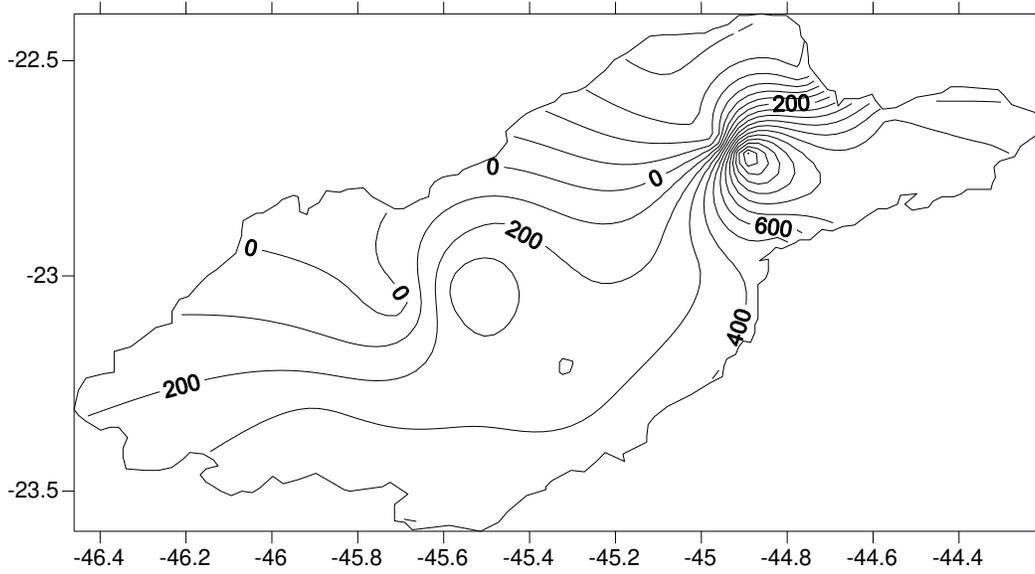
1989



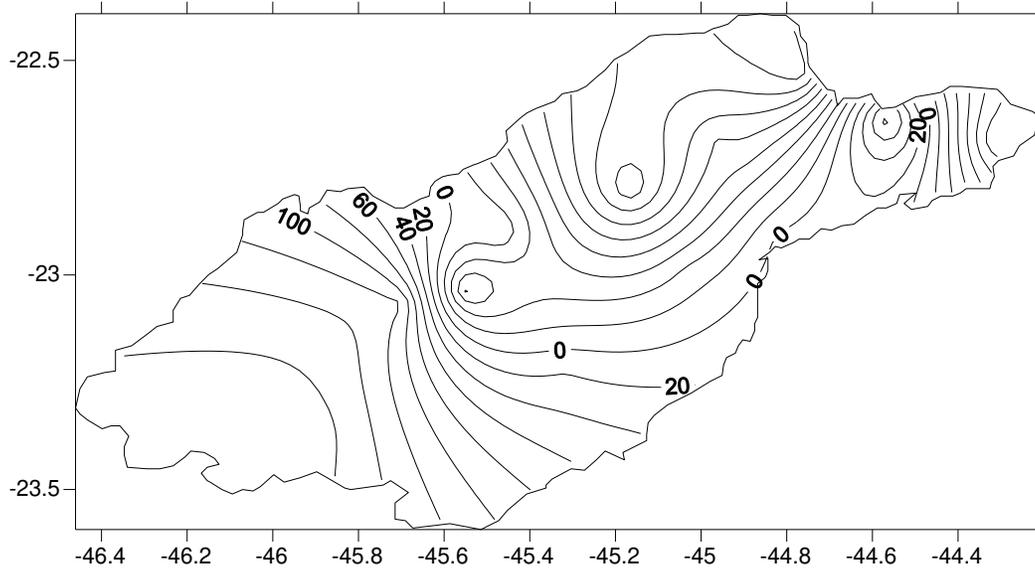
1995



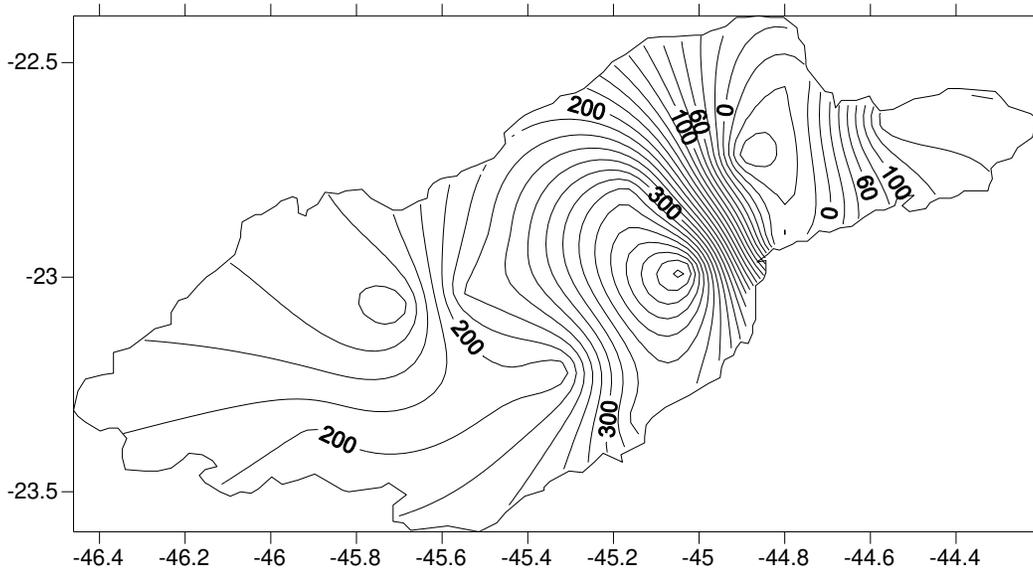
1996



1998



2000



2001

