



Número: 83/2008

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS

INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS

PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOCIÊNCIAS

ÁREA: GEOGRAFIA

JOÃO PAULO MACIEIRA BARBOSA

AVALIAÇÃO DE TÉCNICAS EMPÍRICAS E ESTATÍSTICAS DE IDENTIFICAÇÃO DE
EXTREMOS DE PRECIPITAÇÃO PARA O LITORAL PAULISTA E ENTORNO

Dissertação apresentada ao Instituto de Geociências
como parte dos requisitos para a obtenção do título de
Mestre em Geografia

Orientador: Profa. Dra. Lucí Hidalgo Nunes

CAMPINAS - SÃO PAULO

Agosto - 2008

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELO
Sistemas de Bibliotecas da UNICAMP /
Diretoria de Tratamento da Informação
Bibliotecário: Helena Joana Flipsen – CRB-8ª / 5283

Barbosa, João Paulo Macieira.
BB234r Avaliação de técnicas empíricas e estatísticas de
identificação de extremos de precipitação para o litoral paulista
e entorno/ João Paulo Macieira Barbosa. -- Campinas, SP: [s.n.], 2008.

Orientador: Luci Hidalgo Nunes.
Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual de
Campinas, Instituto de Geociências.

1. Precipitação (Meteorologia) - Variabilidade - São
Paulo - Costa. 2. São Paulo - Costa - Clima - Estatística.
Nunes, Luci Hidalgo. II. Universidade Estadual de Campinas.
Instituto de Geociências. III. Título.

Título e subtítulo em inglês: Evaluation of empirical and statistical techniques of
identification extreme precipitation for the paulista coast and surrounding areas.

Palavras-chave em inglês (Keywords): Precipitation variability - São Paulo -
Coasts, São Paulo - Coasts - Climate - Statistics.

Área de Concentração: Análise Ambiental e Dinâmica Territorial.

Titulação: Mestre em Geografia.

Banca examinadora: Carlos Alberto Lobão da Silveira Cunha, Claudine Pereira
Dereczynski.

Data da Defesa: 22-08-2008.



UNICAMP

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

AUTOR: JOÃO PAULO MACIEIRA BARBOSA

**AVALIAÇÃO DE TÉCNICAS EMPÍRICAS E ESTATÍSTICAS DE IDENTIFICAÇÃO
DE EXTREMOS DE PRECIPITAÇÃO PARA O LITORAL PAULISTA E ENTORNO**

ORIENTADORA: Profa. Dra. Luci Hidalgo Nunes

Aprovada em: ____/____/____

EXAMINADORES:

Profa. Dra. Luci Hidalgo Nunes

Luci Hidalgo Nunes - Presidente

Profa. Dra. Claudine Pereira Dereczynski

Claudine Pereira Dereczynski

Prof. Dr. Carlos Alberto Lobão da S. Cunha

Carlos Alberto Lobão da S. Cunha

Campinas, 22 de agosto de 2008

*Dedico este trabalho
Aos meus pais Judas Tadeu e Luzia
Aos meus irmãos Solar e Luana
À Andréa da Conceição
E aos amigos da 'Sera' Mediúnica de Curitiba*

AGRADECIMENTOS

Gostaria de agradecer à todos que colaboraram na realização deste trabalho, em especial à:

- Prof^ª. Dr^ª. Lucí Hidalgo Nunes por ter sido paciente comigo, pela orientação dispensada, pelo apoio nas situações extra-acadêmicas, enfim, orientadora de verdade;
- Aos professores Carlos Alberto Lobão da Silveira Cunha e Claudine Pereira Dereczynski pelas sugestões atenciosas;
- Ao Geólogo Erikelto Luiz Silveira por permitir minhas idas à Campinas quando eu ainda estava trabalhando sob sua supervisão;
- Ao Geólogo Aldo Maffei Prieto pelos ensinamentos com as extensões do ArcGis;
- Ao Geógrafo Antônio Marques de Souza pela revisão na leitura dessa pesquisa;
- Ao Eng. Civil Ely Carlos de Alvarenga;
- À Andréa da Conceição Pires França por esclarecer algumas dúvidas matemáticas;
- À Companhia de Saneamento do Paraná e seu setor de Geoprocessamento;
- Valdirene e Ednalva, da secretaria de pós-graduação;
- Aos funcionários da Biblioteca de Geociências da UNICAMP.

SUMÁRIO

DEDICATÓRIA.....	V
AGRADECIMENTOS.....	VI
LISTA DE FIGURAS.....	VIII
LISTA DE TABELAS.....	XI
LISTA DE SIMBOLOS.....	XII
RESUMO.....	XIII
ABSTRACT.....	XIV
1. INTRODUÇÃO.....	1
1.2. DINÂMICA DOS EVENTOS EXTREMOS DE PRECIPITAÇÃO NO CONTEXTO DO LITORAL PAULISTA E ENTORNO.....	1
1.1. EVENTOS EXTREMOS DENTRO DO CONTEXTO DAS MUDANÇAS CLIMÁTICAS....	9
1.3. CONTEXTO SOCIOECONOMICO DO LITORAL PAULISTA E ENTORNO NO ESTADO DE SÃO PAULO.....	15
2. HIPÓTESE.....	16
3. OBJETIVOS.....	17
3.1. OBJETIVOS GERAIS.....	17
3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	17
4. MATERIAIS E MÉTODOS.....	19
5. RESULTADOS.....	30
5.1. RESULTADOS DA EXPLORAÇÃO DOS DADOS.....	31
5.2. RESULTADOS NA ESCALA DECADAL, ANUAL E SAZONAL.....	42
5.3. ESPACIALIZAÇÃO DOS RESULTADOS.....	51
5.4. ANÁLISES PARA OS POSTOS REPRESENTATIVOS NAS ESCALAS ANUAL, SAZONAL E MENSAL.....	66
5.4.1 POSTO REPRESENTATIVO DA REPARTIÇÃO NORTE - MATO DENTRO (E2-009) EM UBATUBA..	67
5.4.2 POSTO REPRESENTATIVO DA REPARTIÇÃO CENTRAL - CAETÉ (E3-041) EM BERTIOGA.....	75
5.4.3 POSTO REPRESENTATIVO DA REPARTIÇÃO SUL - IGUAPE (F4-028) EM IGUAPE.....	82
4. CONCLUSÕES.....	90
5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	93

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Registros de anomalia de temperatura – (http://www.cru.uea.ac.uk/) (Acessado em 2007).....	3
Figura 2. Catástrofes naturais no mundo entre 1900 e 2005, por categorias (Dados do EM-DAT).....	5
Figura 3. Número de eventos de desastres naturais por tipo no Brasil. Fonte: Araki (2007), a partir de dados do EM-DAT	5
Figura 4. Mortes por deslizamento no Brasil (1956 a 2002). Fonte: Araki (2007), a partir de dados do EM-DAT	6
Figura 5. Divisão do estado de São Paulo em setores com base na atuação de sistemas atmosféricos, Monteiro (1973). (Legenda adaptada pelo Autor.)	19
Figura 6. Recorte espacial proposto para este trabalho com localização dos postos pluviométricos utilizados no estudo	20
Figura 7. Parâmetros utilizados na elaboração dos Box-Plots	28
Figura 8. Mapa de relevo da nossa área de estudo gerado à partir de imagens do Sensor SRTM com resolução espacial de 90m.....	35
Figura 9. Histogramas da precipitação anual para os postos da repartição norte	37
Figura 10. Histogramas da precipitação anual para os postos da repartição central	39
Figura 11. Histogramas da precipitação anual para os postos da repartição sul.....	41
Figura 12. Precipitação média sazonal (mm) nos períodos PI (dec.70) PII (dec. 80) e PIII (dec.90)	42
Figura 13. Médias normalizadas dos totais pluviométricos anuais	43
Figura 14a. Médias normalizadas de verão para todo recorte	44
Figura 14b - Médias normalizadas de outono para todo recorte	44
Figura 14c. Médias normalizadas de inverno para todo o recorte	44
Figura 14d. Médias normalizadas de primavera para todo o recorte.....	45
Figura 15a. Curvas de massa do verão para todo o recorte espacial	45
Figura 15b. Curvas de massa do outono para todo o recorte.....	46
Figura 15c. Curvas de massa do inverno para todo o recorte.....	46
Figura 15d. Curvas de massa da primavera para todo o recorte.....	46
Figura 16. Desvios em relação à média pluviométrica, para o conjunto dos postos	47
Figura 17a. Médias de verão	48
Figura 17b. Médias de outono.....	48
Figura 17a. Médias de inverno.....	48
Figura 17b. Médias de primavera.....	48

Figura 18. Desvios dos totais pluviométricos anuais (mm) em relação ao período (1970-1999) segundo repartições	50
Figura 19a. Distribuição dos totais pluviométricos (mm) médios para o verão na década de 1970 (PI)	51
Figura 19b. Distribuição dos totais pluviométricos (mm) médios para o verão na década de 1980 (PII).....	52
Figura 19c. Distribuição dos totais pluviométricos (mm) médios para o verão na década de 1990 (PIII).....	52
Figura 20a. Distribuição dos totais pluviométricos (mm) médios para o outono na década de 1970 (PI)	53
Figura 20b. Distribuição dos totais pluviométricos (mm) médios para o outono na década de 1980 (PII).....	54
Figura 20c. Distribuição dos totais pluviométricos (mm) médios para o outono na década de 1990 (PIII).....	54
Figura 21a. Distribuição dos totais pluviométricos (mm) médios para o outono na década de 1970 (PI)	55
Figura 21b. Distribuição dos totais pluviométricos (mm) médios para o inverno na década de 1980 (PII)	56
Figura 21c. Distribuição dos totais pluviométricos (mm) médios para o inverno na década de 1990 (PIII)	56
Figura 22a. Distribuição dos totais pluviométricos (mm) médios para a primavera na década de 1970 (PI)	57
Figura 22b. Distribuição dos totais pluviométricos (mm) médios para a primavera na década de 1980 (PII)...	58
Figura 22c. Distribuição dos totais pluviométricos (mm) médios para a primavera na década de 1990 (PIII)..	58
Figura 23a. Distribuição dos totais pluviométricos (mm) médios para o verão para o período de 30 anos	59
Figura 23b. Distribuição dos totais pluviométricos (mm) médios para o outono no período de 30 anos	60
Figura 23c. Distribuição dos totais pluviométricos (mm) médios para o inverno no período de 30 anos.....	60
Figura 23d. Distribuição dos totais pluviométricos (mm) médios para a primavera no período de 30 anos.....	61
Figura 24a . Índice de mudança – 1970/1980	63
Figura 24b. Espacialização do de índice de mudança 1970/1980	63
Figura 25a. Índice de mudança – 1980/1990	64
Figura 25b. Espacialização do de índice de mudança – 1980-1990	65
Figura 26a. Índice de mudança – 1970/1990	66
Figura 26b. Mapa de índice de mudança – 1970/1990.....	66
Figura 27. Totais pluviométricos anuais (mm) – Posto Mato Dentro (E2-009) Ubatuba.....	67
Figura 28. Média dos totais pluviométricos mensais e da contribuição sazonal nos totais anuais para Mato Dentro.....	68
Figura 29. Totais pluviais anuais padronizados – Mato Dentro (E2-009).....	69
Figura 30. Box plot para o posto E2-009 – Mato Dentro (Ubatuba).....	69
Figura 31. Padronização mensal para o posto de Mato Dentro (E2-009).....	71
Figura 32. Frequências de ocorrência de eventos mensais ‘Chuvoso’ e ‘Muito chuvoso’ para o posto de Mato Dentro (E2-009) segundo a técnica dos quantis.....	73

Figura 33. Tempo de Retorno mensal para o posto de Mato Dentro (E2-009)	74
Figura 34. Totais pluviométricos anuais (mm) – Posto Caeté (E3-041) Bertioga.....	75
Figura 35. Média dos totais pluviométricos mensais e da contribuição sazonal nos totais anuais para Caeté ...	76
Figura 36. Totais pluviais anuais padronizados – Caeté (E3-041)	76
Figura 37. Box plot para o posto E3-041 – Caeté (Bertioga)	77
Figura 38 - Padronização, coeficiente de variação e desvio padrão mensal para Caeté (E3-041).....	78
Figura 39. Frequências de ocorrência de eventos mensais ‘Chuvoso’ e ‘Muito chuvoso’ para o posto de Caeté (E3-041) segundo a técnica dos quantis	80
Figura 40. Tempo de retorno mensal para o posto de Caeté (E3-041)	81
Figura 41. Totais pluviométricos anuais (mm) – Iguape (F4-028).....	82
Figura 42. Média dos totais pluviométricos mensais e da contribuição sazonal nos totais anuais para Iguape .	83
Figura 43. Totais pluviais anuais padronizados – Iguape (F4-028)	83
Figura 44. Box plot para o posto F4-028 Iguape (Iguape)	84
Figura 45. Padronização, coeficiente de variação e desvio padrão mensal para Iguape (F4-028)	85
Figura 46 - Frequências de ocorrência de eventos mensais ‘chuvoso’ e ‘muito chuvoso’ para o posto de Iguape (F4-028) segundo a técnica dos quantis	87
Figura 47. Tempo de retorno mensal para o posto de Iguape (F4-028)	89

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Postos escolhidos para pesquisa (mantidos pelo DAEE)	21
Tabela 2. Fator de Frequência K de Gumbel (1988), calculado por M. D. REID em 1942	29
Tabela 3. Valores dos fatores para cada posto pluviométrico	31
Tabela 4a. Correlações lineares entre os postos do recorte norte segundo as médias anuais.....	32
Tabela. 4b. Correlações lineares entre os postos do recorte central	32
Tabela 4c. Correlações lineares entre os postos do recorte sul	32
Tabela 5. Total pluviométrico sazonal médio (mm) nos períodos PI, PII e PIII	42
Tabela 6. Total pluviométrico sazonal (mm), mínimo, máximo e amplitude.	43
Tabela 7. Número de eventos extremos anuais em relação a média histórica	47
Tabela 8. Médias decadais por estação do ano (mm)	48
Tabela 9. Médias Decadais (mm de chuva)	62
Tabela 10. Faixas quantílicas para o posto Mato Dentro	69
Tabela 11. Anos de eventos extremos para o posto de Mato Dentro	70
Tabela 12. Número de eventos extremos mensais para o posto de Mato Dentro pela técnica da padronização	71
Tabela 13. Quantis mensais para o posto Mato Dentro (E2-009)	72
Tabela 14. Faixas quantílicas para o posto Caeté	77
Tabela 15. Anos de eventos extremos para o posto de Caeté.....	77
Tabela 16. Número de eventos extremos mensais para o posto de Caeté pela técnica da padronização.....	79
Tabela 17. Quantis mensais para o posto Caeté (E3-041)	80
Tabela 18. Faixas quantílicas para o posto Iguape	84
Tabela 19. Anos de eventos extremos para o posto de Iguape.....	85
Tabela 20. Número de eventos extremos mensais para o posto de Iguape pela técnica da padronização	86
Tabela 21. Quantis mensais para o posto de Iguape (F4-028)	87
Tabela 22. Número de eventos extremos mensais identificados por década segundo a técnica dos quantis e da padronização.....	91

LISTA DE PRINCIPAIS SIMBOLOS

Ima - Índice de Mudança Decadal.

Xmed - Média.

Xi - Total Anual ou Mensal Dependendo da Escala.

ΣXi - Somatório dos Totais Pluviométricos.

CV - Coeficiente de Variação.

S - Desvio Padrão.

Z - Valor Padronizado.

n - Número de Anos.

MN - Médias Normalizadas.

X_{TR} - Tempo de Retorno.

K - Coeficiente de Frequência de Gumbel.

R² - Coeficiente de determinação.



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS

INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS

PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOCIÊNCIAS
ÁREA: GEOGRAFIA

**AVALIAÇÃO DE TÉCNICAS EMPÍRICAS E ESTATÍSTICAS DE IDENTIFICAÇÃO
DE EXTREMOS DE PRECIPITAÇÃO PARA O LITORAL PAULISTA E ENTORNO**

RESUMO

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

João Paulo Macieira Barbosa

Este estudo avaliou precipitações extremas no litoral do estado de São Paulo e entorno nas décadas de 1970 a 1990 nas escalas decadal, anual, sazonal e mensal. A área é caracterizada por chuvas constantes e copiosas devido a fatores geográficos e atmosféricos. O setor foi dividido em três repartições: norte, central e sul, e a partir de técnicas estatísticas, foram avaliadas as variabilidades espaço-temporais da precipitação. As técnicas empregadas para identificar extremos (distribuição normal padrão, quantis e tempo de retorno) apontaram tendências semelhantes, porém alguns aspectos foram destacados: no nível anual os quantis se mostraram mais apropriados para apontar ocorrências extremas; no nível mensal, a padronização levantou mais eventos extremos e mostrou maior similaridade com o período de retorno. Sugere-se que no estudo de eventos extremos mais de uma técnica deveria ser empregada, tendo em vista que cada uma apresentou vantagens e desvantagens. Não houve nenhum padrão espacial que apontasse alteração significativa de tendência entre as décadas, mas destaca-se que a repartição central e Ubatuba apresentaram, no geral, os totais mais expressivos de chuvas. As estações e meses mais chuvosos são mais homogêneos quanto à distribuição ano a ano das precipitações.



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS

INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS

**PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOCIÊNCIAS
ÁREA: GEOGRAFIA**

**EVALUATION OF EMPIRICAL AND STATISTICAL TECHNIQUES OF
IDENTIFICATION EXTREME PRECIPITATION FOR THE PAULISTA COAST
AND SURROUNDING AREAS.**

ABSTRACT
DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

João Paulo Macieira Barbosa

The study evaluated extreme precipitation events in the coast and surrounded areas of the state of São Paulo within the decades of 1970 to 1990 at decadal, annual, seasonal and monthly scales. The area is characterized by constant and heavy rainfall due to both geographical and atmospheric factors. The sector was divided into three compartments: north, central and south, and by means of statistical techniques the rainfall spatio-temporal variability was evaluated. The techniques chosen to identify extremes (normal distribution, quantiles and return period) showed similar trends, but some aspects were enhanced: at annual basis, quantiles proved more appropriate to point out extreme occurrences; for monthly data, standardized technique rise more events as extreme ones and showed more similarities to return period. One suggests that more than one statistical technique might be used for the evaluation of extreme events, since each one presents advantages and disadvantages. No spatial pattern consistent to significant alteration among the decades was found, but one enhances that the central compartment and Ubatuba presented in general the highest amounts of rainfall. The seasons and months that registered higher totals are more homogeneous concerning the year to year precipitation distribution.

1. INTRODUÇÃO

A Introdução de nosso trabalho é composta de 3 partes, todas elas embasadas em bibliografia pertinente.

Assim, na primeira parte intitulada “*Eventos extremos dentro do contexto das mudanças climáticas*” procuramos mostrar a relação entre as alterações ambientais - inclusive atmosféricas - em nível global com esta investigação, que tem por meta avaliar extremos de precipitação em uma área de grande relevância socioespacial mas bastante alterada: o litoral paulista e seu entorno (planície litorânea e planalto atlântico). Aqui, apresentaremos uma breve revisão bibliográfica de alguns trabalhos que versaram sobre os eventos extremos de precipitação em alguns locais dentro de nossa área de trabalho e os impactos associados.

A segunda parte, cujo título é “*Dinâmica dos eventos extremos de precipitação no litoral paulista e entorno*”, consiste em apresentar ao leitor aspectos atmosféricos relevantes para a compreensão da formação de chuvas nessa área.

A terceira parte da introdução: “*Contexto socioeconômico do litoral paulista e entorno no estado de São Paulo*”, refere-se a uma descrição sucinta das características socioespaciais de nossa área, mostrando a importância desse recorte no contexto das atividades econômicas do estado.

Desta forma, procuramos mostrar a importância desta investigação ao leitor a partir de dois pontos ambientais e sobre a ótica da importância estratégica do recorte espacial escolhido.

1.1. EVENTOS EXTREMOS DENTRO DO CONTEXTO DAS MUDANÇAS CLIMÁTICAS

Nos dias atuais, ao tratarmos do ambiente físico em suas interações com o meio social, nos deparamos com um quadro cada vez mais crítico, que evidencia que essa convivência é pouco harmoniosa. O espaço urbano cresce como em nenhum outro momento da história. Os sistemas naturais transformam-se, subordinados à nova racionalidade do uso do espaço geográfico por meio das técnicas, caracterizando-se como um emaranhado de objetos naturais e artificiais. Essa desordenação de objetos e funções no território contribuiu para muitos desarranjos ao ambiente natural, que não acompanha a variabilidade e o ritmo dos fenômenos atmosféricos. Conti (2002), afirma que:

(...) a expansão generalizada da cultura material e das atividades produtivas em escala até então desconhecida, criou um novo tipo de relação entre o homem e

a natureza, tendendo, muito mais, para uma postura dilapidadora do que preservacionista. (p.26).

A dinâmica atmosférica do planeta está em constante alteração, que ocorre em escalas temporais que vão de fração de segundos a anos, de milênios a milhões de anos. As causas naturais das alterações do clima estão associadas, entre outras menos significativas, às variações na quantidade de radiação solar incidente na terra, alterações nos centros de ação, ainda de difícil compreensão, erupções vulcânicas, que injetam gases e aerossóis na atmosfera ou ainda variações nas correntes oceânicas acopladas às variações na circulação atmosférica, neste caso buscando manter o equilíbrio termodinâmico do planeta.

O aumento da concentração de gases de efeito estufa e aerossóis na atmosfera, aliado às profundas alterações no uso da terra, fornecem fortes evidências de que as mudanças ambientais observadas nos últimos anos seriam resultadas de uma complexa inter-relação de ações humanas com causalidades naturais.

Contudo, Vicente (2005) alega que:

(...) essa elevação, diferente da variabilidade climática natural, vem ocorrendo de forma muito rápida, ainda que o próprio IPCC (2001) em seu último relatório destaque a dificuldade em se distinguir mudanças naturais daquelas induzidas pela ação antropogênica. (p.2).

Já os resultados parciais divulgados pelo relatório mais recente do IPCC (2007) são ainda mais enfáticos e não deixam margem para dúvidas quanto à contribuição da ação antrópica para o aquecimento global, já em curso. É prevista a elevação nos níveis de evaporação acarretando uma intensificação do ciclo hidrológico, decorrentes da maior quantidade de energia disponível gerada pelo aquecimento global. Isso contribuiria diretamente para um maior registro de eventos extremos de precipitação, com chuvas mais intensas e constantes em determinadas áreas do globo ocasionando, dessa forma, impactos diretos e indiretos na sociedade, como inundações, movimentos de massa, erosão do solo, etc. Segundo os relatórios de 2001 e 2007 do IPCC, o contrário também é observado, e em algumas regiões as estiagens podem se tornar mais severas e prolongadas, o que sublinha o aumento da variabilidade.

Stern, em seu relatório de 2006, sublinha que uma parte considerável do crescimento das emissões futuras de gases de efeito estufa virá dos atuais países em desenvolvimento, devido ao crescimento da sua população e do seu produto interno bruto (PIB), e da crescente

localização de indústrias energo-intensivas nesses países. Cerca de 15 a 40% das espécies podem potencialmente desaparecer com apenas 2°C de aquecimento global. As alterações climáticas identificadas pelo IPCC e outros estudos são resultantes de um desenvolvimento não sustentável que ocorre há várias décadas e séculos. Na Figura 1 podemos visualizar a evolução das anomalias da temperatura desde o século XIX. Esse gráfico foi elaborado com a média do período normal de 1961-1990 e cada valor ao longo de toda a série foi comparado com esse valor médio:

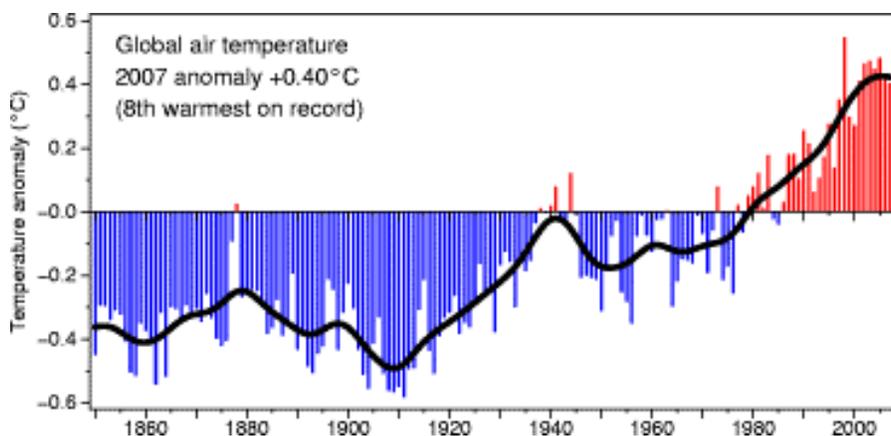


Figura 1. Registros de anomalia de temperatura – (<http://www.cru.uea.ac.uk/>) (Acessado em 2007)

Um dos problemas da vida contemporânea é mediar a capacidade que teremos para manter as condições de reprodução humana na terra, atendendo as necessidades que se colocam no nível atual. Trata-se de permitir às gerações futuras condições de habitar nosso espaço, considerando a herança de modelos tecnológicos até aqui priorizados, em grande parte, devastadores, bem como as possíveis alternativas a eles. A associação entre desenvolvimento e meio ambiente é anterior à conferência de Estocolmo¹. Seus presságios estão no Encontro Preparatório de Founex (Suíça), em 1971, onde começaram as reflexões a respeito das conseqüências e implicações de um modelo de desenvolvimento baseado unicamente no crescimento econômico. Nesse encontro, os países centrais começam a esboçar uma preocupação a respeito de possíveis mudanças climáticas devido a atividades antropogênicas do período. (RIBEIRO, 2005).

A consolidação do conceito de desenvolvimento sustentável na comunidade internacional virá anos mais tarde, no trabalho da Comissão Mundial para o Meio Ambiente e Desenvolvimento (CMMAD), criada em 1983 pela Assembléia Geral da ONU. Segundo o relatório Nosso Futuro Comum também conhecido como Relatório Brundtland, documento mais

¹ A conferência de Estocolmo (1972) foi um encontro entre países para criar formas de controlar a poluição do ar e a chuva ácida, dois dos problemas ambientais que mais inquietavam a população dos países centrais.

importante produzido pela comissão, o desenvolvimento sustentável é: “(...) aquele que atende às necessidades do presente sem comprometer a possibilidade das gerações futuras atenderem as suas próprias necessidades.” (CMMAD, 1988, p.46).

Essas modificações empreendidas pelo homem alteram a velocidade dos processos planetários de formas distintas no território, devido ao fato do ser humano utilizar de maneira desordenada e cada vez mais intensa os recursos naturais, historicamente mutáveis, influenciando e sendo influenciado por elementos de diferentes escalas. Para Vicente (2005) esse quadro leva a rupturas, trazendo impactos negativos aos sistemas sócioambientais e aumentando sua vulnerabilidade frente às variações naturais.

A mudança do clima, se ignorada, pode provocar uma interrupção no crescimento econômico do planeta. A modificação dos padrões climáticos é vista também como um obstáculo maior à redução da pobreza, pois a maior frequência de eventos extremos, que têm grande potencial para desestruturar o ambiente físico e social, pode comprometer o grau de superação dos problemas das nações e os seus PIBs (Produto Interno Bruto) (TOBIN e MONTZ, 1997). Algumas medidas de adaptação tornam-se, ainda, absolutamente inviáveis para certas nações, tendo em vista seus custos e o estágio de algumas mudanças em processo.

Os episódios usuais são registrados com maior frequência, possibilitando a sua absorção pelas sociedades que se adaptam ao seu ritmo natural. Gonçalves (2003) os define como aqueles que não se afastam significativamente das médias, com uma frequência alta em qualquer escala temporal de ocorrência. Os eventos extremos de chuva, especificamente, são aqueles em que os totais em certo período - anual, sazonal, diário ou outro - apresentaram desvios de chuva superiores ou inferiores ao comportamento habitual da área. Sarewitz et al (2000) os definem como sendo ocorrências que apresentam uma incidência rara, distanciando-se da média, variando em sua magnitude. Porém, essa perturbação ocorre por um período determinado, voltando posteriormente ao seu estado habitual.

Os eventos climáticos extremos são responsáveis pelas principais catástrofes naturais, como podemos verificar na Figura 2, produzida a partir dos dados de desastres que compõem o banco de dados Emergency Data (EM-DAT), mantido pela Universidade de Louvain, Bélgica². Essa figura mostra, também, que a partir da década de 1950 houve um aumento muito substancial dos desastres de todas as categorias e que as catástrofes biológicas, relacionadas às epidemias, apresentam um ritmo similar aos eventos hidrometeorológicos.

²Para o EM-DAT desastre é aquele que tenha feito no mínimo 10 vítimas fatais, afetado diretamente pelo menos 100 pessoas, que tenha sido declarado Estado de Emergência ou que tenha havido necessidade de pedido de ajuda a assistência internacional.

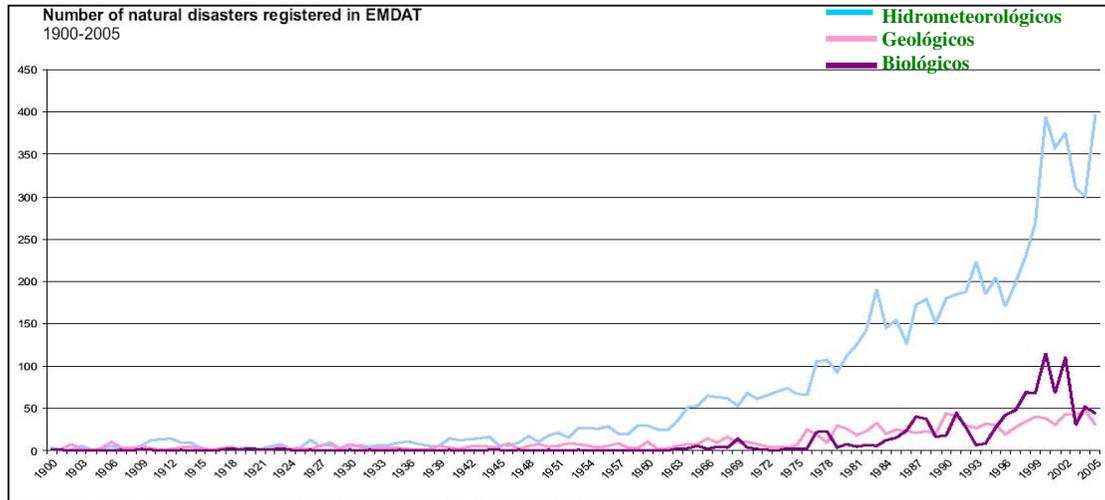


Figura 2. Catástrofes naturais no mundo entre 1900 e 2005, por categorias (Dados do EM-DAT).

Usando dados do EM-DAT, Araki (2007), elaborou vários gráficos a respeito da ocorrência de desastres naturais no Brasil. A Figura 3 reproduz uma dessas figuras, que diz respeito a esses desastres naturais segundo tipologias no Brasil:

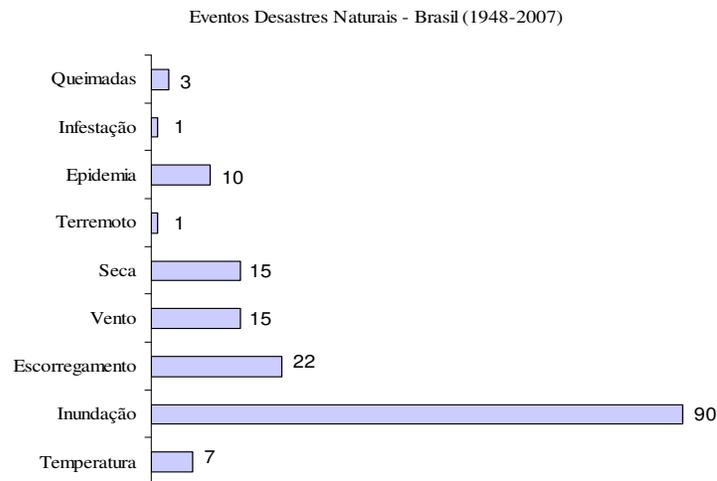


Figura 3. Número de eventos de desastres naturais por tipo no Brasil. Fonte: Araki (2007), a partir de dados do EM-DAT.

Notamos que grande parte está diretamente relacionada à ocorrência de precipitações, como inundações e escorregamentos. A maioria das ocorrências relacionadas a esses dois tipos de desastres se concentra nas áreas urbanas distribuídas por toda extensão do litoral paulista, onde as condições climáticas associadas às características do relevo da Serra do Mar favorecem esses processos. O mesmo autor elaborou o gráfico que comparece na Figura 4, que apresenta o número de vítimas por deslizamento no Brasil:

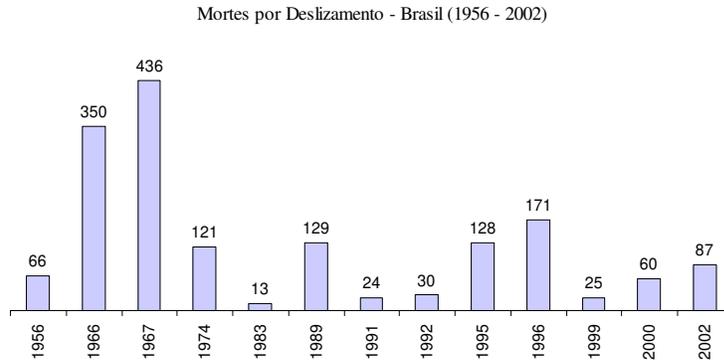


Figura 4. Mortes por deslizamento no Brasil (1956 a 2002). Fonte: Araki (2007), a partir de dados do EM-DAT.

Albala-Bertrand (1993) considera a energia um dos aspectos fundamentais para o entendimento das ocorrências climáticas extremas, pois a quantidade liberada (magnitude) é um condicionante para o grau de impacto de um evento. Compreendendo o fluxo da energia em determinado local, haveria uma grande probabilidade de prever as ocorrências atmosféricas extremas e, desta forma, a sociedade poderia adotar medidas preventivas. Tal tarefa não é fácil dada a complexidade dos sistemas atmosféricos e dos arranjos socioespaciais em constante dinâmica.

Kunkel et al. (1999) realizaram uma revisão em trabalhos produzidos nos Estados Unidos que abordaram as tendências dos impactos sociais causados pelos extremos de tempo e clima durante o século XX, comparando-os com as tendências dos fenômenos atmosféricos associados. Concluíram que houve um aumento nos impactos econômicos, que alcançaram um pico na década de 1990; no entanto, as tendências na frequência e severidade dos fenômenos atmosféricos relacionados não exibiram aumentos comparáveis, demonstrando que os crescentes danos econômicos provavelmente estariam associados às mudanças sociais. Não obstante, observaram que as três décadas finais do século passado foram caracterizadas por alta frequência de eventos de chuvas severas, refletindo-se no aumento de danos causados por inundações nessas décadas em comparação aos 65 anos anteriores.

Vale ressaltar que os eventos extremos de chuva podem resultar em impactos positivos, como nos esclarece Monteiro (1991): o aumento da sanidade em ecossistemas causado por inundações periódicas, ou a despoluição da atmosfera de um determinado local em virtude de um impacto pluvial são alguns desses impactos positivos.

Segundo Relatório do IPCC (2007), a ocorrência mais intensa de eventos extremos, como secas e cheias, poderá provocar conflitos entre diferentes usuários da água, nas diversas bacias hidrográficas brasileiras. Por outro lado, se a frequência e severidade de episódios

extremos alterarem os regimes hídricos, os critérios usados para projetar e construir obras de engenharia talvez não forneça mais o grau de segurança requerido, já que a dinâmica climática aceleraria em um ritmo mais intenso às inovações tecnológicas.

A sociedade, perante esses fenômenos, é vítima certa, devido sua vulnerabilidade frente à dinâmica da natureza, notadamente de alguns grupos. A capacidade de previsão de ocorrência desses fenômenos, alicerçada ao saber dos sistemas naturais e antrópicos e dos seus limiares de estabilidade, pode contribuir para a diminuição dessa vulnerabilidade. A inter-relação dessas informações com o conhecimento da dinâmica climática, tanto em macro como em mesoescala, é de suma importância para o conhecimento da distribuição de chuvas no território e, assim, nos permite a identificação de áreas de maior suscetibilidade em relação a estes eventos.

Para Cannon (1994):

Vulnerability is a characteristic of individuals and groups of people who inhabit a given natural, social and economic space, within which they are differentiated according to their varying position in society into more or less vulnerable individuals and groups. (...) (p. 19)

No caso brasileiro, a vulnerabilidade em relação à mudança do clima é enorme, uma vez que o país tem uma economia fortemente dependente de recursos naturais diretamente ligados ao clima. Essa vulnerabilidade se manifesta em diversas áreas:

- aumento da frequência e intensidade de enchentes e secas (perdas na agricultura e ameaça a biodiversidade);
- mudança do regime hidrológico (impactos sobre a capacidade de geração hidroelétrica);
- elevação o nível do mar (afeta as regiões costeiras);
- expansão de vetores de doenças;
- prejuízo das populações de menor renda, como os habitantes do semi-árido nordestino ou as populações vivendo em áreas de risco a escorregamento em encostas, enxurradas e inundações nos grandes centros urbanos.

Por ser um local de ocupação urbana e de relevo bastante acidentado, a compreensão da distribuição espaço-temporal dos eventos extremos de precipitação no litoral paulista e entorno, envolvendo planície litorânea, encosta e planalto atlântico é complexa e muito importante, devida a ocorrência dos fenômenos catastróficos estarem diretamente associados às chuvas.

Segundo Ab'Saber (2003), regiões como a Serra do Mar estão:

(...) sujeita aos mais fortes processos de erosão e de movimentos coletivos de solos de todo território brasileiro, haja vista o caso das catastróficas ações de enxurradas e escorregamentos de solos que freqüentemente - e de modo espasmódico - têm afetado as áreas urbanas de algumas grandes aglomerações humanas brasileiras localizadas em morros (...). (p. 58).

Dados os baixos limiares de estabilidade natural em encostas quentes e úmidas, problemas ambientais como escorregamentos são comuns nesses locais. É o caso do setor paulista da Serra do Mar que, todavia, vem experimentando aumento considerável no registro desses fenômenos, que não raro adquirem foro de catástrofe, acarretando perdas nem sempre reparáveis (ARAKI, 2007).

Podemos, ainda, citar que a suscetibilidade do litoral brasileiro a uma elevação do nível do mar aumentaria em direção ao norte, em função da diminuição da declividade do fundo marinho. Ventos intensos e eventualmente até furacões poderiam atingir a costa brasileira no futuro, aumentando o grau de suscetibilidade nessas zonas costeiras. Efeitos de saúde decorrente de tempestades e inundações seriam mais suscitados em regiões metropolitanas do litoral que, historicamente, têm apresentado a maior carga de morbidade/mortalidade, em função das suas características sócias, demográficas e geográficas. (III CRMG: América do Sul - p.9 do programa).

Nas palavras de Araki (2007), a conjugação da baixa condição de renda, desarticulação social no tocante à reivindicação de direitos essenciais, e limitações dos setores públicos em tomar medidas preventivas e/ou corretivas, faz com que uma parte da população viva em locais de maior risco a eventos de movimentos de massa no litoral. Assim, esses problemas não podem ser encarados como processos isolados, de forma que suas interpretações científicas requerem a consideração conjunta, imparcial e equilibrada de contribuintes físicos e socioeconômicos.

Conforme Nimer (1971), Tatizana (1987), Carvalho (1990), Cunha (1991), Nunes e Modesto (1992) e Araki (2007) os principais processos com grande potencial de alterar rapidamente a dinâmica da paisagem em meio tropical úmido são desencadeados pela pluviometria.

O litoral paulista e seu entorno está inserido no meio tropical úmido, onde o intemperismo químico prevalece, contribuindo para a formação de um manto frágil, espesso e bastante suscetível à precipitação que, em conjugação com a ocupação das encostas, propicia a deflagração

de movimentos de massa cada vez mais frequentes. Vale lembrar que as precipitações associadas a esses eventos atuam de forma efetiva na evolução do relevo da região em estudo.

Cunha (1991) afirma que a água é o principal agente deflagrador dos movimentos gravitacionais de massa, sendo que esses processos dinâmicos interagem na evolução das encostas.

Conti (2002) alega que nas regiões tropicais, onde o acúmulo de energia imprime maior agressividade aos processos, qualquer intervenção incorreta pode abrir caminho para a desestabilização do sistema natural, com conseqüente lixiviação do solo, decomposição das rochas, instabilidade das encostas e degradação generalizada. Tal fato é potencializado na área de estudo pela alta e constante umidade.

Autores como Alvarenga e Carmo (1974), Santoro e Cunha (1974) e Cruz (1986) assinalam que o setor da Serra do Mar dentro do litoral paulista, apresenta uma evolução geomorfológica essencialmente baseada em escorregamentos de materiais superficiais, provocados por uma série de fatores geológicos, topográficos e climáticos.

Citando alguns estudos que versaram sobre as características e impactos das precipitações no litoral paulista, Nunes et al. (1989) relacionaram a ocorrência de escorregamentos e quedas de barreiras no Guarujá aos montantes diários de chuva, mas enfatizaram que não podemos tirar conclusões simplistas de relação causa-efeito entre as chuvas na região e os movimentos de massa, pois as formas de ocupação do espaço também teriam peso no registro de problemas ambientais.

Nunes (1990) elaborou estudo sobre a pluviometria e suas manifestações excepcionais positivas na área de Cubatão e da Baixada Santista, analisando a chuva nas escalas anual, mensal e diária, com destaque para a conjugação de eventos de precipitação com totais expressivos e ocorrência de impactos associados. Observou que as chuvas elevadas e constantes são características do local, e que os eventos catastróficos que ocorrem na área se devem à ocupação desregrada e intensa que rompe o equilíbrio instável do sistema.

Na caracterização pluviométrica do município de Ubatuba, Almeida et al. (1991) fazem uma análise minuciosa da correlação entre pluviometria em nível diário e eventos de escorregamento na região no período de 1978 à 1989 e, entre outras conclusões, destacaram que a maior parte dos episódios de escorregamentos ocorreu em meses que acusaram totais de chuva acima do usual. Houve registros de deslizamentos em meses cujos totais de chuva em um ou mais postos apresentaram comportamento habitual; nesses casos, as chuvas foram mal distribuídas ao longo do mês, concentrando-se em poucos dias.

Modesto e Nunes (1996) avaliaram problemas ambientais no município de Guarujá e

encontraram uma marcante variação espacial quanto aos totais pluviiais registrados, que poderiam ser relacionados às diferenças nos atributos físicos nos seus diversos setores, dinamizando a chuva mais em alguns locais do que em outros. Outra constatação foi a correlação entre degradação do ambiente e eventos de escorregamento, pois 25% dos episódios verificados entre 1965 e 1988 ocorreram em meses que registraram alturas de chuva habituais.

Vários desses estudos salientaram que a análise diária é a mais indicada no estudo de eventos que desencadeiam episódios de movimento de massa. Como essas ocorrências têm aumentado, é importante verificar se os eventos extremos têm sido mais frequentes o que poderia, inclusive, ser indício de mudanças climáticas (HOUGHTON et al, 1996 e IPCC 2001).

Perrela e Ferreira (2000) identificaram e mapearam áreas de risco propensas a inundações na cidade de São José dos Campos e realizaram uma análise espaço-temporal da precipitação no Vale do Paraíba e entorno. Uma importante constatação do trabalho foi a influência das chuvas antecedentes (chuvas ocorridas nos dias anteriores ao crítico) na ocorrência das inundações no local. Igual relação já havia sido indicada para o Guarujá por Nunes et al. (1989) e mais recentemente, no mesmo município, por Araki (2007).

Vicente (2005) analisou extremos de precipitação na Região Metropolitana de Campinas em estudo escalonado, o que possibilitou compreensão gradativa das chuvas naquela região. A autora notou que ter acontecido aumento de eventos extremos entre as décadas de 1960 e 1990, por ela definidos para a região de Campinas como iguais ou superiores a 50 mm/dia.

Ressalta-se que, apesar da contribuição dos trabalhos citados para a caracterização das chuvas no litoral paulista e entorno, a grande dinâmica, importância estratégica e a desestruturação ambiental desse local devido ao seu baixo limiar de estabilidade faz com que essa região ainda careça de estudos que avaliem o padrão espaço-temporal dos extremos, em associação com seus impactos.

1.2. DINÂMICA DOS EVENTOS EXTREMOS DE PRECIPITAÇÃO NO CONTEXTO DO LITORAL PAULISTA E ENTORNO

Os sistemas atmosféricos são dinâmicos por sua própria natureza, seguindo um ritmo que pode sofrer variações. A respeito, Nunes (1995) pondera:

(...) embora a variabilidade seja uma componente conhecida da dinâmica climática, seu impacto, mesmo dentro de limites esperados, pode ter reflexos significativos nas mais diversas atividades humanas, como agropecuária, indústria e produção de energia (...).(p. 21).

Portanto, precisamos entender a dinâmica atmosférica do nosso recorte, que se opera de forma coordenada, mas não tão previsível em todas as escalas. O conhecimento do ritmo, conforme apregoam Monteiro (1971) e Philander (1998), é particularmente relevante.

As chuvas copiosas são causadas por diversos processos. No litoral paulista e entorno a elevada temperatura e umidade influenciam diretamente a evaporação e posterior condensação do ar e contribuem para um movimento convectivo contínuo, que resulta em constante nebulosidade e instabilidade. As precipitações frontais também são importantes no local, sendo menos rápidas e mais contínuas. Fatores físicos como diversidade do relevo, exposição das vertentes à ação do ar úmido proveniente do oceano e cobertura vegetal, dinamizam a precipitação, contribuindo para montantes mais expressivos nos setores à barlavento. A influência desse fator nas precipitações do litoral paulista foi analisada por Pereira e Nunes (1997) para o município de São Sebastião, São Paulo.

Por localizar-se em meio tropical úmido, o litoral paulista apresenta precipitação acentuada no decorrer de todo o ano. Além das características atmosféricas, a forma e a posição moldam as características da dinâmica das chuvas na região. Massas de ar tropicais imprimem à área uma dinâmica climática caracterizada por um clima úmido, com fortes influências da altitude e dos efeitos orográficos da Serra do Mar (FURIAN, 1987).

A precipitação média anual é por volta de 2.240 mm, com grande variabilidade espacial e temporal, nesse último caso, distribuídos em um período chuvoso ou úmido (outubro a março) e um período menos chuvoso ou menos úmido (de abril a setembro) que, todavia, é mais variável (NUNES, 1997). Os tipos de precipitação da área são distintos, em função da época do ano. As chuvas no período mais úmido são frequentemente convectivas e podem estar associadas a trovoadas, enquanto na estação menos úmida ocorrem chuvas mais uniformes espacialmente de origem frontal que podem se estender por todo o dia (JICA, 1986).

De acordo com Monteiro (1973), o litoral norte está sujeito a menor participação das massas polares (30 a 40% de participação anual) e sofre menos invasões de frio do que os setores central e sul. No entanto, a proximidade da Serra do Mar do litoral influencia sobremaneira os altos volumes de precipitação, mesmo no inverno. O efeito da orografia é

exercido em relação à massa tropical atlântica, que mesmo estável no inverno pode ocasionar algumas chuvas na região. Na primavera e no verão, o eixo da frente polar responde significativamente pelos montantes de chuva registrados.

Por sua vez, a faixa do planalto atlântico - que se estende entre a orla marítima e o Vale do Paraíba - apresenta uma dinâmica semelhante ao litoral norte, mas com diferença em relação à distribuição das chuvas, com um período menos chuvoso mais marcado, aliado a diminuição das temperaturas e maior distanciamento do litoral, além de um efeito de sombra de chuva, que não é espetacular, mas promove no setor mais abrigado um decréscimo pluvial (CONTI, 1975).

No litoral central, temos um aumento da influência das massas polares e montantes de pluviosidade mais elevados do que no litoral norte. Há uma maior penetração das massas polares e de sistemas frontais, com volumes de chuva distribuídos seguindo a topografia. De acordo com Monteiro (1973, p.28):

(...) temos aqui o trecho litorâneo paulista exposto no inverno a sensíveis e mais freqüentes abaixamentos de temperatura. Mesmo no verão, o seu índice de participação polar é o mais elevado do estado. As chuvas frontais têm aí uma grande importância.

O autor esclarece que nesse setor as áreas próximas a Santos e à ilha de São Sebastião estão entre as de precipitação mais elevadas do país. Considerando a gênese frontal e a freqüência elevada das penetrações polares, esse é o local detentor dos totais diários mais altos.

Fenômenos de grande escala também influenciam as precipitações na região, com destaque para a fase quente do ENOS - El Niño Oscilação Sul. Em anos de El Niño forte há um aumento das precipitações no estado de São Paulo, ainda que mais pronunciado no interior do que na costa (NUNES, 1997, NUNES, 2000 e VICENTE e NUNES, 2005).

Segundo Oliveira et al (1998) os que normalmente atingem o estado são sistemas frontais (frente fria e quente), oriundos do sul do continente, áreas de instabilidade, formadas por transporte de umidade e forte aquecimento, Zona de Convergência do Atlântico Sul³

³ A Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS) é definida como uma persistente faixa de nebulosidade orientada no sentido noroeste-sudoeste, que se estende do sul da Amazônia ao Atlântico Sul-Central por alguns milhares de quilômetros, bem caracterizada nos meses de verão. Estudos mostram que um importante papel das ZCAS na transferência de calor e umidade dos trópicos para as latitudes mais altas. Existe um alinhamento da

(ZCAS – apenas no verão) e outros de escala global, como El Niño que, dependendo de sua intensidade, alteram temporariamente os padrões de tempo atmosférico.

Nunes e Calbete (2000) elaboraram um estudo na região do Vale do Paraíba–SP, visando avaliar se os padrões de precipitação apresentaram uma mudança que pudesse ser responsável pelo aumento de eventos de deslizamento e alagamentos observados na área. Concluíram que o outono e o inverno apresentaram aumento nos totais pluviométricos no período de 1978 – 1997, que pode estar ligado à atuação do El Niño.

Sousa et al (2007a) e Sousa et al (2007b) avaliaram dois eventos de precipitação muito significativos em setores da Serra do Mar em, respectivamente março de 1967 e fevereiro de 1994. Por meio de reanálises, os autores conferiram a importância da atuação da Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS) em eventos particularmente fortes e intensos de precipitação em setores da Serra do mar, trecho paulista.

Roseghini (2007) e Sousa Jr. et al (2007) discutiram quanto a importância da ZCAS para a promoção de totais excepcionais de chuva no litoral norte e central do estado de São Paulo, observando forte influência em casos de eventos excepcionais positivos.

Um trabalho abrangente realizado pelo Instituto Geológico (1996) forneceu, entre outros produtos, uma carta de risco a movimentos de massa e inundação para o município de São Sebastião. A investigação destacou a influência fisiográfica moldando os aspectos dinâmicos da atmosfera. Outra conclusão interessante em relação às chuvas intensas é que parte delas está associada à ação de sistemas frontológicos, evidenciando a importância desse tipo de gênese no local.

Em trabalho sobre a análise da variabilidade espaço-temporal da chuva em diferentes setores do mesmo estado, Nunes (1997) chegou à conclusão de que o litoral paulista se diferencia bastante de outros setores, não apenas por apresentar alturas pluviométricas muito superiores em todos os períodos, mas porque na análise de componentes principais esse local

ZCAS com uma região de forte gradiente de TSM, o que torna possível a influência das configurações de TSM na ZCAS; porém, é possível que as anomalias de TSM sejam uma resposta oceânica à anomalia de vento à superfície do oceano, decorrente da própria ZCAS. De qualquer forma, uma vez estabelecida a circulação típica de ZCAS, é razoável supor que haja uma realimentação positiva entre a circulação atmosférica e as anomalias de TSM, ancorando as configurações na atmosfera e no oceano. As observações feitas a respeito do comportamento dinâmico das ZCAS indicam uma associação entre períodos de inundações de verão na região sudeste e veranicos na região sul com permanência das ZCAS por períodos prolongados sobre a região sudeste. Por outro lado, quando as ZCAS se estabilizam mais ao sul, observamos veranicos no sudeste e enchentes na região sul.

Fonte: <http://www.master.iag.usp.br/ensino/Sinotica/AULA14/AULA14.HTML>

se distanciou sobremaneira dos demais, demonstrando estar essa área sob outros controles promotores de precipitação. O estudo revela, também, que o litoral apresenta a melhor distribuição dos totais ao longo do tempo em relação às demais regiões do estado.

Oliveira et al. (1998) investigaram as chuvas intensas e rápidas (10 em 10 minutos) nos anos de 1994, 1995 e 1996 para as cidades de Campinas, Presidente Prudente, Ribeirão Preto, São Paulo, Taubaté, Ubatuba e observaram que todos os locais apresentaram tendência à ocorrência de totais elevados no final da primavera e começo do verão, sendo que os meses de dezembro a fevereiro apresentam maior incidência de extremos. Constataram, igualmente, que a probabilidade de ocorrência é maior nos períodos da tarde e da noite.

1.3. CONTEXTO SOCIOECONOMICO DO LITORAL PAULISTA E ENTORNO NO ESTADO DE SÃO PAULO⁴

Economicamente nosso recorte espacial está inserido em uma grande área de importância estratégica devido à intensa ocupação populacional e atividades econômicas como industrial, pesca, comércio e turismo. Além disso, é uma das poucas áreas com remanescentes de Mata Atlântica, e interliga os dois centros de maior importância socioeconômica do país: São Paulo e Rio de Janeiro.

A região administrativa da Baixada Santista, dentro do litoral central, apresenta o maior complexo portuário da América do Sul - o porto de Santos, em torno do qual se desenvolve uma forte economia regional. Situa-se cerca de 70 km da capital paulista e das indústrias da região do ABC, com ampla malha viária. A atividade industrial é significativa para a economia da região, sendo os setores mais importantes o de refino de petróleo e álcool, o petroquímico (pólo de Cubatão) e a metalurgia básica. O setor de serviços é o que mais oferece postos de trabalho, concentrando 54,7% da força de trabalho local. A atividade de transporte, devido ao porto, é a mais importante. Também se destaca o setor de lazer e cultura, um dos mais desenvolvidos em todo o estado de São Paulo.

A região administrativa de Registro, que compõe o litoral sul, baseia-se no setor primário (agricultura, mineração e extrativismo vegetal), embora a atividade industrial também se faça presente. O turismo ainda é pouco desenvolvido, mas apresenta grande potencial na região, especialmente o de natureza ecológica. Nesse local a reserva de Mata Atlântica está mais preservada, contando com parques estaduais e nacionais. A atividade industrial é pouco significativa, com participação de apenas 0,1 % no valor adicionado da indústria estadual. Ainda que sua posição estratégica seja também interessante (ligação com o

sul do país e Mercosul), essa região é economicamente atrasada, sem o adequado uso de suas potencialidades.

Já a região Administrativa de São José dos Campos, dentro do litoral norte, está estrategicamente situada entre os dois maiores aglomerados urbanos do país: São Paulo e Rio de Janeiro próximo, portanto, dos maiores mercados consumidores, e com um porto com grande movimentação de carga: o de São Sebastião. A atividade industrial é a mais importante para a sua economia, empregando 30,6% da força de trabalho regional. Os setores industriais mais relevantes são o aeroespacial, o automotivo, o químico, a indústria de alimentos e bebidas e o da metalurgia básica.

⁴ As informações constantes nesse item foram retiradas do sítio eletrônico da Fundação Sistema Estadual de Análise de Dados – SEADE. www.seade.gov.br

2. HIPÓTESE

Para a elaboração desta pesquisa partimos da hipótese de que os eventos extremos de precipitação, tanto na escala anual quanto mensal, estão aumentando em número de ocorrências. Ainda, procuraremos mostrar que, muitas vezes, os resultados alcançados diferem segundo a técnica estatística utilizada. Assim, tentaremos responder a pergunta sobre a vantagem das técnicas usadas para o estudo dos eventos extremos de precipitação, nas diferentes escalas temporais de análise.

3. OBJETIVOS

Esta pesquisa analisa e caracteriza os eventos de precipitação no litoral paulista e entorno e sua variabilidade ao longo de uma série histórica. Tendo em vista a rapidez com que se processam alterações nos ambientes físico e socioeconômico, a revisão dessa questão é um requisito importante.

3.1. OBJETIVOS GERAIS

Podemos resumir nossos objetivos gerais nos pontos a seguir:

- Revisar as características do regime pluviométrico do litoral paulista e entorno - incluindo a planície litorânea e o planalto atlântico - por meio da análise de séries históricas dos dados de precipitação de postos mantidos pelo Departamento de Água e Energia Elétrica do Estado de São Paulo (DAEE), e dessa maneira avaliar a variabilidade das chuvas na região a partir de quatro escalas temporais de análise: decadal, anual, sazonal, mensal.
- Determinar técnicas de tratamento de dados que irão compor a análise de variabilidade e de eventos extremos, com avaliações quantitativas e qualitativas.
- Sistematizar a bibliografia a respeito dos eventos extremos de precipitação em suas análises em nível decadal, anual, sazonal e mensal, e para a área de estudo.

3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Os itens a seguir correspondem aos objetivos específicos:

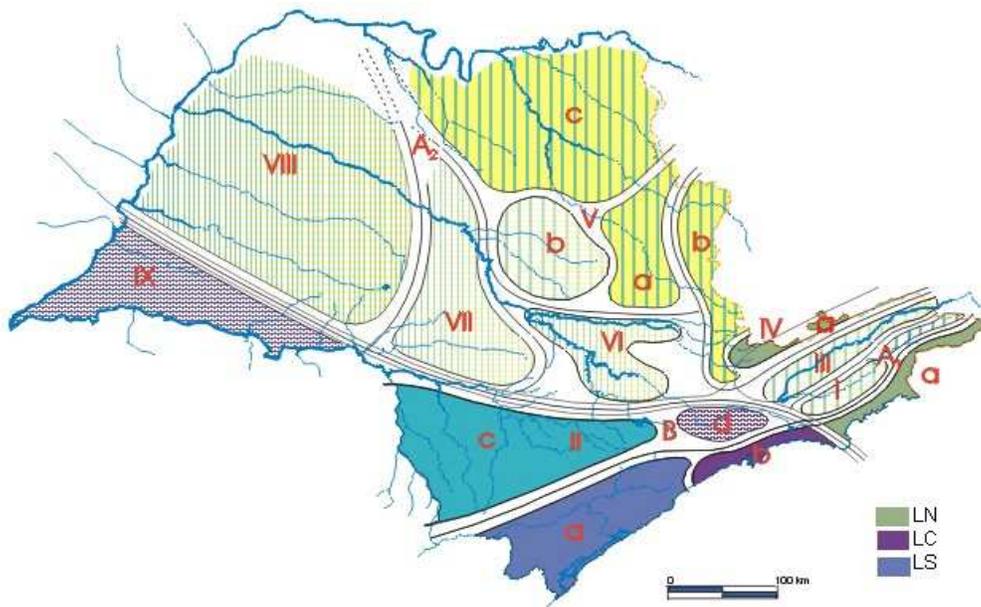
- Estabelecer classes de montantes extremos anuais e mensais no local, observando a incidência para os diferentes setores e eventuais padrões de alteração em anos recentes, segundo agrupamentos uniformes, usando técnicas que permitam espacializar a precipitação.
- Aplicar técnicas de estatística buscando compreender o fenômeno das chuvas segundo agrupamentos uniformes.
- Comparar diferentes técnicas estatísticas para a definição de eventos extremos em diferentes escalas temporais, visando identificar as que melhor responderam para cada escala temporal de análise.
- Espacializar os fatos investigados, usando ferramentas de sistemas de informação georeferenciadas (SIG), de forma a observar eventuais padrões de distribuição.
- Observar semelhanças e diferenças entre a compartimentação do litoral proposta por Monteiro (1973) e os resultados desta investigação.

4. MATERIAIS E MÉTODOS

Nesse item destacamos as especificidades das escalas temporais e espaciais utilizadas neste trabalho e também as técnicas estatísticas empregadas na exploração dos dados pluviométricos.

O recorte espacial do nosso estudo corresponde à região do litoral paulista e seu entorno. Entende-se por entorno a planície costeira e o planalto atlântico. Esse recorte espacial foi dividido em três repartições. São elas: repartição norte, repartição central e repartição sul (Figura 6). Essa divisão é inspirada na proposta de Monteiro (1973), que levou em consideração padrões da dinâmica atmosférica em escalas zonais e regionais, em conjugação com as unidades geomorfológicas no estado de São Paulo (Figura 5).

De acordo com a divisão de Monteiro (1973), o litoral norte (LN), cujo clima é controlado por massas equatoriais e tropicais, é regionalmente caracterizado por climas úmidos resultantes da exposição da costa a sistemas tropicais. A área central do litoral (LC) e o litoral sul (LS) têm climas zonais controlados por massas tropicais e polares, regionalmente caracterizados por climas úmidos de face oriental e subtropical do continente dominado por sistemas tropicais.



Climas Zonais	Climas regionais	FEIÇÕES CLIMÁTICAS INDIVIDUALIZADAS NOS CLIMAS REGIONAIS, SEGUNDO AS UNIDADES GEOMORFOLÓGICAS					
		Litoral	Planalto Atlântico	Vale do Paraíba	Mantiqueira	Depressão	Planalto Ocidental
Controlados por massas equatoriais e tropicais	Climas úmidos das costas expostas às massas $T_m^{A_1}$	I Norte	Bacia superior do Paraíba	III Vale do Paraíba	IV Serra (borda do Planalto)		
	Climas tropicais alternadamente secos e úmidos A_2				Contrafortes	V Setor Norte VI "Percée" do Tietê	Norte Serra de São Carlos VII Serra de Botucatu VIII Oeste
Controlados por massas tropicais e polares	Climas úmidos da face oriental e sub-tropical dos continentes dominado por massa T_m^B	II Centro Sul	Bacia Paulistana Bacia do Paranapanema				IX Sudoeste

Figura 5. Divisão do estado de São Paulo em setores com base na atuação de sistemas atmosféricos, Monteiro (1973). (Legenda para o litoral adaptada pelo Autor.).

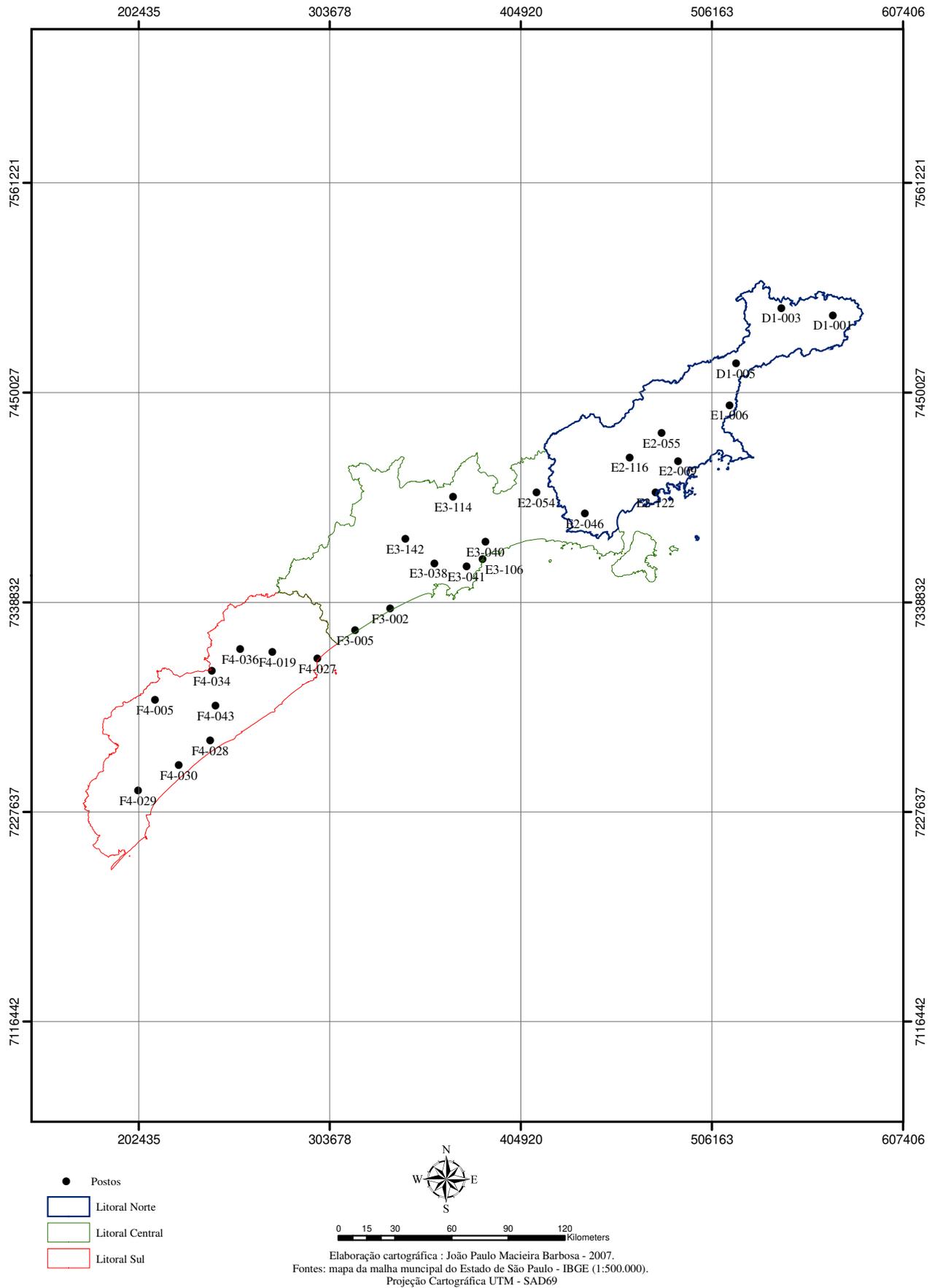


Figura 6. Recorte espacial proposto para este trabalho com localização dos postos pluviométricos utilizados no estudo.

Os dados utilizados na nossa pesquisa (Tabela 1) abrangeram período de 30 anos, seguindo a recomendação da Organização Meteorológica Mundial (OMM), de forma que os eventos extremos não tenham uma contribuição excessiva. Utilizamos dados de 01/1970 à 12/1999, obtidos no Departamento de Água e Energia Elétrica do Estado de São Paulo (DAEE).

Tabela 1. Postos escolhidos para pesquisa (mantidos pelo DAEE)

	Código	Nome	Município	Altitude (m)	Longitude UTM	Latitude UTM	Longitude Geográfica	Latitude Geográfica	Média dos Totais Anuais
Repartição Norte	D1-001	Bananal	Bananal	460	570224	7491340	22°41'	44°19'	1404,6
	E2-046	Caraguatauba	Caraguatauba	20	438774	7386205	23°38'	45°26'	1722,4
	D1-003	São José do Barreiro	São José do Barreiro	530	542829	7495132	22°39'	44°35'	1729,9
	D1-005	Campos de Cunha	Cunha	1020	518808	7465660	22°55'	44°49'	1419,2
	E1-006	Sertão do Rio Manso	Cunha	1460	515366	7443524	23°07'	44°51'	1633,1
	E2-116	Laranjal	Natividade da Serra	800	462509	7415808	23°22'	45°22'	1572,0
	E2-122	Maranduba	Ubatuba	4	476172	7397385	23°32'	45°14'	2303,5
	E2-055	Catucaba	São Luis do Paraitinga	830	479533	7428757	23°15'	45°12'	1277,6
	E2-009	Mato Dentro	Ubatuba	220	488073	7414006	23°23'	45°07'	3098,3
Repartição Central	E2-054	Salesópolis	Salesópolis	770	413196	7397147	23°32'	45°51'	1236,7
	E3-038	Piacaguera	Cubatão	5	359084	7359812	23°52'	46°23'	2351,4
	F3-005	Itanhaem	Itanhaem	3	317079	7324263	24°11'	46°48'	2155,4
	E3-040	Usina Itatinga	Bertioga	10	386164	7371125	23°46'	46°07'	3134,5
	E3-106	Bertioga	Bertioga	3	384538	7361884	23°51'	46°08'	2390,7
	E3-041	Caeté	Santos	200	376079	7358122	23°53'	46°13'	3464,0
	E3-114	Suzano	Suzano	740	368956	7394973	23°33'	46°17'	1359,6
	E3-142	Recalque Abc	São Bernardo do Campo	840	343662	7372574	23°45'	46°32'	1579,9
	F3-002	Mongaguá	Mongaguá	20	335586	7335565	24°05'	46°37'	2708,2
Repartição Sul	F4-027	Peruíbe	Peruíbe	3	296962	7309218	24°19'	47°00'	1809,4
	F4-030	Subauma	Iguape	5	223582	7252547	24°49'	47°44'	2143,0
	F4-034	Salto do Cedro	Juquiá	320	241206	7302764	24°22'	47°33'	2656,5
	F4-043	Sítio Grande	Iguape	30	243236	7284330	24°32'	47°32'	1880,3
	F4-029	Itapitangui	Cananéia	7	201939	7239160	24°56'	47°57'	2336,6
	F4-028	Iguape	Iguape	3	240201	7265801	24°42'	47°34'	2770,0
	F4-005	Registro	Registro	20	211048	7287397	24°30'	47°51'	1555,0
F4-019	Pedro de Toledo	Pedro de Toledo	60	273207	7312550	24°17'	47°14'	1501,8	
F4-036	Faz. Pettena	Miracatu	40	256244	7314115	24°16'	47°24'	1550,3	

Após a definição dos postos começamos a etapa de preparação dos dados pluviométricos, de fundamental importância, visto que todos os resultados seguintes, provenientes de cálculos estatísticos, interpolação de dados etc, só puderam ser corretamente interpretados com um tratamento inicial dos valores (chuvas diárias) para cada estação for criterioso.

Em algumas séries verificamos a inexistência de montantes de chuvas para

determinados dias. Nunes (2000) aponta que a chuva não é boa preditora de si mesma, pois esse elemento é bastante variável no tempo e no espaço, sendo influenciado por inúmeros condicionante de várias ordens. Assim, seguindo o proposto da autora, os dados faltosos foram supridos com dados provenientes de estações próximas, considerando aspectos como altitude e distância.

Foram geradas para cada posto pluviométrico planilhas eletrônicas com a distribuição diária de chuvas de 01/1970 até 12/1999, além de planilhas especiais que constituíram nosso banco de informações georeferenciadas, utilizadas posteriormente para a geração de diversos mapas utilizando o pacote *ArcGis 9.2*.

Para avaliar a variabilidade dos dados empregamos uma técnica de estatística multivariada no domínio da Análise Factorial: a Análise de Componentes Principais (ACP), com uso do *software Statistica v.7.0*. A ACP permite a visualização e redução de dados contidos em tabelas de grandes dimensões, cruzando certo número de indivíduos com as variáveis quantitativas que os caracterizam, reduzindo essas variáveis em um único fator representativo de um conjunto de dados. Aos totais anuais de cada posto foi conferido um valor de carga (totais anuais), sendo que aqueles que apresentam carga maior são os mais representativos da amostra. A caracterização do posto mais representativo é importante neste trabalho, pois algumas técnicas estatísticas serão aplicadas somente para esses postos, representativos de um conjunto homogêneo. Neste estudo, optou-se em usar a estratégia de rotacionar os dados, o que possibilita a obtenção de um padrão mais claro de distinção de um fator em relação a outro, facilitando a identificação do fator ao qual uma dada variável mais se aproxima. Isso acontece porque ao se rotacionar os dados maximiza-se a variância entre os diferentes fatores, e minimiza-se entre os elementos agrupados em um mesmo fator.

Além da análise de componentes principais, outra técnica estatística foi empregada para verificar a variabilidade dos postos dentro de uma mesma repartição: a análise de correlação de dados. Nesse caso, já partimos do pressuposto de que postos dentro de uma mesma repartição apresentam comportamentos semelhantes. Tanto a análise de correlação como a de componentes principais visam verificar semelhanças ou dessemelhanças.

Ainda com vistas à exploração dos dados pluviométricos, utilizamos histogramas, que apresentam a distribuição de freqüências de eventos de precipitação anual. Eles relacionam categorias de valores, juntamente com suas contagens ou freqüências que se enquadram em cada categoria (TRIOLA, 1998). No histograma, a base é o limite das classes e as alturas são as freqüências. A simples observação da forma do histograma nos permite algumas inferências, entre elas, o grau de dispersão da variável.

Na seqüência é feita a descrição das escalas temporais que foram escolhidas para essa pesquisa.

No estudo das chuvas fizemos uma análise temporal que envolveu os níveis decadal, anual, sazonal e mensal, investigando suas variações no tempo e no espaço, sobretudo os eventos extremos mensais, avaliando os mecanismos atmosféricos na formação das chuvas.

Na escala por décadas buscamos definir a evolução dos montantes de chuva segundo três períodos pré-definidos. São eles: PI (dec 70), PII (dec 80), PIII (dec 90). Para salientar as diferenças temporais foram elaborados mapas de índice de mudança decadal (IM_d), utilizando o módulo 3D Analistics do software *ArcView 9.2*. Foram calculadas as diferenças de precipitação na planilha Excel para cada posto segundo a seguinte fórmula:

$$IM_d = -(X_{medi} - X_{medii}) / X_{medii} * 100$$

Onde, IM_d é o índice de mudança decadal, X_{medi} é a média da década inicial
 X_{medii} : Média da década seguinte.

As médias foram calculadas segundo a fórmula:

$$\left(X_{med} = \frac{\sum_{i=1}^n X_i}{n} \right)$$

Onde, X_{med} é a média, $\sum X_i$ é a somatório dos totais pluviométricos (1970 + 1971 + ...) e n é igual ao número de anos, ou seja, para médias decadais $n = 10$.

Os mapas de índices de mudança permitiram verificar alterações dos montantes de chuva para as áreas, de sorte a identificar em quais recortes passou a chover mais ou menos no decorrer das décadas.

Elaboramos a seguir mapas que mostram a distribuição das precipitações para cada estação. As médias sazonais foram calculadas com o uso da fórmula anterior. A diferença é que no caso das precipitações sazonais, as médias foram calculadas segundo o somatório das alturas pluviométricas mensais, assim definidas:

- Para o Verão (Dezembro, Janeiro e Fevereiro)
- Para o Outono (Março, Abril e Maio)
- Para o Inverno (Junho, Julho e Agosto)
- Para a Primavera (Setembro, Outubro e Novembro)

Para a elaboração desse conjunto de mapas, tanto de índices de mudança, quanto de

médias decadais sazonais das precipitações, foi criado um banco de dados composto pelos resultados estatísticos obtidos para cada posto, informações de elementos climáticos, coordenadas dos postos e cartas do IBGE na escala de 1:500.000. Esses resultados numéricos foram espacializados pela técnica de interpolação conhecida como *Krigagem*. Trata-se de um procedimento de inferência espacial na qual a estrutura de covariância espacial é modelada em uma etapa de análise variográfica anterior aos procedimentos inferenciais e produz resultados de superfícies interpoladas mais suaves. Um estimador de *krigagem ordinária* utiliza médias locais ou tendências locais estimadas a partir dos elementos amostrais vizinhos, ao invés de uma única média estacionária, como o faz um algoritmo de interpolação simples.

Foram ainda utilizados parâmetros estatísticos para a análise dos dados, como o desvio padrão⁵ (S) e o coeficiente de variação (CV). A primeira delas consiste em uma medida de dispersão, que considera a totalidade dos valores da variável em estudo. Sua fórmula é:

$$S = \sqrt{\frac{\sum (X_i - X_{med})^2}{n}}$$

Onde **S** é o desvio padrão, **X_i** é o total anual ou mensal dependendo da escala. **X_{med}** é a média anual ou mensal e **n** é número de dados.

Altos índices de desvio padrão indicam maior diferença entre os valores pluviométricos da série; contudo, valores elevados das variáveis brutas (no caso da precipitação, registrados em lugares onde elas são habitualmente volumosas) apresentam índices de desvio padrão igualmente altos, podendo confundir numa análise espacial comparativa. Esse fato foi observado por Gerardi e Silva (1981). Para propiciar uma observação amenizando essa “contaminação” de montantes elevados de precipitação, é recomendado usar-se o coeficiente de variação, que indica a variação relativa, cuja fórmula é:

$$CV = \frac{S}{X_{med}} \times 100$$

Onde **CV** é o coeficiente de variação, **S** é o desvio padrão e **X_{med}** a média.

Entrando na escala anual, visando identificar mudanças nos padrões de distribuição temporal das chuvas, elaboramos para o nosso recorte espacial gráficos das médias normalizadas, que nos permite uma comparação dos totais anuais em relação ao valor

⁵O Cálculo de desvio padrão considerou um grau de liberdade (n-1), recomendado para uma população de dados igual ou superior a 30.

máximo e mínimo da série histórica, possibilitando análise mais apurada, uma vez que, as médias são calculadas entre dois valores definidos. As médias normalizadas (MN) foram calculadas com o emprego da seguinte fórmula:

$$MN = (\text{Média Anual-Mínimo da Série})/(\text{Máximo da Série-Mínimo da Série})$$

Além das médias normalizadas, foram gerados gráficos de curva de massa, que representam a maneira como um dado valor - no caso, os volumes pluviométricos anuais - vão se acumulando no decorrer de certo período (30 anos). Ano após ano as alturas de chuva vão sendo somadas, resultando em uma curva sempre crescente. Nas curvas poderemos perceber eventualmente inflexões positivas ou negativas, que indicariam anos nos quais o acréscimo ou decréscimo da variável em análise (neste caso, chuva) teria sido mais significativo. Tal técnica foi usada por Cornish em 1977 (apud Nunes, 1997) e Nunes (1997), no intuito de observar eventual mudança climática (verificado no primeiro caso para setor da Austrália, e não ocorrido no segundo, em estudo para diferentes setores do estado de São Paulo).

As curvas de massa também são construídas visando identificar algumas inconsistências nos dados das estações pluviométricas a partir do ângulo de inclinação das curvas. Se estas não apresentarem mudanças abruptas de inclinação, significa que os dados são consistentes e adequados. Seções abruptas nas curvas podem indicar inconsistência dos dados provenientes, por exemplo, da mudança de lugar de determinada estação, falta de coleta dos dados por um período longo etc.

Para a análise da tendência, que busca verificar manutenção, aumento ou diminuição dos valores dentro de uma seqüência temporal, aplicou-se a técnica da regressão linear, baseada na técnica dos mínimos quadrados, que ajusta uma reta a um conjunto de pontos. Tal procedimento foi utilizado por Christofletti (1992), Sentelhas et al (1994), Galina (2002) e Maia (2003), por exemplo. Essa reta, de 1º grau ($y = ax + b$), é caracterizada por um coeficiente angular (a) que determina o grau de tendência da variável. Outra informação importante relacionado a essa técnica é o valor de R^2 (coeficiente de determinação), que indica se a reta desenhada para a variável representa bem a realidade dos dados brutos: quanto mais próximo de 1 o valor de R^2 , maior o ajuste da reta à distribuição dos dados.

Visando obter as primeiras identificações de anos anômalos, foram registrados os desvios anuais (%) em relação a média histórica dos totais pluviométricos para período (1970-1999).

Ainda na escala anual, os dados foram padronizados. Essa técnica, que reflete a distribuição estatística normal padrão, é bastante usada para o cálculo de anomalias em ciências atmosféricas. Pela teoria, cerca de 2/3 (68,3%) das ocorrências de um dado evento estão contidos entre os limites de -1 a 1 desvios padrão (s), estando dentro do habitual. Já 95,45% das ocorrências estariam entre -2s a 2s, e 99,7% dos eventos estariam contidos entre -3s e 3s. A fórmula para a padronização é:

$$z = \frac{X_i - X_{med}}{S}$$

Onde **z** é o valor padronizado, **X_i** é o total anual, **X_{med}** é a média e **S** o desvio padrão.

Ainda que dados ambientais dificilmente se ajustem de maneira completa a uma distribuição teórica, essa em particular é amplamente usada dada sua facilidade em destacar com simplicidade as excepcionalidades do fenômeno sob avaliação (chuva). Outra vantagem no uso de uma distribuição estatística é que os valores são transformados em variáveis que refletem o seu grau de normalidade ou magnitudes dos extremos, permitindo a comparação entre dados de características diversas.

Na escala anual também foi usada a técnica dos quantis, que são medidas de separação para distribuições de probabilidade ou para suas amostras. Segundo Xavier et al. (2007), um quantil de ordem p (definido para 0 < p < 1) é um valor numérico que secciona a distribuição em duas partes, com probabilidades p (à esquerda deste quantil “teórico”) e 1-p (à direita). Neste trabalho utilizaremos as “ordens quantílicas” ou probabilidades p= 0,15, 0,35, 0,65, 0,85, ou percentuais 15%, 30%, 65% e 85%, respectivamente. Assim, estabelecemos as seguintes faixas de frequência para as escalas anual e mensal⁶:

- 1 –Muito seco: até Q (0.15) – 15%
- 2 – Seco: entre Q (0.15) e Q (0.35) – 20%
- 3 – Normal: entre Q (0.35) e Q (0.65) – 30%
- 4 – Chuvoso: entre Q (0.65) e Q (0.85) – 20%
- 5 – Muito chuvoso: acima de Q (0.85) – 15%

A vantagem do uso de quantis foi reconhecida por Galton em 1896, que comparou períodos consecutivos ou anos-base distintos, com vistas à avaliação de mudanças sociais

⁶ No que concerne às designações “muito seco” e “seco”, estas se referem apenas a uma condição de deficiência na precipitação fluvial em relação aos períodos mais chuvosos da série histórica, pois, como sabemos, a precipitação pluviométrica no litoral paulista é caracterizada por altos montantes em todas os períodos sazonais. Por falta de melhor termo para designar esses períodos, optamos por manter as denominações quantílicas de Pinkayan (1996).

ocorridas ao longo do tempo (apud Xavier et al. 2007). Esses mesmos autores assinalam que uma das vantagens do emprego dos quantis em relação ao desvio padrão é sua capacidade para lidar com assimetrias da função densidade de probabilidades, descrevendo o fenômeno aleatório⁷ estudado, como chuva, temperatura, umidade, etc.

Para Xavier (2001), outros benefícios do uso da técnica dos quantis se aplicam a sua extrema simplicidade conceitual, aliada a uma interpretação precisa em termos probabilísticos ou também das distribuições empíricas de frequências associadas, o que não ocorreria em outras técnicas. Além disso, os quantis podem ser estimados diretamente a partir dos dados empíricos, embora também possam ser determinados via um modelo teórico ajustado aos dados.

Vários autores usaram essa técnica para a análise da distribuição das chuvas. Gibbs e Maher (apud Xavier et al. 2007) propuseram o emprego da metodologia baseada em quantis (decis) com o fim de caracterizar períodos secos e chuvosos, no sentido de instituir um sistema de “alarme de seca”, cujos princípios são até hoje utilizados pela meteorologia australiana. Pinkayan (apud Xavier et al. 2007) utilizou-a para avaliar a ocorrência de anos secos e chuvosos sobre extensas áreas continentais, em especial na área continental dos Estados Unidos em anos consecutivos, com base em dados de precipitação e também no escoamento superficial. Karl e Knight (1998) aplicaram a técnica de percentil para os Estados Unidos (mesmo princípio dos quantis, porém com divisões equânimes de 10% para cada classe) e notaram que valores superiores ao percentil de 90% responderam por 40% dos eventos. Investigando, entre outros aspectos, o número de dias cujos totais de chuva que foram superiores aos percentis 90, 95,0 e 97,5% para 196 estações na Índia, Roy e Balling (2004) concluíram ter ocorrido um aumento das precipitações extremas no país.

Para determinar as faixas de altura pluviométrica para cada quantil, utilizamos um gráfico estatístico conhecido como *Box plot*, que possibilita expressar uma variável segundo uma distribuição em faixas pré-definidas (porcentagem), ao mesmo tempo em que demarca valores situados acima e abaixo desses limiares. No *Box plot* o centro da distribuição poderá ser a média ou a mediana. De acordo com os nossos quantis, os parâmetros utilizados na elaboração dos mesmos estão expressos na Figura 7, com destaque para o uso da mediana. Para a confecção desses gráficos foi usado o pacote *Statistica v.7.0*.

⁷ “Suponhamos que a chuva num local, acumulada em certo intervalo do ano (mês, bimestre, trimestre, quadrimestre, semestre, etc.), com respeito a anos consecutivos, possa ser representada em termos de uma ‘variável aleatória contínua’ X . Dizer que a chuva é uma variável aleatória significa que o valor da sua altura acumulada (em milímetros) não poderá ser previsto com uma exatidão determinística sendo, portanto, de

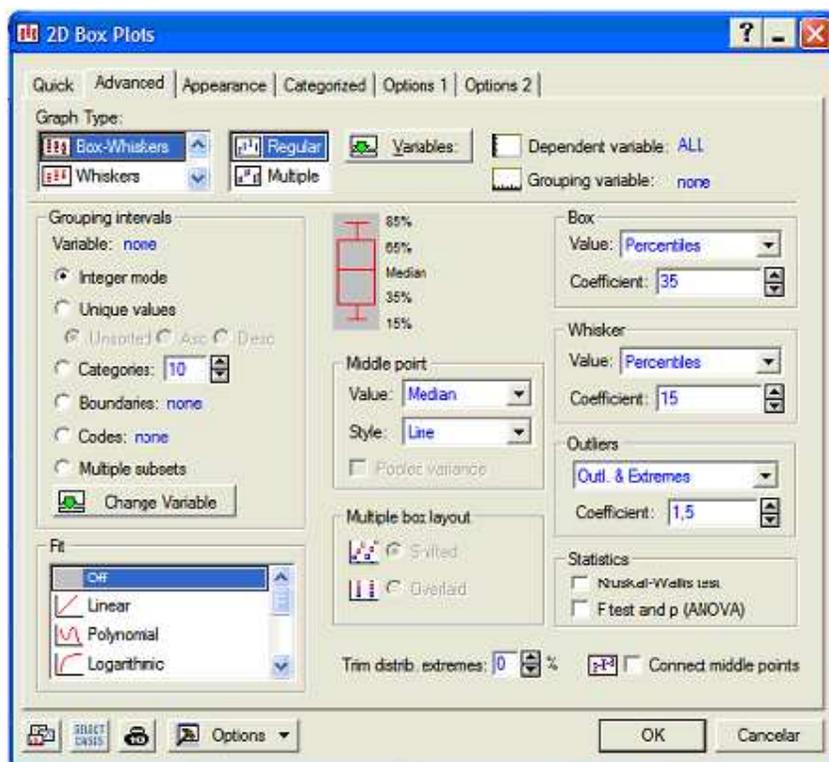


Figura 7. Parâmetros utilizados na elaboração dos *Box-Plots*.

Os parâmetros estatísticos vistos anteriormente (Média aritmética, Desvio Padrão e Coeficiente de Variação) também foram utilizados nessa escala.

Em resumo, nas escalas decadal, sazonal e anual a ênfase é conhecer o comportamento e as tendências gerais da precipitação, mapear as variações espaciais e observar se houve mudanças na intensidade e frequência das chuvas ao longo do período analisado, levando em conta a contribuição de cada estação nos montantes anuais de chuva.

Na escala mensal, buscamos identificar os meses mais chuvosos e os eventos extremos mensais dentro da nossa série histórica e de acordo com as escalas espaciais definidas. Mais uma vez reforçamos que, dada a dinâmica atmosférica e socioeconômica do local, a revisão contínua desses parâmetros, já efetuados por outros autores para diferentes períodos, faz-se necessária.

Nessa escala, além das técnicas estatísticas já descritas, utilizamos também o tempo de retorno para avaliar as incidências de extremos calculados para um número determinado de anos por meio da variável K , que consta na Tabela 2. Utilizando a Teoria dos Valores Extremos para determinar vários períodos de retorno, Weiss (1955) concluiu que esta técnica

natureza probabilística. Em outras palavras, pode-se atribuir uma probabilidade para que a altura da chuva fique compreendida entre dois limites arbitrariamente escolhidos”. (Xavier, 2001).

fornece aproximação satisfatória na análise da distribuição dos valores extremos meteorológicos. O cálculo do tempo de retorno é feito com a seguinte fórmula:

$$X_{TR} = X + K_S \text{ onde,}$$

X_{TR} = tempo de retorno

X_{med} = média

K = coeficiente de freqüência

S = desvio padrão

Tabela 2. Fator de Freqüência K de Gumbel (apud CHOW, 1988), calculado por M. D. REID em 1942.

Nº de Observações	Período de Recorrência (Anos)						
	5	10	15	20	25	50	100
	0,866	1,541	1,917	2,188	2,393	3,026	3,653

Na seqüência, são apresentados os resultados e as conclusões a respeito de toda a leitura realizada da chuva no recorte espacial pesquisado.

5. RESULTADOS

Em um primeiro momento, no item “*Resultados da Exploração dos Dados*”, apresentaremos os resultados obtidos na análise de componentes principais, análise de correlação e histogramas de frequência para todos os postos pluviométricos, por repartições. Nessa primeira leitura, tentamos identificar as semelhanças e dessemelhanças entre os postos e apontar pelo menos uma causalidade para os resultados aqui encontrados.

No item “*Resultados na Escala Decadal, Anual e Sazonal*”, mostraremos nossos resultados para o recorte espacial completo. Calculamos as médias decadais, anuais e sazonais além de apresentarmos os resultados das médias normalizadas, com as respectivas retas de tendência, curvas de massa e os desvios anuais (%) em relação à média histórica dos totais pluviométricos para período (1970-1999). Essa primeira leitura forneceu um retrato geral da nossa área a partir do conjunto de todos os postos. Na seqüência, apresentaremos os resultados por repartições (repartição norte, central e sul), com a indicação das médias sazonais e dos desvios (%) dos totais pluviométricos anuais (mm) em relação ao período (1970-1999). Dessa forma, foi feita uma avaliação comparativa dos resultados para cada setor.

A seguir, no item chamado “*Espacialização dos Resultados*”, elaboramos os mapas com os resultados encontrados no item anterior. Foram elaborados mapas dos totais pluviométricos (mm) médios para todas as estações do ano para cada década (1970, 1980 e 1990) e para a média geral para todo o período (1970-1999). Ainda no terceiro item, apresentamos os resultados dos índices de mudança decadal, visando verificar o grau das amplitudes (%) das mudanças das médias pluviométricas decadais.

Por fim, a partir dos postos mais representativos em relação aos valores de carga obtidos na análise de componentes principais do item “*Resultado da Exploração de Dados*”, apresentaremos os resultados para cada repartição. Nessa etapa, (“*Análises para os postos representativos nas escalas anual, sazonal, mensal*”), ilustramos em gráficos os totais anuais (mm) e o coeficiente de variação anual, as médias mensais para o período (1970-1999) e o coeficiente de variação mensal, além da contribuição sazonal nos totais anuais. Além disso, realizamos a padronização tanto para os totais pluviométricos anuais quanto mensais, aplicamos a técnica dos quantis para as escalas anual e mensal, a identificação da frequência de ocorrência de eventos ‘chuvosos’ e ‘muito Chuvosos’ por ano e, por fim, o cálculo de tempo de retorno mensal.

5.1. RESULTADOS DA EXPLORAÇÃO DOS DADOS

A exploração de dados, seguindo descrição do item ‘metodologia’, será feita a partir de três técnicas estatísticas muito aplicadas nas ciências atmosféricas: análise de componentes principais, análise de correlação dos dados e elaboração de histogramas com a precipitação média anual.

Na Tabela 3, visualiza-se o resultado da análise de componentes principais para cada repartição:

Tabela 3. Valores dos fatores para cada posto pluviométrico

Repartição Norte	Nome	Município	Fator 1	Fator 2	Fator 3
D1-001	Bananal	Bananal	0,22	0,47	0,52
E2-046	Caraguatauba	Caraguatauba	0,70	0,23	0,34
D1-003	São José do Barreiro	São José do Barreiro	0,14	0,80	-0,03
D1-005	Campos de Cunha	Cunha	0,30	0,77	0,29
E1-006	Sertão do Rio Manso	Cunha	0,09	0,49	0,74
E2-116	Laranjal	Natividade da Serra	0,12	0,77	0,19
E2-122	Maranduba	Ubatuba	0,53	0,21	0,21
E2-055	Catucaba	São Luis do Paraitinga	0,33	0,73	0,24
E2-009	Mato Dentro	Ubatuba	0,33	0,83	0,17
Repartição Central			Fator 1	Fator 2	Fator 3
E2-054	Salesópolis	Salesópolis	0,62	0,49	0,07
E3-038	Piacaguera	Cubatão	0,06	0,36	0,66
F3-005	Itanhaem	Itanhaem	0,67	0,39	0,20
E3-040	Usina Itatinga	Bertioga	0,41	0,15	0,74
E3-106	Bertioga	Bertioga	0,13	-0,03	0,28
E3-041	Caeté	Santos	0,51	0,44	0,81
E3-114	Suzano	Suzano	0,19	0,64	0,25
E3-142	Recalque Abc	São Bernardo do Campo	0,34	0,55	0,48
F3-002	Mongaguá	Mongaguá	0,81	0,07	0,21
Repartição sul			Fator 1	Fator 2	Fator 3
F4-027	Peruíbe	Peruíbe	0,87	0,15	0,24
F4-030	Subauma	Iguape	0,87	0,04	0,21
F4-034	Salto do Cedro	Juquiá	0,55	0,27	-0,13
F4-043	Sítio Grande	Iguape	0,67	0,28	0,21
F4-029	Itapitangui	Cananéia	0,89	0,05	0,20
F4-028	Iguape	Iguape	0,89	0,17	0,33
F4-005	Registro	Registro	0,82	0,21	-0,03
F4-019	Pedro de Toledo	Pedro de Toledo	0,74	0,33	0,25
F4-036	Faz. Pettena	Miracatu	0,82	0,21	0,13
		Expl.Var	9,31	3,34	5,46
		Prp.Totl	0,34	0,12	0,20

Podemos observar grande semelhança nos valores de carga na repartição sul, que apresentou valores elevados e muito próximos, todos no primeiro fator. Para o compartimento norte os valores de carga maior ficaram mais concentrados no fator 2 (5 postos). O litoral central apresentou 3 postos no fator 1 e 3, e 2 postos no fator 2. Postos que têm valores mais altos no mesmo fator apresentam semelhança, ou seja: o fator 1, que agrega 13 postos (e nas 3 repartições, sendo todos da repartição sul) relaciona-se a algum mecanismo que influencia particularmente esses postos.

Para atestarmos essas observações, realizamos uma análise de correlação (Tabelas 4a, 4b e 4c) de maneira a verificarmos semelhanças e dessemelhanças entre os postos de cada repartição:

Tabela 4a. Correlações lineares entre os postos do recorte norte segundo as médias anuais

Postos do Recorte Norte									
	D1-001	E2-046	D1-003	D1-005	E1-006	E2-116	E2-122	E2-055	E2-009
D1-001	1,00	0,48	0,37	0,69	0,60	0,46	0,28	0,67	0,47
E2-046	0,48	1,00	0,27	0,60	0,42	0,33	0,62	0,57	0,63
D1-003	0,37	0,27	1,00	0,66	0,37	0,60	0,40	0,52	0,20
D1-005	0,69	0,60	0,66	1,00	0,62	0,58	0,48	0,80	0,47
E1-006	0,60	0,42	0,37	0,62	1,00	0,56	0,26	0,61	0,63
E2-116	0,46	0,33	0,60	0,58	0,56	1,00	0,08	0,65	0,26
E2-122	0,28	0,62	0,40	0,48	0,26	0,08	1,00	0,40	0,62
E2-055	0,67	0,57	0,52	0,80	0,61	0,65	0,40	1,00	0,44
E2-009	0,47	0,63	0,20	0,47	0,63	0,26	0,62	0,44	1,00

Tabela 4b. Correlações lineares entre os postos do recorte central

Postos do Recorte Central									
	E2-054	E3-038	F3-005	E3-040	E3-106	E3-041	E3-114	E3-142	F3-002
E2-054	1,00	0,20	0,68	0,39	0,13	0,51	0,48	0,54	0,57
E3-038	0,20	1,00	0,44	0,64	0,45	0,59	0,42	0,56	0,24
F3-005	0,68	0,44	1,00	0,44	0,22	0,55	0,56	0,60	0,54
E3-040	0,39	0,64	0,44	1,00	0,49	0,65	0,36	0,50	0,69
E3-106	0,13	0,45	0,22	0,49	1,00	0,18	0,22	0,40	0,12
E3-041	0,51	0,59	0,55	0,65	0,18	1,00	0,51	0,60	0,60
E3-114	0,48	0,42	0,56	0,36	0,22	0,51	1,00	0,59	0,16
E3-142	0,54	0,56	0,60	0,50	0,40	0,60	0,59	1,00	0,39
F3-002	0,57	0,24	0,54	0,69	0,12	0,60	0,16	0,39	1,00

Tabela 4c. Correlações lineares entre os postos do recorte sul

Postos do Recorte Sul									
	F4-027	F4-030	F4-034	F4-043	F4-029	F4-028	F4-005	F4-019	F4-036
F4-027	1,00	0,74	0,49	0,65	0,78	0,79	0,69	0,81	0,75
F4-030	0,74	1,00	0,50	0,68	0,86	0,82	0,81	0,73	0,72
F4-034	0,49	0,50	1,00	0,19	0,45	0,51	0,46	0,52	0,41
F4-043	0,65	0,68	0,19	1,00	0,73	0,60	0,73	0,68	0,64
F4-029	0,78	0,86	0,45	0,73	1,00	0,75	0,76	0,71	0,77
F4-028	0,79	0,82	0,51	0,60	0,75	1,00	0,61	0,73	0,74
F4-005	0,69	0,81	0,46	0,73	0,76	0,61	1,00	0,72	0,68
F4-019	0,81	0,73	0,52	0,68	0,71	0,73	0,72	1,00	0,74
F4-036	0,75	0,72	0,41	0,64	0,77	0,74	0,68	0,74	1,00

Em um primeiro momento consideramos valores acima de 0,50 como satisfatório para avaliação das semelhanças e distinções entre os postos. Essa escolha foi aleatória.

Verificou-se que a repartição sul (Tabela 4c) apresentou correlação entre todos os postos bastante alta. Os demais setores também tiveram correlação elevada, porém não tão significativa. Aumentamos o índice de correlação para 0,60 (valores em negrito) o que tornou as diferenças ainda mais evidentes.

Os postos da repartição sul continuaram apresentando alta correlação, com exceção do posto de Juquiá (F4-034). Na repartição central (Tabela 4b), ao contrário, reduziu-se

significamente o número de postos considerados semelhantes, mesmo estando muito próximos espacialmente. Os postos de Bertiooga (E3-106 e E3-040) apresentaram correlação muito baixa com a maioria dos postos (as exceções foram: E3-038, E3-041 e F3-002). Já o recorte norte (Tabela 4a) ficou entre esses dois extremos.

Levando em consideração os resultados obtidos na análise de correlação, concluímos que esta respondeu bem no recorte norte e, principalmente, no recorte sul, devido à relação entre a localização espacial dos postos e geomorfologia mais homogênea dessas repartições.

As diferenças encontradas na análise de correlação para a repartição norte podem ser explicadas se analisarmos a localização espacial de cada posto em confronto com o relevo (Figura 8), muito variável nesse setor, o que foi fator preponderante no resultado da análise de correlação, uma vez que, postos litorâneos como os localizados em Ubatuba (E2-122 e E2-009) apresentaram correlação mínima em relação aos mais longe da costa.

Para defender essa tese, geramos um mapa de relevo a partir de imagens do Sensor SRTM (em inglês, Shuttle Radar Topography Mission). Essas imagens, com resolução espacial de 90m, estão disponíveis no *site*⁸ do projeto da EMBRAPA conhecido como “Brasil em relevo”.

Pelo modelo numérico de terreno elaborado no ArcView 9.2, no extremo da repartição norte (Figura 8) nota-se que o relevo da Serra do Mar praticamente se estende bem próximo ao litoral, com altitudes que variam entre 1.000 a 2.700m. Pelos resultados da análise de correlação, os postos de Ubatuba (E2-009 e E2-122) apresentaram menor similaridade com as demais estações desse recorte. Ambas se localizam bem próximas ao litoral, em altitudes que variam de 0 a 300m apresentando as maiores alturas pluviométricas. Os postos de Bananal (D1-001) e São José do Barreiro (D1-003) também se encontram em altitudes semelhantes, porém suas disposições espaciais são diversas, o que refletiu em alturas pluviométricas bem inferiores aos postos de Ubatuba. Os demais apresentaram volumes de pluviosidade semelhantes, o que pode estar relacionado ao fato de se localizarem em uma região de relevo mais uniforme em relação às variações altimétricas.

Isso pode ser verificado pelo exame do relevo no setor sul, que por ser bem mais uniforme permitiu uma distribuição da precipitação mais homogênea por toda área. Se o posto de Juquiá (F4-034) apresentou baixa correlação com os demais, aqui não foi devido à distância do litoral, e sim à localização em relação à exposição da vertente. Todas as estações se encontram a uma altitude de 0 a 268m. Juquiá está a 600m de altitude, sobre uma feição

⁸ <http://www.relevobr.cnpm.embrapa.br/>

isolada.

No recorte central a influência do relevo parece ser menor. Observamos pelos índices de correlação uma semelhança maior do que 0,60 entre os postos mais costeiros, como Itanhaem (F3-005) e Mongaguá (F3-002) (até 260m), e outras no interior a altitudes de 800 a 1.200m, como Salesópolis (E2-054) e São Bernardo do Campo (E3-142). Podemos inferir que as alturas pluviométricas medidas no litoral em altitudes baixas são semelhantes às alturas pluviométricas de postos no interior mas em altitudes elevadas.

A variação da distância da Serra do Mar em relação ao litoral, distinta para cada repartição, coloca-se como fator que interfere e explica alguns montantes de chuva encontrados e alguns dos resultados da análise de componentes principais.

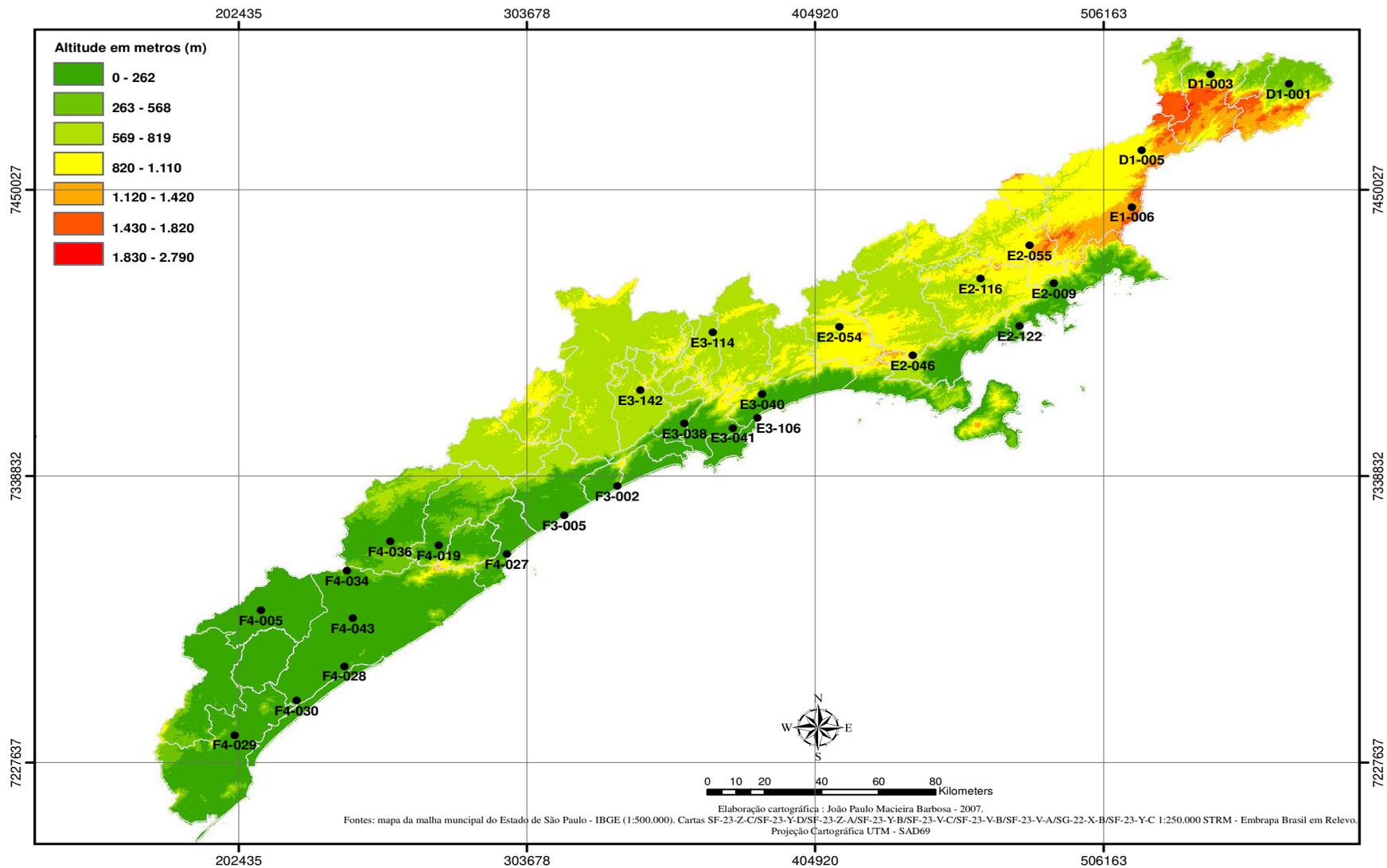


Figura 8. Mapa de relevo da nossa área de estudo gerado a partir de imagens do Sensor SRTM com resolução espacial de 90m.

O próximo passo da exploração dos dados é o exame dos histogramas dos postos de cada repartição. Para permitir comparação eles mantiveram a mesma escala de distribuição de totais pluviométricos anuais de freqüência de ocorrências. Além disso, determinamos 10 categorias de freqüência para todos os histogramas elaborados, quando possível. Começamos por descrever os histogramas dos postos da repartição norte (Figura 9).

Em uma primeira leitura geral, verificamos que existem dois histogramas que destoam dos demais: os de Mato Dentro (E2-009) e de Maranduba (E2-122). Ambos se situam mais próximos ao centro e à direita do gráfico. A posição das freqüências nessa posição mostra-nos que os dois postos se caracterizam por alturas pluviométricas anuais acentuadas em relação aos demais, cujas freqüências se situam mais à esquerda do gráfico (eixo “x”), o que caracteriza alturas pluviométricas anuais mais modestas. Fazendo uma análise do desenho das curvas de distribuição dos histogramas nota-se, também, para ambos os postos, que estas se mostraram mais achatadas, com ângulos de abertura maior. Esse grau de achatamento é chamado de curtose e quando ela é muito acentuada, denominamos a curva de platicúrtica. Curvas desse tipo caracterizam distribuições que apresentam maior variabilidade em relação ao elemento em estudo. Sendo assim, podemos concluir que os postos de Mato Dentro e Maranduba, além de apresentarem os maiores totais pluviométricos anuais, também se caracterizam por maior variabilidade desses totais no decorrer dos 30 anos.

Ainda analisando as curvas de distribuição, percebemos que o histograma de Campos da Cunha (D1-005) foi o menos variável no mesmo período. Essa característica é apresentada pelo desenho de outro tipo de curva, mais fechado que a normal, denominado leptocúrtica. Os demais histogramas apresentaram curvas normais (mesocúrtica).

Com exceção do posto de Maranduba (E2-122), os demais histogramas estão posicionados à esquerda do ponto central do gráfico. Dizemos que esses histogramas têm assimetria positiva.

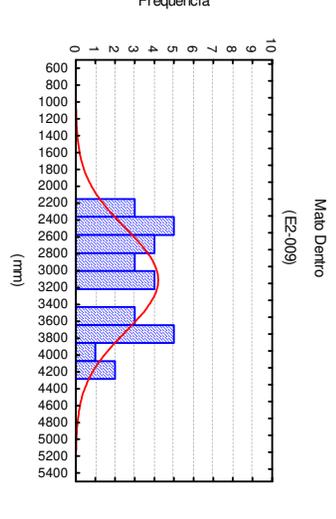
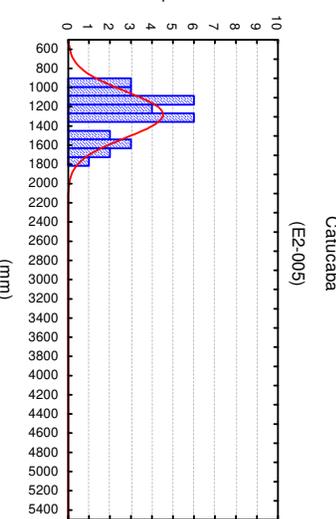
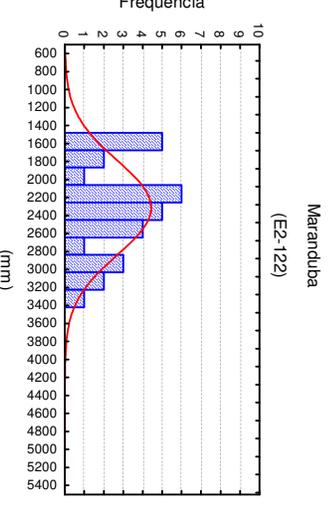
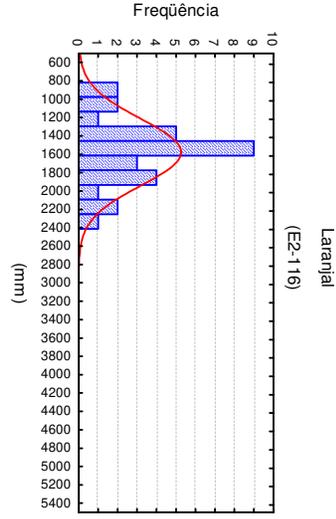
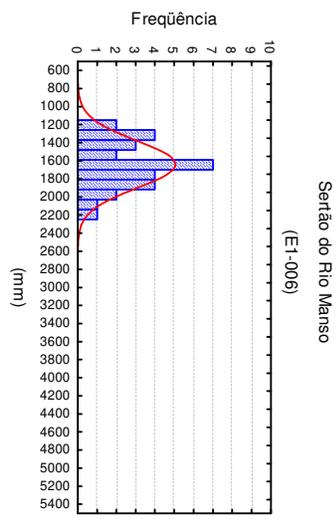
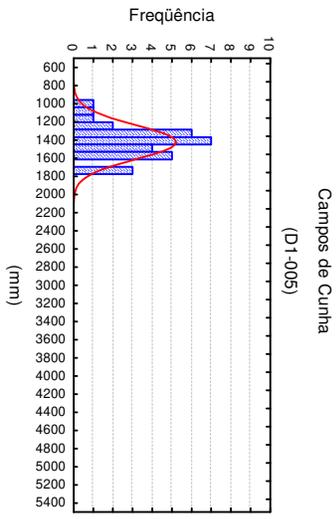
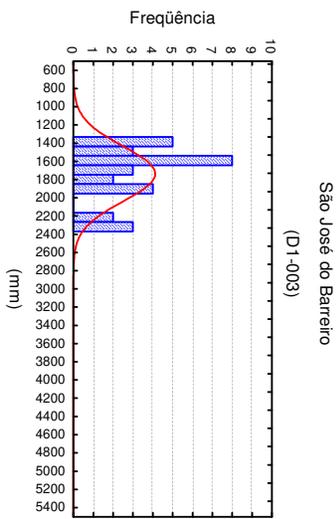
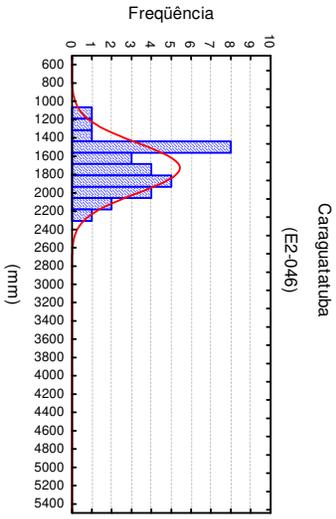
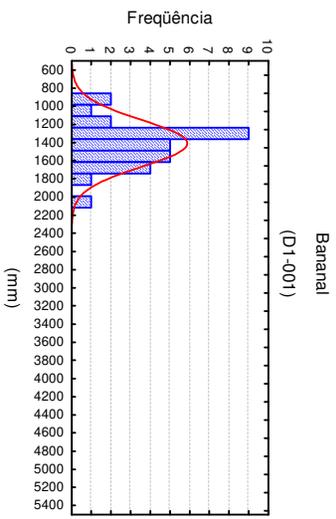


Figura 9. Histogramas da precipitação anual para os postos da repartição norte.

Passamos agora a fazer uma análise sobre os postos da repartição central, ilustrados na Figura 10. Inicialmente chama a atenção a grande variabilidade na forma dos histogramas dessa repartição.

O histograma de Salesópolis (E2-054) apresentou a menor variabilidade dos totais anuais pluviométricos, entre 900 e 1.400mm, juntamente com o posto de Recalque ABC (E3-142), o que contrasta com a distribuição pluviométrica do posto de Bertioga (E3-106), cujos registros se situaram entre 1.200 mm e 5.000 mm. Bertioga (E3-106) juntamente com o posto de Caeté (E3-041), foram os que apresentaram os maiores totais pluviométricos do recorte. O histograma de Bertioga (E3-106) é do tipo assimétrico positivo, com a cauda mais longa à direita. Essa curva é caracterizada em situações onde variáveis estatísticas como a mediana e a média situam-se à direita do centro da curva, que corresponde no histograma à moda.

Pelo mapa de relevo (Figura 8), observamos que os postos de menor variabilidade se localizam mais no interior da repartição, enquanto que aqueles de maior variabilidade, que podemos identificar pelo grau de achatamento das curvas, se localizam mais próximos do litoral.

Segundo o conjunto dos histogramas poderíamos concluir, em um primeiro momento, que a repartição central caracteriza-se por apresentar alturas pluviométricas anuais mais acentuadas do que a repartição norte. Chegamos a essa conclusão, observando a posição das curvas e da localização do vértice em relação ao eixo “x”. Nota-se que existem seis postos da repartição central cujas curvas dos histogramas situam-se mais próximas ao centro e à direita do gráfico. Já a repartição norte apresentou somente dois postos com curvas nessas características. Essa é uma conclusão que poderá ou não ser confirmada nos próximos resultados, o que depende da contagem de frequência de ocorrência multiplicada pela faixa pluviométrica correspondente.

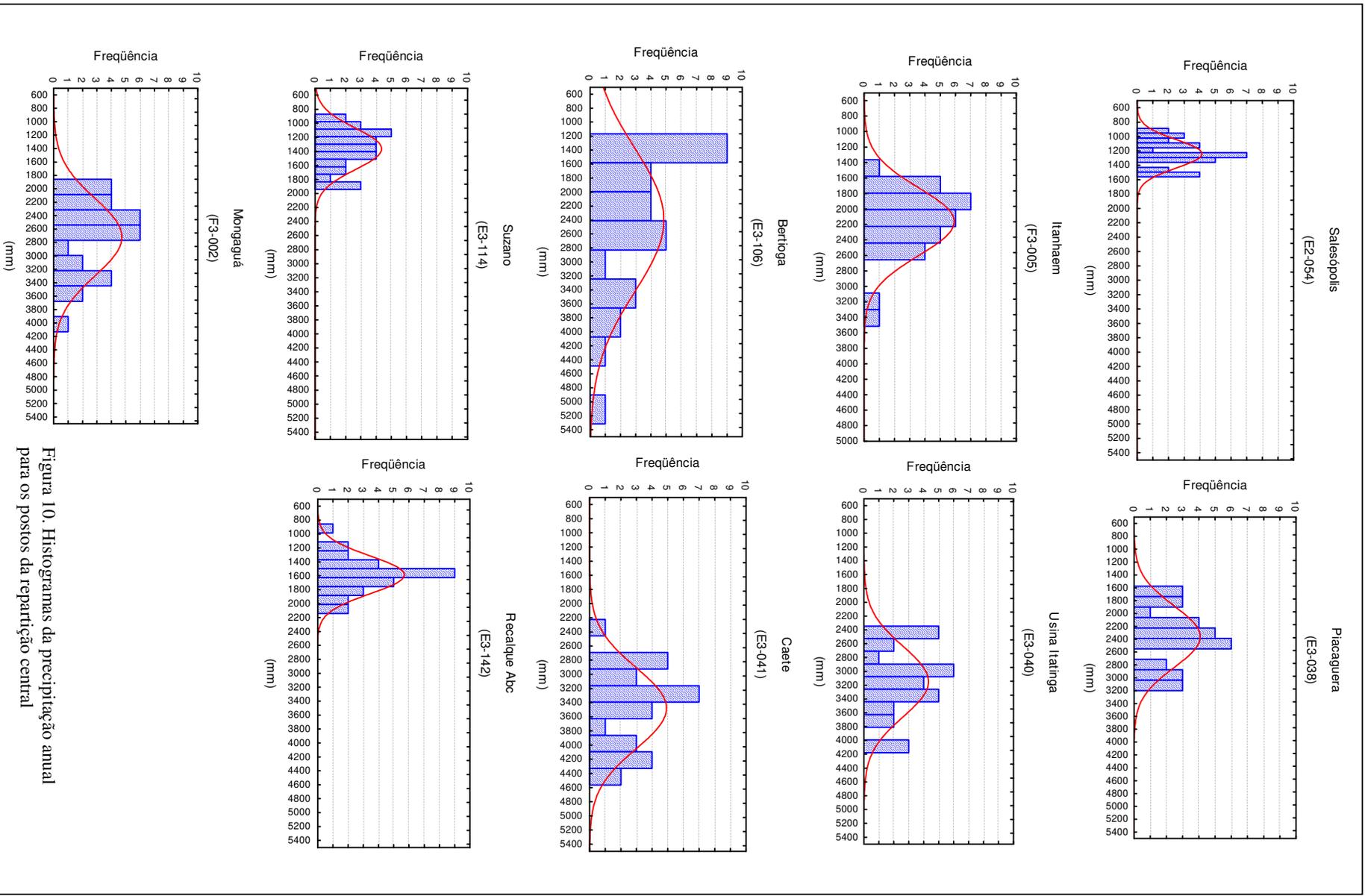


Figura 10. Histogramas da precipitação anual para os postos da repartição central

Para a repartição sul (Figura 11), observa-se que, ao contrário das demais, nenhum posto apresentou grande variabilidade pluviométrica dos totais anuais. Todas as curvas apresentaram uma forma normal ou mesmo mais fechada (Registro / F4-005), indicando baixa variabilidade. Notamos o registro de frequências de ocorrência igual a 10, o que reforça nossa idéia da variabilidade menor para os postos da repartição sul, tendo em vista que as ocorrências em alguns locais se concentraram em determinadas faixas pluviométricas (Salto do Cedro / F4-034 – Sítio Grande / F4-043 e Registro / F4-005).

A repartição sul parece apresentar as menores precipitações anuais, uma vez que a posição das colunas de frequência se situa mais à esquerda. Nenhum histograma apresentou uma distribuição mais a direita, caracterizadas por totais pluviométricos maiores.

Pela análise dos histogramas para as três repartições, verificamos o que a análise de correlação e a técnica dos componentes principais já haviam apontado: a grande semelhança entre os postos da repartição sul no que se refere aos totais pluviométricos anuais. Para a repartição norte, verificamos uma semelhança entre a distribuição pluviométrica dos postos, com exceção dos situadas no município de Ubatuba (E2-009 e E2-122). Já a repartição central apresentou consideráveis distinções entre os postos.

Com o término desta etapa, que visou a exploração dos dados pluviométricos posto a posto para cada repartição, apresentamos, no próximo item, os resultados nas escalas decadal, sazonal e anual para toda a área.

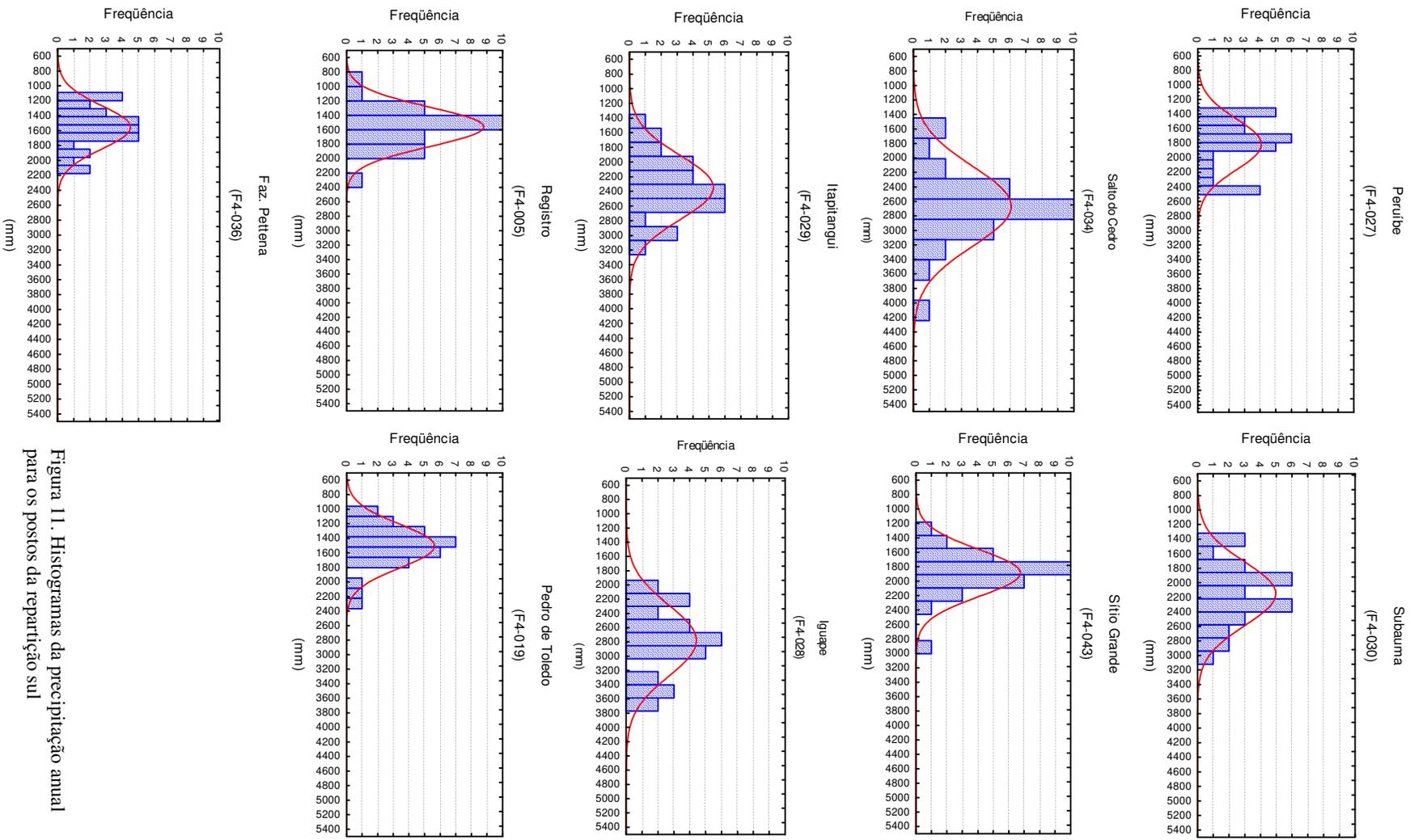


Figura 11. Histogramas da precipitação anual para os postos da repartição sul

5.2 RESULTADOS NA ESCALA DECADAL, ANUAL E SAZONAL

A Figura 12 e a Tabela 5 apresentam os primeiros resultados a respeito da distribuição da precipitação para todo o nosso recorte espacial, sem a divisão por repartições. Na escala decadal, para todos os períodos analisados (PI – dec 70, PII – dec 80 e PIII – dec 90), temos que a média ficou acima dos 2.000,0 mm de chuva anual, valor elevado se comparado a qualquer outro setor do estado de São Paulo. O verão e o outono (dezembro – maio) concentram quase 65% das chuvas do ano. De acordo com os totais dos três períodos, podemos concluir que as médias anuais não sofreram alterações consideráveis.

O próximo passo é saber como esses totais têm se distribuído no decorrer de cada ano.

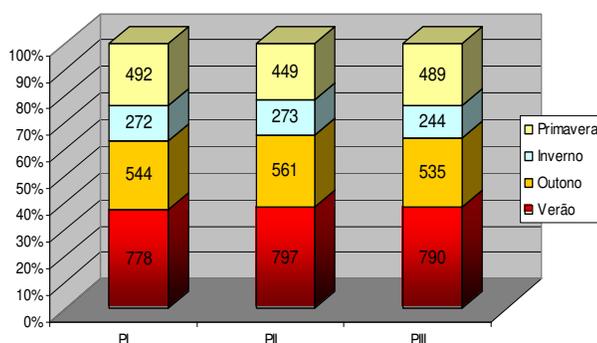


Figura 12. Precipitação média sazonal (mm) nos períodos PI (dec.70) PII (dec. 80) e PIII (dec.90).

Tabela 5. Total pluviométrico sazonal médio (mm) nos períodos PI, PII e PIII.

	Litoral paulista e entorno				Totais
	Estações Sazonais				
	Verão	Outono	Inverno	Primavera	
PI	778,2	544,3	272,3	492,8	2087,6
CV	22,0	25,0	27,0	24,0	16,0
PII	797,6	561,8	273,6	449,9	2082,9
CV	20,0	24,0	30,0	17,0	14,0
PIII	790,8	535,4	244,7	489,4	2060,3
CV	24,0	22,0	15,0	22,0	11,0
Média PI PII PIII	788,8	547,1	263,5	477,3	2076,9
CV	22,0	24,0	24,0	21,0	14,0

Obs: (CV é o coeficiente de variação)

O PII (dec 80) apresentou montantes mais elevados em todas as estações sazonais, com exceção da primavera (muito próximo do total do PIII). O inverno foi a estação mais heterogênea (maior CV) em PI (dec 70) e PII (dec 80) e o verão, em PIII (dec 90).

Visando identificar mudanças nos padrões de distribuição temporal das chuvas, elaboramos as figuras das médias normalizadas (Figuras 13 e 14). A Tabela 6 apresenta os montantes máximos e mínimos por estação do ano e a amplitude do período. Para cada estação sazonal e para a média anual foram elaborados gráficos representativos conjugados

com linhas de tendência para observar a evolução das precipitações.

Tabela 6. Total pluviométrico sazonal (mm), mínimo, máximo e amplitude.

	Mínimo (mm)	Máximo (mm)	Amplitude (mm)
Verão	523,4	1060,1	536,7
Outono	317,7	851,4	533,7
Inverno	110,9	368,3	257,4
Primavera	333,5	666,3	332,8
Anual	1576,6	2595,4	1018,8

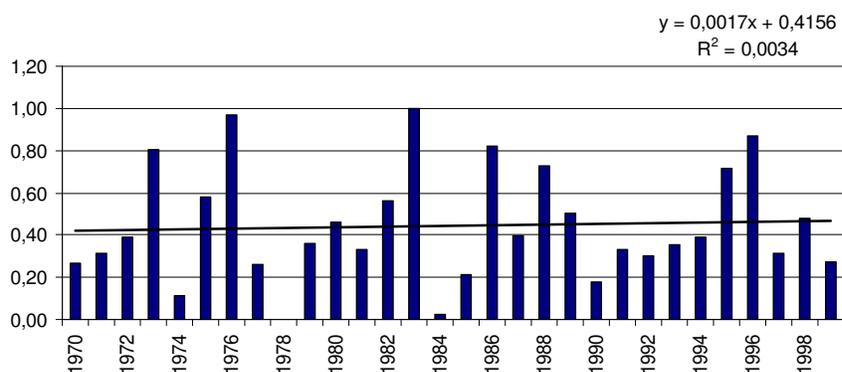


Figura 13. Médias normalizadas dos totais pluviométricos anuais.

As maiores amplitudes ocorreram nas estações do ano que apresentaram as maiores médias pluviométricas, ou seja: verão e outono. A menor amplitude foi no inverno.

A Figura 13 demonstra que a precipitação máxima ocorreu no ano de 1983, (relacionado a um forte El Niño, que elevou as médias do PII) e a mínima, em 1978.

Os anos de 1976 e 1996, também de registro de El Niño, apresentaram médias elevadas em relação aos demais. Já os anos de 1984 e 1974 apresentaram médias baixas.

O coeficiente angular baixo (0,0017) e positivo, nos mostra que houve tendência de aumento das médias anuais, contudo, pouco significativas.

As curvas de tendência das Figuras 14a, 14b e 14d dos gráficos de médias normalizadas sazonais para o verão, outono e primavera não apresentaram nenhuma tendência significativa. A curva de tendência do inverno aponta que ela foi a que melhor se ajustou à representação das médias, uma vez que seu $R^2 = 0,037$ foi o mais próximo de 1 (ajuste teórico perfeito). As médias de outono foram as que mais se aproximaram do padrão de distribuição das médias dos totais pluviométricos.

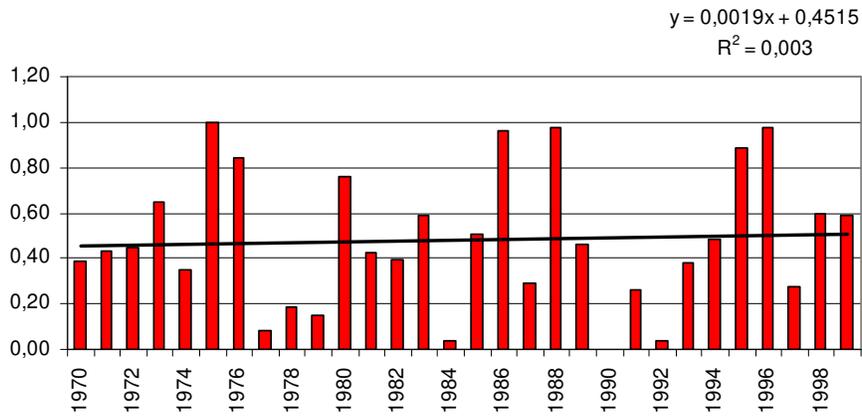


Figura 14a. Médias normalizadas de verão para todo recorte.

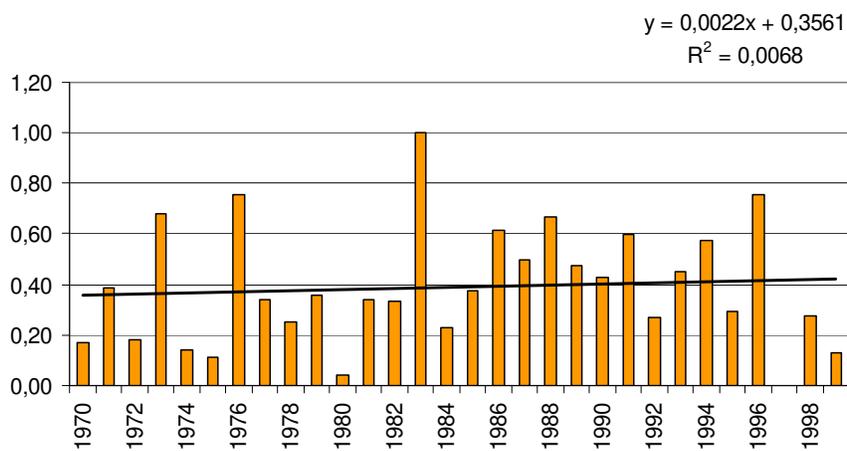


Figura 14b - Médias normalizadas de outono para todo recorte.

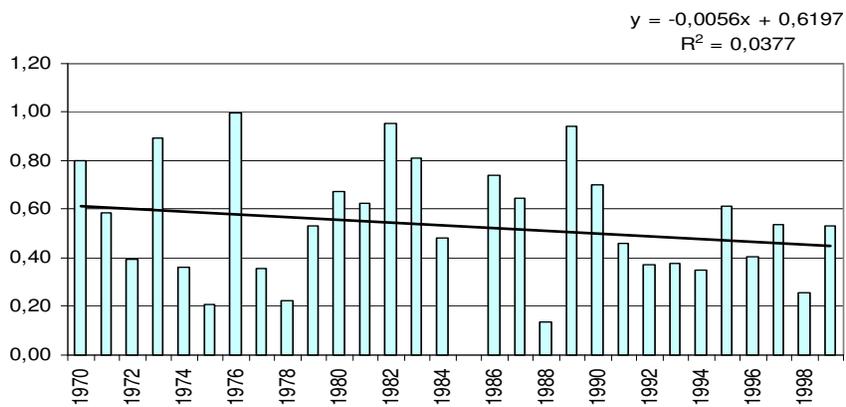


Figura 14c. Médias normalizadas de inverno para todo o recorte.

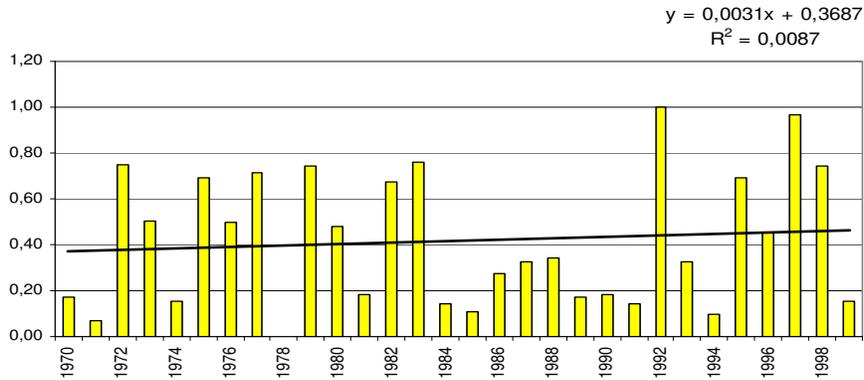


Figura 14d. Médias normalizadas de primavera para todo o recorte.

As curvas de massa sazonais (Figuras 15a, 15b, 15c e 15d), que apresentam os valores acumulados e chuva, mostram que em todas as estações existiu tendência à linearidade, pois elas se assemelham a retas. Podemos concluir que entre 1970 e 1999 as médias sazonais de chuva não sofreram variações significativas de ano para ano, sendo observado, somente pequenas oscilações entre alguns anos, todavia, quase imperceptíveis. Esse comportamento é característico de distribuições pluviométricas anuais cujos acréscimos ou decréscimos não podem ser considerados significativos, ou seja: podemos concluir que a precipitação anual, de maneira geral, não sofreu mudanças significativas no decorrer dos 30 anos investigados.

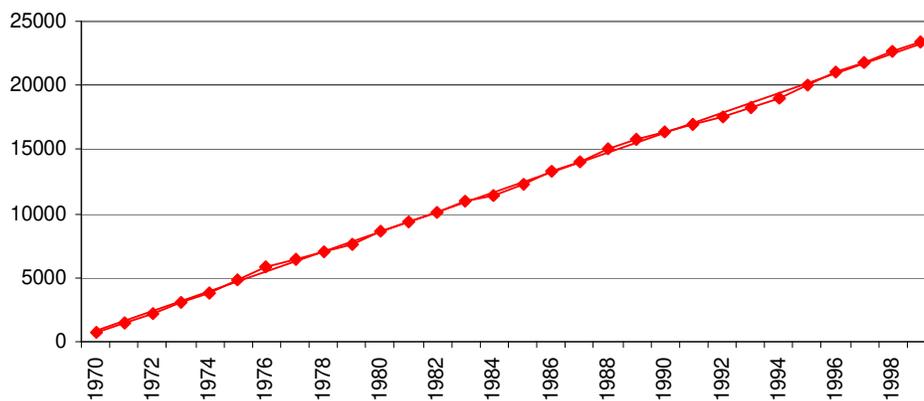


Figura 15a. Curvas de massa do verão para todo o recorte espacial.

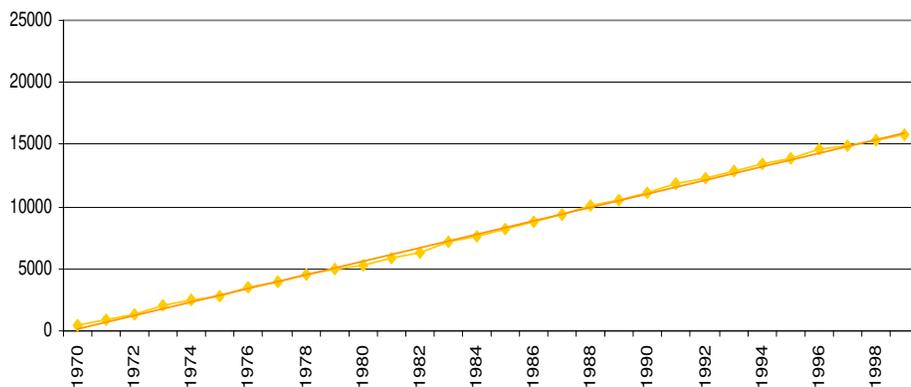


Figura 15b. Curvas de massa do outono para todo o recorte.

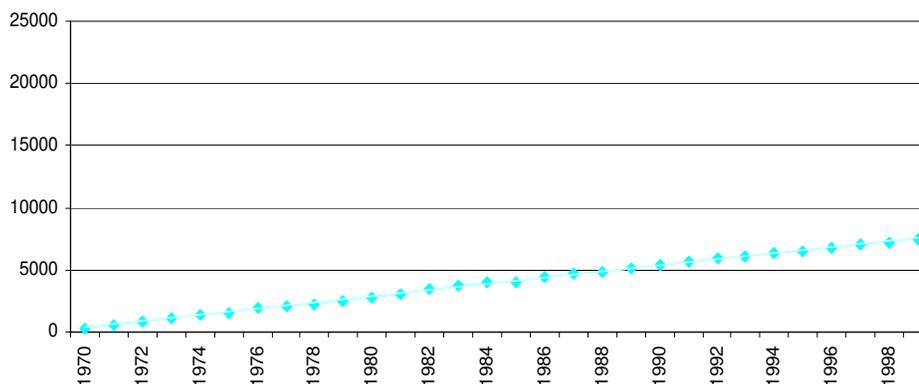


Figura 15c. Curvas de massa do inverno para todo o recorte.

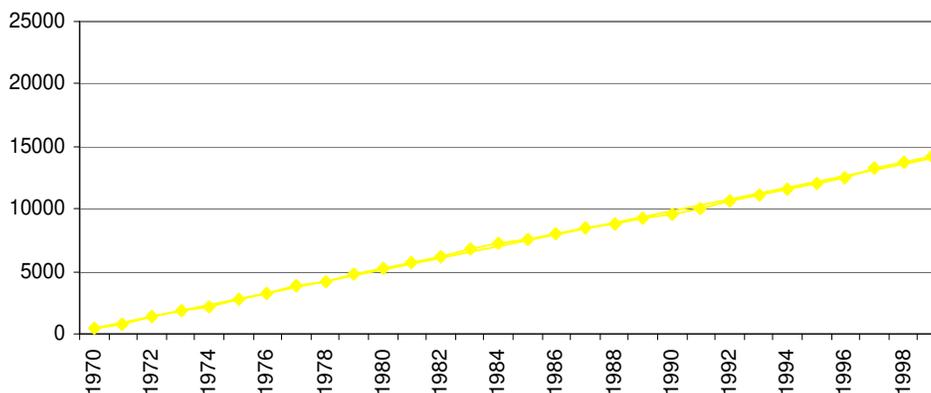


Figura 15d. Curvas de massa da primavera para todo o recorte.

Outro elemento importante na nossa análise inicial é a identificação dos anos que sofreram desvio positivo em relação à média histórica da série, identificados por percentual em relação ao total.

A Figura 16 destaca que os anos de 1973 (2.393mm), 1975 (2.166mm), 1976 (2.566mm), 1982 (2.147mm), 1983 (2.595mm), 1986 (2.412mm), 1988 (2.315mm), 1989 (2.086mm), 1995 (2.306mm) e 1996 (2.464mm) apresentaram desvios positivos em relação à média (2.028mm), ainda que não apresentando nenhum padrão temporal. Os anos cujos

desvios ficaram mais acentuados para acima da média foram 1976 e 1983, ambos anos de El Niño (NUNES, 1997).

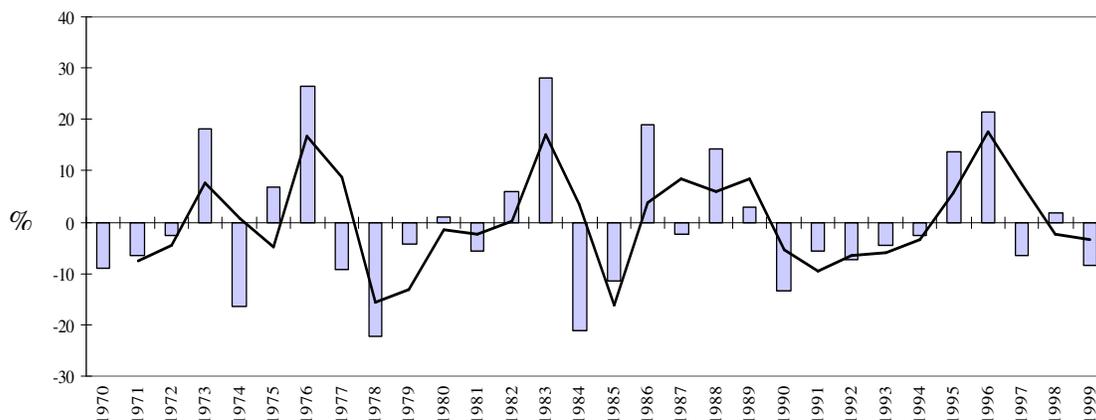


Figura 16. Desvios em relação à média pluviométrica, para o conjunto dos postos.

Na Tabela 7 vemos a distribuição dos extremos anuais para cada década. Concluimos que a década de 1980, cujo número de eventos ultrapassou mais da metade do período de 10 anos, foi chuvosa, principalmente nos cinco primeiros anos. As demais décadas, apresentaram três ocorrências cada.

Tabela 7. Número de eventos extremos anuais em relação a média histórica.

Década	Anos de evento positivo	Total
1970	1973, 1975 e 1976.	3
1980	1980, 1982, 1983, 1986, 1988 e 1989.	6
1990	1995, 1996 e 1998.	3
Total		12

As análises anteriores são resultados de uma busca por um quadro geral a respeito da dinâmica das chuvas para toda a área, além da identificação dos anos de extremos em relação à média histórica de precipitação do período. Segue agora análise baseada nas diferenciações espaciais quanto às especificidades da pluviosidade.

A Tabela 8 reúne informações a respeito das médias sazonais para PI (dec 70), PII (dec 80) e PIII (dec 90), para cada repartição. A partir dela foram elaborados gráficos que nos permitiram perceber a evolução das precipitações ao longo das três décadas, para cada compartimento.

Tabela 8 - Médias decadais por estação do ano (mm)

	Repartição Norte			
	Verão	Outono	Inverno	Primavera
PI	729,2	373,0	194,1	439,4
PII	758,1	495,4	183,2	436,0
PIII	718,3	430,2	155,6	476,8
Média	735,2	432,8	177,6	450,7
	Repartição Central			
	Verão	Outono	Inverno	Primavera
PI	876,0	575,4	284,0	563,5
PII	907,2	625,1	307,9	494,2
PIII	771,7	568,0	269,0	555,0
Média	850,6	589,5	286,9	537,5
	Repartição Sul			
	Verão	Outono	Inverno	Primavera
PI	692,2	545,3	269,2	427,0
PII	775,3	565,3	308,0	415,1
PIII	804,0	558,2	265,8	444,0
Média	757,1	556,2	281,0	428,7

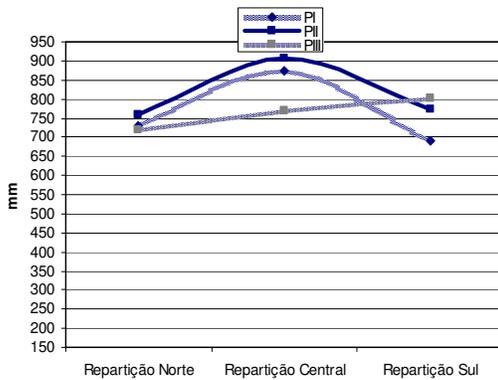


Figura 17a. Médias de verão

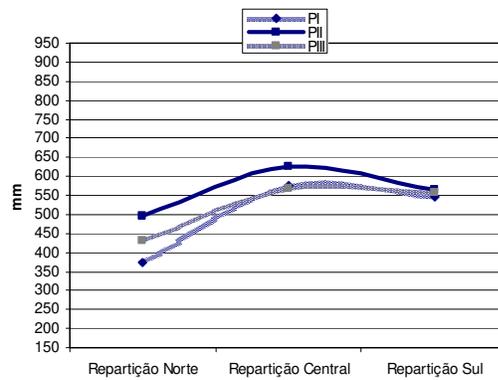


Figura 17b. Médias de outono

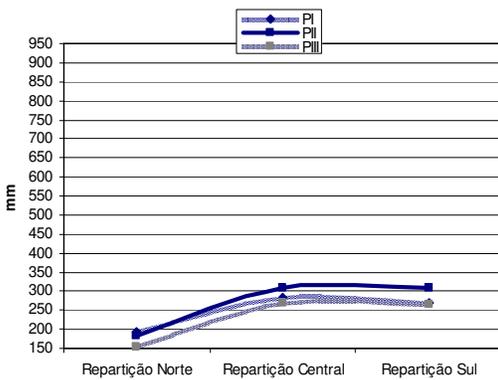


Figura 17a. Médias de inverno

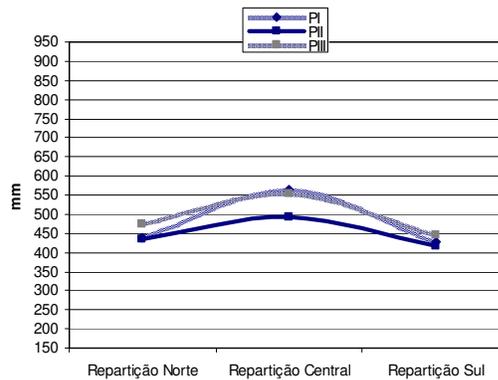


Figura 17b. Médias de primavera

No verão (Figura 17a), verificamos que as décadas de 1970 (PI) e 1980 (PII) seguiram a mesma tendência espacial, com as maiores médias na repartição central. A década de 1980 apresentou as maiores médias para o recorte central e sul. Na década de 1990 as maiores

médias foram na repartição sul e as menores, na repartição norte. A diferença da precipitação média entre as décadas foi mais acentuada na repartição central e na repartição sul, superiores a 100mm.

No outono (Figura 17b), observamos diminuição dos valores das médias decadais. Notamos mesmo padrão nas três décadas, com o setor central apresentando, em todos os casos, os valores mais elevados e o compartimento norte, os mais baixos. A distribuição das precipitações das décadas de 1970 e 1990 foi semelhante. No recorte sul, a diferença entre as médias no decorrer das décadas foi insignificante.

No inverno (Figura 17c), o comportamento das curvas foi similar ao outono, sendo PII, (dec 80) novamente, a década mais chuvosa. As alturas pluviométricas atingiram o máximo de pouco mais de 300mm.

Na primavera (Figura 17d) observamos situação diferente das outras estações sazonais, pois a década de 1980 apresentou as menores médias. Essa diferença foi muito acentuada na repartição norte, passando dos 60 mm. Em termos espaciais, o recorte central apresentou os maiores valores e o sul os menores.

Podemos verificar pela distância nas alturas das curvas, que é na repartição central que as maiores amplitudes foram observadas. Essa diferença nos indica que existiria uma distinção considerável da precipitação nesse recorte no decorrer das décadas, diferentemente das demais repartições, ou seja: se já havíamos identificado uma mudança na tendência da precipitação nas estações sazonais, elas são mais acentuadas no recorte central.

O passo seguinte foi a identificação dos anos que apresentaram desvios em relação à média histórica (1970-1999) dos totais pluviométricos para cada repartição. A função desse gráfico é fazer um refinamento do gráfico da Figura 16. Se já identificamos os anos cujos extremos anuais ficaram acima da média histórica para nossa área, a questão que se coloca é se todas repartições seguiram o comportamento identificado para cada ano de extremo. Como veremos a seguir pela Figura 18, em alguns anos o comportamento da precipitação nas repartições foi distinto.

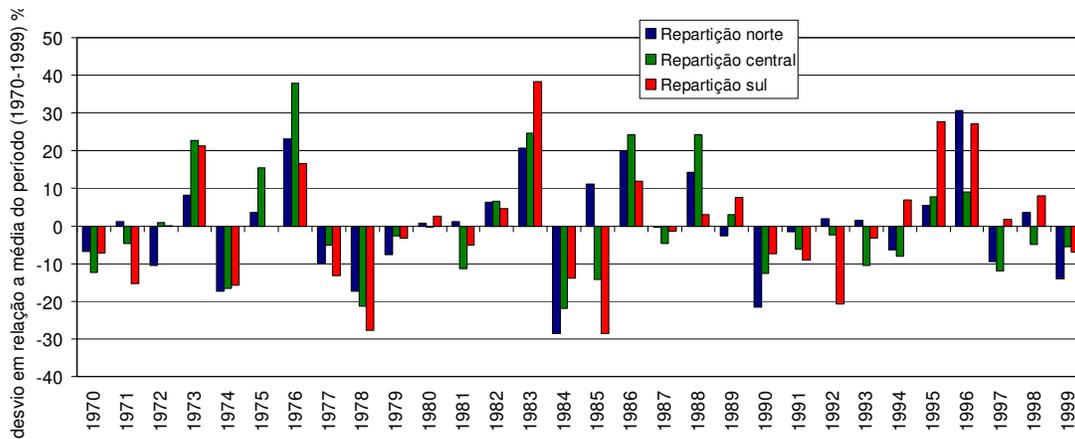


Figura 18. Desvios dos totais pluviométricos anuais (mm) em relação ao período (1970-1999) segundo repartições

Pela Figura 18, vemos que oito anos (1973, 1976, 1982, 1983, 1986, 1988, 1995 e 1996) apresentaram desvios positivos para todo o recorte. Os desvios negativos ocorreram em dez anos: 1970, 1974, 1977, 1978, 1979, 1984, 1987, 1990, 1991 e 1999.

Dos 30 anos, 18 apresentaram o comportamento das repartições em relação à média histórica semelhante, diferindo somente no grau de amplitude das variações. No restante, o comportamento das repartições foi variável.

Na repartição norte, os anos de 1973, 1975, 1976, – 1980, 1981, 1982, 1983, 1985, 1986, 1988 – 1992, 1993, 1995, 1996, e 1998 apresentaram desvios acima da média. Os desvios maiores ocorreram em 1976, 1983 e 1996. Foi na repartição norte que encontramos a maior quantidade de anos com desvios acima da média (15 anos).

Na repartição central, os desvios foram positivos nos anos de 1971, 1973, 1975, 1976, 1982, 1983, 1986, 1988, 1989, 1995 e 1996, totalizando 11 anos. Desvios mais acentuados ocorreram nos anos de 1976 e 1983. O desvio positivo de maior intensidade (39% acima da média histórica) foi registrado no ano de 1976.

Na repartição sul, os desvios positivos ocorreram nos anos de 1973, 1976, 1980, 1982, 1983, 1986, 1988, 1989, 1994, 1995, 1996, 1997 e 1998, totalizando 13 anos. Os anos de 1983, 1995 e 1996 apresentaram os maiores desvios.

Entre os anos cujos desvios foram positivos para as três repartições, destaca-se 1983, um ano excepcional em todas, com desvios 20% acima da média histórica na repartição norte, chegando a quase 40% para a repartição sul. A amplitude das médias foi alta nos três setores, tendo sido um ano de El Niño de notável intensidade (NUNES, 1997).

5.3 ESPACIALIZAÇÃO DOS RESULTADOS

Buscando estimar a distribuição da precipitação para as áreas que não foram cobertas por postos pluviométricos, utilizamos um interpolador conhecido como krigagem. Os resultados foram espacializados por meio das técnicas estatísticas descritas no capítulo anterior e priorizados pelo comportamento sazonal no decorrer das três décadas. As principais observações foram descritas caso a caso.

O primeiro conjunto de mapas - Figuras 19a, 19b, 19c - refere-se aos verões das décadas de 1970, 1980 e 1990, respectivamente.

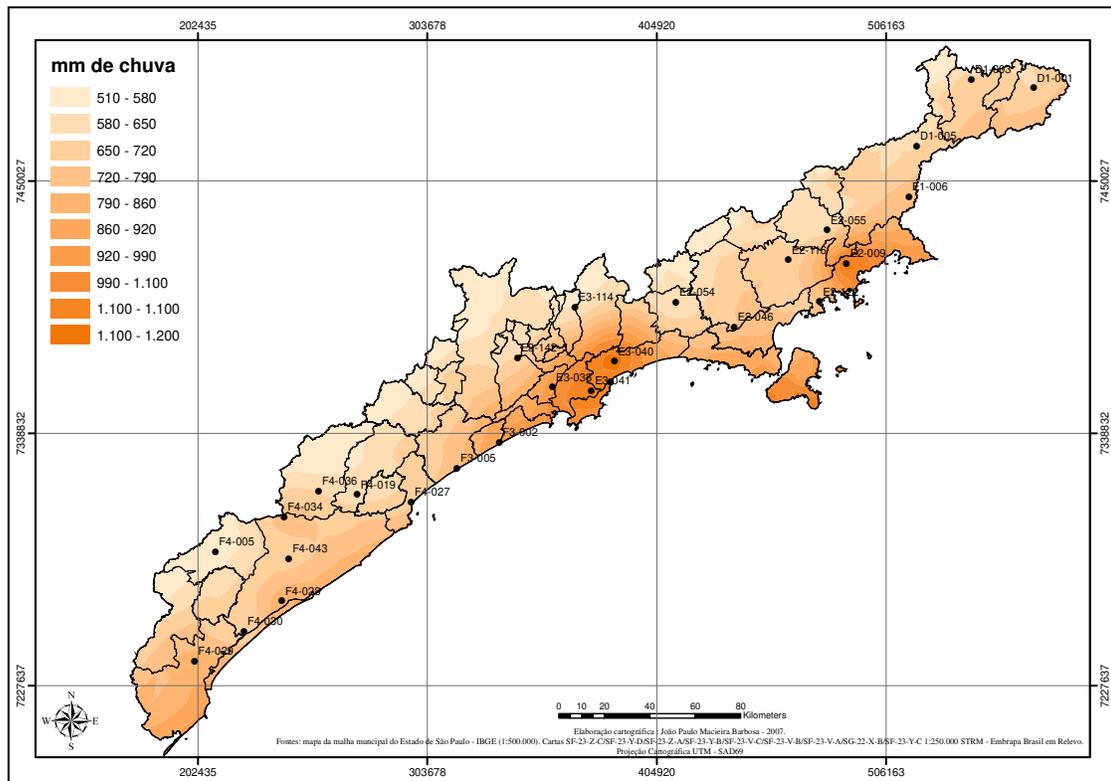


Figura 19a. Distribuição dos totais pluviométricos (mm) médios para o verão na década de 1970 (PI).

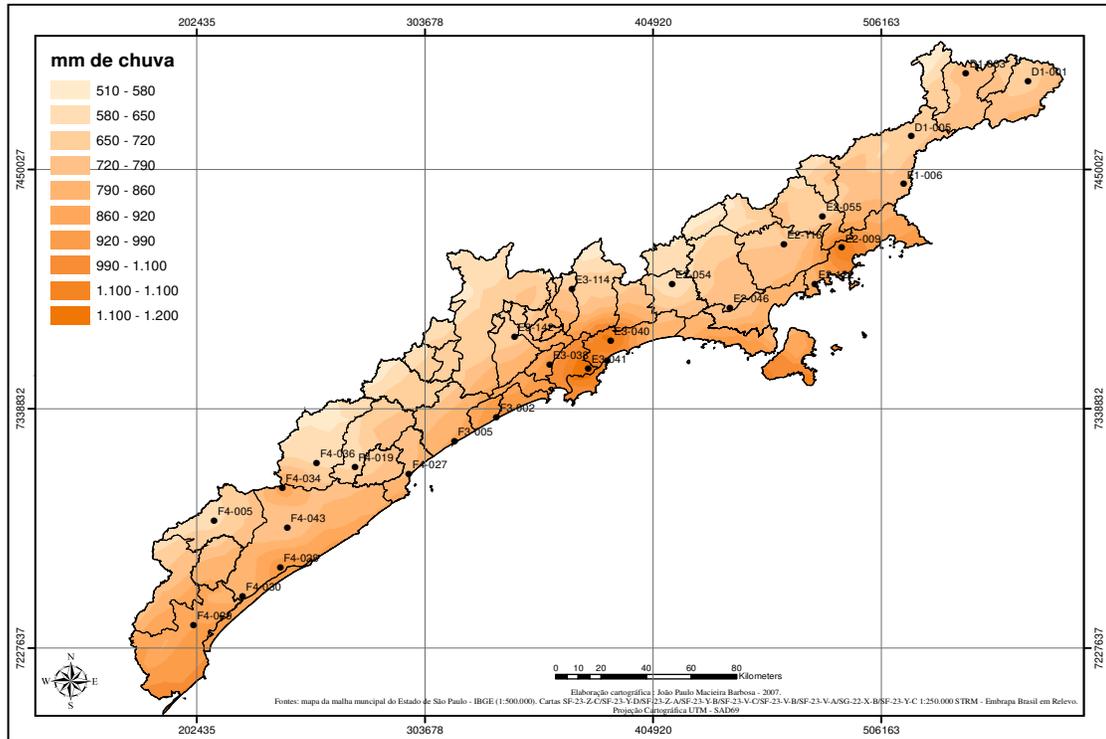


Figura 19b. Distribuição dos totais pluviométricos (mm) médios para o verão na década de 1980 (PII).

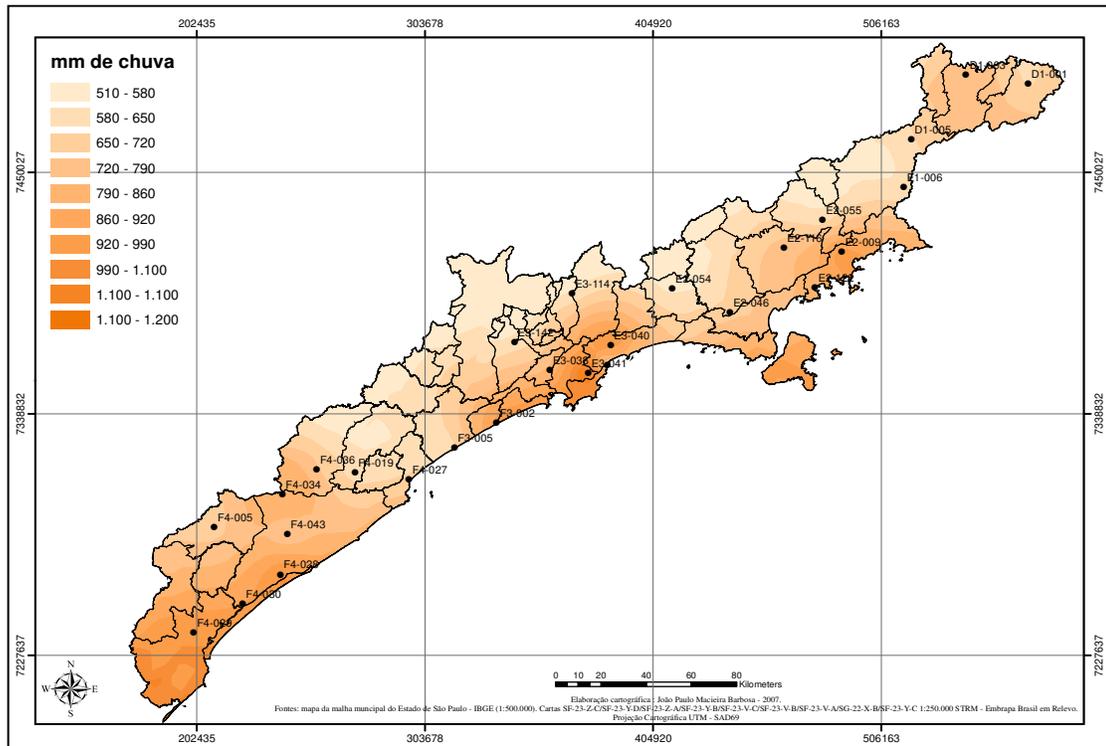


Figura 19c. Distribuição dos totais pluviométricos (mm) médios para o verão na década de 1990 (PIII).

Podemos observar três situações distintas quanto a dinâmica espaço-temporal das precipitações: na década de 1970, os maiores montantes se concentraram nas repartições norte e central. No recorte sul, as médias decaem, ficando em torno de 700mm.

A partir da década de 1980 percebemos elevação dos montantes de chuva na repartição sul, que passam a apresentar médias superiores a 720 mm.

Já na década de 1990, há um decréscimo nas regiões próximas a Cubatão e Itanhaem (repartição central), ao mesmo tempo em que ocorre aumento das médias na repartição sul.

A área central também registrou aumento de chuvas em áreas específicas, como nas regiões próximas a Itanhaem. No geral, as médias diminuíram. (Tabela 7).

A repartição norte apresentou-se estável e entre a região central e sul, notamos expansão na mancha correspondente às médias entre 510 e 580 mm de chuva.

No geral, a média subiu entre as décadas de 1970 e 1980 e diminuiu entre a década de 1980 e a seguinte.

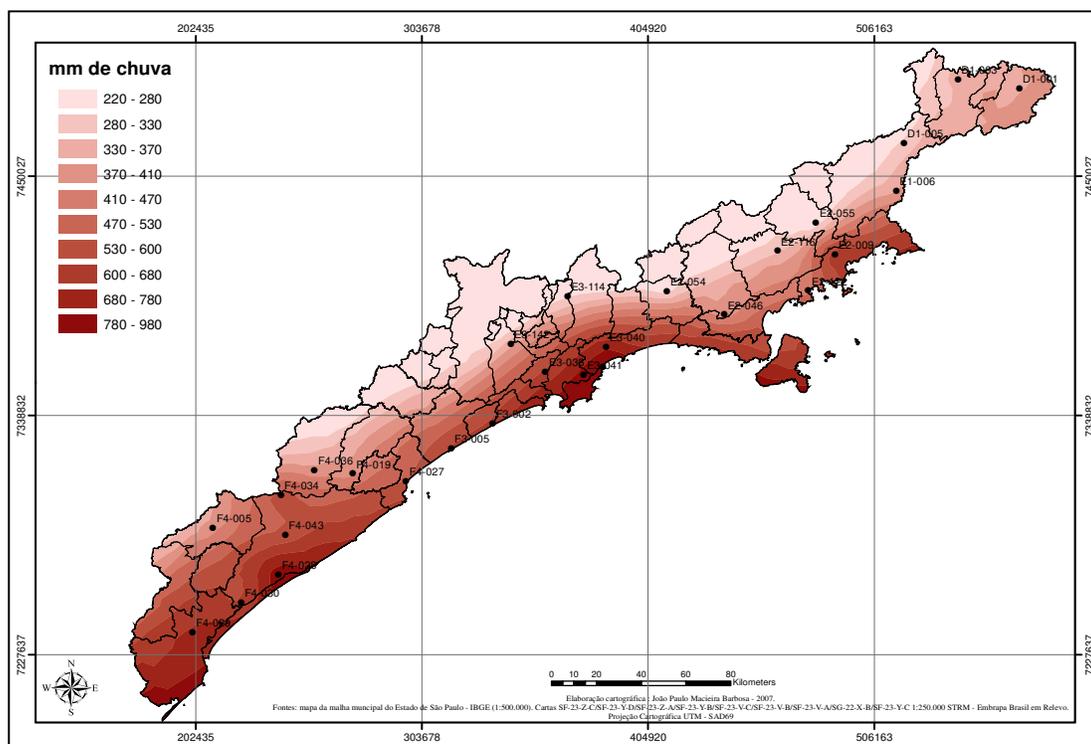


Figura 20a. Distribuição dos totais pluviométricos (mm) médios para o outono na década de 1970 (PI).

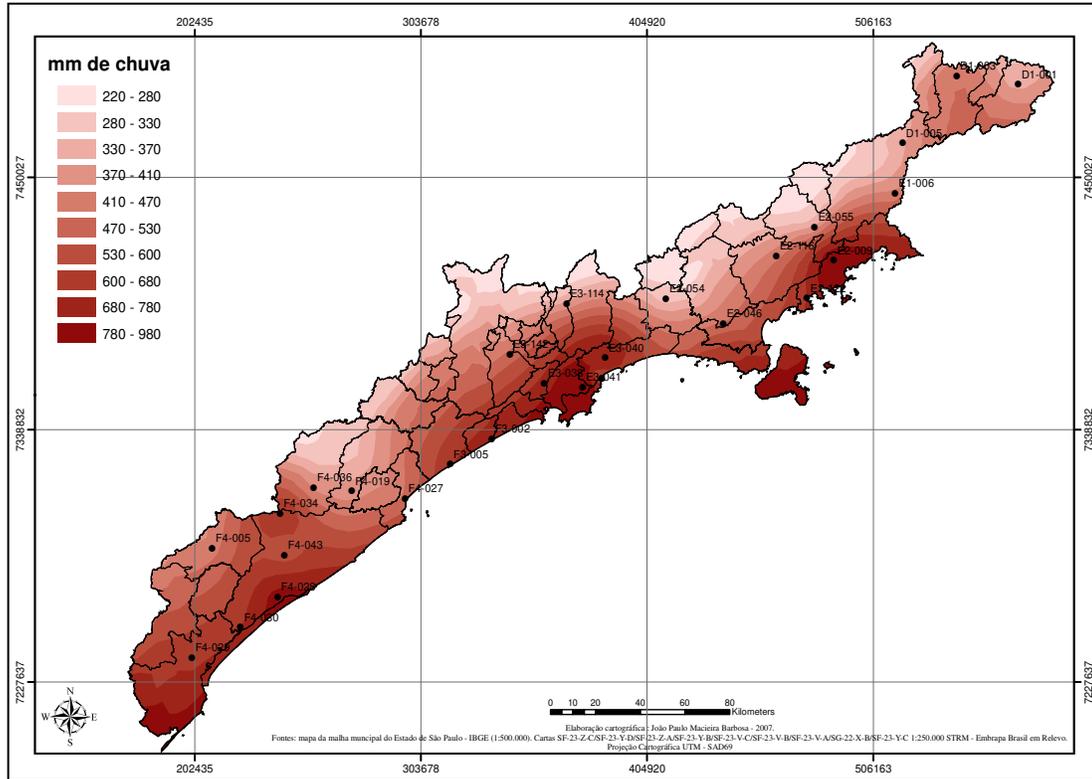


Figura 20b. Distribuição dos totais pluviométricos (mm) médios para o outono na década de 1980 (PII).

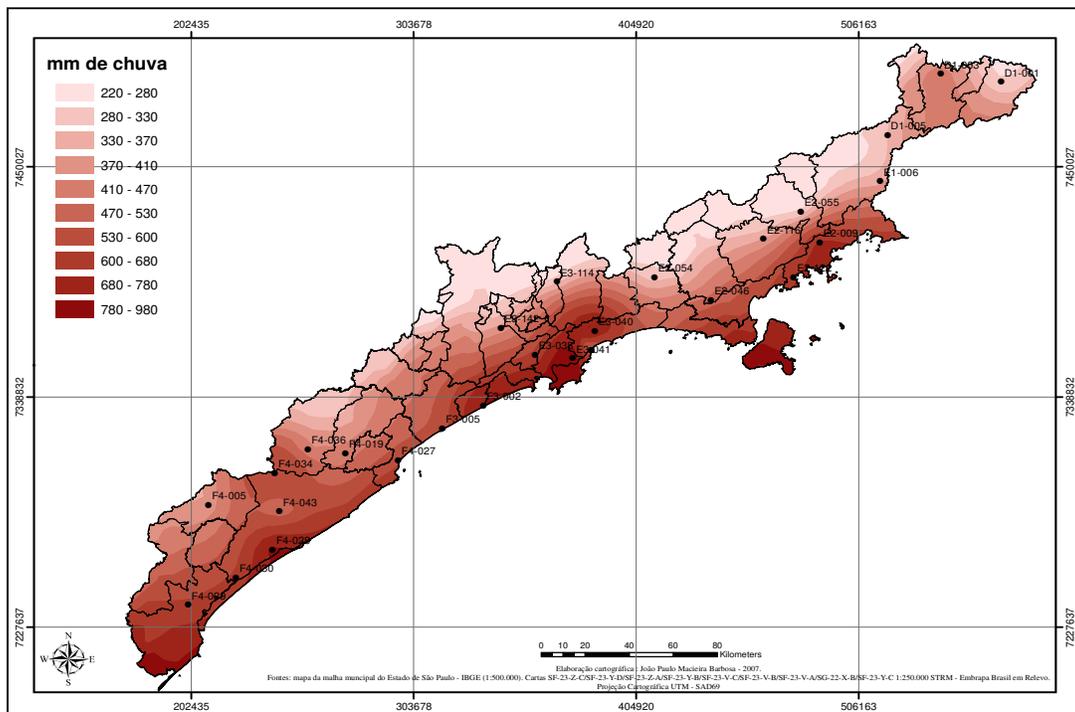


Figura 20c. Distribuição dos totais pluviométricos (mm) médios para o outono na década de 1990 (PIII).

Nos mapas sazonais de outono (Figuras 20a, 20b e 20c, para PI, PII e PIII) notamos aumento das áreas que registraram valores de precipitação entre 330 até 470mm e diminuição das médias significativas em áreas mais abrigadas, além de decréscimo menor em áreas litorâneas mas que, ainda assim, apresentaram médias elevadas - em alguns pontos da repartição norte, acima de 900mm.

Observamos, ainda, que uma extensiva área mais próxima do litoral apresenta valores mais expressivos de chuva. Mais distante da costa os montantes são bem mais modestos.

A década de 1980 (Figura 18b) comparece como a mais chuvosa. Observamos claramente diminuição das médias de precipitação na área entre a década de 1980 e a década de 1990.

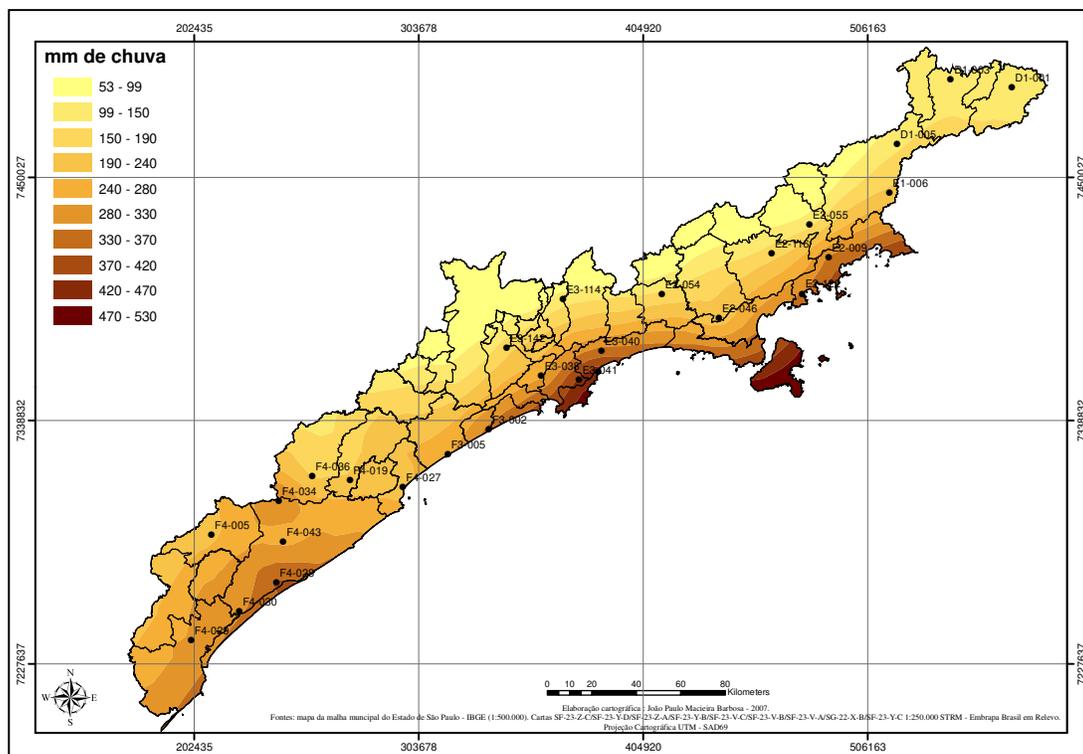


Figura 21a. Distribuição dos totais pluviométricos (mm) médios para o outono na década de 1970 (PI).

Nos mapas para o inverno (Figuras 21a, 21b e 21c), observamos que para a década de 1970, embora não tão nitidamente como para o outono, as alturas pluviométricas mais expressivas estão no litoral. A década de 1980 foi a mais chuvosa para toda a área, a semelhança das demais estações sazonais já vistas. Nas áreas próximas à planície litorânea, as médias variam entre 150mm nos setores de menor precipitação, à 530mm naqueles de maior pluviosidade. Outro fato é que as áreas mais interiores apresentaram as menores médias, até 53mm.

A mudança mais marcante no decorrer das três décadas aconteceu no extremo da repartição norte, com expansão das manchas correspondentes à 53 mm até 190mm do interior para as áreas litorâneas. Nessa área houve um decréscimo contínuo das precipitações durante o período.

Segundo o resultado da interpolação, notamos que a precipitação máxima nesse período sazonal se concentrou basicamente na ilha de São Sebastião⁹ e áreas próximas ao mar, na repartição central.

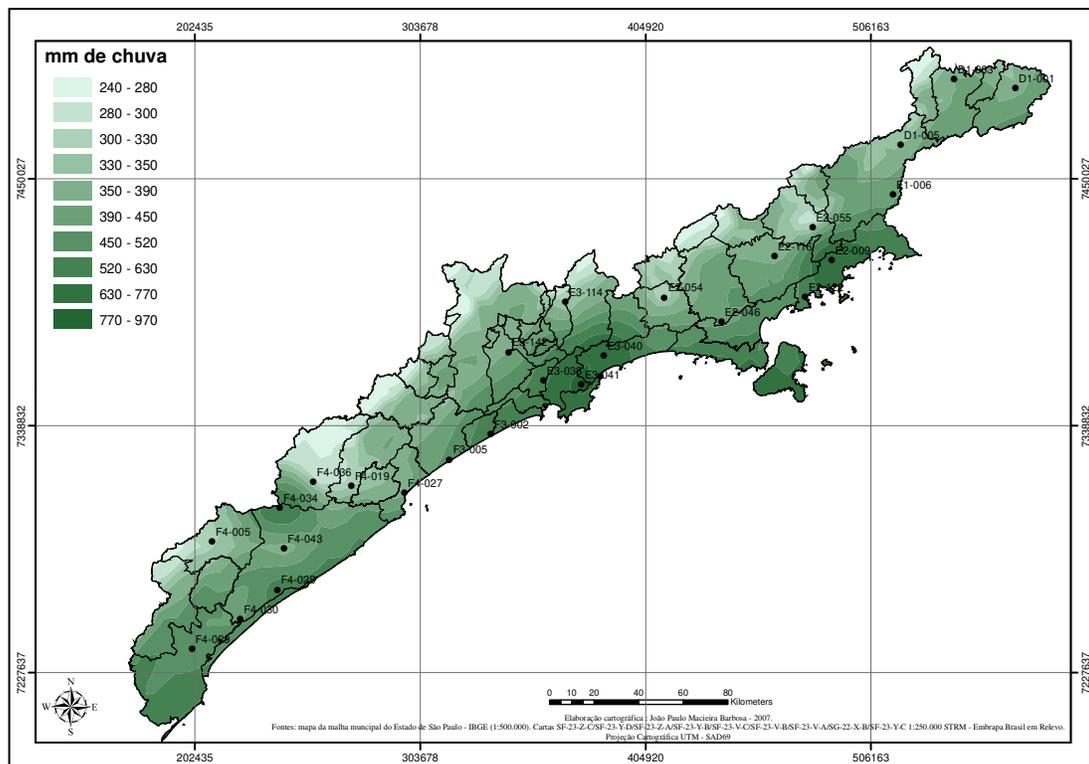


Figura 22a. Distribuição dos totais pluviométricos (mm) médios para a primavera na década de 1970 (PI).

⁹ Lembramos que não escolhemos nenhum posto para essa região. Esse resultado baseia-se na interpolação da krigagem, que colocou na ilha de São Sebastião esse máximo.

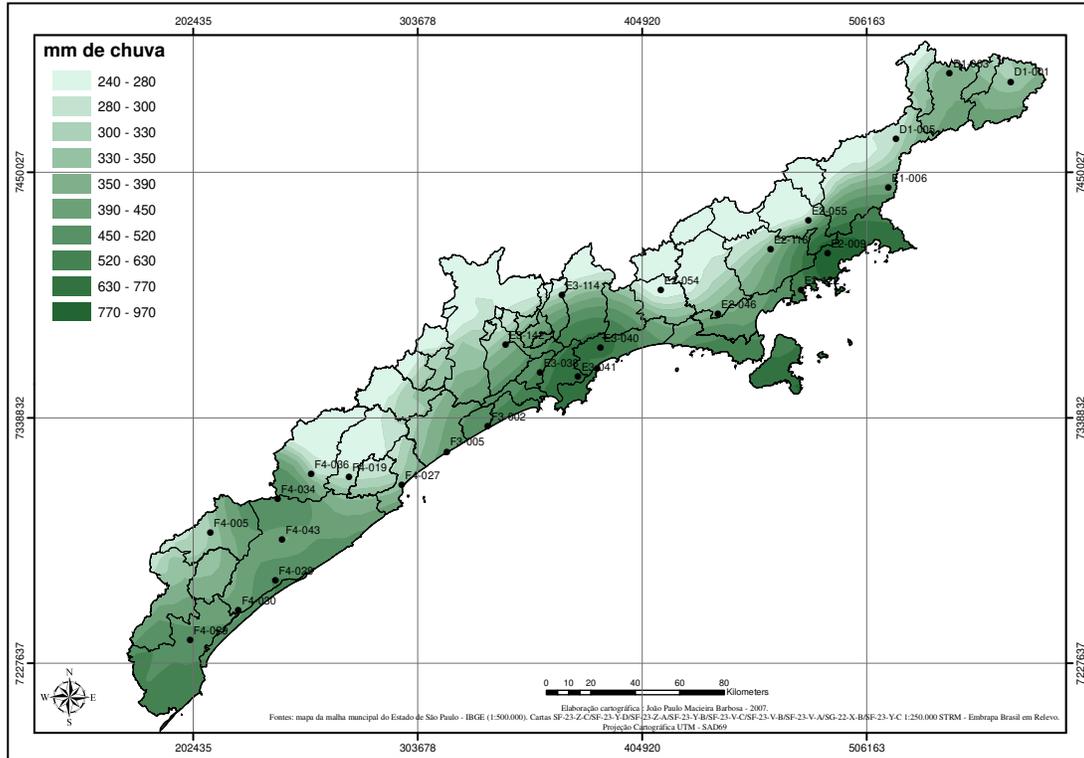


Figura 22b. Distribuição dos totais pluviométricos (mm) médios para a primavera na década de 1980 (PII).

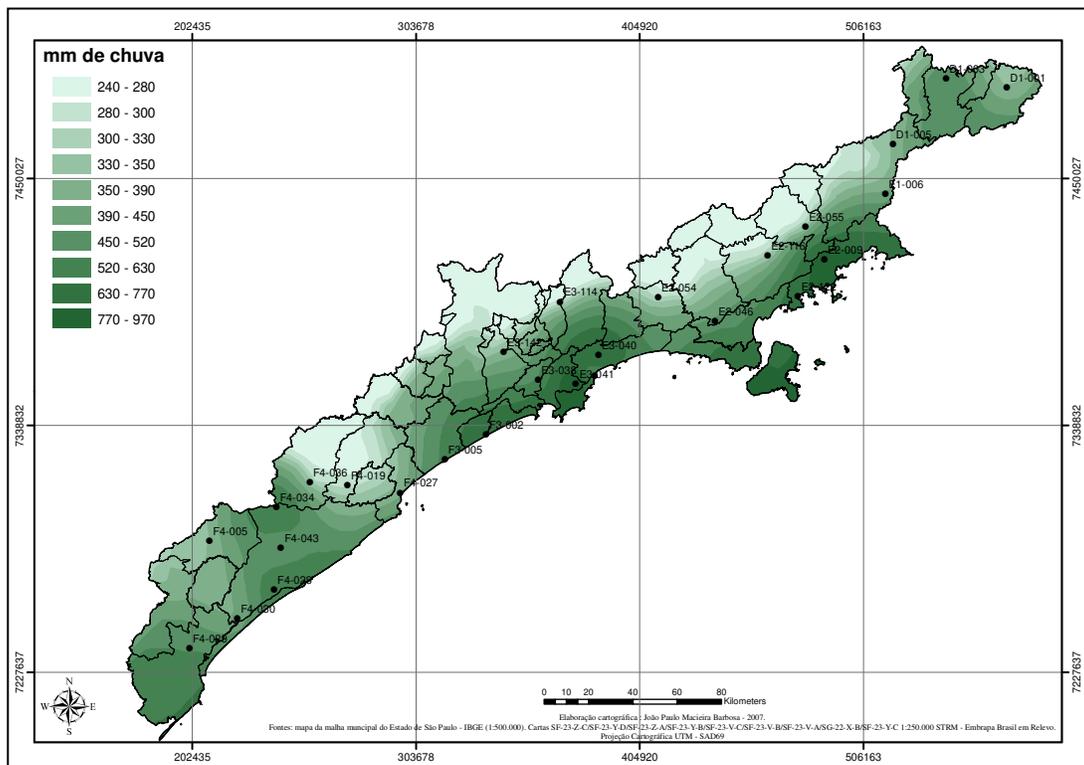


Figura 22c. Distribuição dos totais pluviométricos (mm) médios para a primavera na década de 1990 (PIII).

Por fim, apresentamos os mapas da primavera (Figuras 22a, 22b e 22c). A década de 1980 em relação a de 1970 apresentou aumento das médias de precipitação para toda a planície litorânea, com incremento de 80mm. Observamos que esse foi um padrão constante para toda a área, aparecendo em todas as estações. Percebe-se diminuição menor das médias entre a década de 1980 e a década de 1990, sendo que a última apresentou médias superiores em alguns pontos da repartição central e norte, neste último novamente nas proximidades de Ubatuba.

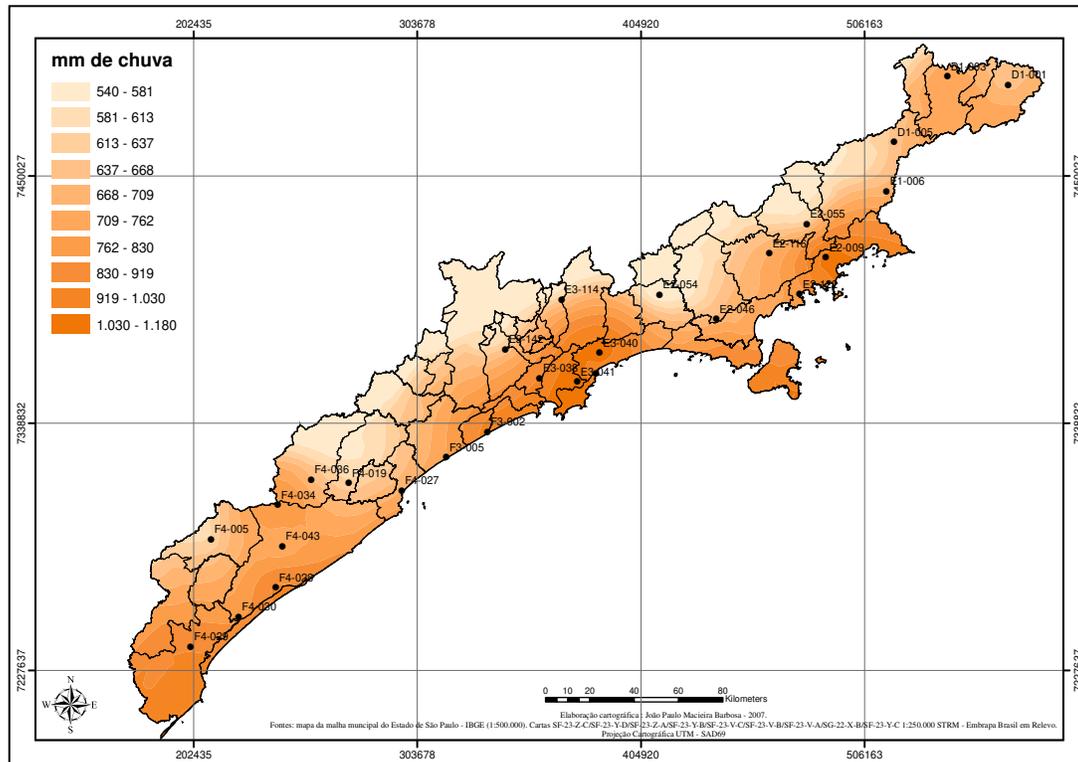


Figura 23a. Distribuição dos totais pluviométricos (mm) médios para o verão para o período de 30 anos.

Na Figura 23a podemos verificar que os maiores montantes são registrados na repartição central do estado. Cabe destacar que aí existem locais de precipitação média elevadíssima, como nas áreas próximas a Cubatão e Bertioga.

A repartição norte apresentou os menores volumes de precipitação dentro do período na média de seus postos.

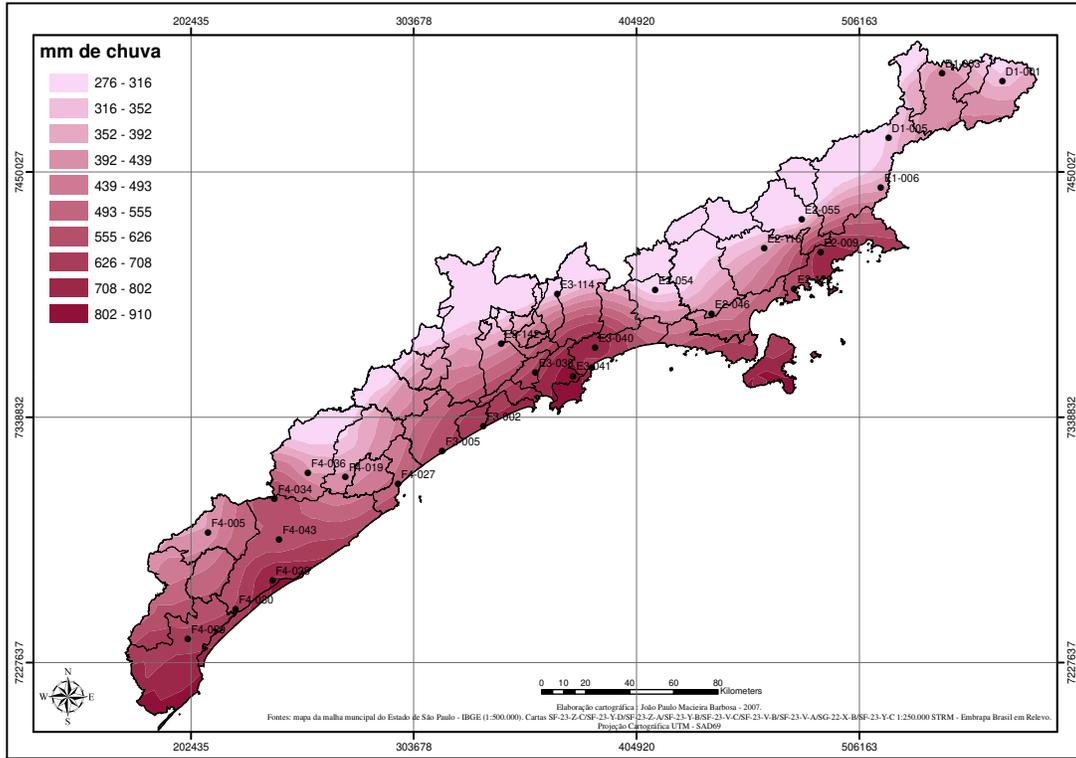


Figura 23b. Distribuição dos totais pluviométricos (mm) médios para o outono no período de 30 anos.

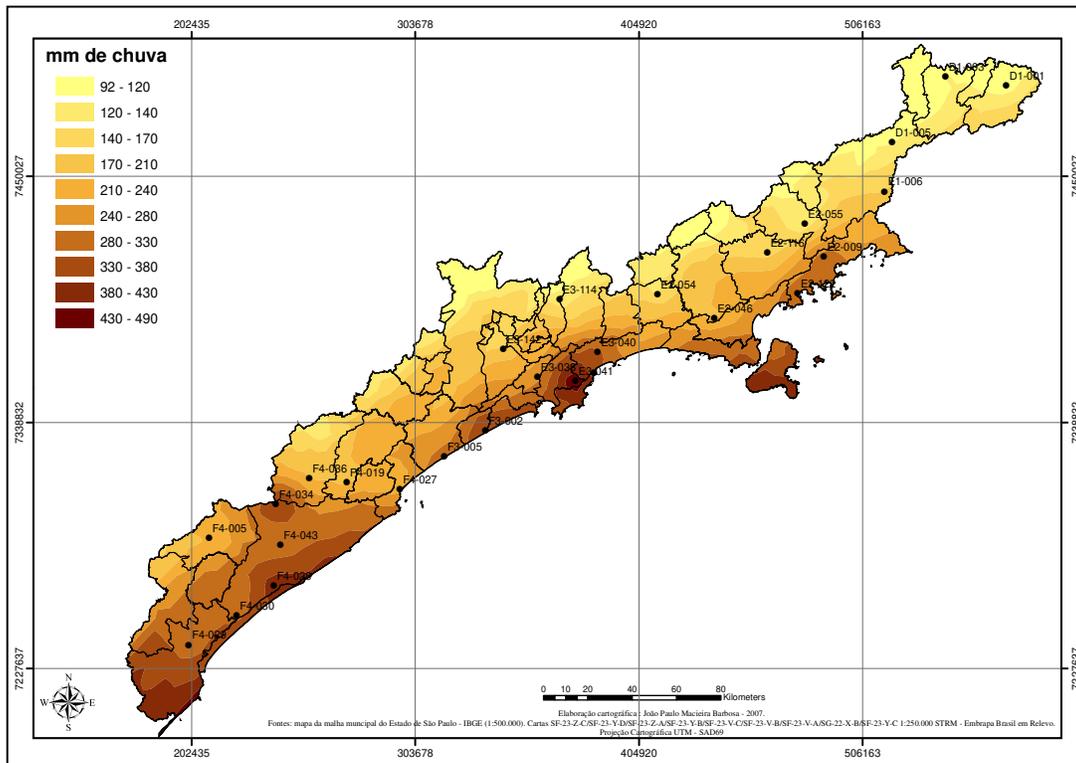


Figura 23c. Distribuição dos totais pluviométricos (mm) médios para o inverno no período de 30 anos.

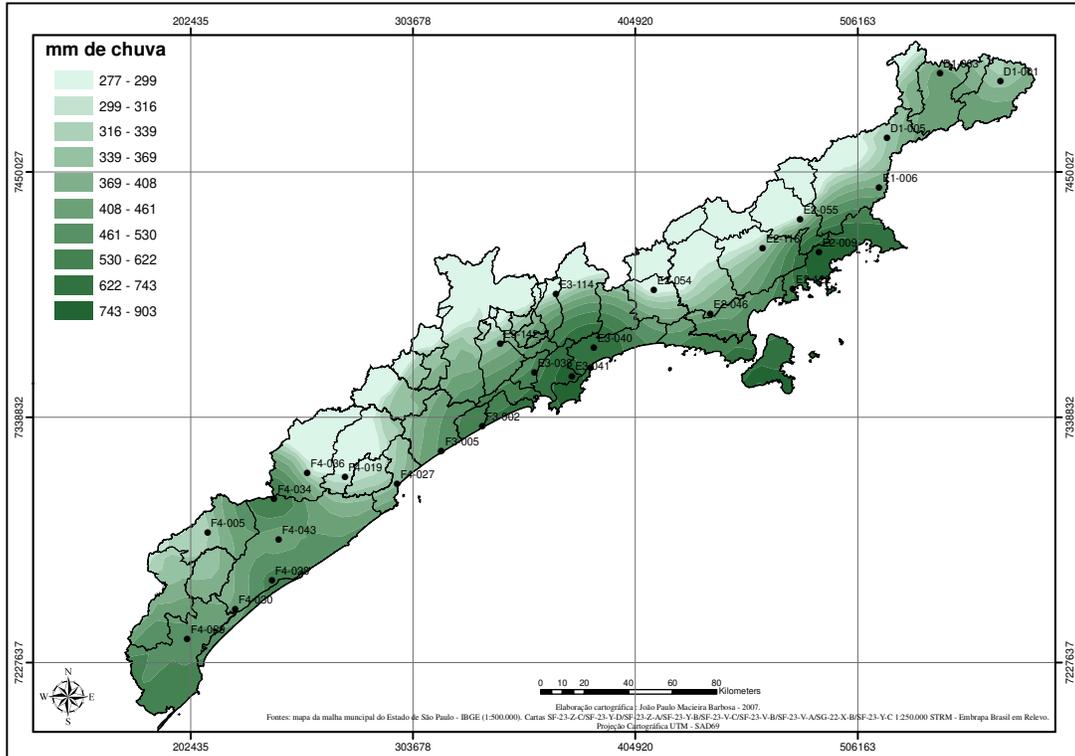


Figura 23d. Distribuição dos totais pluviométricos (mm) médios para a primavera no período de 30 anos.

A Figura 23b, referente ao outono, mostra que a média dos volumes anuais atingiu valores acima de 800mm em alguns pontos. A altura mínima nas áreas litorâneas ficou em 400mm de precipitação no extremo da repartição norte.

Verificamos a mesma tendência já vista na análise anterior, ou seja, as maiores médias registradas nas áreas próximas ao litoral das repartições central e norte e as menores médias, em áreas interioranas da repartição norte, próximas a Bananal e São José do Barreiro.

Para o inverno (Figura 23c) e primavera (Figura 23d) as médias mais significativas se concentram na repartição central e norte e as mais baixas, na repartição sul e no extremo da repartição norte.

Nosso próximo passo foi tentar identificar e espacializar os diferentes acréscimos e decréscimos da média decadal dos totais pluviométricos anuais. Isso foi possível pelos mapas de índices de mudança, que permitiram verificar alterações dos montantes de chuva para as áreas, de modo a identificar em quais recortes passou a chover mais ou menos no decorrer das décadas. As médias decadais estão listadas na Tabela 9.

Tabela 9. Médias Decadais (mm de chuva)

	Código	Posto	Município	Média 70	Média 80	Média 90
Repartição Norte	D1-001	Bananal	Bananal	1500,2	1411,2	1302,5
	E2-046	Caraguatauba	Caraguatauba	1675,0	1677,3	1814,8
	D1-003	São José do Barreiro	São José do Barreiro	1543,1	1793,6	1853,1
	D1-005	Campos de Cunha	Cunha	1402,9	1443,5	1411,3
	E1-006	Sertão do Rio Manso	Cunha	1715,4	1712,7	1471,3
	E2-116	Laranjal	Natividade da Serra	1502,9	1686,5	1526,6
	E2-122	Maranduba	Ubatuba	2013,8	2368,4	2528,2
	E2-055	Catucaba	São Luis do Paraitinga	1226,0	1366,1	1240,8
	E2-009	Mato Dentro	Ubatuba	3040,3	3393,2	2861,5
Repartição Central	E2-054	Salesópolis	Salesópolis	1248,5	1201,5	1260,1
	E3-038	Piacaguera	Cubatão	2462,2	2504,9	2087,2
	F3-005	Itanhaem	Itanhaem	2116,7	2263,2	2086,3
	E3-040	Usina Itatinga	Bertioga	3148,7	3184,9	3069,9
	E3-106	Bertioga	Bertioga	3099,6	2352,8	1719,7
	E3-041	Caeté	Santos	3250,6	3580,2	3561,3
	E3-114	Suzano	Suzano	1285,3	1559,9	1233,7
	E3-142	Recalque Abc	São Bernardo do Campo	1568,1	1707,2	1464,5
	F3-002	Mongaguá	Mongaguá	2498,7	2645,7	2980,2
Repartição Sul	F4-027	Peruíbe	Peruíbe	1786,1	1800,7	1841,3
	F4-030	Subauma	Iguape	1995,4	2253,2	2180,5
	F4-034	Salto do Cedro	Juquiá	2387,0	2786,1	2796,4
	F4-043	Sítio Grande	Iguape	1840,9	1902,7	1897,3
	F4-029	Itapitangui	Cananéia	2290,4	2335,7	2383,8
	F4-028	Iguape	Iguape	2657,6	2837,1	2815,3
	F4-005	Registro	Registro	1462,9	1595,5	1606,5
	F4-019	Pedro de Toledo	Pedro de Toledo	1493,2	1515,8	1496,3
	F4-036	Faz. Pettena	Miracatu	1487,7	1533,1	1630,1

Os resultados a seguir constituem a base para a elaboração dos mapas de índices de mudança, gerados para compreender o significado e a amplitude de tais alterações. A Figura 24a, e a espacialização dos dados que comparece na Figura 24b, apresentam os índices de mudança (%) entre as décadas de 1970 e 1980, demonstrando o quanto choveu a mais ou a menos na década de 1980 em relação a década de 1970.

Com exceção de Bananal (D1-001), Salesópolis (E2-054) e Bertioga (E3-106), houve acréscimo na precipitação média anual da década de 1980 em relação à anterior, destacando-se as áreas próximas a Ubatuba (E2-005 e E2-009) e Iguape (F4-030), cujos incrementos chegaram a quase 13%.

O decréscimo das precipitações ocorreu nas áreas próximas à estação de Bertioga (E3-106), cuja diminuição foi de -24% - a maior diferença de índices de toda a figura, e próximo ao posto de Salesópolis (E2-054).

Pelas cores da curva, conseguimos determinar o comportamento geral de cada repartição. O comportamento mais heterogêneo se deu na região central, e as menores

amplitudes, na região sul.

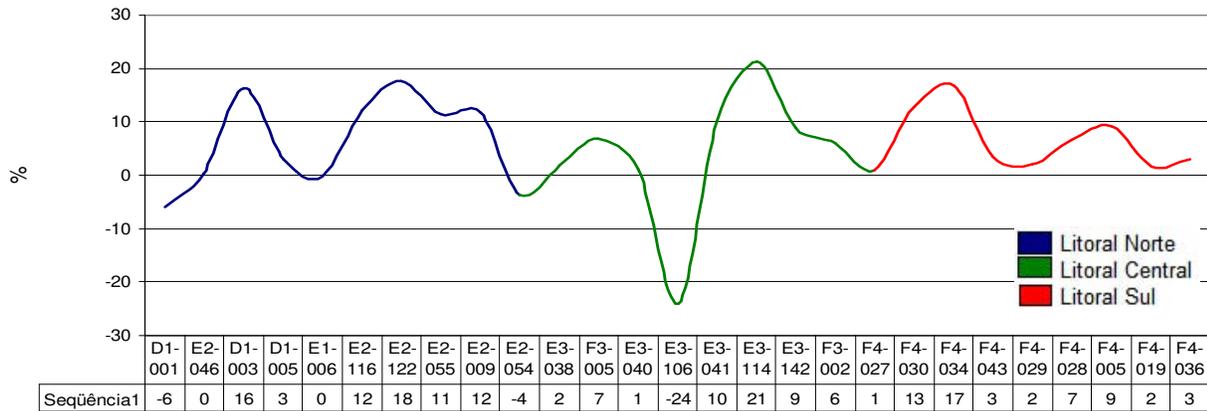


Figura 24a . Índice de mudança – 1970/1980

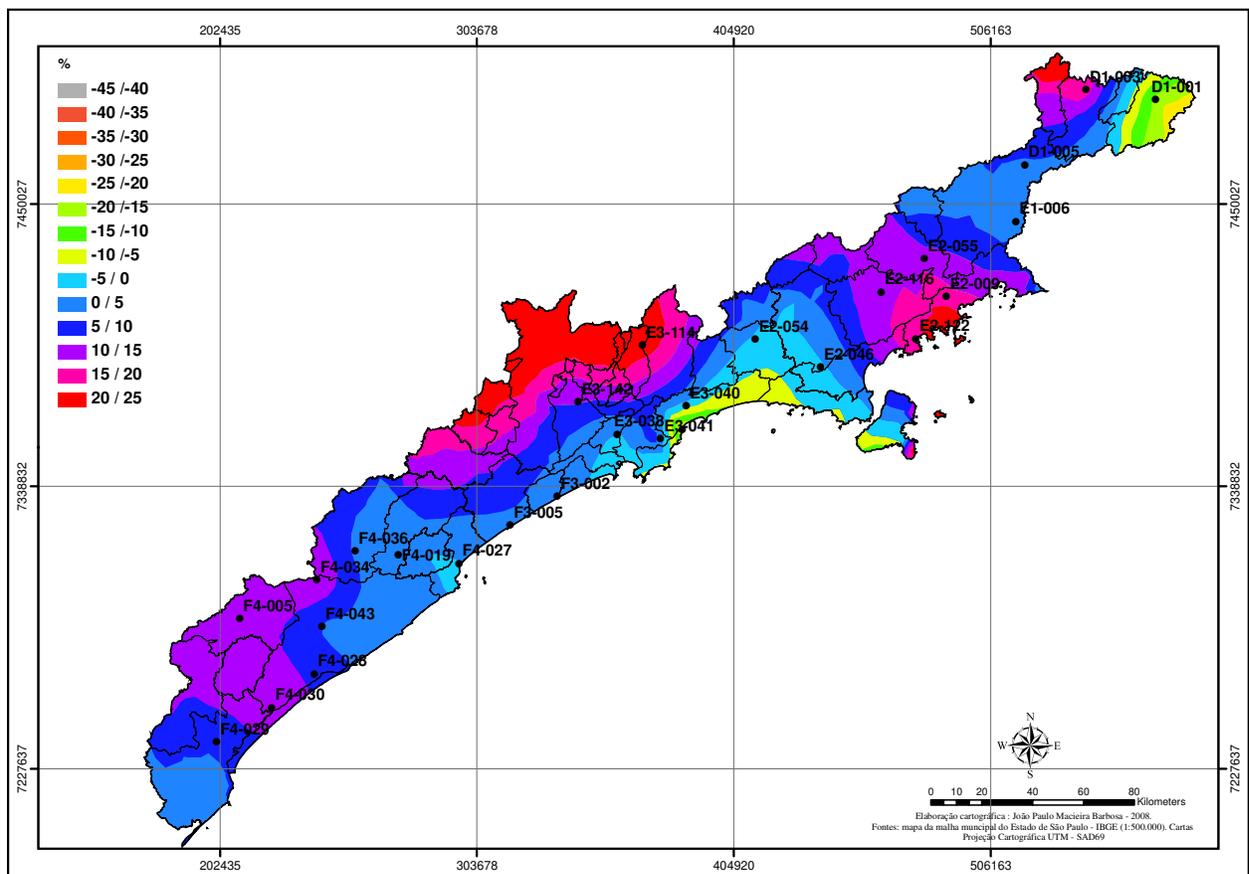


Figura 24b. Espacialização de índice de mudança 1970/1980

Por outro lado, entre as décadas de 1980 e 1990 (Figuras 25a e 25b) podemos observar comportamento bem diferente a respeito da dinâmica das precipitações, reforçando que a década de 1980 foi a mais chuvosa. Foram 17 os pontos da curva que apresentaram índices

negativos, sublinhando que a década de 1980 nessas localidades foi mais chuvosa em relação à década de 1990.

Nas demais localidades a década de 1990 superou em quantidade de chuvas, porém esse acréscimo ficou dentro da faixa de 0 à 10%, com exceção de Mongaguá (F3-002) (13%). Bertiooga (E3-106) apresentou um índice negativo elevado em relação à década seguinte, chegando a registrar 27% a menos na década de 1990 em relação a década de 1980. Em Cubatão (E3-038) encontramos um índice elevado no decréscimo das precipitações (-17%), o que pode ser resultante, entre outros fatores, da intensa industrialização e poluição atmosférica na área durante o período, contribuindo para a grande disponibilidade de núcleos de condensação.

O comportamento mais equilibrado entre os postos foi na repartição sul, reforçando como as características do relevo constituem-se em fator preponderante nas precipitações de um local.

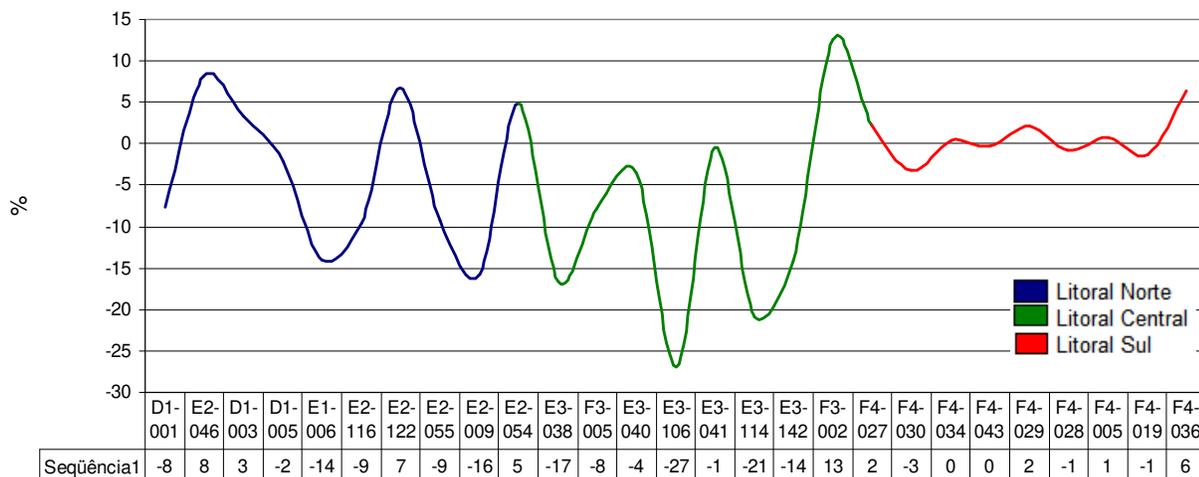


Figura 25a. Índice de mudança – 1980/1990

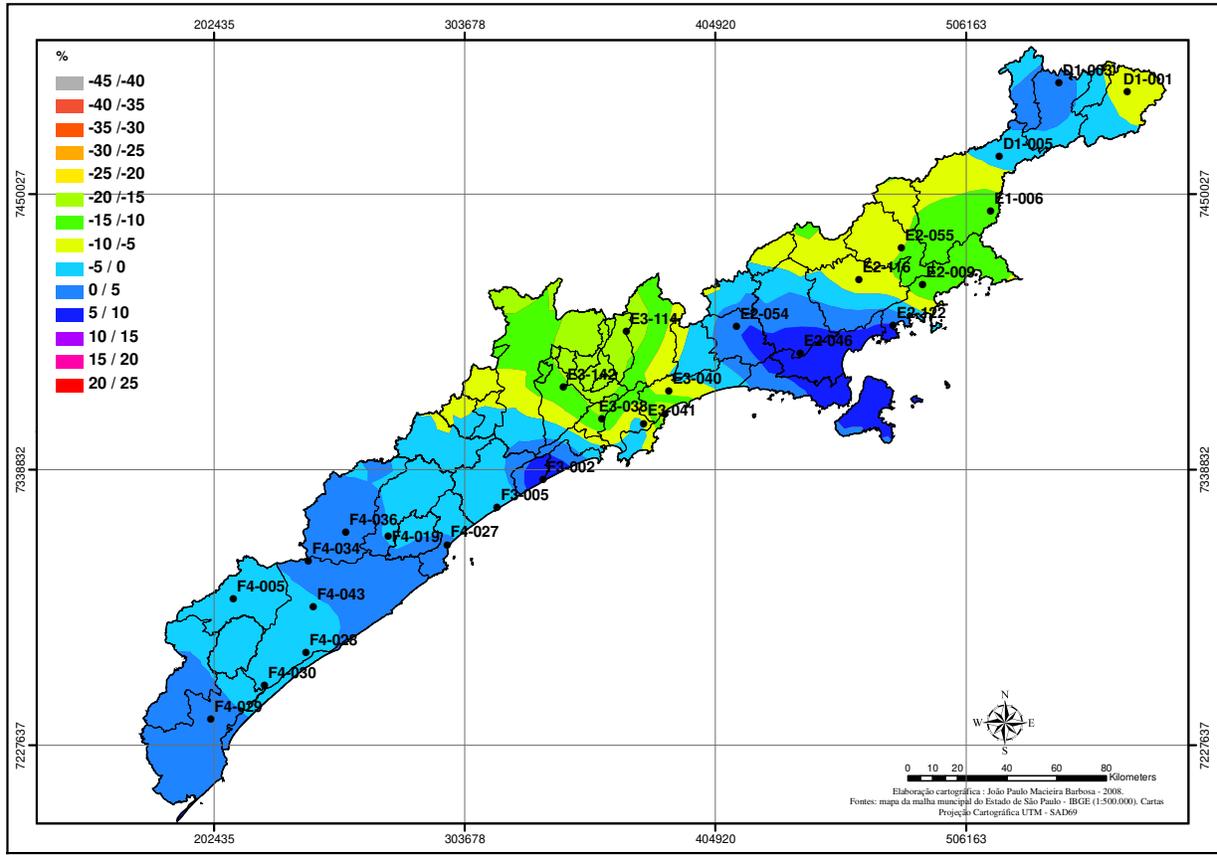


Figura 25b. Espacialização do índice de mudança – 1980-1990

Destacam-se a seguir os acréscimos ou decréscimos de precipitação para a década de 1970 em relação à década de 1990.

As Figuras 26a e 26b se assemelham com as duas anteriores, com destaque para o comportamento da repartição central, com índices até 44% negativos para localidades próximas à Bertioga (E3-106). No geral, a chuva aumentou em todo o recorte espacial, com exceção de locais próximos ao setor central em áreas mais interioranas e áreas reduzidas na repartição norte. O compartimento sul apresentou acréscimo em toda a sua extensão, tanto no interior quanto nas áreas litorâneas.

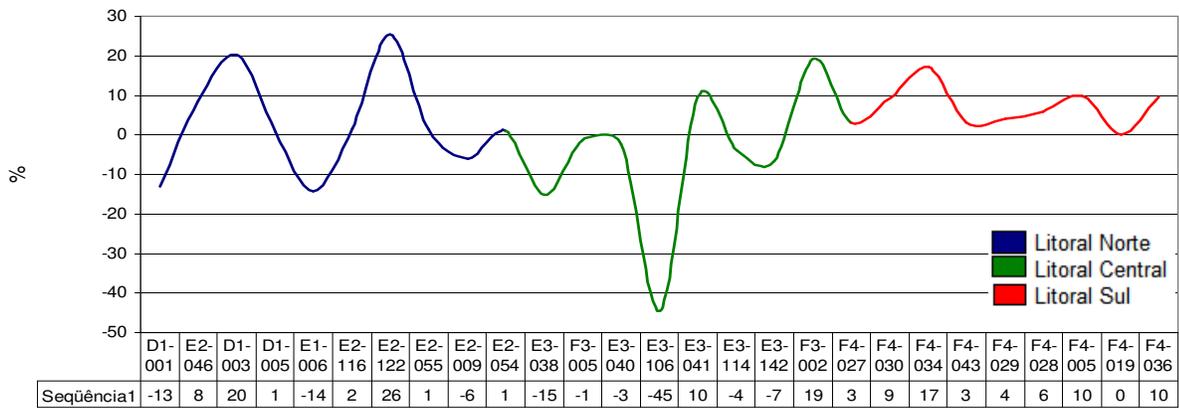


Figura 26a. Índice de mudança – 1970/1990

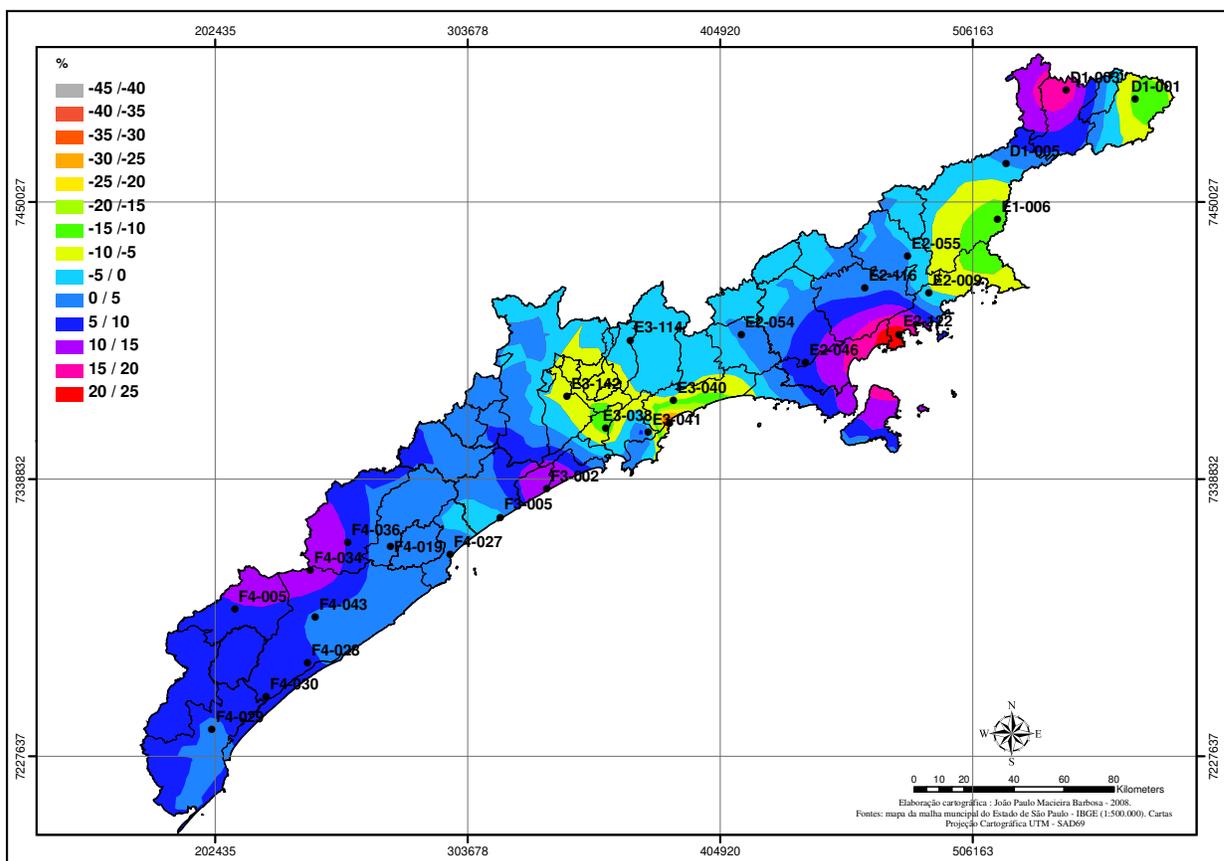


Figura 26b. Mapa de índice de mudança – 1970/1990

5.4 ANÁLISES PARA OS POSTOS REPRESENTATIVOS NAS ESCALAS ANUAL, SAZONAL E MENSAL.

A próxima etapa constitui a parte principal deste trabalho: daqui para frente as análises foram feitas apenas para o posto representativo de cada repartição, selecionados a partir da maior carga pelos resultados da análise de componentes principais (ACP), ou seja: para a

repartição norte o posto de Mato Dentro (E2-009) no município de Ubatuba, para a repartição central, o posto de Caeté (E3-041) em Bertiooga e para a repartição sul, o posto Iguape (F4-028) no município de mesmo nome.

Em um primeiro momento, realizamos uma leitura do comportamento anual e sazonal de cada posto, visando identificar semelhanças e dessemelhanças. Na seqüência, a análise foi feita em escala mensal, com identificação de eventos extremos por técnicas estatísticas descritas na metodologia.

5.4.1 POSTO REPRESENTATIVO DA REPARTIÇÃO NORTE - MATO DENTRO (E2-009) EM UBATUBA.

Com base na Figura 27, observamos os significativos montantes de chuva registrados no posto Mato Dentro, cujos volumes ultrapassaram os 4.000,0mm de chuva (1973 e 1976). A média dos totais pluviométricos anuais atingiu 3.098,0mm anuais.

A leitura dos coeficientes de variação (CV) nos permite verificar a heterogeneidade da série (quanto maior o valor, maior a variação intraanual). Araki (2007) em trabalho sobre episódios pluviais associados a escorregamentos no município de Guarujá, chama a atenção para o fato de que em anos com alto CV, o número de registros de escorregamentos foi muito elevado e que o contrário também se observou, ou seja, baixo CV, menos registros de escorregamentos no ano. No posto E2-009, o maior coeficiente de variação foi registrado em 1996, que nesse caso coincidiu com alta pluviosidade.

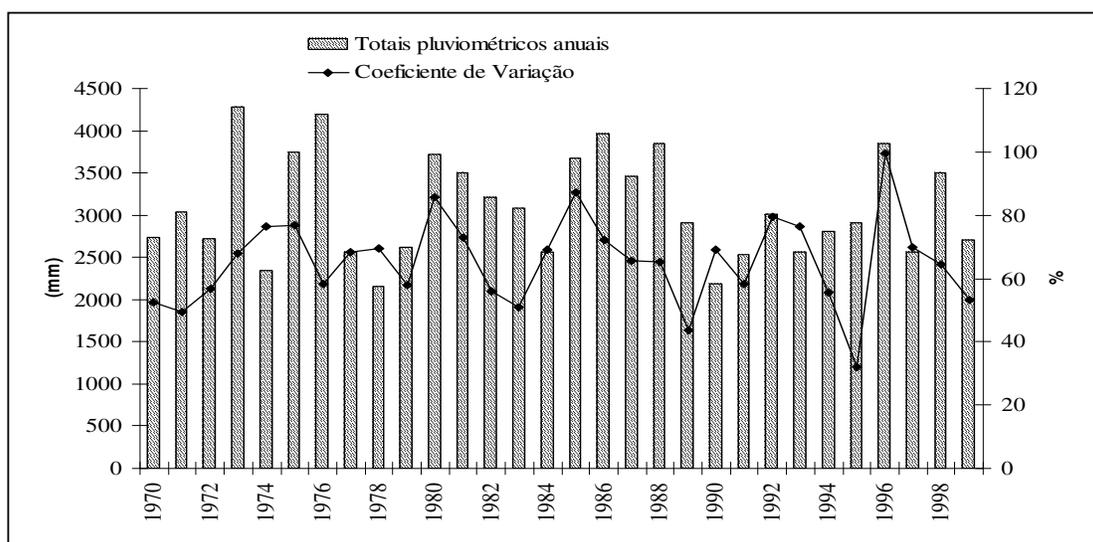


Figura 27. Totais pluviométricos anuais (mm) – Posto Mato Dentro (E2-009) Ubatuba

Na Figura 28 podemos apreciar o gráfico de médias mensais, com o objetivo de verificar a distribuição das chuvas no decorrer do ano, e a contribuição sazonal de cada uma

das estações nos totais anuais.

Nos meses de verão, principalmente entre o final de dezembro e março, são relativamente frequentes na região Sudeste do Brasil períodos de atividade convectiva intensa e prolongada (Silva Dias et al, 1991).

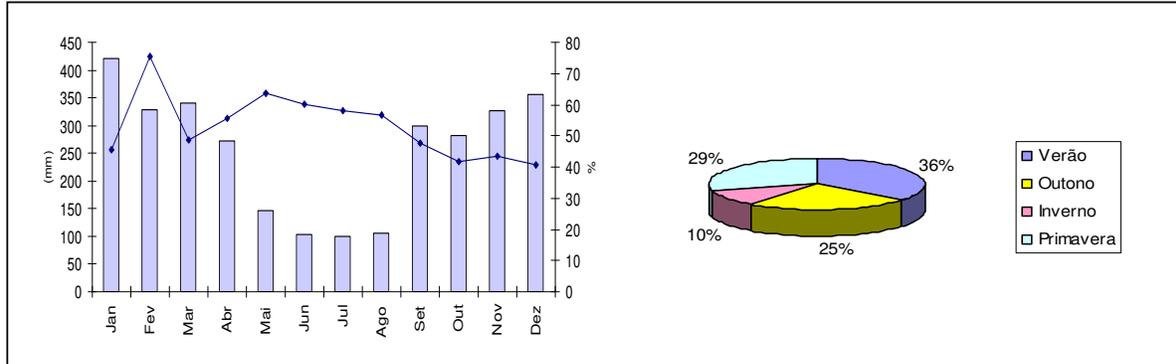


Figura 28. Média dos totais pluviométricos mensais e da contribuição sazonal nos totais anuais para Mato Dentro

Nos períodos de menor precipitação (junho, julho e agosto) os coeficientes de variação se elevam, denotando maior heterogeneidade ano a ano. Nos meses de maior precipitação, grosso modo, os coeficientes de variação são mais uniformes. Esse fato já foi observado por Nunes (1990) e tem implicações ambientais, visto que maiores volumes de precipitação tem maior potencial para deflagrar problemas ambientais.

A próxima etapa da análise foi a elaboração de gráficos com os valores padronizados, que mostram o quanto a precipitação de cada ano se distanciou da média histórica, permitindo verificar anos que apresentaram algum tipo de anomalia. Os anos que registraram médias abaixo do valor geral da série são negativos (anomalia, excepcionalidade ou extremos negativos); o oposto verifica-se para valores acima da média histórica (anomalia, excepcionalidade ou extremo positivo).

Ainda que dados ambientais dificilmente se ajustem de maneira completa a uma distribuição teórica, essa distribuição é amplamente usada dada sua facilidade em destacar com simplicidade as excepcionalidade do fenômeno sob avaliação - no caso, as chuvas - apresentando um panorama que pode depois ser mais bem entendido com o emprego de outras técnicas.

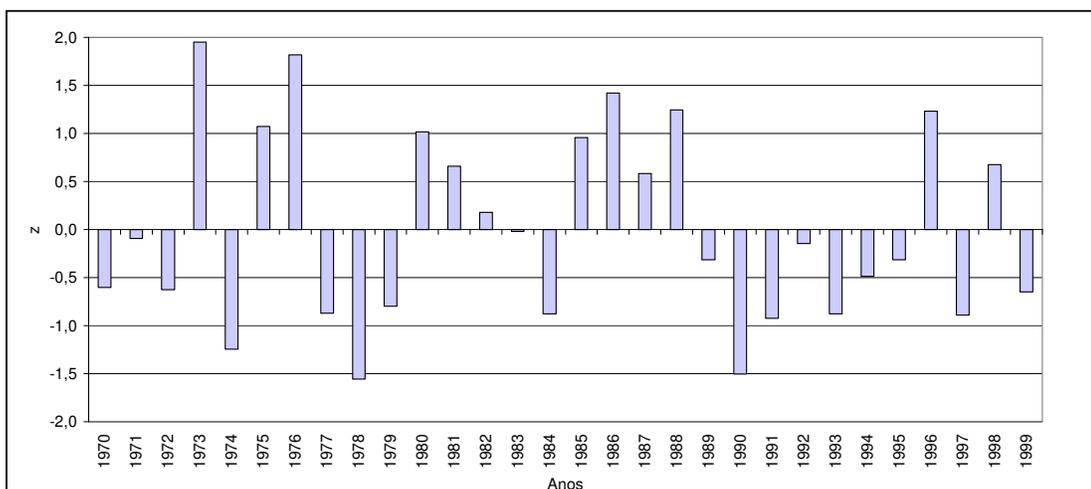


Figura 29. Totais pluviiais anuais padronizados – Mato Dentro (E2-009)

Na Figura 29, destacamos os anos de 1973 (4.285,0mm), 1976 (4.203,0mm), 1986 (3.963,0mm), 1988 (3.856,0mm) e 1996 (3.847,0mm), cujos desvios ficaram bem acima da média histórica. Percebe-se uma diminuição na intensidade dos eventos positivos e negativos no decorrer das três décadas. O ano de 1983 foi o mais próximo da média histórica (3.098,0mm).

A Figura 30 refere-se ao *Box plot*, que permite identificar os anos anômalos. Os quantis, cujos resultados são apresentados na seqüência, possibilitam comparação entre os resultados obtidos com a padronização e pela técnica dos quantis (Tabela 10).

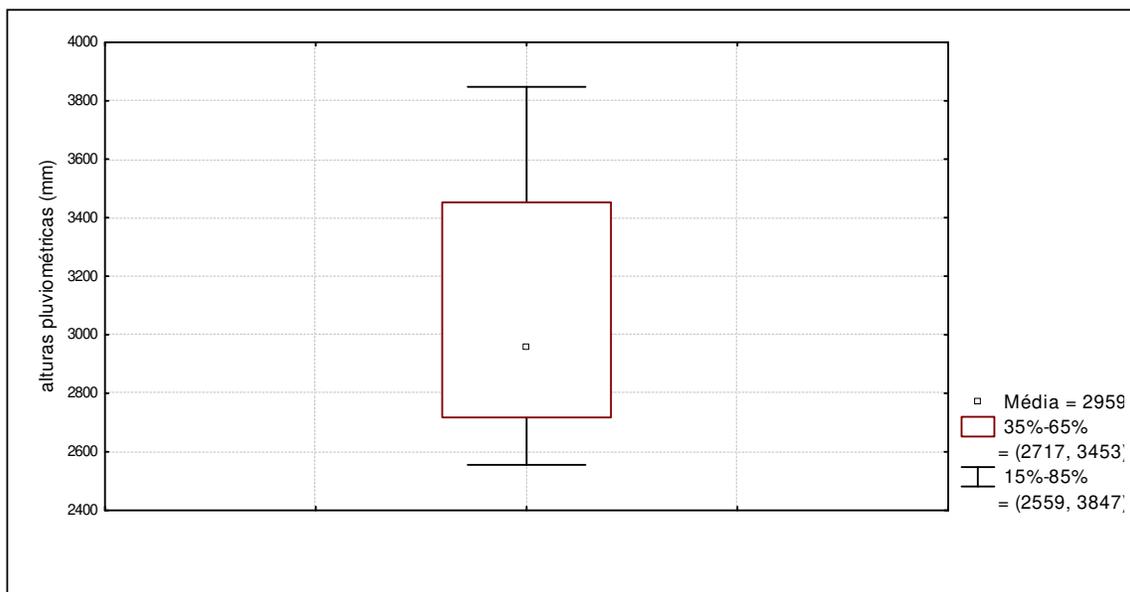


Figura 30. *Box plot* para o posto E2-009 – Mato Dentro (Ubatuba)

Tabela10. Faixas quantílicas para o posto Mato Dentro

Quantis - Ubatuba - Posto Mato Dentro (E2-009)				
Muito Seco	Seco	Normal	Chuvoso	Muito Chuvoso
0% - 15%	15% - 35%	35% - 50% - 65%	65% - 85%	85% - 100%
2.152,4 - 2.555,3mm	2.555,3 - 2.717,2mm	2.717,2 - 2.959,6mm - 3.453,7mm	3.453,1 - 3.847,0mm	3.847,0 - 4.285,3mm

Pelas informações do *Box-plot*, a maioria dos dados se localiza acima da média, que corresponde ao valor de 2.959,6mm de chuva anual. Buscando a identificação de eventos extremos positivos, nossa atenção se voltou para os anos localizados na faixa linear superior do gráfico, que correspondem ao Q(0,65) até o Q(1,00), sendo que a faixa entre 3.453,1mm e 3.847,0mm foi considerada ‘Chuvoso’ e a faixa acima de 3.847,0mm, ‘Muito chuvoso’. São essas as faixas que em nossa análise chamaremos de faixa dos extremos.

Sendo assim, foram considerados extremos os anos de 1973 e 1976 na década de 1970, com alturas pluviométricas de 4.285,3mm e 4.203,1mm.

Na década de 1980, os anos de 1986 e 1988 apresentaram alturas pluviométricas de 3.963,7mm e 3.853,3mm, respectivamente.

Na década de 1990, o ano de 1996 registrou o total mais elevado: 3.847,0mm. Destacamos aqui que, conforme esperado, essa técnica chegou aos mesmos resultados da técnica da padronização, ainda que na elaboração dos quantis o parâmetro de Q(0,5) utilizado não foi a média, e sim a mediana.

Concluindo, apresentamos a Tabela 11 com os registros dos anos considerados de extremos na escala anual, de acordo com a técnica dos quantis.

Tabela 11. Anos de eventos extremos para o posto de Mato Dentro

Eventos	Eventos Extremos anuais para o posto de Mato Dentro (E2-009)
Anos de ‘Chuvoso’	1975, 1980, 1981, 1985, 1987, 1996, 1998
Anos de ‘Muito chuvoso’	1973, 1976, 1986, 1988
Total de Eventos	11

Apresentaremos agora os resultados da identificação de eventos extremos na escala mensal de análise. A primeira técnica utilizada consistiu na padronização mensal, buscando identificar todos os eventos mensais cujos valores padronizados se situaram na faixa entre 1,1 à 5 (faixa dos eventos extremos positivos). Chamaremos os eventos mensais localizados entre 1,1 e 3 de ‘Chuvoso’, e de eventos os localizados na faixa entre 3,1 e 5 de ‘Muito chuvoso’.

A padronização mensal (Figura 31 e Tabela 12) possibilitou verificar em quais meses e anos houve desvio em relação à média histórica do período. Não obstante, tal técnica não permitiu a identificação das faixas de frequência onde poderíamos alocar os extremos segundo alturas pluviométricas determinadas. Essa deficiência foi resolvida com a utilização

da técnica dos quantis (Figura 32), de acordo com as frequências já estabelecidas para o nível anual.

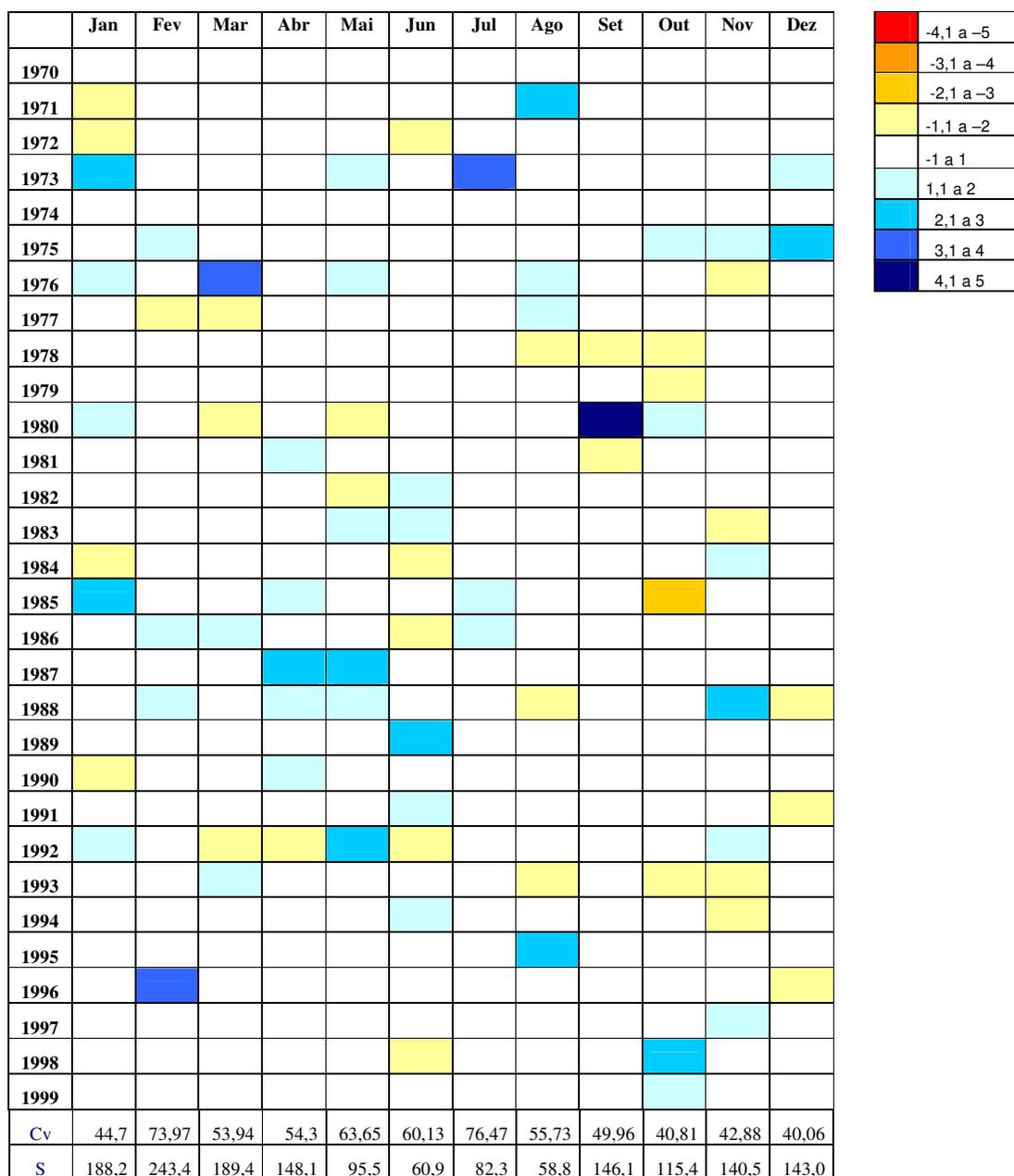


Figura 31. Padronização mensal para o posto de Mato Dentro (E2-009).

Tabela 12. Número de eventos extremos mensais para o posto de Mato Dentro pela técnica da padronização

Eventos	Eventos extremos mensais												Total
	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	
Chuvoso	5	3	2	6	6	5	2	4		4	5	2	44
Muito chuvoso		1	1				1		1				4
Total	5	4	3	6	6	5	3	4	1	4	5	2	48

Pelo gráfico da padronização observamos concentração dos eventos extremos mensais positivos na década de 1980; no entanto, os eventos aqui classificados como ‘muito chuvoso’ tiveram maior ocorrência na década de 1970.

Os meses de maior incidência de eventos extremos positivos foram abril e maio, apresentando seis eventos ‘Chuvoso’ cada um. O total de eventos considerados extremos somou 48, sendo que apenas quatro deles foram classificados como ‘Muito chuvoso’.

Os coeficientes de variação apresentam valor maior entre os meses de abril a agosto, caracterizando variabilidade interanual mais significativa nos meses de precipitação menor.

Nota-se um aumento dos eventos negativos entre a década de 1970 e a década de 1980.

Na fase seguinte determinamos as faixas quantílicas mensais para o respectivo posto (Tabela 13) a partir da mesma técnica usada na escala anual e descrita no item metodologia.

Tabela 13. Quantis mensais para o posto Mato Dentro (E2-009).

	Quantis Mensais (mm) - Ubatuba - Posto Mato Dentro (E2-009)					Máx	Mín
	Muito Seco	Seco	Normal	Chuvoso	Muito Chuvoso		
	0% - 15%	15% - 35%	35% - 65%	65% - 85%	85% - 100%		
Jan	246,1	306,8	451,5	621,2	882,5	882,5	144,0
Fev	92,0	222,7	333,6	530,0	1236,6	1236,6	13,7
Mar	155,3	236,9	400,4	548,3	649,6	649,6	59,0
Abr	138,2	176,4	305,4	446,6	694,7	694,7	111,3
Mai	71,3	93,0	161,5	236,4	404,3	404,3	7,6
Jun	37,7	77,1	122,9	158,8	285,4	285,4	10,5
Jul	49,7	67,3	100,3	161,0	261,8	261,8	12,2
Ago	47,5	74,1	122,6	160,4	261,2	261,2	17,4
Set	176,1	241,2	310,3	387,9	902,5	902,5	125,8
Out	167,7	239,9	316,8	385,3	557,0	557,0	39,4
Nov	189,7	271,6	379,2	485,1	681,3	681,3	71,3
Dez	238,5	286,3	391,7	444,8	834,7	834,7	166,8

Além da determinação das faixas quantílicas, elaboramos gráfico com o número de episódios categorizados em ‘Chuvoso’ e ‘Muito chuvoso’. Eles foram assim definidos por serem considerados extremos em vista da análise empírica dos dados mensais. Observamos que no ano de 1976 foram registradas cinco ocorrências na categoria ‘Chuvosas’ (Figura 60) distribuídas entre os meses de janeiro, março e de julho à setembro. Aqui já percebemos refinamento maior da técnica dos quantis frente a padronização, uma vez que esta última registrou apenas uma anomalia “Muito Chuvosa’ para o mês de setembro de 1976.

Outra observação interessante refere-se à identificação do evento extremo mais intenso. Pelo gráfico de eventos padronizados poderíamos concluir erroneamente que este extremo foi registrado no mês de setembro de 1980 (Figura 31). Mas se analisarmos a

padronização com os resultados da técnica dos quantis, concluiremos que nesse mês a altura pluviométrica atingiu 902,5mm, valor esse excepcional, porém, não o maior da série. Este, segundo o resultado da técnica dos quantis, foi registrado em fevereiro (1.236,6 mm). Entretanto, para sabermos o ano em que ocorreu esse dado registro, teríamos que acessar a planilha dos dados mensais do posto para averiguar. Mas como a padronização nos fornece essa informação de maneira direta, conseguimos, pela Figura 32, identificar que essa ocorrência se deu no ano de 1996.

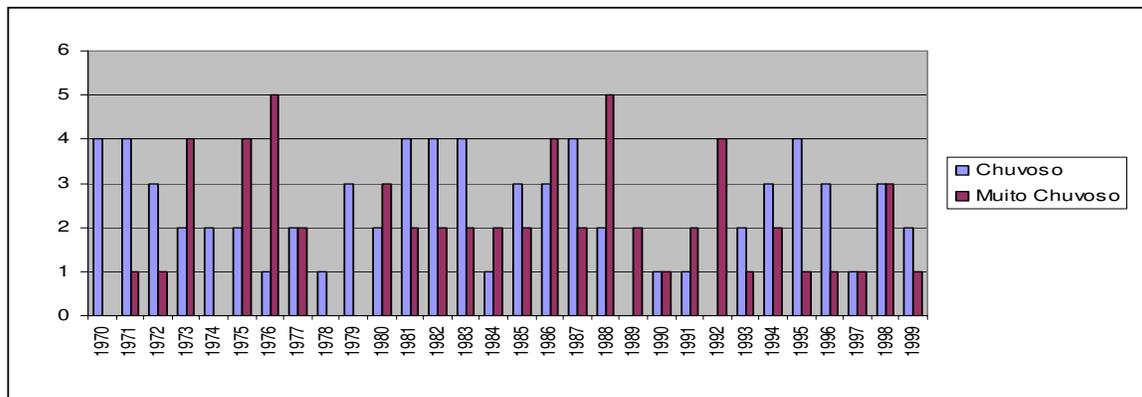


Figura 32. Frequências de ocorrência de eventos mensais 'Chuvoso' e 'Muito chuvoso' para o posto de Mato Dentro (E2-009) segundo a técnica dos quantis

O passo seguinte foi o estudo dos eventos extremos mensais pela técnica do Tempo de Retorno. A Figura 33 nos apresenta os tempos de recorrência para o posto de Mato Dentro (E2-009) que foram calculados para os períodos de 5, 10, 25, 50 e 100 anos. Essa técnica nos mostra a probabilidade de determinada altura pluviométrica ser igualada ou superada pelo menos uma vez no período em questão. Tomando um exemplo na Figura 33, a probabilidade de um total pluviométrico, situado na faixa entre 878,3mm e 999,4mm, ocorrer para o mês de janeiro é de 1/25, ou seja, em qualquer um desses anos existe a probabilidade de 4% de um valor situado nessa faixa ocorrer. Quanto maior o tempo de retorno, maior a magnitude do evento e menor a probabilidade desse evento voltar a ocorrer.

O gráfico de tempo de retorno é muito parecido com o da padronização, o que permite comparação dos resultados apresentados por ambas as técnicas. Tanto a padronização quanto o tempo de retorno utilizam valores de média e desvio padrão mensal para seu cálculo. O tempo de retorno se diferencia por apresentar coeficiente de frequência para o cálculo das anomalias. Vejamos um exemplo: na Figura 33, vemos que nos anos de 1980 e 1981 o mês de janeiro apresentou eventos de magnitude correspondentes a um tempo de retorno de 5 anos. No gráfico dos valores padronizados o evento de 1981 é classificado como normal. Em 1980, a altura atingiu 674,9mm e em 1981, 604,0mm, ou seja, 70,9mm é pouco para distinguir um

evento extremo mensal de um habitual, principalmente quando a altura pluviométrica já atingiu os 600,0mm de chuva. Acreditamos dessa forma que o tempo de retorno é mais eficaz na identificação de eventos que causariam algum impacto negativo no ambiente físico.

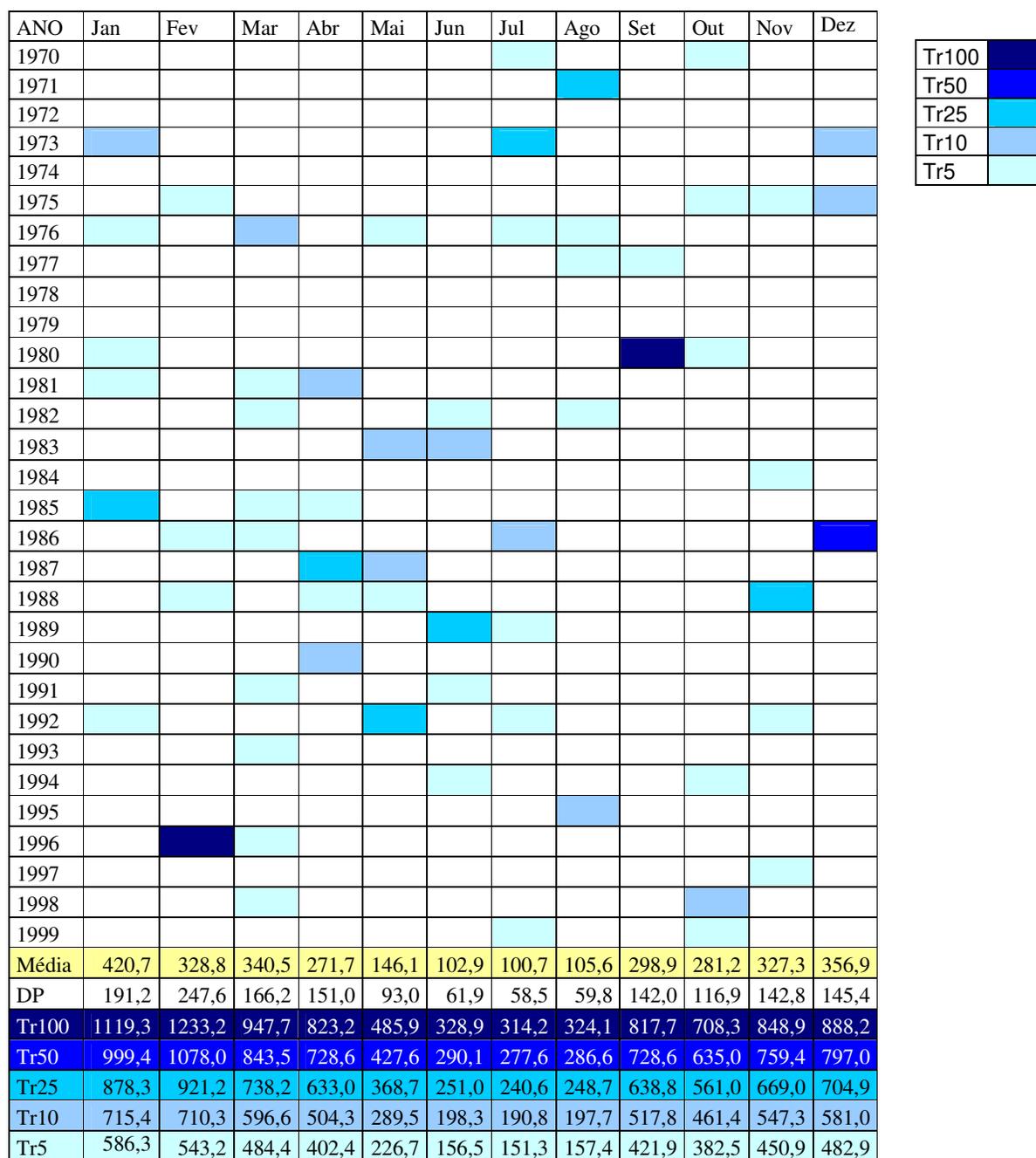


Figura 33. Tempo de Retorno mensal para o posto de Mato Dentro (E2-009).

Pela Figura 33, os eventos extremos de maior intensidade foram registrados no mês de fevereiro de 1996, setembro de 1980 e dezembro de 1986, este último não identificado pela técnica de padronização.

Observamos um aumento do número de eventos entre a década de 1970 e de 1980,

esta última concentrando grande parte das ocorrências. Os meses de março a agosto apresentaram um grande número de ocorrências de episódios considerados extremos pela técnica do tempo de retorno mensal. Vale destacar que são meses caracterizados por desvios padrões pequenos em comparação aos meses mais chuvosos, cujos desvios padrões são elevados, sendo que altos índices de desvio padrão indicam maior diferença entre os valores pluviométricos da série.

5.4.2 POSTO REPRESENTATIVO DA REPARTIÇÃO CENTRAL - CAETÉ (E3-041) EM BERTIOGA

Para o posto Caeté, representativo do recorte central (Figura 34), notamos totais anuais acima dos 3.000,0mm de chuva em média, mas que em alguns anos ultrapassam os 4.000 mm, apresentando picos próximos dos 4.500,0mm de chuva (1988). Os anos de 1983 e 1986 apresentaram montantes elevados.

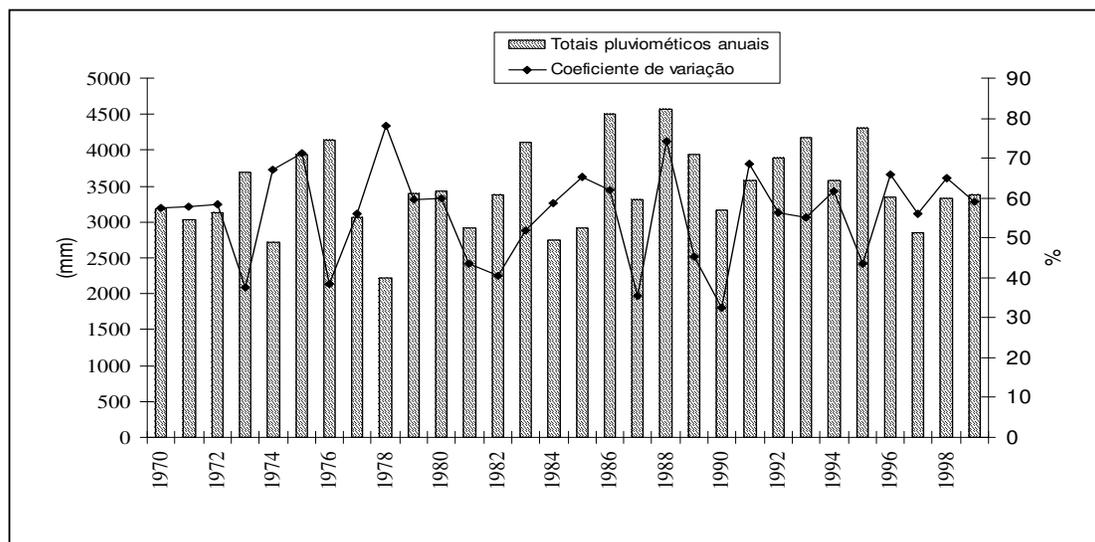


Figura 34. Totais pluviométricos anuais (mm) – Posto Caeté (E3-041) Bertiooga

Os coeficientes de variação também apresentaram grande variabilidade. Vale destacar os três primeiros anos, cujos valores de CV foram quase idênticos, demonstrando distribuição da pluviometria dentro dos anos muito semelhantes. O maior coeficiente de variação ocorreu no ano de menor altura pluviométrica anual (1978), seguindo mesmo padrão já identificado para a escala mensal, ou seja: meses de baixa precipitação apresentaram altos coeficientes de variação.

Na Figura 35 comparecem informações sobre as médias mensais, com o objetivo de verificar a distribuição das chuvas no decorrer do ano e a contribuição sazonal de cada uma das estações para os totais anuais.

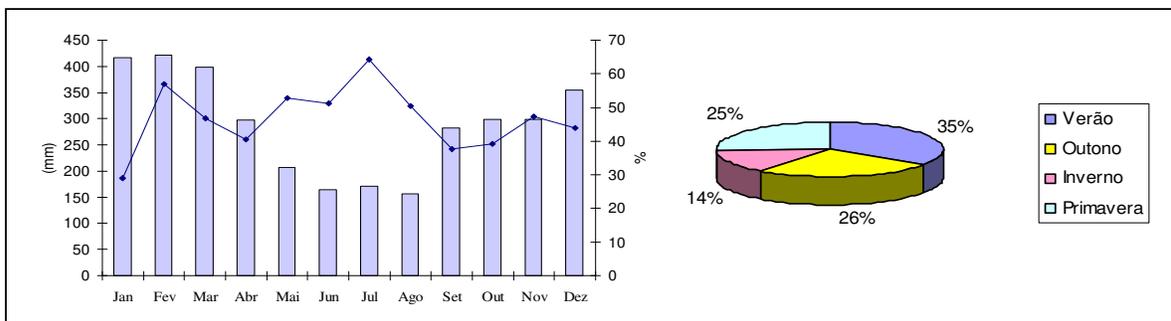


Figura 35. Média dos totais pluviométricos mensais e da contribuição sazonal nos totais anuais para Caeté

Pela Figura 35, notamos que a distribuição de chuvas obedece a dinâmica do clima tropical, com duas estações distintas: o verão chuvoso e o inverno, como estação menos chuvosa. Não obstante, observamos que, à semelhança do recorte norte, as chuvas são significativas durante todo o ano. Nos meses que apresentaram as menores médias, os valores de pluviosidade ficaram próximos aos 150 mm.

O próximo passo foi a elaboração do gráfico de padronização anual. Por esse gráfico observamos o comportamento anual de precipitação em relação a média histórica, identificando as anomalias positivas ou negativas e a amplitude dessas anomalias.

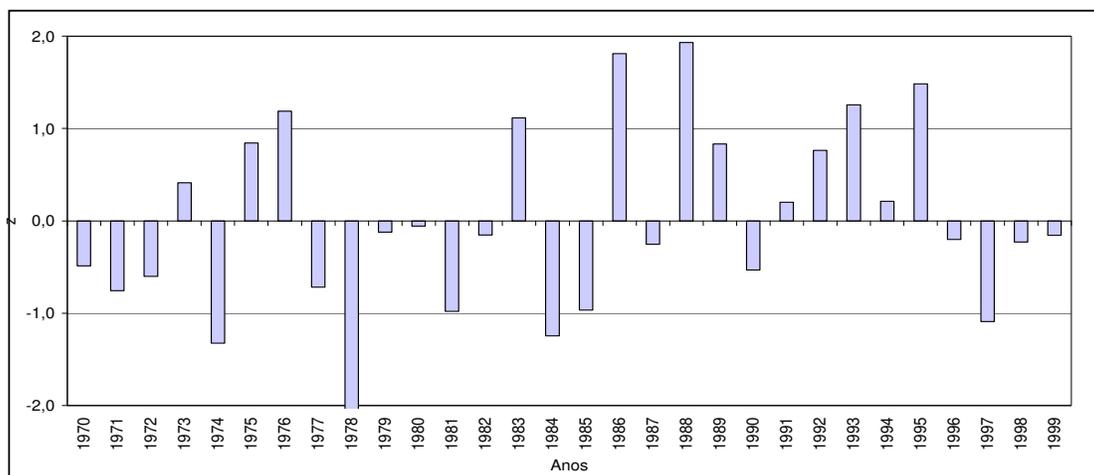


Figura 36. Totais pluviométricos anuais padronizados – Caeté (E3-041)

Para o posto Caeté (Figura 36), os anos cujos totais se situaram acima da média histórica (3.464,0mm) foram: 1973, 1975, 1976, 1983, 1986, 1988, 1989, 1991, 1992, 1993, 1994 e 1995. Na década de 1980 as ocorrências positivas aumentaram, destacando-se os anos de 1983, 1986 e 1988. Na década de 1990, os anos de 1993 e 1995 apresentaram desvios consideráveis acima da média.

A Figura 37 refere-se ao *Box plot* para o posto Caeté. Além de nos permitir identificar os anos anômalos, com os quantis é possível realizar comparação com os resultados obtidos com a padronização.

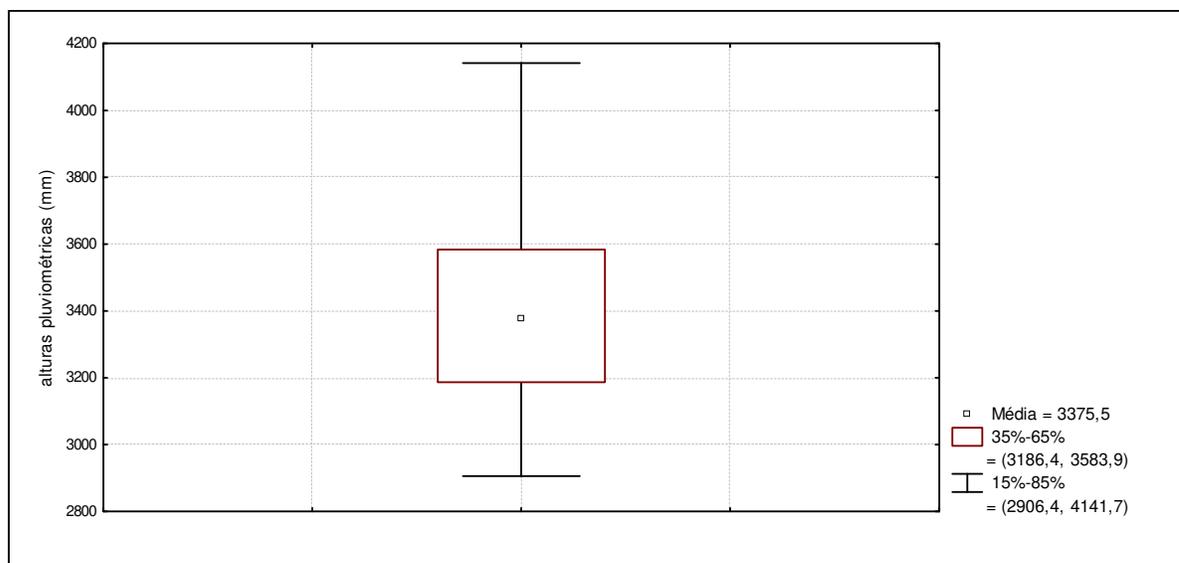


Figura 37. Box plot para o posto E3-041 – Caeté (Bertioga)

Tabela 14. Faixas quantílicas para o posto Caeté

Quantis - Bertioga - Posto Caeté (E3-041)				
Muito Seco	Seco	Normal	Chuvoso	Muito Chuvoso
0% - 15%	15% - 35%	35% - 50% - 65%	65% - 85%	85% - 100%
2.223,4 - 2.842,5mm	2.842,5 - 3.160,0mm	3.160,0 - 3.375,5mm - 3.583,9mm	3.583,9 - 4.141,7mm	4.141,7 - 4.564,4mm

Pelo *Box plot* de Caeté verificamos que o valor da mediana $Q(0,5)$ correspondente a uma altura pluviométrica de 3.375,5mm. Os valores variaram de 2.223,4mm, correspondente a menor leitura pluviométrica dentro do período de 30 anos de nossa análise, até o valor máximo de 4.564,4mm, no ano de 1988. De acordo com a distribuição quantílica (Tabela 14), os anos considerados extremos estão compreendidos na faixa entre 3.583,9mm e 4.564,4mm. Na faixa dos eventos ‘Muito chuvoso’ estão os anos de 1976 (4.142,2mm), 1986 (4.497,1mm), 1988 (4.564,4mm), 1993 (4.179,0mm) e 1995 (4.310,2mm). Em resumo, a Tabela 15 fornece os anos cujas ocorrências foram classificadas como Ano ‘Chuvoso’ ou ‘Muito chuvoso’.

Tabela 15. Anos de eventos extremos para o posto de Caeté

Eventos	Eventos Extremos anuais para o posto de Caeté (E3-041)
Anos de ‘Chuvoso’	1973, 1975, 1983, 1989, 1991, 1992
Anos de ‘Muito chuvoso’	1976, 1986, 1988, 1993 e 1995
Total de Eventos	11

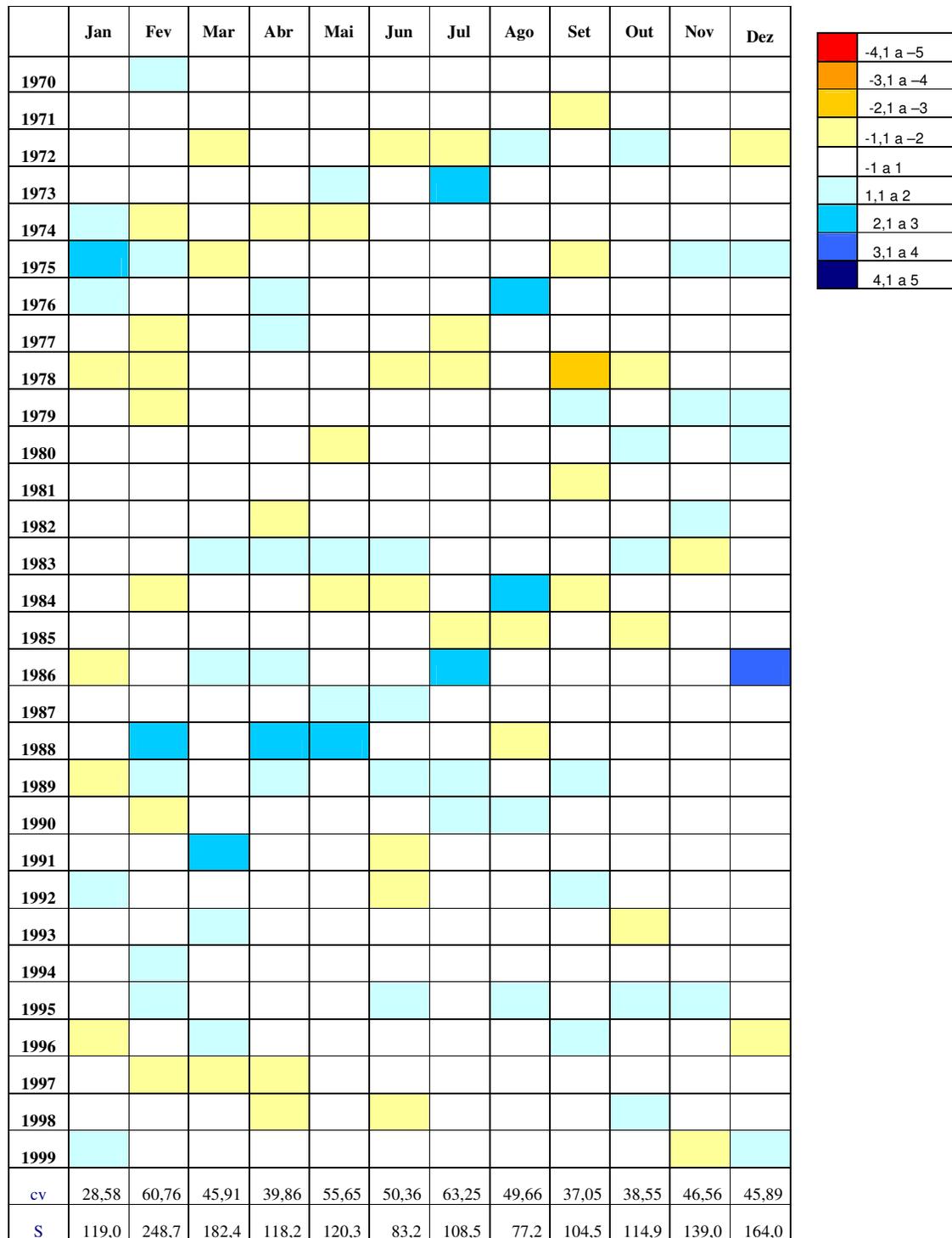


Figura 38 - Padronização, coeficiente de variação e desvio padrão mensal para Caeté (E3-041).

A análise dos gráficos de distribuição normal padrão (Figura 38) reforça a informação de que a década de 1980 foi a mais chuvosa dentro do período analisado, sendo que a maior variabilidade positiva foi observada nos meses com menor precipitação (abril a agosto). Em geral, a década 1970 mostrou mais meses com chuvas na faixa de anomalias negativas em

relação às décadas seguintes. Na década de 1970 observamos maior variabilidade negativa, principalmente nos meses de setembro e de fevereiro.

Na década de 1980 houve mais casos de anomalia positiva nos valores de precipitação mensal em relação a qualquer período. Podemos observar aumento na intensidade dos eventos positivos entre a década de 1970 e a década de 1980 entre os meses de fevereiro a maio. No ano de 1983, bastante chuvoso, observamos seqüência de desvios positivos entre os meses de março a junho. Todavia, parece-nos que os anos de 1986 e 1988 foram mais chuvosos, segundo os valores padronizados. Podemos confirmar essa hipótese voltando nas Figuras 34 e 36.

Quanto à variação mensal interanual, é interessante notar que o mês de fevereiro apresentou alto coeficiente de variação e de desvio padrão, indicando notável variabilidade dos dados. Se o coeficiente de variação é melhor indicador sobre o grau de homogeneidade da série em relação à média, podemos concluir que nos meses de fevereiro temos alturas pluviométricas igualmente elevadas para a maioria dos anos, porém, muito variáveis.

Em resumo, pela técnica da padronização elaboramos a Tabela 16 com a distribuição dos eventos “chuvoso” e “Muito Chuvoso” para o posto de Caeté.

Tabela 16. Número de eventos extremos mensais para o posto de Caeté pela técnica da padronização

Eventos	Eventos extremos mensais												Total
	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	
Chuvoso	5	6	5	6	4	4	4	5	4	5	4	4	56
Muito chuvoso												1	1
Total	5	6	5	6	4	4	4	5	4	5	4	5	57

Seguindo, realizamos uma análise com emprego da técnica dos quantis para o mesmo posto, visando comparação das técnicas (Tabela 17). O valor máximo foi registrado no mês de fevereiro de 1988 (1036,2mm). Aqui podemos destacar uma diferença das técnicas de padronização e de quantis que poderia passar despercebida por aqueles menos afeitos à estatística: de acordo com as informações contidas no gráfico de padronização mensal, poderíamos inferir que a anomalia mais intensa foi registrada para o mês de dezembro de 1986. Porém, vale ressaltar que a padronização utiliza os parâmetros de média e desvio padrão mensal, ou seja, o gráfico de padronização representa o desvio em relação aos valores daquele mês.

Já os quantis nos possibilitam a identificação direta da anomalia mais forte, que pelo exame da Figura 39, apreendemos ter sido registrada no mês de fevereiro, ao contrário do que se poderia supor fazendo uma leitura rápida no gráfico de padronização.

Tabela 17. Quantis mensais para o posto Caeté (E3-041)

	Quantis Mensais (mm) - Bertioga - Posto Caeté (E3-041)						
	Muito Seco	Seco	Normal	Chuvoso	Muito Chuvoso	Máx	Mín
	0% - 15%	15% - 35%	35% - 65%	65% - 85%	85% - 100%		
Jan	309,0	368,0	446,5	563,5	703,4	703,4	188,1
Fev	130,0	374,6	508,9	673,4	1036,2	1036,2	42,4
Mar	238,9	281,0	414,6	632,6	889,7	889,7	169,0
Abr	187,7	227,6	333,7	440,3	592,8	592,8	99,0
Mai	94,5	174,3	221,2	319,3	488,1	488,1	48,0
Jun	79,8	127,1	205,9	256,7	330,9	330,9	22,0
Jul	65,5	124,7	193,2	248,1	463,4	463,4	27,8
Ago	89,9	115,8	156,0	240,3	324,4	324,4	37,5
Set	165,0	257,9	344,4	384,3	486,1	486,1	62,0
Out	197,3	252,2	314,5	427,2	528,5	528,5	64,2
Nov	184,4	203,2	344,0	465,9	657,8	657,8	111,7
Dez	216,5	271,0	379,3	504,7	834,2	834,2	131,3

Observa-se a amplitude entre o mês de fevereiro mais chuvoso com o mesmo mês menos chuvoso, cuja altura pluviométrica não passou dos 50,0mm. Já ressaltamos que foi encontrado um alto valor de coeficiente de variação para esse mês, que está registrado na Figura 38.

Pela Figura 39 notamos que o ano de 1983 apresentou seis eventos classificados como ‘Muito chuvoso’, o maior de toda a série. Essas seis ocorrências se concentraram nos meses de março a junho e de setembro a outubro. Apenas os anos de 1971, 1978, 1981, 1985 e 1997 não apresentaram eventos ‘Muito chuvoso’. Pela Figura 39 observamos aumento no número de eventos ‘Muito Chuvoso’ no decorrer das décadas.

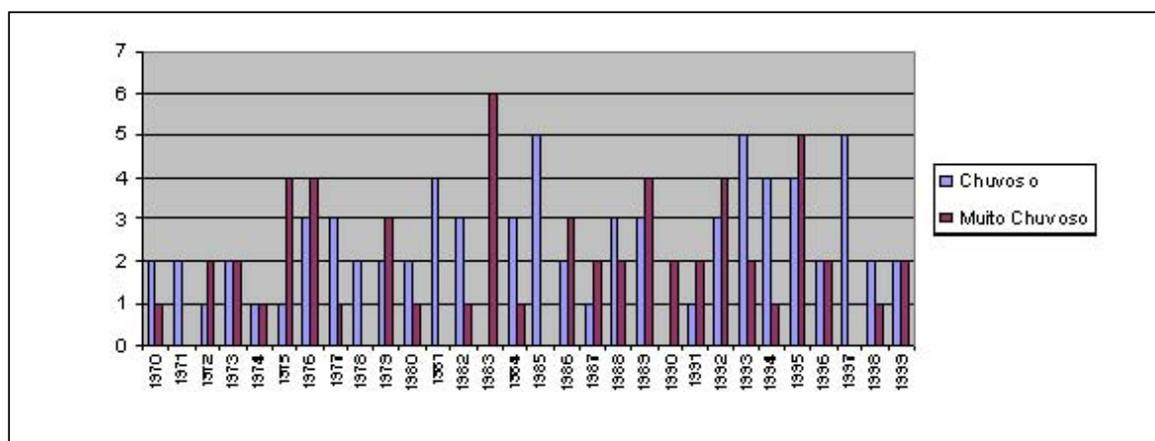


Figura 39. Frequências de ocorrências mensais de eventos ‘Chuvoso’ e ‘Muito chuvoso’ para o posto de Caeté (E3-041) pela técnica dos quantis

O gráfico de tempo de retorno (Figura 40) para o posto de Caeté apresenta grande semelhança com o gráfico da padronização (Figura 38). Contudo, podemos verificar o que já

foi visto anteriormente na comparação dos resultados da padronização com a técnica dos quantis.

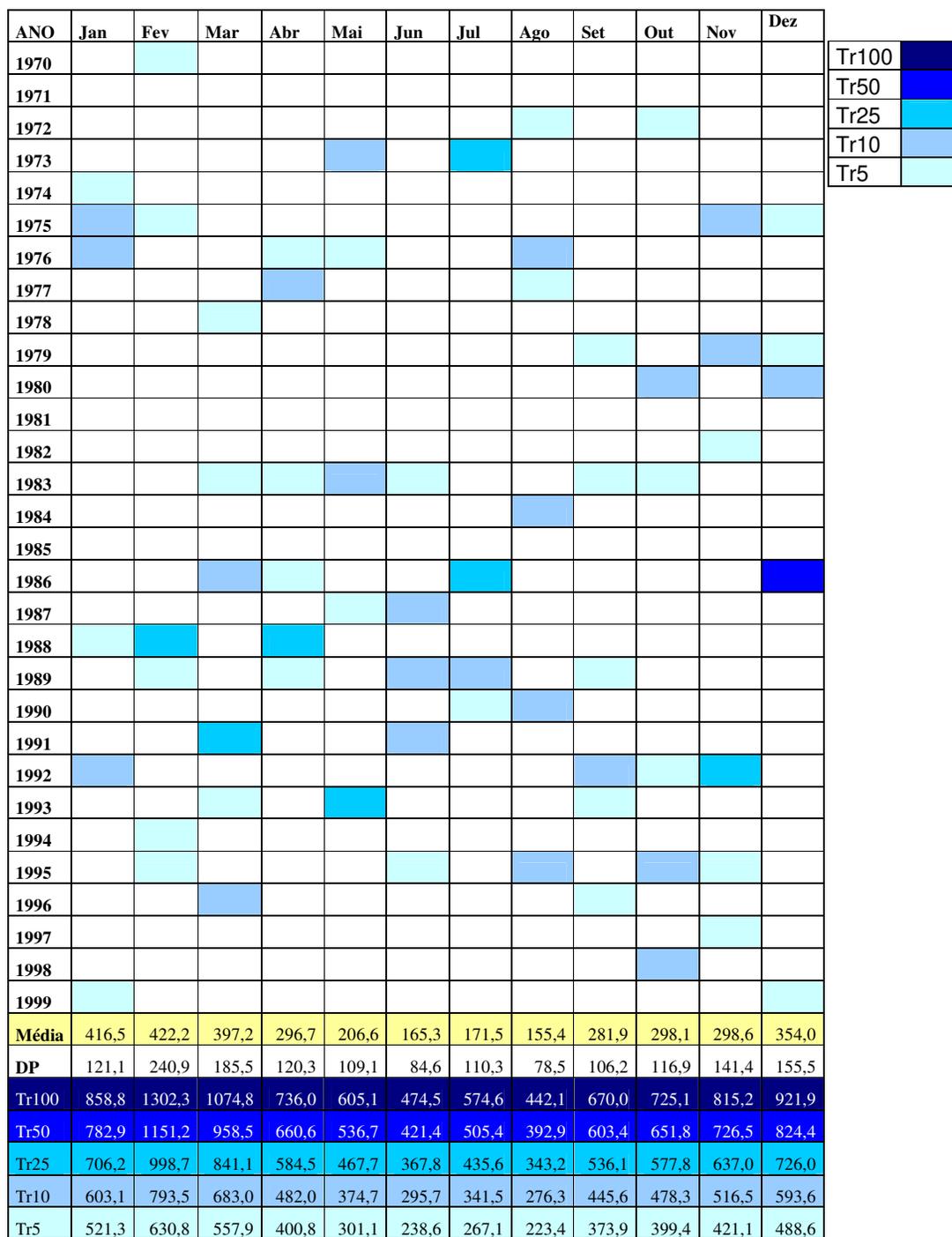


Figura 40. Tempo de retorno para o posto de Caeté (E3-041).

Olhando de maneira rápida pelo gráfico de tempo de retorno, poderíamos concluir que o evento de dezembro de 1986 foi o de maior magnitude de toda série; porém, diferentemente da padronização, a figura do tempo de retorno apresenta as faixas de retorno e, em uma

observação mais atenta, verificamos que o evento em fevereiro de 1988 corresponde ao de maior magnitude pluviométrica.

5.4.3 POSTO REPRESENTATIVO DA REPARTIÇÃO SUL - IGUAPE (F4-028) EM IGUAPE

Para a repartição sul o posto representativo é Iguape. Nele, a média dos totais anuais foi de 2.770,0 mm (Figura 41). Os anos de 1973 e 1983 foram os mais chuvosos, apresentando os maiores montantes. Tanto para o posto da repartição central quanto para o posto da repartição sul, o aumento das médias anuais foi bastante modesto.

Os anos de 1994 a 1996 apresentaram volumes abundantes de chuva. Chama-nos a atenção, pois ocorreu em seqüência. Pelo menos para este posto não observamos seqüência parecida para outros períodos.

Analisando os coeficientes de variação para os anos de 1970 a 1973, notamos que estes acompanharam o aumento dos montantes pluviométricos anuais. O ano de 1985 foi o mais variável dentro de toda a série, chegando ao índice de 90%.

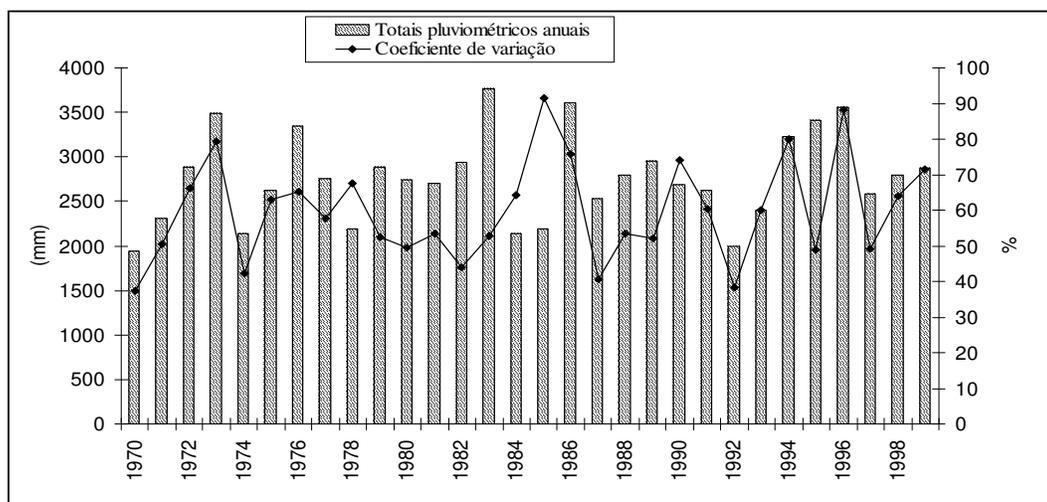


Figura 41. Totais pluviométricos anuais (mm) – Iguape (F4-028).

A Figura 42, referente às médias mensais, tem o propósito de verificar a distribuição das chuvas no decorrer do ano, bem como a contribuição sazonal de cada uma das estações nos totais anuais. As médias mensais mais elevadas estão entre os meses de janeiro a março, ou seja: entre o verão e o princípio do outono. Junho a agosto é o período de precipitação menos intensa, quando sobressaem as menores médias mensais. Os meses mais chuvosos apresentaram variabilidade pluviométrica menor. Cumpre salientar que os meses de janeiro, fevereiro e março apresentaram montantes pluviométricos bem parecidos, acima dos 350,0mm mensais. No mês menos chuvoso (agosto), a precipitação ficou acima dos

100,0mm, valor considerável de qualquer maneira.

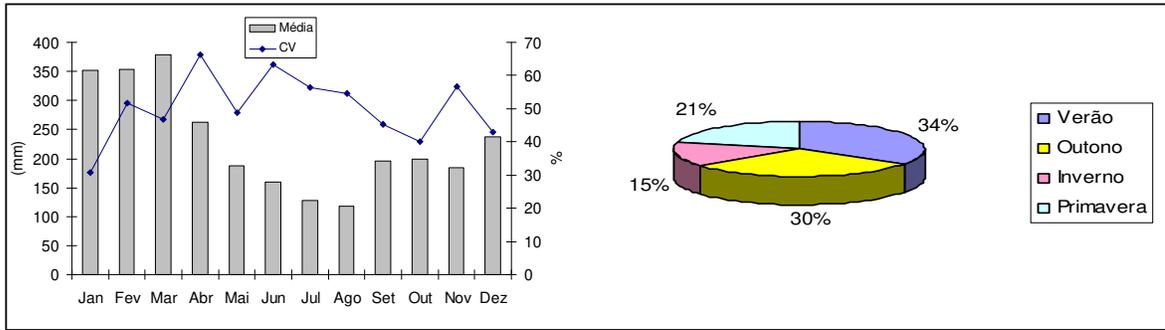


Figura 42. Média dos totais pluviométricos mensais e da contribuição sazonal nos totais anuais para Iguape

O próximo passo consistiu na elaboração do gráfico dos valores padronizados. Pela Figura 43 observamos que o local apresentou, na maior parte da série, valores de precipitação anual abaixo da média histórica (1970, 1974, 1978, 1984, 1985 e 1992 com desvios $z < -1$). Novamente o ano de 1983 foi o de maior média anual (3.769 mm), com desvio de magnitude 2,1. A maioria dos desvios se situaram acima de $z > 1$ ou $z < -1$, ou seja, dentro da área considerada habitual.

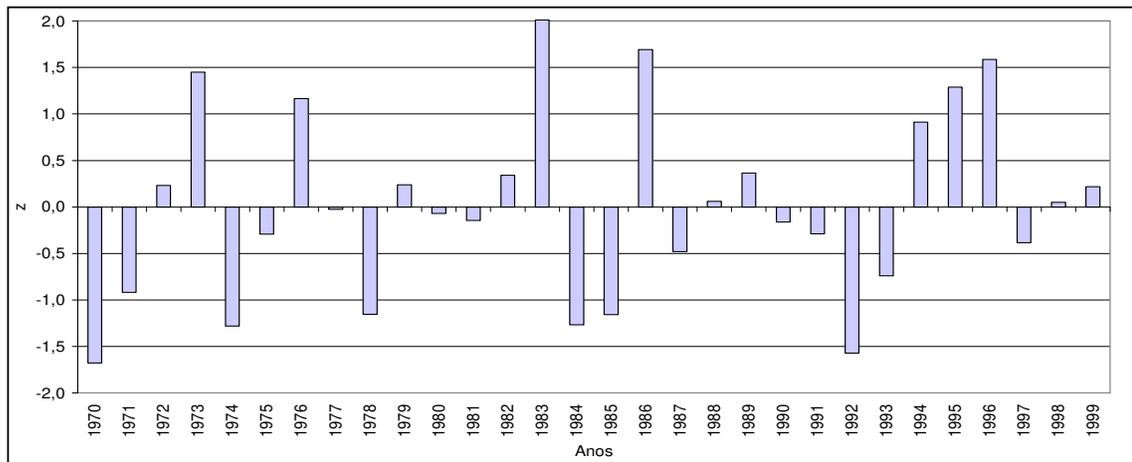


Figura 43. Totais pluviiais anuais padronizados – Iguape (F4-028)

O *Box Plot* para o posto Iguape (Figura 44) mostra distinção em relação ao posto de Caeté, com maior distanciamento da faixa de 65%-85%, a de totais mais elevados. Nesse intervalo temos variação mais significativa dos totais registrados.

No caso do Box, em ambos podemos verificar distância igual entre os valores acima de 35% até a mediana e, desta até os valores de 65%, sendo os valores situados nessa faixa bem distribuídos ao redor da mediana.

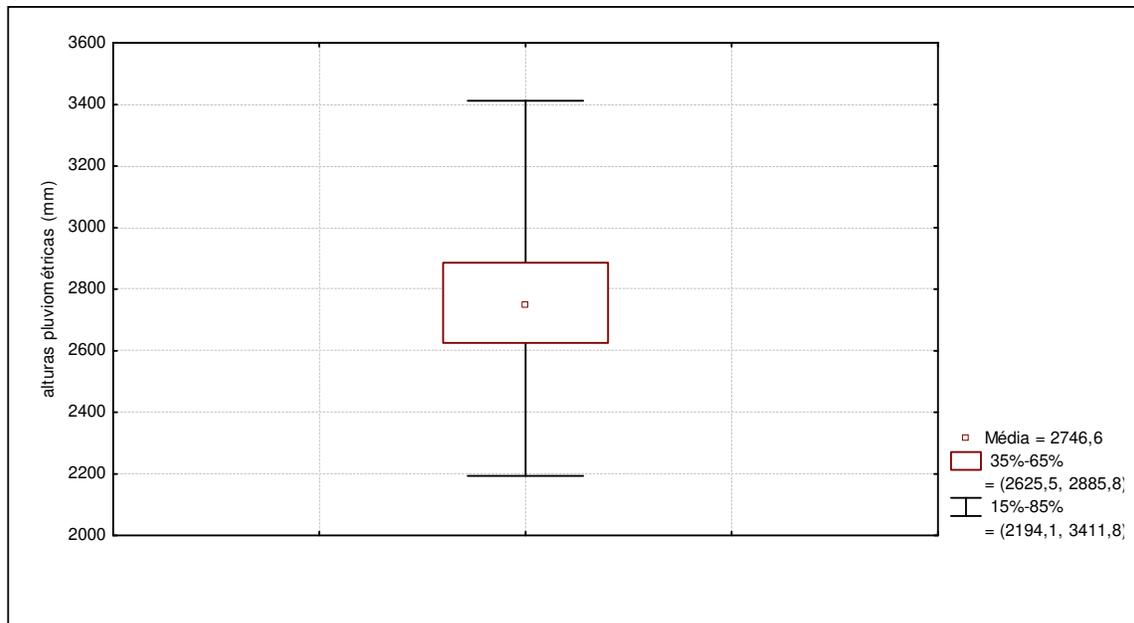


Figura 44. Box plot para o posto F4-028 Iguape (Iguape)

A tabela de faixas quantílicas (Tabela 18) nos apresenta valores um pouco inferiores aos postos já analisados, que apresentaram alturas pluviométricas superiores em todas as faixas.

Para Iguape, o valor $Q(0,5)$, corresponde a 2.746,6mm de chuva. Nossa faixa de extremos começa em 2.885,8mm. Anos que ficaram entre 2.885,8 e 3.411,8 foram considerados ‘Chuvoso’. Anos acima deste último valor foram classificados como ‘Muito chuvoso’. Os anos ‘Muito chuvoso’, foram (Tabela 19): 1973 (3.491,4mm), 1983 (3.769,4mm), 1986 (3.611,3mm), 1995 (3.411,9mm) e 1996 (3.559,6mm).

Tabela 18. Faixas quantílicas para o posto Iguape

Quantis - Iguape - Posto Iguape F4-028				
Muito Seco	Seco	Normal	Chuvoso	Muito Chuvoso
0% - 15%	15% - 35%	35% - 50% - 65%	65% - 85%	85% - 100%
1.935,2 – 2.194,1mm	2.194,1 – 2.625,5mm	2.625,5 - 2.746,6mm – 2.885,8mm	2.885,8 – 3.411,8mm	3.411,8 - 3.769,4mm

Ainda pelo exame da Tabela 19 observamos ocorrência de pelo menos quatro eventos tidos como extremos em cada década. Pelos nossos resultados, houve ainda seqüência de dois registros importantes: 1972-1973 e 1982-1983, quando um evento anual ‘Muito chuvoso’ foi precedido de um evento ‘Chuvoso’. Cabe ainda destacar a seqüência dos anos de 1994 a 1996, no qual tivemos a sucessão de dois episódios ‘Chuvoso’ antecedendo a ocorrência de um período ‘Muito chuvoso’ no ano de 1996.

Tabela 19. Anos de eventos extremos para o posto de Iguape

Eventos	Eventos Extremos anuais para o posto de Iguape (F4-028)
Anos de 'Chuvoso'	1972, 1976, 1979, 1982, 1989, 1994 e 1999
Anos de 'Muito chuvoso'	1973, 1983, 1986, 1995 e 1996
Total de Eventos	12

Depois da análise pela técnica dos quantis passamos para a padronização dos valores mensais. O gráfico do posto Iguape (Figura 45) nos mostra concentração dos eventos extremos de precipitação mensal na década de 1980, principalmente entre os meses de maio a agosto.

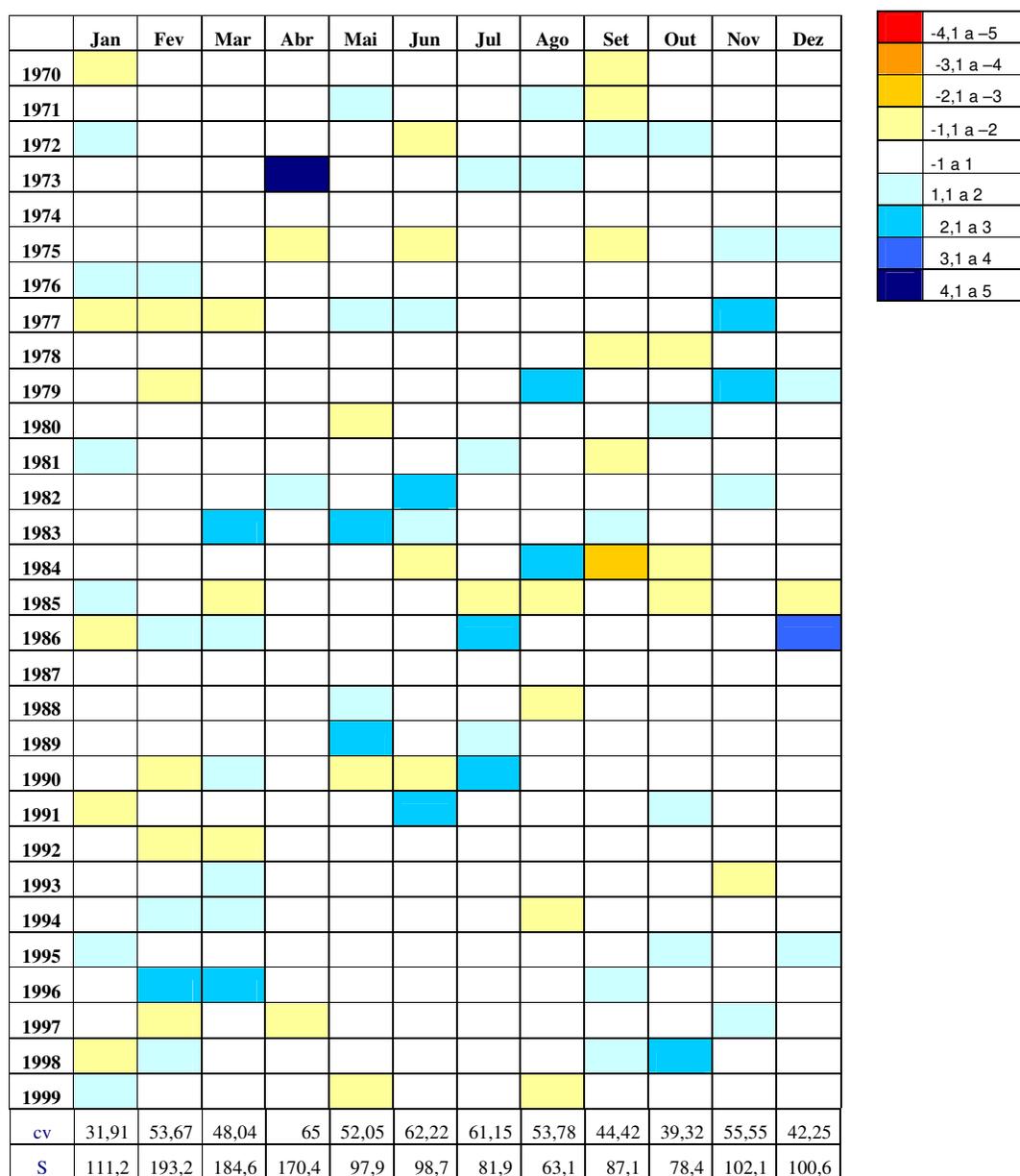


Figura 45. Padronização, coeficiente de variação e desvio padrão mensal para Iguape (F4-028).

Os valores considerados extremos positivos ocorreram mais freqüentemente nos meses de maio a junho na década de 1980 e nos meses de fevereiro e março da década de 1990. Porém, foi no mês de abril de 1973 que aconteceu a ocorrência do episódio de maior intensidade. A variabilidade da precipitação pluviométrica desse mês em setores da Serra do Mar paulista foi foco de atenção de Nunes (1989).

No decorrer das décadas, percebemos diminuição dos eventos extremos negativos, chegando até a década de 1990, quando estes se concentram mais no início do ano.

Os coeficientes de variação mais elevados ocorreram nos meses de abril, junho e julho. Percebe-se que foram nesses meses a maior variação na intensidade dos eventos, principalmente na passagem entre as décadas de 1970 e 1980, quando houve uma diminuição dos eventos positivos e, entre a década de 1980 e a década de 1990, quando também praticamente não houve registro de ocorrências. Ainda, podemos considerar o período de 1982 a 1983 como o mais intenso da série no que diz respeito ao número de eventos extremos mensais.

De acordo com a padronização dos episódios mensais para o posto Iguape elaboramos a Tabela 20, que contém as ocorrências consideradas extremas pelos resultados dessa técnica. Foram registradas cinqüenta e três episódios considerados ‘Chuvoso’ e duas ocorrências classificadas como ‘Muito Chuvoso’.

Tabela 20. Número de eventos extremos mensais para o posto de Iguape pela técnica da padronização

Eventos	Eventos extremos mensais												Total
	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	
Chuvoso	6	5	6	1	5	4	5	4	4	5	5	3	53
Muito chuvoso				1								1	2
Total	6	5	6	2	5	4	5	4	4	5	5	5	55

De nossa análise quantílica mensal (Tabela 21) apreende-se que o mês de abril registrou a maior excepcionalidade positiva (971,8mm) registrada no ano de 1973, coincidindo com o gráfico de padronização para o posto.

Outra comparação interessante entre as duas técnicas refere-se ao grau de anomalia do evento extremo. Na padronização os eventos são identificados em relação à média e ao desvio padrão mensal. Assim, ao observar o gráfico de padronização, inferimos que os meses de fevereiro e março de 1996 apresentaram o mesmo grau de anomalia, o que pode não condizer com a análise feita com emprego da técnica dos quantis.

Tabela 21. Quantis mensais para o posto de Iguape (F4-028).

	Quantis Mensais (mm) - Iguape - Posto Iguape (F4-028)					Máx	Mín
	Muito Seco	Seco	Normal	Chuvoso	Muito Chuvoso		
	0% - 15%	15% - 35%	35% - 65%	65% - 85%	85% - 100%		
Jan	252,1	284,0	375,0	486,4	565,3	565,3	158,3
Fev	148,5	246,1	446,8	549,0	666,0	666,0	54,1
Mar	208,6	304,4	416,4	557,2	882,2	882,2	111,9
Abr	119,2	188,8	291,3	378,5	971,8	971,8	45,7
Mai	111,8	140,3	204,6	293,7	452,6	452,6	61,1
Jun	68,0	98,5	178,1	257,4	380,4	380,4	19,8
Jul	60,8	92,4	144,4	189,1	337,1	337,1	9,2
Ago	60,9	86,0	139,3	175,8	279,1	279,1	22,1
Set	97,3	165,4	243,3	284,8	358,3	358,3	0,0
Out	134,4	163,6	210,1	296,7	388,8	388,8	67,8
Nov	92,8	126,1	190,0	288,1	456,4	456,4	73,1
Dez	167,6	187,7	242,8	297,8	585,2	585,2	42,5

O gráfico que apresenta os eventos ‘Chuvoso’ e ‘Muito chuvoso’ (Figura 46), atesta que o ano de 1983 foi o que apresentou o maior número de anomalias mensais extremas, sendo registrados quatro eventos de cada categoria, ou seja, oito ocorrências mensais extremas. Esta é uma informação que não pode ser visualizada no gráfico de padronização, que mostrou o registro de apenas quatro eventos. Assim, na escala mensal de análise dos eventos extremos nos foi possível tirar um número maior de inferências diretas a partir da técnica dos quantis. Além disso, um observador menos atento poderá tirar conclusões incompletas ao considerar somente os valores padronizados.

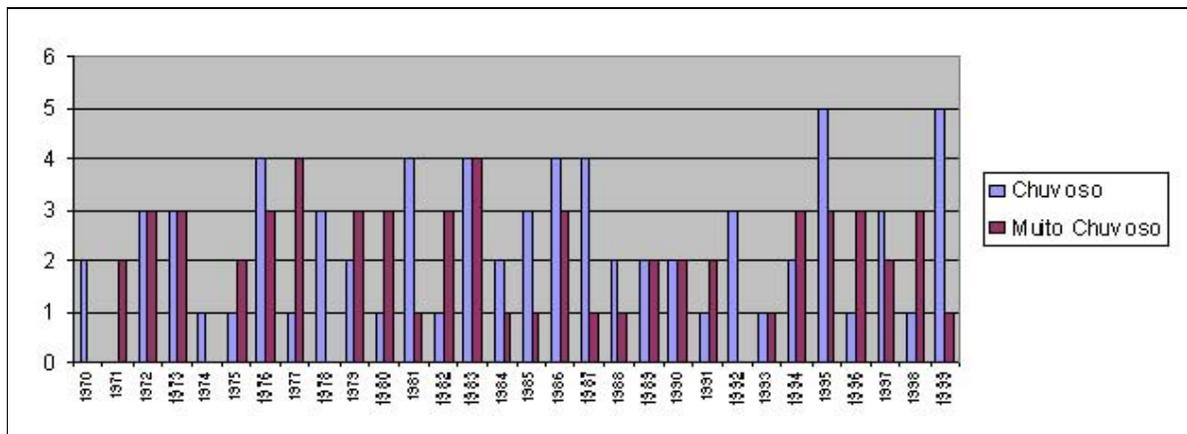


Figura 46 - Frequências de ocorrência de eventos mensais ‘chuvoso’ e ‘muito chuvoso’ para o posto de Iguape pela técnica dos quantis (F4-028).

Por fim, a Figura 47 apresenta os resultados do tempo de retorno mensal para o posto de Iguape. Notamos o maior número de ocorrências com tempo de retorno entre 5 e 10 anos ocorreram nas décadas de 1970 e 1980. Esses eventos se concentraram nos meses de maio a

agosto. Houve pequeno aumento no número de episódios entre essas duas décadas e significativa diminuição entre a década de 1980 e a seguinte.

Considerando a intensidade dos episódios, ocorreu diminuição entre as décadas de 1970 e 1980 daqueles com tempo de retorno de 10 anos. Não obstante, houve aumento dos eventos de magnitude maior ($Tr = 25$ e $Tr = 50$).

Já a década de 1990 concentrou ocorrências entre os meses de fevereiro, março e outubro. Destacamos o mês de maio, que apresentou significativa redução de eventos entre a década de 1970 e as seguintes, chegando a nenhum registro na década de 1990. Observamos o contrário no mês de março, cujos registros passaram de nenhum na década de 1970, para cinco até a década de 1990, apresentando em março de 1996 um episódio de intensidade entre 799,1mm e 910,5mm ($Tr = 25$).

ANO	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
1970												
1971												
1972												
1973												
1974												
1975												
1976												
1977												
1978												
1979												
1980												
1981												
1982												
1983												
1984												
1985												
1986												
1987												
1988												
1989												
1990												
1991												
1992												
1993												
1994												
1995												
1996												
1997												
1998												
1999												
Média	351,7	353,3	377,7	262,1	188,2	158,7	127,3	117,4	196,0	199,3	183,7	238,1
DP	108,5	182,3	176,1	173,3	91,8	100,4	71,6	64,2	88,5	79,7	103,8	102,3
Tr100	748,1	1019,3	1021,1	895,0	523,6	525,5	388,9	351,9	519,4	490,4	562,9	611,8
Tr50	680,1	905,0	910,6	786,4	466,0	462,5	344,0	311,6	463,9	440,4	497,8	547,7
Tr25	611,4	789,6	799,1	676,7	407,9	399,0	298,7	271,0	407,9	390,0	432,1	482,9
Tr10	519,0	634,2	649,1	529,1	329,7	313,4	237,7	216,3	332,4	322,1	343,7	395,7
Tr5	445,7	511,2	530,2	412,1	267,7	245,6	189,3	172,9	272,7	268,3	273,6	326,7

Tr100	
Tr50	
Tr25	
Tr10	
Tr5	

Figura 47. Tempo de retorno o posto de Iguape (F4-028).

4. CONCLUSÕES

No início desta pesquisa discorremos a respeito do conceito e da importância do estudo sistemático e metodológico dos eventos naturais considerados extremos. No Brasil, entre os processos naturais que podem gerar catástrofes, destacam-se os escorregamentos e inundações, entre outros, tendo em comum o fato da chuva ser o mecanismo acionador.

Durante a etapa de consulta bibliográfica voltamos nossa atenção, entre outros aspectos pertinentes para a elaboração desta pesquisa, em técnicas de análise de precipitações intensas, sobretudo no campo das ferramentas estatísticas. Em nossa investigação, esse instrumental nos pareceu imprescindível na análise das precipitações, uma vez que a atmosfera, por sua própria natureza dinâmica, necessita acompanhamento de suas variações, que pode ocorrer com o emprego de análises matemáticas.

Em nosso estudo os parâmetros estatísticos utilizados responderam muito bem a nossa proposta segundo as escalas espaciais e temporais de análise: tanto os parâmetros de tendência central utilizados quanto os de dispersão ou variabilidade apresentaram informações relevantes para as características espaço-temporais da área de estudo e do período avaliado.

O uso da distribuição de frequências nos permitiu a extração de informações fundamentais, como faixas de chuva com maiores ocorrências e vice-versa. Essa técnica é muito utilizada em pesquisas na área da engenharia civil, visando um quadro mais geral da distribuição de chuvas em determinado local. Essa etapa foi sempre acompanhada de um estudo principal, que consistia em outra técnica estatística utilizada em nossa pesquisa: o cálculo de tempo de retorno, de enorme importância para obras de engenharia, fundamentais nos projetos para mitigar problemas relacionados às inundações.

Ainda no campo da estatística, encontramos na literatura vários trabalhos que utilizaram a distribuição normal padrão para o estudo dos fenômenos extremos de chuva em escala anual e mensal. Essa distribuição permite identificar eventos localizados fora da faixa do habitual, sendo assim considerados extremos. Utilizamos, também, a técnica de quantis para a identificação e estudo das anomalias em escala anual e mensal, assim, buscamos comparar as vantagens e desvantagens de cada uma. Concluímos que a técnica dos quantis se mostrou mais adequada aos estudos das anomalias anuais, pois ela tem a capacidade de alocar todos os registros anuais por classes determinadas de acordo com as distribuições de probabilidade, que podem ser determinadas pela conveniência da pesquisa. Uma grande vantagem dessa técnica é ser imune à assimetria na função densidade de probabilidades que

descreve o fenômeno aleatório - neste caso a chuva - o que não ocorre com respeito aos desvios padronizados.

O desvio padrão admite somente uma interpretação simples e segura se a densidade de probabilidade de origem for considerada normal. Essa técnica perde eficiência quando as distribuições são muito assimétricas o que, aliás, costuma ocorrer com grande incidência no caso de variáveis ambientais, como a precipitação.

Entrando na escala mensal de identificação dos eventos extremos, verificamos que a utilização da técnica da padronização dos dados não identificou eventos considerados excepcionais pelas técnicas dos quantis e do tempo de retorno. No entanto, tal técnica apresenta a vantagem da identificação direta do ano e do mês em que determinado evento ocorreu, o que não se pode indicar diretamente por meio dos resultados da técnica dos quantis que, por outro lado, nos permite inferir de maneira direta o mês da ocorrência mais anômala de toda a série, inclusive, a altura pluviométrica atingida.

Outra diferença que podemos destacar entre essas duas técnicas se refere à classificação da intensidade de alguns eventos: enquanto a padronização indicava um episódio como o mais intenso, a técnica dos quantis apontava outro.

Em relação à capacidade de identificação dos eventos, concluímos que as técnicas responderam de maneira muito semelhante em relação aos postos. Todavia, se passarmos a comparar os resultados de cada técnica, veremos que os resultados se diferenciaram bastante para um mesmo posto: enquanto a técnica dos quantis identificou mais de 130 eventos mensais 'extremos' no período de 30 anos, a da padronização identificou em torno de 50 ocorrências por posto. Poderíamos concluir que uma delas subestima e a outra superestima a identificação desses eventos, mas na verdade não é isso o que ocorre, pois existe uma explicação matemática para a grande diferença no total dos eventos extremos mensais apontados por cada uma: a técnica dos quantis considera como faixa de extremo os eventos 'Chuvoso' e 'Muito chuvoso' (Chuvoso: entre $Q(0.65)$ e $Q(0.85) - 20\%$ e 'Muito chuvoso' acima de $Q(0.85) - 15\%$), ou seja, todos aqueles dentro da faixa superior de 35% em um total de 100% de dados. Já a padronização, que reflete a distribuição estatística normal padrão, bastante usada para o cálculo de anomalias em ciências atmosféricas, mostra-nos, pela teoria, que cerca de $2/3$ (68,3%) das ocorrências de um dado evento estão contidos entre os limites de -1 a 1 desvios padrão (s), estando dentro do habitual. Já 95,45% das ocorrências estariam entre $-2s$ a $2s$, e 99,7% dos eventos estariam contidos entre $-3s$ e $3s$, ou seja, os eventos ditos fora da faixa habitual (eventos extremos) constituiriam 31,7% do total dos dados, ou seja, uma faixa menor. Se reduzirmos a faixa considera de 'extremos' da técnica dos quantis,

apenas para o último quadrante (Q (0,85)), ou seja, apenas para os eventos ditos ‘Muito Chuvoso’, os resultados de ambas seriam parecidos.

Discorrendo sobre a análise da técnica do tempo de retorno, concluímos que ela respondeu de maneira muito semelhante à técnica de padronização dos dados. Vale destacar que para alguns meses de certos anos, ocorrências registradas na padronização não foram apontadas na técnica do tempo de retorno e vice-versa. Concluímos que ambas poderiam ser utilizadas em conjunto para melhor exploração e identificação das anomalias mensais. A primeira, como vimos, enxerga o fenômeno das chuvas como uma distribuição teórica padrão. A segunda registra as ocorrências mensais por faixa pluviométrica, identificando a frequência de registro de determinada altura e a probabilidade desse mesmo total voltar a ocorrer. Sendo assim, a técnica do tempo de retorno é mais indicada em estudos cujo objetivo principal recaia sobre os impactos adversos das chuvas, como alagamentos em áreas urbanas, deslizamentos etc.

Foi observado que, de maneira geral, os eventos extremos mensais para o litoral ocorrem em todos os meses do ano e em todas as compartimentações geográficas. As ocorrências de maior magnitude são registradas nos meses de verão e os de menor, nos de inverno, quando o coeficiente de variação da precipitação mensal é maior, caracterizando assim uma variação intraanual mais acentuada.

Quanto aos aspectos relacionados ao clima, em vista dos resultados obtidos na análise de exploração dos dados podemos concluir que existe maior homogeneidade entre as alturas pluviométricas dos postos da repartição sul e repartição norte, sendo o contrário observado na repartição central. Além disso, por meio das técnicas empregadas nessa etapa, os resultados apontam para montantes mais elevados de precipitação na repartição central.

Os resultados da escala decadal, demonstraram que existe maior variabilidade das tendências de mudança nos postos da repartição central e menor variabilidade nos postos da repartição sul, sendo a década de 1980 a mais chuvosa. As maiores médias decadais foram registradas nos postos do setor central e as menores, nos postos da repartição norte, ou seja, em desacordo com o que esperávamos (menores médias na repartição norte). Com relação a esse último aspecto, isso pode ser atribuído pela consideração de postos que estão mais afastados da costa no compartimento norte.

Na escala sazonal, a repartição sul apresentou pouca variação entre as médias dos totais sazonais ao longo das décadas. As outras duas repartições apresentaram variação maior, sobretudo a central. Somente o inverno não apresentou reta de tendência positiva.

Pela espacialização dos resultados, os maiores montantes foram registrados nas áreas litorâneas, tanto no setor central e como nas proximidades de Ubatuba, na repartição norte. As menores precipitações ocorreram no extremo norte e em áreas interioranas do planalto atlântico.

Na escala anual, os anos de 1976, 1983 e 1996 (anos de El Niño) apresentaram os maiores desvios positivos em relação a média histórica, com destaque para a década de 1980, com a ocorrência de seis anos com totais anuais acima da média histórica.

Notamos que os eventos extremos mensais são mais intensos no litoral norte e central e menos no litoral sul. O litoral norte apresentou a maior variabilidade nos volumes pluviométricos de um posto para outro, fator esse que relacionamos à variação mais acentuada do relevo. O contrário foi observado no litoral sul, cuja morfologia, bem mais plana, contribuiu para maior similaridade dos montantes pluviométricos.

Mesmo nos meses de valores de chuva menor, o litoral paulista é indubitavelmente uma área de intensa pluviosidade. Nossa pesquisa sublinha a grande influência das características locais como modeladoras do comportamento da precipitação registrada. Chegamos a essa conclusão observando que, de maneira geral, as alturas pluviométricas do nosso recorte não sofreram mudanças significativas entre as décadas, como podemos atestar verificando os dados das Tabelas 5 e 8. Porém, foram identificadas mudanças pontuais expressivas, registradas nas figuras referentes aos mapas de índice de mudança (Figuras 26a e 26b), com destaque para as áreas próximas a Bertioga e Cubatão, na repartição central.

Sobre nossa hipótese, podemos afirmar que não estaria havendo aumento no número de eventos extremos de precipitação, tanto na escala anual (Tabela 7), quanto na escala mensal, fator confirmado pelo resultado das diferentes técnicas utilizadas. Podemos afirmar que a década de 1980 foi um período quando a ocorrência de eventos extremos anuais e, principalmente, mensais, superou as demais décadas em número de registros e na intensidade desses registros.

5. REFERÊNCIAS CONSULTADAS

AB'SABER, A.N. *Os domínios da Natureza no Brasil*. Ed. Ateliê, São Paulo, 2003.

ALBALA-BERTRAND, J.M. Political economy of large natural disasters: with a special reference to developing countries. New York: Oxford University Press, 259 p, 1993.

ALMEIDA, M.C.J. de; MODESTO, R.P.; NUNES, L.H. Caracterização pluviométrica no município de Ubatuba. In: SIMPÓSIO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA, IV, Porto Alegre. *Anais*. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul. p.148-157, 1991.

ALVARENGA, MM; CARMO, J.C. Alguns problemas de estabilidade de taludes de corte em materiais residuais de rocha gnáissica. In: 2º CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA DE ENGENHARIA, 1:117, 1974.

ARAKI, R. Vulnerabilidade associada a precipitações e fatores antropogênicos no município de Guarujá (SP) – Período de 1965 a 2001. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Universidade Estadual de Campinas. 2007.

CANNON, T. Vulnerability, analysis and the explanation of “natural” disaster. In: VARLEY, A. Disasters development and environment. John Wiley&Sons, p. 13-30, 1994.

CARVALHO, E.T. O Risco geológico em Belo Horizonte-MG. In: 1º SIMPÓSIO LATINO-AMERICANO SOBRE RISCO GEOLÓGICO URBANO. 1:66, 1990.

CRU (Climate Research Unit) - (<http://www.cru.uea.ac.uk/>), acessado em 2007.

CONTI, J.B. *Circulação secundária e efeitos orográficos na gênese das chuvas na região nordeste paulista*. Tese (Doutorado), Série Teses e Monografias, IGEOG-USP: São Paulo, n. 18, 82 p. 1975.

CONTI, J. B. *A Geografia Física e as Relações Sociedade/Natureza no Mundo Tropical*. Ed. Humanitas. São Paulo, 2002.

CHOW, V. T.; MAIDMENT, D. R.; MAYS, L. W. *Applied hidrology*. McGraw- Hill, 572p, 1988.

CHRISTOFOLETTI, A.L.H. Procedimentos de análise utilizados no estudo da precipitação. *Geociências*. São Paulo, vol. 11, n. 1, p. 75-98, 1992.

CMMAD–COMISSÃO MUNDIAL SOBRE MEIO AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO. *Nosso Futuro Comum*. Rio de Janeiro: Fundação Getúlio Vargas, 1988.

CRMG – III CONFERÊNCIA REGIONAL SOBRE MUDANÇAS GLOBAIS: AMÉRICA DO SUL. Caderno de Programa. São Paulo, Novembro, 21p. 2007.

CUNHA, M.A. (coord). *Ocupação de encostas*, Instituto de Pesquisas Tecnológicas, São Paulo, 1991.

CRUZ, O. A Serra do Mar e o Litoral na área de Caraguatatuba - SP. São Paulo, FFLCH-USP, 181p. Tese de Doutorado.1986.

EM-DAT - Emergency Disasters Data Base <www.em-dat.net> (acessado em março de 2007)

FURIAN, S. M. Estudo geomorfológico do escoamento superficial em parcelas experimentais no Parque Estadual da Serra do Mar. Núcleo Cunha / SP. Um esboço metodológico. Dissertação (Mestrado em Geografia). Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas. São Paulo, 1987.

GALINA, M.H. Mudanças climáticas de curto prazo: tendência dos regimes térmicos e hídricos e do balanço hídrico nos municípios de Ribeirão Preto, Campinas e Presidente Prudente (SP) para o período de 1969-2001. Dissertação (Mestrado em Geografia) IGCE – UNESP. Rio Claro, 2002.

GALTON, Francis. "Applications of the method of percentiles to Mr. Yule's data on the distribution of pauperism", *Journal of the Royal Statistical Society* **59**, 392-6 [Stigler 346; not listed by Forrest], 1896.

GERARDI, L. H. de O.; SILVA, B.-C. M. N. *Quantificação em Geografia*. São Paulo: DIFEL, 161p. 1981.

GIBBS, W.J.; and J.V. MAHER. Rainfall deciles as drought indicators. Bureau of Meteorology Bulletin No. 48, Commonwealth of Austrália, Melbourne. 1967.

GONÇALVES, N.M.S., Impactos pluviais e desorganização do espaço urbano em Salvador. In: MONTEIRO, C.A.F.; MENDONÇA, F. (Org) *Clima Urbano*. São Paulo: Contexto,192p, 2003.

HOUGHTON, JT, MEIRA FILHO, LG, CALLANDER, BA, HARRIS N, KATTENBERG, A, MASKELL, A. (EDS.) *IPCC Climate Change 1995 - The science of Climate Change*. Cambridge University Press: Cambridge, 1996.

HOUGHTON, JT., DING, Y, GRIGGS, DJ., NOGUER, M, VAN DER LINDEN, PJ, DAI, X, MASKELL, K, JOHNSON, CA. (eds.) *Climate Change 2001 - The Scientific Basis – contribution of the Work Group I to the Third Assessment Report of the IPCC*. Cambridge University Press: Cambridge, 2001.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE – IPCC Climate change 2001 - The Scientific Basis. Cambridge: Cambridge University Press, 2002.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE – IPCC – Contribution of WGI to the Fourth Assessment Report of the IPCC, 14p, 2007.

INSTITUTO GEOLÓGICO *Carta de risco a movimentos de massa e inundação do município de São Sebastião*. Relatório Final 77, p. + anexos, 1996.

JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY. Synthetic report of the Japanese technical cooperation project for forestry research in São Paulo, Brazil, 555 p, 1986.

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

KUNKEL, K.E.; PIELKE JR, R.A.; CHANGNON, S.A. Temporal Fluctuations in weather and climate extremes that cause economic and human health impacts: a review. *Bulletin of the American Meteorological Society*, v.80, n.6, p.1077-1098, jun. 1999.

MAIA, D.C. Variabilidade climática e a produtividade do milho em espaços paulistas. Dissertação (Mestrado em Geografia) IGCE – UNESP. Rio Claro, 2003.

MODESTO, R.P; NUNES, L.H. Pluviometria e problemas ambientais no município do Guarujá. *Revista do Departamento de Geografia*, São Paulo, n.10, p.59-71, 1996.

MONTEIRO, C.A. de F. Análise rítmica em climatologia – problemas da atualidade climática em São Paulo e achegas para um programa de trabalho. São Paulo, *Climatologia* n.1, 21 p. 1971.

MONTEIRO, C.A. de F. *A dinâmica climática e as chuvas no Estado de São Paulo (estudo geográfico sob a forma de Atlas)*. São Paulo, IGEOG-USP, 129 p, 1973.

MONTEIRO, C.A.de F. *Teoria e Clima Urbano*. São Paulo: IGEOG-USP, 181 p. (Teses e Monografias), 1976.

MONTEIRO, C.A.de F. *Clima e excepcionalismo: conjecturas sobre o desempenho da atmosfera como fenômeno geográfico*. Florianópolis: Ed. da UFSC, 241 p, 1991.

NIMER, E. Análise da dinâmica da precipitação pluviométrica na região serrana do Sudeste – especialmente na Serra das Araras. *Revista Brasileira de Geografia* 33, (3): 53, 1971.

NUNES, L.H. Caracterização pluvial dos totais mensais excepcionais de abril - município de Cubatão – SP. In: ENCONTRO NACIONAL DE ESTUDOS SOBRE O MEIO AMBIENTE, 2, Florianópolis: UFSC Anais... Florianópolis, v.1 - Comunicações p.384-392, 1989.

NUNES, L.H.; MODESTO, R.P.; ALMEIDA, M.C. DE; OGURA, A.T. Estudo de episódios pluviais associados a escorregamentos - Município do Guarujá – SP. In: ENCONTRO NACIONAL DE ESTUDOS SOBRE O MEIO AMBIENTE, 2, Florianópolis: UFSC, v.1, n.1, p.402-408, 1989.

NUNES, L.H. *Impacto pluvial na Serra de Paranapiacaba e Baixada Santista*.126p. Dissertação (Mestrado em Geografia). Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas. Universidade de São Paulo, São Paulo, 1990.

NUNES, L.H.; MODESTO, R.P. Comportamento pluviométrico nos municípios atendidos pelo Plano Preventivo de Defesa Civil – PPDC. *Rev. do Instituto Geológico*, 13 (1): 47-57, 1992.

NUNES, L.H. Relação entre precipitação anual e altimetria no estado de São Paulo. V SIMPÓSIO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA, São Paulo: FFLCH/USP p.407-413, 1993.

NUNES, L.H. Distribuição espaço-temporal da pluviosidade no Estado de São Paulo: tendências, variabilidade, processos intervenientes, Tese (doutorado). EPUSP, Universidade de São Paulo, 1997.

NUNES, L.H. Repercussão do fenômeno El Niño na pluviosidade do Estado de São Paulo. SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA, IV, Rio de Janeiro, CD ROM, 2000.

NUNES, L.H. Repercussões globais, regionais e locais do aquecimento global. *Revista Terra Livre*. São Paulo, Ano 19, vol.1, n. 20, p.101-110, jan/jul. 2003.

NUNES, L.H.; LOMBARDO, M.A. A questão da variabilidade climática: uma reflexão crítica. *Revista do Instituto Geológico*, v.16, n. 1/2, p 21-1, 1995.

NUNES, L.H., de CALBETE, N.O. Variabilidade pluviométrica no Vale do Paraíba Paulista. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA,11, Rio de Janeiro, p. 3987-3994. CD ROM, 2000.

OLIVEIRA, N.; FOGACCIA, C.V.C.; ALMEIDA, R.M.B. Caracterização preliminar das chuvas intensas no Estado de São Paulo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA, X, Brasília. CD- ROM, 1998.

PEREIRA, P.R. e NUNES, L.H. A distribuição das chuvas e os problemas ambientais no município de São Sebastião, Estado de São Paulo, Brasil In: ENCUESTRO DE GEÓGRAFOS DE AMÉRICA LATINA, 6, Buenos Aires, Resúmenes..., Buenos Aires: Universidad de Buenos Aires, p.210, 1997.

PERRELLA, A.C.F.; FERREIRA, M.E. Localização das áreas de inundação em São José dos Campos – SP e espacialização da precipitação no Vale do Paraíba e áreas do litoral paulista, como subsídio ao planejamento urbano. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA, IV, Rio de Janeiro. CD ROM, 2000.

PHILANDER, S. G. Weather, the music of our sphere. In: *Is the temperature rising? The uncertain science of global change*, p. 106-124, 1998.

PINKAYAN, S. Conditional probabilities of occurrence of wet and dry years over a large continental area. Boulder-CO: Colorado State University, (Hidrology Papers, 12), 1966.

RIBEIRO, W.C. *A Ordem Ambiental Internacional*. São Paulo: Contexto, 176 p, 2005.

ROSEGHINI, W.F.F. *Ocorrência de eventos climáticos extremos e sua repercussão sócio-ambiental no litoral norte paulista*. Dissertação (mestrado). UNESP, 2007.

ROY, S. S. BALLING Jr, R.C. Trends in extreme daily precipitation indices in India. *International Journal of Climatology*, V. 24, n. 4, p. 457-466. 2004.

SANT'ANNA NETO, J.L. A tendência da pluviosidade no estado de São Paulo no período de 1941 a 1993. *Boletim Climatológico*, ano 2, n.3, p.254-259, jul.1997.

SANTORO, E.; CUNHA, M.A. Estudos geológicos geotécnicos para consolidação de uma ferrovia localizada na Serra de Cubatão-SP. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA DE ENGENHARIA, 1:371, 1974.

SANTOS, M. A natureza *do espaço*; técnica e tempo, razão e emoção. São Paulo, Hucitec, 308p, 1996.

SAREWITZ, D. et al. WORKSHOP: EXTREME EVENTS DEVELOPING A RESEARCH AGENDA FOR THE 21ST CENTURY. Bolder, Disponível em <<http://www.esig.ucar.edu/extremes/>>, 2000.

SENTELHAS, P.C.; CAMARGO, A. P.; CAMARGO, M. B. P.; ALFONSI, R. R. Um século de desmatamento: efeitos no regime térmico, pluvial e no balanço hídrico em Campinas, SP. *Revista Brasileira de Agrometeorologia*, Santa Maria, v.2, p.99-103, 1994.

SETZER, J. Chuvas de intensidade máxima no Estado de São Paulo. *Revista DAE*, São Paulo, v.33, n.93, p.52-59, 1973.

SILVA DIAS, P.L., P ETCHICHURY, J. SCOLAR, A. J. PEREIRA FILHO, P. SATYAMURTY, M.A. F. SILVA DIAS, I. GRAMMELSBACHER, E. GRAMMELSBACHER: As chuvas de março de 1991 na região de São Paulo, *Climanálise*, 6-5, 44-59, 1991.

SOUSA JR, S.B. de SATYAMURTY, P.; NUNES, L.H., SOUZA, A.J. da S. Chuva intensa no setor sul do sudeste brasileiro: o caso de 1967 em Caraguatatuba. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 15, Aracaju, SE, 5p. (CD Rom), 2007.

SOUSA JR, S.B. de.; NUNES, L.H., SATYAMURTY, P. Precipitação intensa no setor central da Serra do Mar: o caso de Cubatão no dia 06 de fevereiro de 1994. II SIBRADEN – Simpósio Brasileiro de Desastres Naturais e Tecnológicos, Santos, CD Rom, 10 p, 2007.

STERN, N. The Economics of Climate Change. Internet publication by HM Treasury: <http://www.hm-independent_reviews/stern_review_economics_climate_change/stern_review_report.cfm> 2006.

TATIZANA, C. Análise de correlação entre chuvas e escorregamentos – Serra do Mar, município de Cubatão. In: 5º CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA DE ENGENHARIA, 1987.

TOBIN, G.A, MONTZ, B.E. Natural hazards - explanation and integration. New York: The Guilford Press, 388p, 1997.

TRIOLA, M.F. Introdução à Estatística. Trad. Alfredo Alves de Faria e Ver. Técnica Eliana Farias e Soares. 7 ed. Rio de Janeiro: Livros técnicos e Científicos. 410 p, 1988.

VICENTE, A. K. Eventos extremos de precipitação na Região Metropolitana de Campinas. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Universidade Estadual de Campinas, 2005.

VICENTE, A.K e NUNES, L.H. A influência do El Niño Oscilação Sul na precipitação da Região Metropolitana de Campinas-SP. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA, XI - Geografia, tecnociência, sociedade e natureza, 2005, São Paulo, SP. Anais.São Paulo:USP, p. 1192-1200, 2005.

XAVIER, T. M. B. Tempo de Chuva. Estudos Climáticos e de Previsão para o Ceará e Nordeste do Brasil, 476p. 2001.

XAVIER,T.M.B.; XAVIER, A.F.S, ALVES, J.M.B. Quantis e eventos extremos. Aplicações em ciências da terra e ambientais. 2007.

WEISS, L.L. A nomogram based on the Theory of Extreme Values for determining values for various return periods. *Monthly weather review*. Washington: US Department of commerce. v.83, n.3, p.69-71, 1955.