

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

“Júlio de Mesquita Filho”

Campus Experimental de Ourinhos

DEBORAH FERNANDA SANTANA DA SILVA

**VARIABILIDADE DA PRECIPITAÇÃO PLUVIAL NA UNIDADE DE GERENCIAMENTO DE
RECURSOS HÍDRICOS DO RIO PARDO (UGRHI-4)**

Ourinhos – SP

Junho/2014.

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

“Júlio de Mesquita Filho”

Campus Experimental de Ourinhos

VARIABILIDADE DA PRECIPITAÇÃO PLUVIAL NA UNIDADE DE GERENCIAMENTO DE
RECURSOS HÍDRICOS DO RIO PARDO (UGRHI-4)

Deborah Fernanda Santana da Silva

*Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à banca
examinadora para obtenção do título de Bacharel em
Geografia pela Unesp – Campus Experimental de
Ourinhos.*

Orientador: Prof. Dr. Jonas Teixeira Nery

Ourinhos – SP

Junho/2014

Banca examinadora

Prof. Dr. Jonas Teixeira Nery (Orientador)

Prof. Dr. Edson Luís Pirolí

Prof^ª. Dr^ª. Ana Claudia Carfan

Agradecimentos

Agradeço aos meus pais Aluisio e Anair, pelo apoio e amor incondicionais desde sempre.

Aos meus irmãos Amanda e Aluisio Filho, o “Luizinho”.

Agradeço ao Cristiano Gimenez.

Ao meu orientador Dr. Jonas Teixeira Nery.

Aos professores que gentilmente participaram da banca examinadora, Prof. Dr. Edson Luís Piroli e Prof^a. Dr^a Ana Claudia Carfan.

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP).

RESUMO:

A chuva é uma variável climática que exerce influência, tanto no meio físico quanto no meio social. Desta maneira, estudar a sua variabilidade espacial e temporal é imprescindível. O objetivo deste trabalho foi analisar a variabilidade da precipitação pluvial na Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos do rio Pardo (UGRHI-4), localizada na porção nordeste do estado de São Paulo. Foram utilizadas 41 séries pluviométricas (de 1976 a 2010) obtidas a partir da Agência Nacional de Águas (ANA). Após as séries pluviométricas serem homogeneizadas, foram feitas estatísticas descritivas tais como a média e o desvio padrão e, em seguida, foram calculadas as anomalias de chuva e índices de anomalia de chuva (IAC), bem como o tempo de retorno de precipitações máximas, máximos diários de chuva e total de dias com chuva. O índice de concentração diária de precipitação (CI) foi calculado para intervalos de 1 e 5 mm. Notou-se que há expressiva variabilidade da precipitação, mesmo a bacia sendo relativamente pequena.

Palavras-chave: variabilidade, UGRHI-4, índice de concentração, precipitação, anomalias.

ABSTRACT:

Rainfall is a climatic variable which exercises influence both in the physical environment as well as in the social environment. Thus, studying its spatial and temporal variability is essential. The aim of this study was to analyze the variability of rainfall in the Unit Water Resources Management of the Pardo River (UGRHI-4), situated in the northeastern portion in the state of São Paulo. 41 pluviometric series (1976-2010) obtained from the National Water Agency (ANA) have been used. The pluviometric series were homogenized, then the descriptive statistics, rainfall anomaly indexes, the return period of maximum precipitation, daily maximum of precipitation and total days with precipitation for each year have been calculated. The precipitation concentration index (CI) was calculated for intervals of 1 and 5 mm. It was noted that there is significant variability of precipitation even the basin is relatively small.

Key-words: variability, UGRHI-4, concentration index, rainfall, anomalies.

SUMÁRIO

1 - Introdução e Justificativa	10
2 - Objetivos	13
2.1 - Objetivo principal	13
2.2 - Objetivos específicos	13
3 - Fundamentação teórica	14
3.1 - Caracterização da área de estudo	14
3.2 - Consistência dos dados	19
3.3 - Estatística descritiva	20
3.4 – Geoestatística	21
3.5 - El Niño-Oscilação Sul (ENOS)	22
3.6 - Anomalias de chuva	23
3.7 - Índice de Anomalia de Chuva (IAC) e Porcentagem Normal (PN)	23
3.8 - Tempo de Retorno	24
3.9 - Máximos de chuva	25
3.10 - Total de dias com chuva	26
3.11 - Índice de Concentração de chuva –IC (Concentration Index - CI)	26
4 – Procedimentos metodológicos	29
4.1 - Coleta e tratamento dos dados	29
4.2 - Consistência dos dados no <i>software</i> R (Climatol):	31
4.3 - Cálculos estatísticos e interpolação dos dados:	32
4.4 - Anomalias de chuva	33
4.5 – Análise multivariada	33
4.6 – Índice de Anomalia de Chuva	34
4.7 – Máximos de chuva	35
4.8 – Total de dias com chuva	35
4.9 – Tempo de retorno	35
4.10 – Índice de Concentração de chuva	35
5 - Resultados e discussão	36
5.1 - Consistência dos dados	36
5.2 - Estatísticas descritivas	36
5.3 - Resultados das anomalias de chuva	40
5.4 - Espacialização das anomalias	45
5.6 - Resultados dos cálculos do período de retorno	51
5.7 - Total de dias com chuva	53
5.8– Máximos diários de chuva	60
5.9 - Resultados dos cálculos de índice de concentração de chuva	63

6 - Considerações Finais.....	66
7 - Referências.....	67

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Localização da Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos do Pardo.....	14
Figura 2: Bacia hidrográfica do rio Pardo.	16
Figura 3: Localização dos tipos climáticos na UGRHI-4.	17
Figura 4: Municípios com ocorrência de enchentes e inundações na UGRHI-4. Elaborado por autora.....	18
Figura 5: Intensidade dos eventos El Niño e La Niña no período de 1976 a 2010.	23
Figura 6: Curva de concentração ou de Lorenz da Estação Fazenda Conquista, Sales Oliveira - SP (1976-2010).	28
Figura 7: Localização das estações pluviométricas utilizadas para o estudo.....	31
Figura 8: Estações pluviométricas agrupadas para homogeneização das séries de dados..	32
Figura 9: Série de dados homogeneizados, no período de 1976 a 2010.	32
Figura 10: Dendrograma gerado a partir do software Statistica 7 determinando áreas homogêneas.	34
Figura 11: Média de precipitação para cada ano estudado (de 1976 a 2010).....	37
Figura 12: Média de precipitação pluvial na UGRHI-4, considerando o período entre 1976 e 2010.	37
Figura 13: Dispersão dos dados em torno da média.	38
Figura 14: Máximos de precipitação registrados na UGRHI entre 1976 e 2010.	38
Figura 15: Mínimos de precipitação pluvial durante os 35 anos estudados.	39
Figura 16: Variabilidade da chuva na UGRHI-4, medida através do cálculo de coeficiente de variação.	39
Figura 17: Amplitude dos 35 anos estudados.	40
Figura 18: Média de anomalias de chuva de 1976 a 2010.	41
Figura 19: Áreas homogêneas (grupos) geradas com base na análise multivariada.	42
Figura 20: Média de anomalias de chuva da área homogênea “Grupo I”.....	43
Figura 21: Média de anomalias de chuva da área homogênea “Grupo II”.....	44
Figura 22: Média de anomalias de chuva da área homogênea “Grupo III”.	45
Figura 23: Distribuição espacial da anomalia de chuva em 1982.	46
Figura 24: Distribuição espacial da anomalia de chuva em 1983.	47
Figura 25: Distribuição espacial da anomalia de chuva em 1991.	47

Figura 26: Distribuição espacial da anomalia de chuva em 1993.	48
Figura 27: Distribuição espacial da anomalia de chuva em 1998.	48
Figura 28: Distribuição espacial da anomalia de chuva em 2003.	49
Figura 29: Distribuição espacial da anomalia de chuva em 2010.	49
Figura 30: Precipitações máximas esperadas para o período de retorno (TR) de 6 anos na UGRHI-4.	51
Figura 31: Período de retorno (TR) de 12 anos na UGRHI-4.	52
Figura 32: Precipitações máximas esperadas para o período de retorno (TR) de 18 anos. ...	52
Figura 33: Precipitações máximas esperadas para o período de retorno (TR) de 36 anos. ...	53
Figura 34: Número de dias com chuva em 1976 na UGRHI-4.	54
Figura 35: Número de dias com chuva em 1983 na UGRHI-4.	54
Figura 36: Número de dias com chuva em 1986.	55
Figura 37: Número de dias com chuva em 1988 na UGRHI-4.	55
Figura 38: Número de dias com chuva em 1990.	56
Figura 39: Número de dias com chuva em 1992.	56
Figura 40: Número de dias com chuva em 1993.	57
Figura 41: Número de dias com chuva em 1997 na UGRHI-4.	57
Figura 42: Número de dias com chuva no ano de 2000.	58
Figura 43: Número de dias com chuva em 2001 na UGRHI-4.	58
Figura 44: Número de dias com chuva em 2007.	59
Figura 45: Número de dias com chuva em 2009.	60
Figura 46: Valores máximos diários em 1976.	60
Figura 47: Valores máximos diários em 1982.	61
Figura 48: Valores máximos diários em 1983.	61
Figura 49: Valores máximos diários em 1991.	62
Figura 50: Valores máximos diários em 1997.	62
Figura 51: Índice de concentração diária da precipitação na UGRHI-4 (1 mm).	64
Figura 52: Índice de concentração diária da precipitação na UGRHI-4 (5 mm).	65

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1: Tipos climáticos na UGRHI-4.	17
Tabela 2: Identificação e localização dos 60 postos pluviométricos da UGRHI-4.	29
Tabela 3: Identificação e localização dos 41 postos pluviométricos da UGRHI-4.	30
Tabela 4: Classificação do Índice de Anomalia de Precipitação (IAC).	34
Tabela 5: Classificação do Índice de Porcentagem Normal.	35
Tabela 6: Estatísticas descritivas aplicadas para análise da precipitação pluvial (mm) incidente sobre a UGRHI-4, durante o período total.	36
Tabela 7: Anomalia média para cada ano estudado.	40
Tabela 8: Classificação do Índice de Anomalia de Precipitação (IAC) na UGRHI-4.	50
Tabela 9: Classificação do Índice de Porcentagem Normal na UGRHI-4.	51
Tabela 10: Coordenadas geográficas e o valor do Índice de Concentração (de 1 e 5 mm) das 41 estações da UGRHI-4 no período de 1976-2010	63

1 - Introdução e Justificativa

A precipitação pluvial é uma variável climática que influencia o meio físico, a agricultura, a economia e consequentemente o meio social. A chuva é um componente do ciclo hidrológico fundamental para as bacias hidrográficas e é importante, inclusive, para a manutenção do clima na Terra.

No Brasil o estudo da chuva torna-se bastante complexo devido à dimensão continental do país. Dividido em cinco regiões, o território brasileiro possui diversos sistemas dinâmicos atuantes. A distribuição espacial da chuva se modifica em cada região.

Para Mendonça e Oliveira (2007, p. 146) “a distribuição e a variabilidade das chuvas no Brasil estão associadas à atuação e à sazonalidade dos sistemas convectivos de macro e mesoescala. Isso explica as diferenças dos regimes pluviométricos encontrados no país, com tipos chuvosos, semiáridos, tropicais e subtropicais”. Essa distribuição pode ainda sofrer interferências de outros fenômenos climáticos em escala global ou local.

Os episódios de El Niño e La Niña apresentam impactos sobre a precipitação no Brasil, estando a região Sul e Sudeste entre as regiões mais afetadas. O El Niño – Oscilação Sul (ENOS) é um fenômeno global resultado de uma forte conexão entre o sistema oceano – atmosfera, no oceano pacífico Equatorial e Tropical.

Segundo Cunha et al. (2001 *apud* SOUSA, 2006), a variação da temperatura das águas, na parte central e junto à costa oeste da América do Sul, em associação com os campos de pressão (representados pelo Índice de Oscilação Sul), alteram o padrão de circulação geral da atmosfera, assim influenciam o clima global.

A Zona de Convergência do Atlântico Sul ou a Zona de Convergência de Umidade, os aquecimentos locais, os sistemas frontais provenientes do extremo sul da América do Sul, são alguns outros eventos, em diferentes escalas que atuam sobre o regime de precipitação no país.

A distribuição das chuvas no estado de São Paulo, por sua vez, está associada ao domínio das massas tropicais (Continental e Marítima) e polares, com correntes de sul e leste; à disposição do relevo e à proximidade ou não do mar.

MONTEIRO (1973) e SANT'ANNA NETO (1995) citados no relatório Zero do Instituto de Pesquisas Tecnológicas - IPT (2000, p. 60) mostram que cerca de 70 a 80 % das chuvas no estado de São Paulo são originadas dos sistemas extratropicais, através da Frente Polar Atlântica.

É importante entender não só a chuva em si, com sua irregularidade espacial e temporal, mas toda a sua complexidade. Para um estudo eminentemente geográfico é indispensável a compreensão desde como a precipitação pluvial acontece até como ela interfere na vida do homem e como este interfere nas dinâmicas que a causam, ou seja, é necessário tratar os processos de forma holística e não de forma isolada.

Ao se tratar da variabilidade da precipitação, fica evidente que essa variabilidade está associada à vida humana, já que toda atividade humana é condicionada pelo clima. De acordo com Diamond (1997 *apud* TUCCI; BRAGA, 2003, p. 2), a história tem mostrado que o clima é um condicionante fundamental no desenvolvimento das populações em diferentes partes do globo.

A variabilidade climática pode produzir impactos significativos no desenvolvimento das cidades, conseqüentemente sobre as populações. Entretanto as cidades pouco ou nada se preparam para os impactos produzidos pelo clima. Conforme Monteiro:

[...] é sabido que, por diversos motivos, das mais variadas naturezas, as cidades e áreas metropolitanas brasileiras apresentam deficiências congênicas e crônicas: crescem em proporção inversa à capacidade administrativa de planejá-las e dotá-las de infraestrutura (MONTEIRO, 2003, p. 56).

O fato de as cidades crescerem desproporcionalmente à capacidade do planejamento acrescido da irregularidade espacial e temporal das precipitações pluviais pode ocasionar consequências catastróficas, tais como inundações, deslizamentos e secas, com grandes perdas às populações afetadas, prejuízos ecológicos, sociais e econômicos.

[...] eventos extremos como inundações ou enchentes estão frequentemente ligadas a valores de chuva com probabilidade acumulada de ocorrência superiores a 90 ou 95 % sendo, portanto, ultrapassadas em apenas 10 ou 5 % dos casos. Por outro lado, eventos como a seca, estão entre outros fatores, associados a valores de precipitação pluvial com baixa frequência acumulada de ocorrência (BRUNINI et al, 2009).

Sob este sentido, uma das características das precipitações pluviais é a possibilidade de ocorrerem valores extremos, excepcionais ou anômalos. “Eventos raros ou extremos têm grande relevância na Climatologia e Hidrologia e suas estimativas probabilísticas são imprescindíveis para o planejamento e desenvolvimento das atividades sujeitas a seus efeitos adversos, especialmente estruturas de engenharia civil e agricultura” (SANSIGOLO, 2008, p. 341).

São vários os fatores que intervêm nesses extremos climáticos, embora estes sejam de ordem natural, a ação antrópica causa interferências devido ao tratamento incorreto dos recursos naturais, que altera o ambiente local, retirando a vegetação natural, pavimentando

as ruas, entre outros, aumentando assim as vulnerabilidades, deixando a sociedade mais suscetível a desastres e é sabido que:

As consequências dos desastres naturais não são sentidas igualmente por todos. Pobres, minorias, mulheres, crianças e idosos são frequentemente os mais afetados em desastres naturais em todo o planeta. Ademais, a exposição e vulnerabilidade a desastres representam um fator importante no recrudescimento da vulnerabilidade sociodemográfica de indivíduos e populações (AVISO, 2005; DILLEY et al. 2005 apud BRAGA, T. M. et al. 2006, p. 2).

É importante conhecer quais são as variáveis climáticas, sistemas atuantes e mecanismos atmosféricos que atuam em uma bacia hidrográfica, já que esta é a unidade que foi adotada pela Lei Federal nº 9.433, de janeiro de 1997 como unidade territorial para implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos e atuação do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos.

Um dos objetivos desta lei é a prevenção e a defesa contra eventos hidrológicos críticos de origem natural ou decorrentes de uso inadequado dos recursos naturais.

Mello et al. (1994) apontam que as questões relacionadas ao impacto ambiental decorrente de chuvas intensas têm sido motivo de grande preocupação para técnicos e administradores ligados ao planejamento e a ocupação do espaço geográfico, seja ele rural ou urbano. Portanto, caracterizar a precipitação, tanto temporal quanto espacialmente é importante para contribuir no planejamento e gestão dos recursos hídricos, para apoiar o serviço público, a defesa civil e principalmente os técnicos de dimensionamento de obras hidráulicas, procurando sempre a melhoria na qualidade de vida de toda a população.

2 - Objetivos

2.1 - Objetivo principal

O objetivo principal deste trabalho foi analisar a distribuição espaço-temporal das chuvas na Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos do Pardo (UGRHI-4), no período compreendido entre 1976 e 2010.

2.2 - Objetivos específicos

- Realizar o cálculo e a análise de parâmetros estatísticos (média, desvio padrão, amplitude, máximo, mínimo e coeficiente de variação) da chuva.
- Realizar cálculos de anomalias de chuva e de índices de anomalia de chuva.
- Calcular o período de retorno de precipitações máximas.
- Avaliar o número de dias com chuva para anos de eventos El Niño-Oscilação Sul.
- Calcular as precipitações máximas diárias para anos de eventos El Niño-Oscilação Sul (fase quente).

Quantificar a irregularidade pluviométrica à escala diária por meio do Índice de Concentração.

3 - Fundamentação teórica

3.1 - Caracterização da área de estudo

Esta pesquisa tem como área de estudo a Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos do rio Pardo (UGRHI-4), definida pela Lei Estadual nº 9.034 de 27 de dezembro de 1994. Localiza-se na porção nordeste do estado de São Paulo (Figura 1).

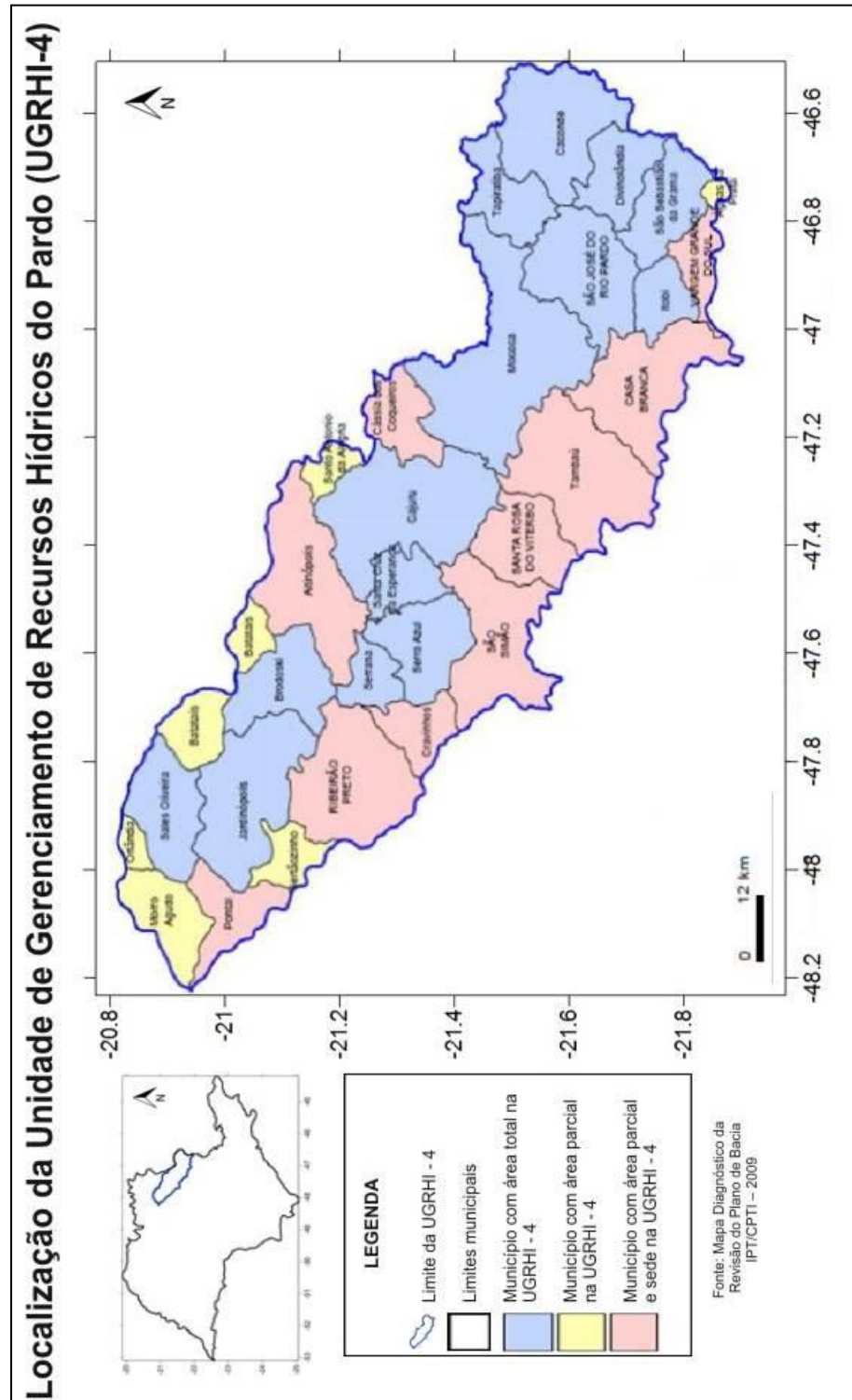


Figura 1: Localização da Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos do Pardo.
Fonte: Relatório Um (IPT, 2000). Elaborado por autora.

Limita-se ao norte com a UGRHI-8 (Sapucai/Grande), a nordeste com a UGRHI-12 (Baixo Pardo/Grande), a sudoeste com a UGRHI-9 (Rio Mogi-Guaçu) e a leste-sudoeste com o estado de Minas Gerais (IPT, 2000, p. 6).

Conforme o Relatório Zero IPT (2000), possui área total de 8.991,02 km² na qual estão situados 23 municípios. Destes, 12 estão totalmente dentro da bacia, 11 tem partes de suas áreas em UGRHI adjacentes e 7 municípios possuem sede em outra UGRHI, mas com parte da sua área na UGRHI-4. Em termos de uso do solo há o predomínio de pastagens e atividades agrícolas.

Segundo o relatório Zero IPT (2000), a UGRHI-4 é definida pela bacia hidrográfica do rio Pardo e seus tributários, a montante da foz do rio Mogi-Guaçu. Os recursos hídricos da região incluem mananciais superficiais (rio Pardo e seus afluentes) e subterrâneos (Sistema Aquífero Guarani), Figura 2.

Estão situados na UGRHI-4 os eixos das barragens formadoras dos reservatórios das Usinas Hidrelétricas (UHEs) de Euclides da Cunha e Armando S. Oliveira e o reservatório (denominado Graminha) da UHE de Caconde, todos implantados ao longo do rio Pardo; os três reservatórios estão voltados para geração hidrelétrica, controle de cheias, lazer e piscicultura (relatório Zero IPT, 2000).

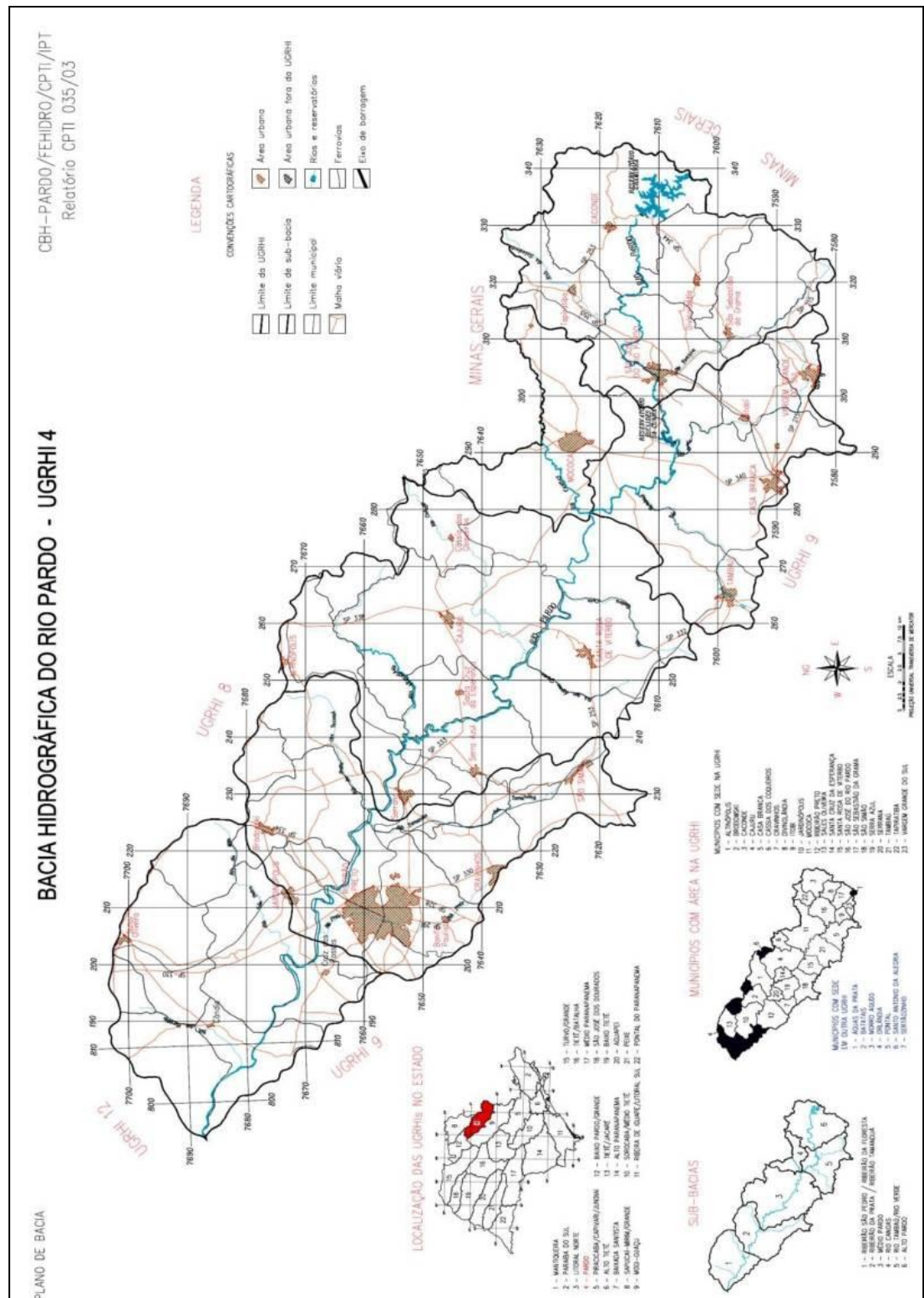


Figura 2: Bacia hidrográfica do rio Pardo.

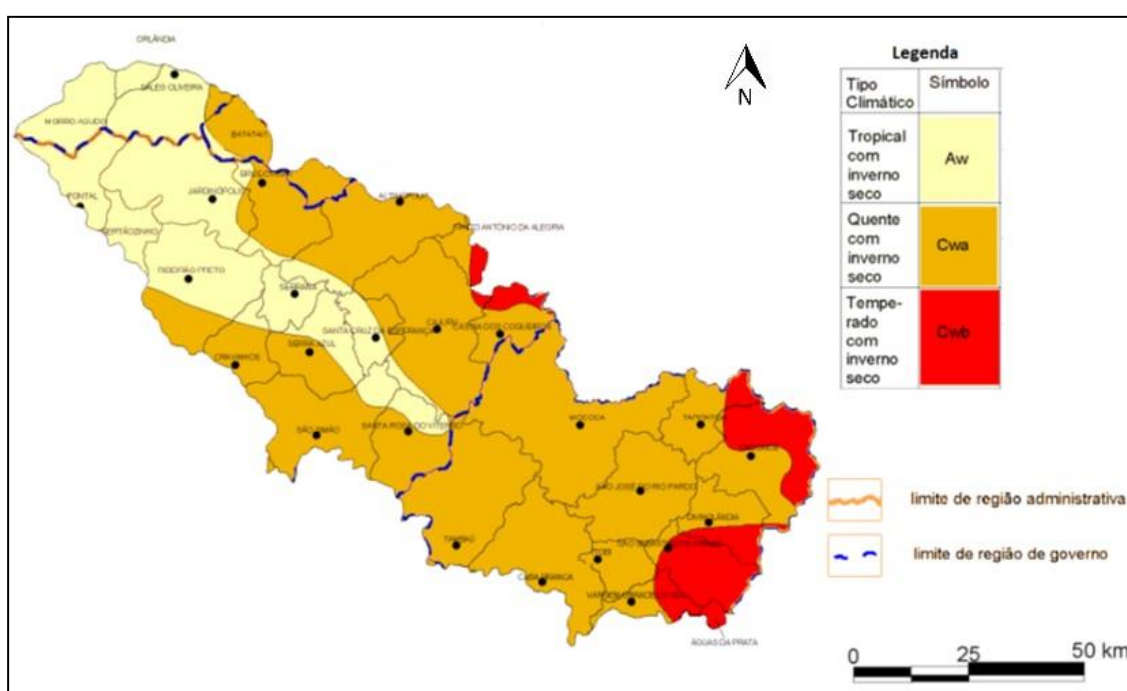
Fonte: Sistema Integrado de Gerenciamento de Recursos Hídricos de São Paulo (SIGRH).

No que tange ao clima, de acordo com o Atlas Climático e Ecológico do estado de São Paulo (Setzer, 1966), há o predomínio do tipo Cwa, com áreas de Aw e limitadas ocorrências do Cwb. As características de cada tipo climático e a respectiva área de abrangência podem ser visualizadas na Tabela 1 e a espacialização pode ser observada pela Figura 3.

Tabela 1: Tipos climáticos na UGRHI-4.

Símbolo	Tipo Climático	Total de chuva no Período seco (mm)	Temperatura média (°C) no mês mais quente	Temperatura média (°C) no mês mais frio	Municípios
Aw	Tropical com inverno seco	Menos de 30 mm	Acima de 22 °C	Acima de 18°C	Sales de Oliveira, Jardinópolis
Cwa	Quente com inverno seco	Menos de 30 mm	Acima de 22 °C	Abaixo de 18°C	Porção oeste, estendendo-se por uma faixa alongada no limite com a (UGRHI-8)
Cwb	Temperado com inverno seco	Menos de 30 mm	Abaixo de 22 °C	Abaixo de 18°C	Caconde e Divinolândia

Fonte: IPT (2000). Organizado por autora.

**Figura 3:** Localização dos tipos climáticos na UGRHI-4.

Fonte: IPT (2000). Adaptado por autora.

Com base nos relatórios de situação da bacia publicados no Sistema Integrado de Gerenciamento de Recursos Hídricos de São Paulo e em pesquisas em jornais antigos e planos diretores, pode-se apreender as áreas da bacia onde ocorrem cheias, inundações, ou alagamentos esporádicos devido a episódios de chuvas consideradas fortes. A maior parte dos municípios que possuem problemas em relação a isto está situada quase inteiramente na parte leste da bacia, o restante em núcleos na porção oeste, Figura 4.

Os municípios são Sales Oliveira, Jardinópolis, Ribeirão Preto, Serrana, Cravinhos, Mococa, Casa Branca, Itobi, São José do Rio Pardo, Tapiratiba, Caconde e Divinolândia.

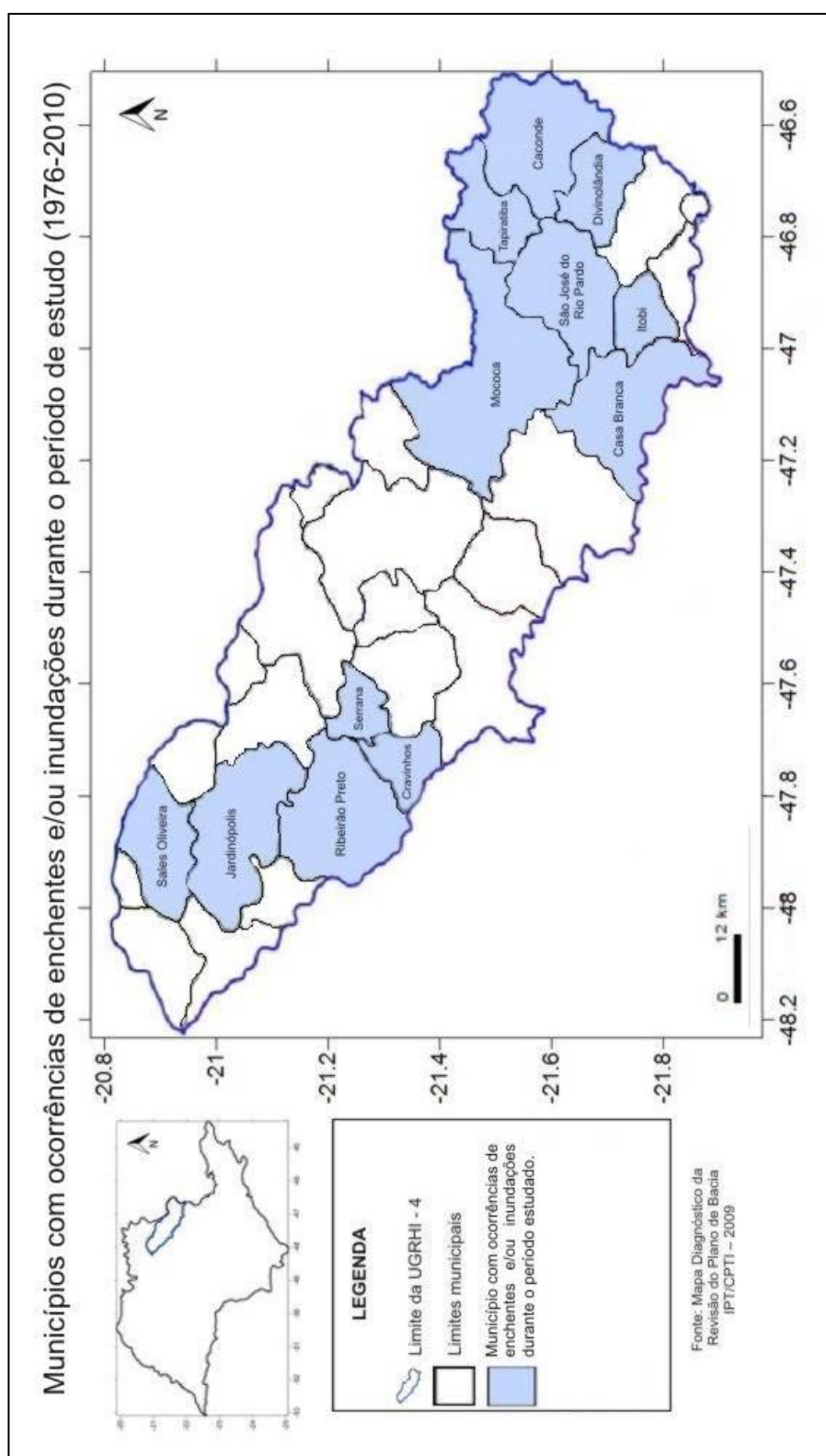


Figura 4: Municípios com ocorrência de enchentes e inundações na UGRHI-4. Elaborado por autora.

A UGRHI-4 tem, aproximadamente, 1 milhão de habitantes. Segundo o relatório Um (IPT, 2006), a população residente na bacia está exposta a um alto nível de vulnerabilidade, mais de 1/3 dos residentes possuem carências sociais extremamente elevadas. Possui 28,3 % da população inserida no grupo 5 (vulnerabilidade alta) do Índice Paulista de Vulnerabilidade Social (IPVS).

Este índice foi criado no ano 2000 e é baseado em duas conjecturas: que as múltiplas dimensões da pobreza precisam ser consideradas em um estudo sobre vulnerabilidade social e que a segregação espacial é um fenômeno presente nos centros urbanos paulistas e que contribui decisivamente para a permanência dos padrões de desigualdade social que os caracteriza.

O índice usou procedimentos para identificar áreas segundo os graus de vulnerabilidade de sua população residente, gerando um instrumento de definição de áreas prioritárias para o direcionamento de políticas públicas, em especial as de combate à pobreza. O IPVS varia numa escala que vai de 1 (nenhuma vulnerabilidade) a 6 (vulnerabilidade muito alta).

Desta maneira, é de interesse efetuar diversas análises sobre a precipitação pluvial na Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos do Rio Pardo, considerando-se que grande parte da população da bacia está exposta a um alto nível de vulnerabilidade e que dos 23 municípios componentes da bacia, 12 possuem problemas com inundações, enchentes e erosão do solo.

3.2 - Consistência dos dados

Melo Neto (2007a) afirma que vem crescendo nos últimos anos o número e a diversidade de estudos que abordam a inter-relação entre o clima e as bacias hidrográficas, tendo como componente principal a precipitação pluvial. Explicita que um dos problemas encontrados para realização de trabalhos direcionados a esta temática é a falta de dados contínuos nas estações pluviométricas a serem analisadas.

Além dessas falhas, pode-se observar a falta de homogeneidade das séries. Segundo Nery (1997), as principais causas de heterogeneidade podem ser: a mudança do aparelho (a estação continua com o mesmo nome, mas o aparelho acompanha o observador nas mudanças de residência. Geralmente são mudanças pequenas, mas em um país de relevo muito diferenciado pode ocasionar grandes mudanças nas medições); o crescimento de árvores na proximidade da estação; a mudança na altura do instrumento (entre um instrumento localizado a 120 cm do solo e outro ao nível do solo, os valores podem variar em 50 %); defeitos de calibração do instrumento; erros de medição ou de gravação e até mesmo erro de publicação.

Entretanto, nos dias atuais, é possível lidar melhor com essas falhas e falta de homogeneidade. Erros são inerentes a qualquer atividade medida. Segundo Guijarro (2004, p. 493, tradução nossa), a correção de erros e heterogeneidade nas séries climatológicas é tão antiga quanto a própria Climatologia, mas atualmente, graças aos computadores, é

possível reconstruir séries climatológicas completas mediante a estimativa de dados faltantes.

Para a detecção de erros, de comportamentos anômalos e preenchimento de dados faltantes neste trabalho, utilizou-se o *software* livre e multiplataforma (que pode ser utilizado em diferentes sistemas operacionais) denominado *R*:

R é uma linguagem e ambiente para computação estatística e para gráficos. Trata-se de um conjunto integrado de facilidades de programas para manipulação de dados, cálculo e visualização gráfica. É um projeto disponível como “Software Livre” sob os termos da Licença Pública Geral (GNU) da *Free Software Foundation* na forma de código fonte, ou seja, um projeto com o objetivo de criar um sistema computacional totalmente livre, que qualquer pessoa teria direito de usar, modificar e redistribuir o programa, seu código fonte, desde que garantindo para todos os mesmos direitos (AMARAL; CESÁRIO, 2009, p 21).

No *R*, existe uma grande diversidade de pacotes. Estes pacotes contêm um conjunto de funções que permitem ou facilitam a realização das análises. Neste trabalho, o pacote (sub-rotina) utilizado foi o *Climatol*, desenvolvido por Guijarro, que tem, dentre outras, a função de homogeneização de séries de dados climatológicos.

O *Climatol* teve a função de comparar cada uma das séries pluviométricas a uma série de referência - construída pelo pacote. As séries são comparadas e homogeneizadas levando-se em consideração, por exemplo, a altitude, bem como a distância que cada estação se encontrava uma da outra. É fato que as falhas preenchidas não vão representar perfeitamente o cenário verdadeiro, entretanto o *software* consegue estimar os dados de forma a ficar o mais próximo possível do real.

3.3 - Estatística descritiva

A Estatística Descritiva se preocupa com a organização, apresentação e sintetização de dados. Utilizam gráficos, tabelas e medidas descritivas como ferramentas. Utilizada na etapa inicial da análise, destinada a obter informações que indicam possíveis modelos a serem utilizados numa fase final que seria a chamada inferência estatística (MEDRI, 2011, p.2).

Neste trabalho, calcularam-se medidas de posição (média: que representa o “ponto de equilíbrio” da distribuição dos dados de chuva) e medidas de dispersão ou variabilidade (amplitude, desvio padrão e o coeficiente de variação). Foram calculados também os valores máximos de chuva, os valores mínimos, bem como a amplitude de todo o período estudado (35 anos).

A média aritmética é uma das estatísticas mais utilizadas na representação de uma distribuição de dados. É calculada dividindo-se a soma de todos os valores da série pelo número de observações:

$$\bar{X} = \frac{\sum X_i}{n}$$

A amplitude é uma maneira de medir a variação em um conjunto de valores. É a diferença entre o maior e o menor valor de um conjunto de dados.

$$Am = V_{maior} - V_{menor}$$

Sendo Am a amplitude; V_{maior} é o valor maior e V_{menor} o valor menor.

A variância avalia o quanto os dados estão dispersos em relação à média aritmética. O desvio padrão é a raiz quadrada da variância, é obtido através da fórmula:

$$s = \sqrt{s^2}$$

O coeficiente de variação é uma medida relativa de dispersão, comparar, em termos relativos, o grau de concentração em torno da média. Sendo uma medida adimensional, pode ser expressa em termos decimais ou percentuais. É obtido pela razão entre o desvio padrão e a média:

$$CV = \frac{s}{\bar{X}}$$

O coeficiente de variação é considerado baixo (apontando um conjunto de dados bem homogêneos) quando for menor ou igual a 25 %.

3.4 – Geoestatística

Diferente da estatística clássica, a Geoestatística leva em consideração a espacialização dos dados.

Krige (1951), trabalhando com dados de concentração de ouro, concluiu que somente a informação dada pela variância seria insuficiente para explicar o fenômeno em estudo. Para tal, seria necessário levar em consideração a distância entre as observações. A partir daí surge o conceito da Geoestatística, que leva em consideração a localização geográfica e a dependência espacial (CAMARGO, E.C. G; FUKS, S. D., 2001, p.2).

Em qualquer estudo, buscam-se os valores mais próximos ao real e para isso existem inúmeros métodos com técnicas distintas. Neste estudo, trabalhou-se com o método geoestatístico da krigagem (*Kriging*). A krigagem usa informações do variograma, que encontra os pesos ideais para estimar pontos desconhecidos.

Duas bases de dados podem ser praticamente idênticas ao se considerar somente a estatística descritiva e histogramas, no entanto ao se analisar um variograma pode-se observar que as bases de dados possuem uma continuidade espacial diferente.

Os variogramas foram gerados por meio do programa *Surfer 8* (um pacote de programas comerciais desenvolvidos pela *Golden Software Inc.*) e a partir desses foram feitas as interpolações dos dados, originando isolinhas.

Cabe salientar que para a utilização de métodos de interpolação, é imprescindível que o usuário tenha conhecimento sobre o tema a ser pesquisado, pois o mais importante é entender o significado do resultado obtido para que o mapa possa ser útil para a explicação, e não seja somente um produto de uma técnica.

3.5 - El Niño-Oscilação Sul (ENOS)

O El Niño-Oscilação Sul (ENOS) é um fenômeno de escala global resultado de uma forte conexão entre o sistema oceano/atmosfera. Manifesta-se na região do oceano Pacífico Equatorial, com variabilidade em escala de tempo interanual.

Sousa (2013, p. 8) afirma que o componente oceânico é caracterizado pela anomalia da temperatura da superfície do mar (TSM) do oceano Pacífico Equatorial junto à costa oeste da América do Sul e se estende até a costa leste da Oceania.

O componente atmosférico é conhecido como Oscilação Sul (OS). O Índice de Oscilação Sul é caracterizado por anomalias de pressão atmosférica.

Em evento ENOS fase quente, há o aquecimento das águas superficiais do Pacífico Tropical (em torno de 4 a 6° C). Na fase fria há o resfriamento das águas. A fase quente é denominada El Niño e a fase fria é denominada La Niña.

Os episódios de El Niño e La Niña apresentam impactos sobre a precipitação e temperatura no Brasil.

As principais regiões do globo cujas precipitações são relacionadas com o ENOS foram identificadas em Ropelewski and Halpert (1987). O mesmo sinal da anomalia nas regiões Nordeste (negativo) e sul do Brasil (positivo) encontrado em Kousky et al. (1984) foi verificado por Ropelewski and Halpert (1987), embora na região Sul essa relação tenha ocorrido de Novembro a Fevereiro. No estudo de Kousky et al (1984), a precipitação anômala no sul ocorreu no inverno de 1983 (CAVALCANTI, I. F. A, 1996, s/p.).

Neste estudo, procurou-se analisar a relação entre os eventos El Niño Oscilação Sul – fase quente (El Niño) e a precipitação na UGRHI-4.

Na Figura 5, tem-se os anos de ocorrência e as intensidades dos episódios de El Niño de 1976 a 2010, com quatro ENOS (fase quente) forte e três ENOS (fase fria), fortes, dentro do período analisado.

Ocorrência de El Niño

1972 - 1973	1976 - 1977
1977 - 1978	1979 - 1980
1982 - 1983	1986 - 1988
1990 - 1993	1994 - 1995
1997 - 1998	2002 - 2003
2004 - 2005	2006 - 2007
2009 - 2010	-

Legenda:

Forte

Moderada

Fraco

Ocorrência do La Niña

1973 - 1976	1983 - 1984
1984 - 1985	1988 - 1989
1995 - 1996	1998 - 2001
2007 - 2008	-

Legenda:

Forte

Moderada

Fraco

Fontes de Informações:

Rasmusson e Carpenter 1983, Monthly Weather Review, Ropelewski e Halpert 1987, Monthly Weather Review. Cold episode sources Ropelewski e Halpert 1989, Journal of Climate. Climate Diagnostics Bulletin. A intensidade dos ventos é baseada no padrão e magnitude das anomalias da TSM do Pacífico Tropical.

Figura 5: Intensidade dos eventos El Niño e La Niña no período de 1976 a 2010.

Fonte: CPTEC/INPE, 2011. Adaptado por autora.

Desde que os episódios de El Niño começaram a ser observados, não houve um episódio mais forte que o de 1982-1983. A cidade de Blumenau, em Santa Catarina, foi praticamente destruída por uma enchente. No nordeste, a seca matou rebanhos e toda a agricultura sofreu danos consideráveis.

3.6 - Anomalias de chuva

As anomalias de chuva são desvios de precipitação determinados a partir da média climatológica. Para o cálculo das anomalias de precipitação utilizou-se o total de precipitação de cada ano menos o valor da normal climatológica (média dos 35 anos). Tem-se:

$$\text{Anomalia} = X_i - X$$

Onde: X_i é o total de precipitação de determinado ano e X é o valor da normal climatológica.

3.7 - Índice de Anomalia de Chuva (IAC) e Porcentagem Normal (PN)

Os mapas e gráficos possibilitam a espacialização dos dados, o que facilita a sua leitura. Entretanto, além de analisar as anomalias de chuva (escassez ou excedentes hídricos) e onde elas estão ocorrendo, é importante calcular índices que permitam avaliar a severidade da anomalia.

Neste trabalho, foram utilizados os índices: Índice de Anomalia de Chuva *Rainfall Anomaly Index* (IAC) e o Índice de Porcentagem Normal (*Percent of Normal – PN*).

O Índice de Anomalia de chuva (*Rainfall Anomaly Index – IAC*) foi desenvolvido por Rooy (1965) e incorpora um procedimento de classificação para ordenar magnitudes de anomalias de precipitações positivas e negativas.

Para anomalias positivas:

$$IAC = 3\left(\frac{N - \bar{N}}{\bar{M} - \bar{N}}\right)$$

Para anomalias negativas:

$$IAC = -3\left(\frac{N - \bar{N}}{\bar{X} - \bar{N}}\right)$$

Onde: N = precipitação observada (mm); $\bar{N}$ = precipitação média (mm); $\bar{M}$ = representa a média dos dez valores mais altos da série e $\bar{X}$ = representa a média dos dez valores mais baixos da série.

Também foi utilizado o Índice de Porcentagem Normal (*Percent of Normal: PN*). O índice de Porcentagem Normal (PN) é facilmente calculado e serve bem às necessidades dos previsores do tempo e do público em geral. Fernandes et al. (2009, p. 15) afirmam que esse índice é baseado na precipitação pluvial, que é facilmente medida em diversos locais.

O cálculo é feito dividindo a precipitação atual pela precipitação normal (considerada a média de 30 anos) e multiplicado por 100, para obter o resultado em porcentagem. Tem como grandes vantagens a simplicidade e a facilidade de determinação e a existência de dados disponíveis na maioria das estações. A fórmula do Índice de Porcentagem Normal é:

$$P = \left[\frac{\text{Pr } p(\text{atual})}{\text{Pr } p(\text{normal})} \right] * 100$$

Sendo: P = porcentagem da precipitação normal (%); $\text{Pr } p$ (atual) = precipitação medida em um dado local ou estação (mm); $\text{Pr } p$ (normal) = precipitação normal do local ou estação considerada (mm).

3.8 - Tempo de Retorno

Calcular o tempo de retorno é importante principalmente no âmbito de dimensionamento de obras hidráulicas. O planejador precisa conhecer as ocorrências

extremas e qual o período de retorno das mesmas, já que obras hidráulicas são dispendiosas e as falhas podem causar prejuízos financeiros e sociais. O Tempo de Retorno (TR), dado em anos, é utilizado para a avaliação de eventos extremos como chuvas muito intensas. É uma estimativa do tempo em que um evento é igualado ou superado, em média.

Diversos métodos são utilizados para prever o início da estação chuvosa em diversas regiões do globo, tais como dados de Radiação de Onda Longa Emergente (ROLE), total de chuva diária acumulada em um determinado período, entre outros. É fato que há uma enorme variabilidade na definição da data média do início das chuvas.

De acordo com Alves et al. (2002), a estação chuvosa tem início mais provável entre 23 de setembro de 7 de outubro. Neste trabalho, foram utilizados os meses outubro, novembro, dezembro, janeiro e fevereiro para análise.

Após isso, estes valores foram organizados em ordem decrescente e foi determinada a probabilidade (P) de ocorrência de precipitação, utilizando-se o método de Kimbal:

$$P = \frac{m}{(N + 1)}$$

Onde m corresponde à posição de cada um dos valores na ordem crescente de precipitação e N é o número total de anos na série.

O tempo de retorno foi calculado com base na probabilidade (P) de ocorrência de precipitação. A equação utilizada foi:

$$T = \frac{1}{P}$$

Assim, se uma determinada chuva tem a probabilidade (P), de ser igualada ou superada, igual a 1 %, seu período de retorno será de 100 anos.

$$T = \frac{1}{P} = \frac{1}{0,01} = 100 \text{anos}$$

3.9 - Máximos de chuva

Tucci (2001, p. 200) afirma que a precipitação máxima é entendida como a ocorrência extrema, com duração, distribuição temporal e distribuição espacial críticas para uma área ou bacia hidrográfica e esta pode atuar sobre a erosão do solo, inundações em áreas rurais e urbanas, obras hidráulicas, entre outros.

Com o objetivo de verificar se na área de estudo os valores são significativamente altos em anos de El Niño, neste trabalho, foram obtidos os máximos diários de chuva para anos de eventos de El Niño de intensidade moderada e forte.

3.10 - Total de dias com chuva

De acordo com Nery et al. (2002), informações sobre a quantidade de dias com precipitação pluviométrica, são úteis no planejamento agrícola em curto e longo prazo.

Essas informações também são úteis para o planejamento urbano, principalmente no que tange às obras hidráulicas.

Através do programa *R*, obtiveram-se os totais de dias com chuva para anos de ocorrência de La Niña e El Niño de intensidades moderada e forte.

3.11 - Índice de Concentração de chuva –IC (Concentration Index - CI)

O índice de concentração diária (CI) foi proposto por Javier Martín-Vide, em 2004. O CI visa quantificar a irregularidade pluviométrica à escala diária e avaliar a concentração da precipitação em um dado local (Sánchez-Lorenzo e Martín-Vide, 2006).

Analisando a Península Ibérica, os autores citam o fato de que existe uma concentração elevada da precipitação em poucos dias e que a aparição destes dias com chuvas extremas pode variar o caráter pluviométrico de um ano inteiro.

São poucos os estudos que tratam dessa questão. Alguns autores trabalharam com o índice nos Andes Centrais Peruanos (Zubieta e Saavedra, 2009), Espanha (Benhamrouche e Martín-Vide, 2011) e Portugal (Santos e Fragoso, 2010; Sanchez-Lorenzo e Martín-Vide, 2006).

Segundo Zubieta e Saavedra (2009), a diminuição significativa do número de dias com chuva e o aumento significativo na intensidade das precipitações têm sido identificadas em diversas partes do mundo.

Uma alta concentração de precipitação, representada pela porcentagem da precipitação anual total, em poucos dias de chuva podem ocasionar, entre outras coisas, em inundações e erosões. Segundo Martín-Vide (2004), o índice de concentração é também um indicador da intensidade da precipitação e erosividade.

Para calcular o CI é necessário dispor de séries longas de precipitações diárias. Para determinar o impacto das diferentes classes de precipitação diária e para avaliar a contribuição dos dias mais chuvosos para os totais de precipitação, é necessário relacionar

as porcentagens acumuladas de precipitação Y e as porcentagens acumuladas dos dias X , que as mesmas ocorreram (Martín-Vide, 2004):

$$Y = aXe^{bX}$$

As constantes a e b são determinadas por meio do método dos mínimos quadrados.

$$a = \frac{\sum X_i^2 \sum \ln Y_i + \sum X_i \sum X_i \ln X_i - \sum X_i^2 \sum \ln X_i - \sum X_i \sum X_i \ln Y_i}{N \sum X_i^2 - (\sum X_i)^2}$$

$$b = \frac{N \sum X_i \ln Y_i + \sum X_i \sum \ln X_i - N \sum X_i \ln X_i - \sum X_i \sum \ln Y_i}{N \sum X_i^2 - (\sum X_i)^2}$$

Após as constantes serem determinadas, tem-se a área A' :

$$A' = \left[\frac{a}{b} e^{bx} \left(x - \frac{1}{b} \right) \right]_0^{100}$$

Através da área A' , encontra-se o valor da área S' . S' é área entre a curva teórica e a reta de equidistribuição. Deste valor, pode-se definir o índice de concentração IC da precipitação diária:

$$CI = \frac{2S'}{10000} \text{ ou } CI = \frac{S'}{5000}$$

A concentração diária de precipitação é proporcional à área compreendida entre a curva teórica e a reta de equidistribuição. Esses cálculos foram realizados através de pacote rodado no programa R , que gerou a “curva de concentração” ou curva de Lorenz para cada estação.

Na Figura 6, pode ser observada a curva de concentração da Estação Fazenda Conquista - Sales Oliveira.

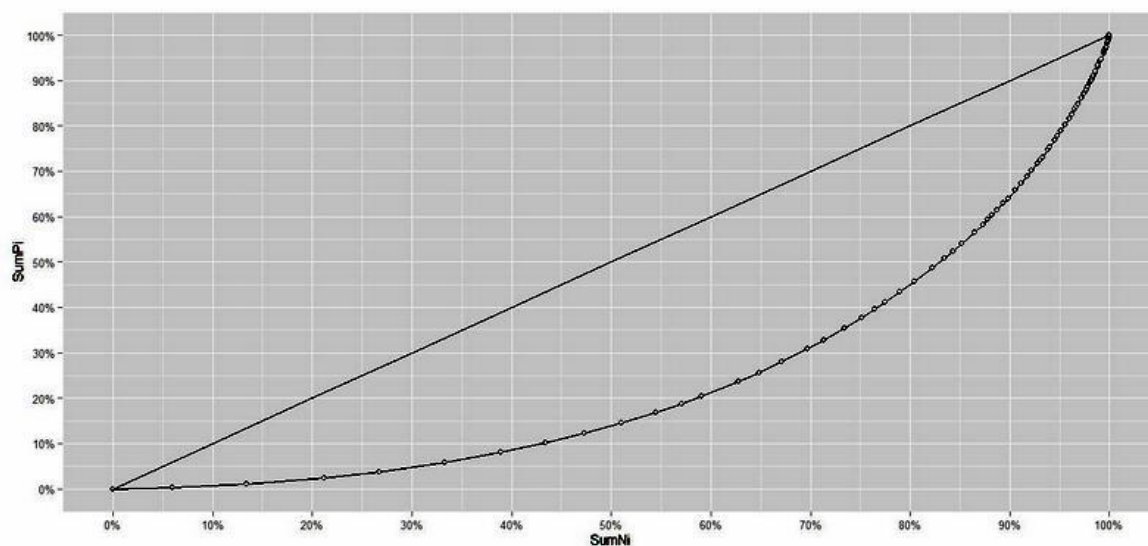


Figura 6: Curva de concentração ou de Lorenz da Estação Fazenda Conquista, Sales Oliveira - SP (1976-2010).

No eixo X (SumNi) tem-se a porcentagem acumulada dos dias de chuva e no eixo Y (SumPi) a porcentagem acumulada das quantidades de chuva, então quanto mais distância há entre a linha de equidistribuição e a curva teórica maior é a irregularidade e a concentração diária da precipitação. Na estação Fazenda Conquista (Figura 6), aproximadamente 70 % da precipitação está concentrada em 90 % dos dias. A linha de equidistribuição representaria uma distribuição da precipitação diária perfeita.

4 – Procedimentos metodológicos

4.1 - Coleta e tratamento dos dados

Foram coletados dados de 60 postos pluviométricos através do “Sistema de Informações para o Gerenciamento de Recursos Hídricos do Estado de São Paulo” (SigRH), nos *sites* da Agência Nacional de Águas (ANA) e do Departamento de Água e Energia Elétrica (DAEE). Na Tabela 2 tem-se a identificação e localização dos 60 postos pluviométricos da Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos do Pardo.

Tabela 2: Identificação e localização dos 60 postos pluviométricos da UGRHI-4.

Nº	Longitude	Latitude	Nome da estação	Código
1	-47,4	-21	ALTINOPOLIS	2147001
2	-47,2	-20,9	COBIÇA	2047031
3	-47,3	-20,8	USINA ESMERIL	2047028
4	-47,5	-21,1	ÁGUAS VIRTUOSAS	2147128
5	-47,6	-20,9	BRODOSQUI	2047032
6	-47,6	-21	FAZENDA PONTA DA SERRA	2147077
7	-46,6	-21,5	CACONDE	2146007
8	-46,6	-21,5	USINA GRAMINHA	2146043
9	-47,4	-21,2	SANTA CRUZ DA ESPERANÇA	2147066
10	-47,3	-21,2	LAJE	2147071
11	-47,3	-21,3	FAZENDA GRACIOSA	2147076
12	-47,3	-21,4	FAZENDA BARROSA (US. AMÁLIA)	2147125
13	-47,2	-21,1	FAZENDA SANTO ANTÔNIO II	2147166
14	-47	-21,7	CASA BRANCA	2147058
15	-47,1	-21,9	VENDA BRANCA	2147073
16	-47	-21,9	LAGOA BRANCA	2147113
17	-47	-21,6	FAZENDA DA CACHOEIRA	2147165
18	-47,1	-21,2	CASSIA DOS COQUEIROS	2147069
19	-47,7	-21,3	FAZENDA DAS FLORES	2147012
20	-47,7	-21,3	CRAVINHOS	2147014
21	-46,6	-21,6	RIBEIRÃO SANTO ANTÔNIO	2146016
22	-47,7	-21	JARDINÓPOLIS	2147092
23	-46,9	-21,4	PONTE DO CANOAS	2146001
24	-46,8	-21,4	FAZENDA AÇUDE	2146003
25	-47	-21,4	MOCOCA	2147023
26	-47	-21,4	MOCOCA (IAC)	2147048
27	-47	-21,6	USINA LIMOEIRO	2147057
28	-47	-21,3	SÍTIO ESPLANADA	2147086
29	-47,7	-21,1	CLUBE DE REGATAS	2147004
30	-47,8	-21,2	RIBEIRÃO PRETO	2147006
31	-47,9	-21,3	FAZENDA SANTA AMÉLIA	2147013
32	-47,7	-21,1	RIBEIRÃO PRETO (IAC)	2147045
33	-47,7	-20,8	FAZENDA CONQUISTA	2047027
34	-47,8	-20,8	FAZENDA SÃO JOAQUIM	2047105
35	-47,3	-21,5	SANTA ROSA DO VITERBO	2147022
36	-47,3	-21,5	BOM SUCESSO	2147068
37	-47,3	-21,4	USINA AMÁLIA	2147123
38	-46,9	-21,6	SÃO JOSÉ DO RIO PARDO	2146009
39	-46,8	-21,5	FAZENDA GUAXUPÉ	2146015
40	-46,8	-21,7	SÃO SEBASTIÃO DA GRAMA	2146010
41	-47,5	-21,4	BENTO QUIRINO	2147019
42	-47,6	-21,5	PRAINHA DO TAMANDUA	2147026
43	-47,5	-21,4	SÃO SIMÃO	2147049
44	-47,4	-21,3	FAZENDA SÃO LOURENÇO	2147094
45	-47,4	-21,3	FAZENDA CORREDEIRA	2147011
46	-47,6	-21,2	SERRANA	2147007
47	-47,2	-21,5	FAZENDA MORRINHOS	2147025
48	-47,2	-21,7	TAMBAU	2147074
49	-46,8	-21,4	ITAQUARA	2146004
50	-46,9	-21,8	VARGEM GRANDE DO SUL	2146011
51	-46,7	-21,8	SÃO ROQUE DA FARTURA	2146017
52	-47,9	-20,9	CÂNDIA	2047079
53	-48	-20,9	DESENGANO	2048033
54	-48	-20,9	FAZENDA BELA VISTA	2048101
55	-48	-21	PONTAL	2148003
56	-47,9	-21,1	SERTÃOZINHO (C4-020)	2147044

Continuação da Tabela 2:

57	-47,9	-21	CRUZ DAS POSSES	2147067
58	-48,1	-21,1	USINA SÃO FRANCISCO	2148007
59	-48	-21,1	USINA SANTA ELISA	2148123
60	-47,1	-21,1	SANTO ANTÔNIO DA ALEGRIA	2147003

Fonte: Departamento de Água e Energia Elétrica (DAEE) e Agência Nacional de Águas (ANA)

Após o *download* dos dados das estações da página do DAEE e da ANA, as mesmas foram listadas em uma única base de dados e em seguida foram selecionadas as séries a serem analisadas. Procurou-se observar a distribuição espacial (postos localizados dentro ou relativamente próximos à bacia do Pardo) e temporal (dados mais recentes). A distribuição temporal foi realizada observando-se as séries com melhores condições de registros e que detinham dados suficientes para uma análise climatológica. Assim, o período selecionado foi de 1976 a 2010 (35 anos).

Após esta seleção, dos 60 postos obtidos, somente 41 puderam ser utilizados neste trabalho, conforme a Tabela 3.

Tabela 3: Identificação e localização dos 41 postos pluviométricos da UGRHI-4.

Nº	Longitude	Latitude	Altitude (m)	Nome da estação	Código
1	-47,4	-21	1030	ALTINÓPOLIS	2147001
2	-48	-20,7	540	MORRO AGUDO	2048023
3	-47	-21,9	700	LAGOA BRANCA	2147113
4	-47,7	-21,3	720	FAZENDA DAS FLORES	2147012
5	-47,7	-21,3	700	CRAVINHOS	2147014
6	-47,7	-21	580	JARDINÓPOLIS	2147092
7	-47,7	-21,1	490	CLUBE DE REGATAS	2147004
8	-47,8	-21,2	500	RIBEIRÃO PRETO	2147006
9	-47,3	-21,5	740	BOM SUCESSO	2147068
10	-46,8	-21,7	920	SÃO SEBASTIÃO DA GRAMA	2146010
11	-46,9	-21,8	750	VARGEM GRANDE DO SUL	2146011
12	-46,7	-21,4	740	TAPIRATIBA	2146002
13	-47,9	-21,4	580	FAZENDA CAPÃO DA CRUZ	2147016
14	-47,5	-21,4	600	BENTO QUIRINO	2147019
15	-47	-21,7	670	CASA BRANCA	2147058
16	-47,3	-21,2	800	LAJE	2147071
17	-47,6	-20,8	860	BATATAIS	2047029
18	-47,3	-20,8	720	USINA ESMERIL	2047028
19	-47,7	-20,8	750	FAZENDA CONQUISTA	2047027
20	-47,9	-21,3	590	FAZENDA SANTA AMÉLIA	2147013
21	-47,2	-20,6	720	PATROCÍNIO PAULISTA	2047080
22	-48,4	-20,6	500	JABORANDI	2048019
23	-48,3	-20,9	610	IBITIÚVA	2048065
24	-48,5	-20,7	580	COLINA	2048021
25	-47,4	-21,9	670	PIRASSUNUNGA	2147117
26	-47,7	-21,7	620	SANTA EUDOXIA	2147031
27	-48,2	-21,3	570	GUARIBA	2148021
28	-48,5	-21,2	720	MONTE ALTO	2148016
29	-48,4	-21,1	620	TAIUVA	2148122
30	-48	-21,6	700	SANTA LÚCIA	2148078
31	-48	-21,6	640	FAZENDA DOS ALPES	2148034
32	-47,6	-22,1	660	ANALÂNDIA	2247004
33	-48,3	-21,3	550	USINA SANTA ADÉLIA	2148160
34	-47,2	-22,1	600	CRESCIUMAL	2247005
35	-47,1	-21,1	820	SANTO ANTÔNIO DA ALEGRIA	2147003
36	-46,6	-21,5	880	CAÇONDE	2146007
37	-47,3	-21,4	580	USINA AMÁLIA	2147123
38	-46,8	-21,9	740	SÃO JOÃO DA BOA VISTA	2146014
39	-47,1	-21,9	610	VENDA BRANCA	2147073
40	-47,7	-21,5	670	LUIZ ANTÔNIO	2147027
41	-48,2	-21	520	PITANGUEIRAS	2148001

Fonte: Departamento de Água e Energia Elétrica (DAEE) e Agência Nacional de Águas (ANA)

Através do *software Golden Software Surfer 8*, foi feita a digitalização da bacia do Pardo, mostrando a localização das estações pluviométricas selecionadas (Figura 7).

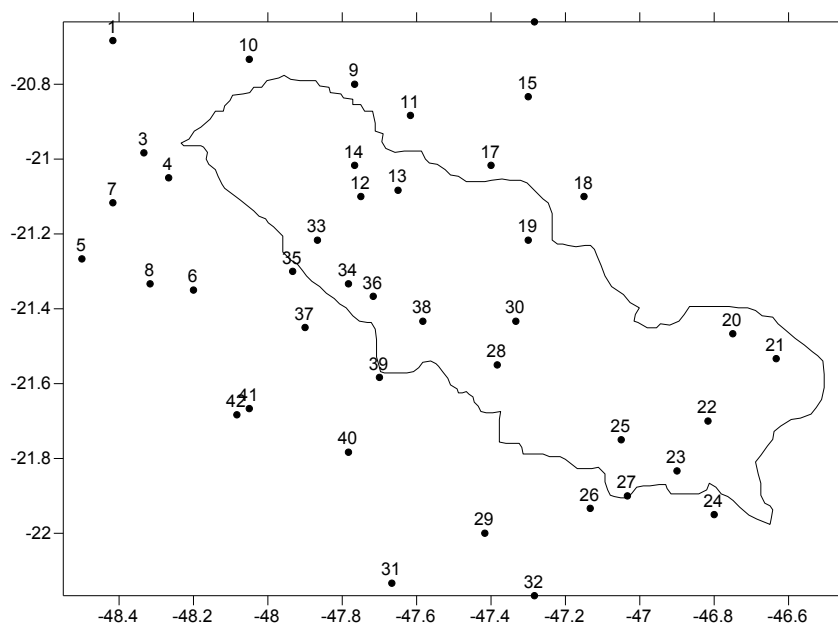


Figura 7: Localização das estações pluviométricas utilizadas para o estudo.

4.2 - Consistência dos dados no *software R (Climatol)*:

Foi necessário selecionar as séries que seriam agrupadas e prepará-las nos formatos adequados. O arquivo (planilha ou documento do bloco de notas) foi organizado de forma que as séries, que foram agrupadas, aparecessem uma seguida da outra cronologicamente, sem nenhum espaço entre elas. Os dados faltantes foram denominados *NA (Not Available)*. Este primeiro arquivo necessitou ser exportado com a extensão *.dat*, com o nome *Chuv_1976-2010.txt*.

Em outro arquivo do Bloco de Notas, listou-se a latitude, longitude, altitude, código e nome da estação. Este foi salvo como *Chuv_1976-2010.est*.

Para a homogeneização, foi necessário iniciar o *R* e carregar o pacote *Climatol* inserindo o comando *library (climatol)*, em seguida, o comando *homogen ("Chuv", 1976, 2010)*.

O *Climatol*, pacote estatístico do *R*, tratou e consistiu os dados. Estes foram corrigidos, com a finalidade de se obter ajustes e “melhorar” os cálculos estatísticos a serem realizados.

Os dados obtidos através da homogeneização foram exportados para uma planilha eletrônica. A seguir, as estações são separadas uma a uma. Cada bloco, contendo 35 linhas

(os 35 anos), foi salvo em planilhas separadas novamente (processo inverso ao que se fez antes de preparar os dados para a homogeneização e consistência).

Para o preenchimento de falhas foram utilizadas, no mínimo, três séries históricas de postos vizinhos à estação em questão. Neste estudo estabeleceu-se que seriam utilizadas quantas séries fossem necessárias para o preenchimento, conforme a proximidade, a altitude e com o critério de haver pelo menos uma série histórica sem dados faltantes.

Trabalhou-se com, em média, cinco estações por agrupamento para a homogeneização dos dados, Figura 8.

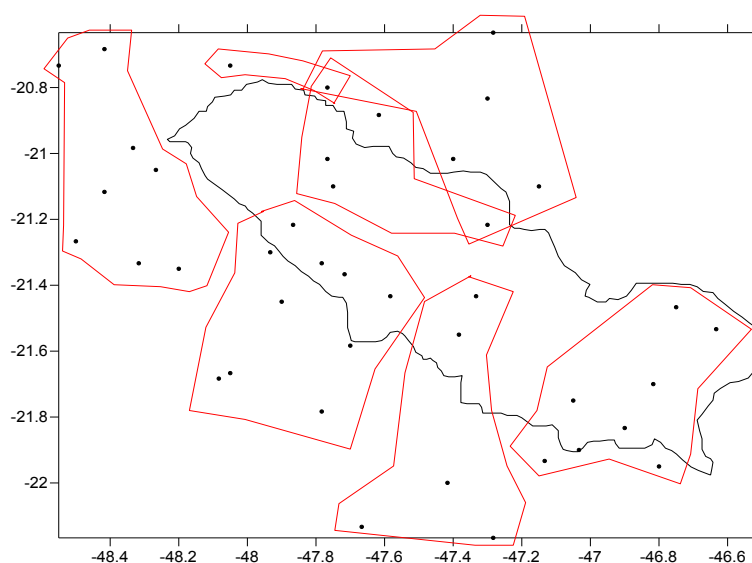


Figura 8: Estações pluviométricas agrupadas para homogeneização das séries de dados.

Na Figura 9 estão circuladas algumas correções realizadas pelo *Climatol*.

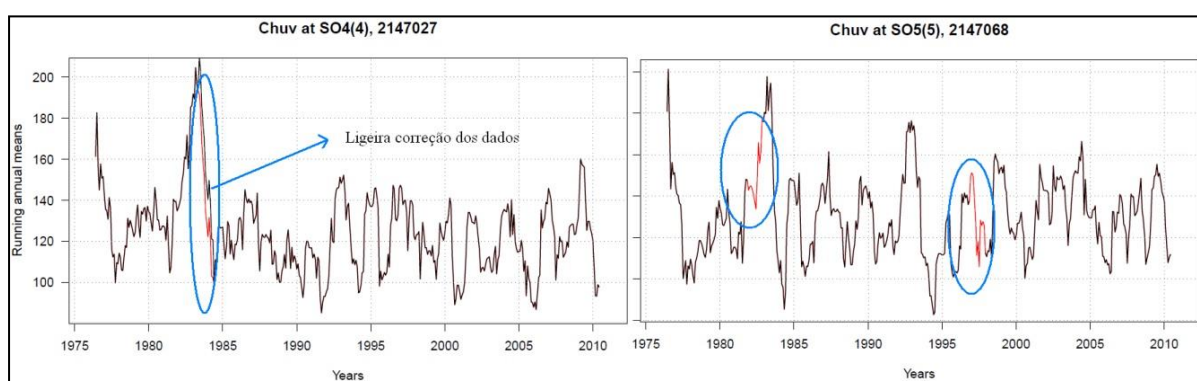


Figura 9: Série de dados homogeneizados, no período de 1976 a 2010.

4.3 - Cálculos estatísticos e interpolação dos dados:

Com os dados consistidos, foram calculados a média, desvio padrão, coeficiente de variação, máximo, mínimo e amplitude. Após os cálculos, os resultados foram interpolados com o *software Surfer 8*.

A planilha eletrônica com os resultados dos cálculos estatísticos foi armazenada com extensão *.dat* e no formato de *ASCII* (*American Standard Code for Information Interchange*), que pode ser editado num programa mais simples como o *Notepad* (Bloco de Notas) do Windows.

Com a planilha devidamente organizada, deve-se entrar com esses dados no *menu* GRID/DATA. Neste *menu* são encontradas as opções referentes aos dados. X são as ordenadas, Y as abscissas e Z é o valor assumido pela variável no ponto.

Neste estudo, tem-se mais de uma variável: número da estação, o código, a média de precipitação, o desvio padrão, o coeficiente de variação, os valores máximos de chuva, os valores mínimos, bem como a amplitude. É necessário então escolher uma entre as variáveis, pois somente é possível interpolar uma variável por vez.

4.4 - Anomalias de chuva

Os anos selecionados para a análise de ocorrência de anomalias de chuva foram aqueles em que ocorreram eventos ENOS (fase quente). Após os anos serem selecionados, os cálculos foram feitos através de planilha eletrônica.

4.5 – Análise multivariada

No estudo da precipitação em bacias hidrográficas é preciso atentar-se ao fato de que determinada porção da mesma pode concentrar muito mais quantidade de chuva que outra porção. Quando se analisa a bacia como um todo, normalmente é utilizada a média aritmética como base para os cálculos, no entanto é fato que esta estatística pode homogeneizar os dados de forma a eliminar algumas discrepâncias.

Landim (2000, p. 30) demonstra que a análise multivariada é utilizada quando há a intenção de encontrar similaridades entre indivíduos ou entre variáveis definindo-os em grupos.

Para se efetuar cálculos em áreas homogêneas foi preciso utilizar o programa *Statistica 7*. Através do uso deste, foi possível gerar um dendrograma, que é, segundo Landim (2000, p.34), a forma gráfica usada para representar o resultado final dos agrupamentos, Figura 10.

No eixo X, tem-se os 41 postos pluviométricos e no eixo Y, a distância de vinculação entre os mesmos.

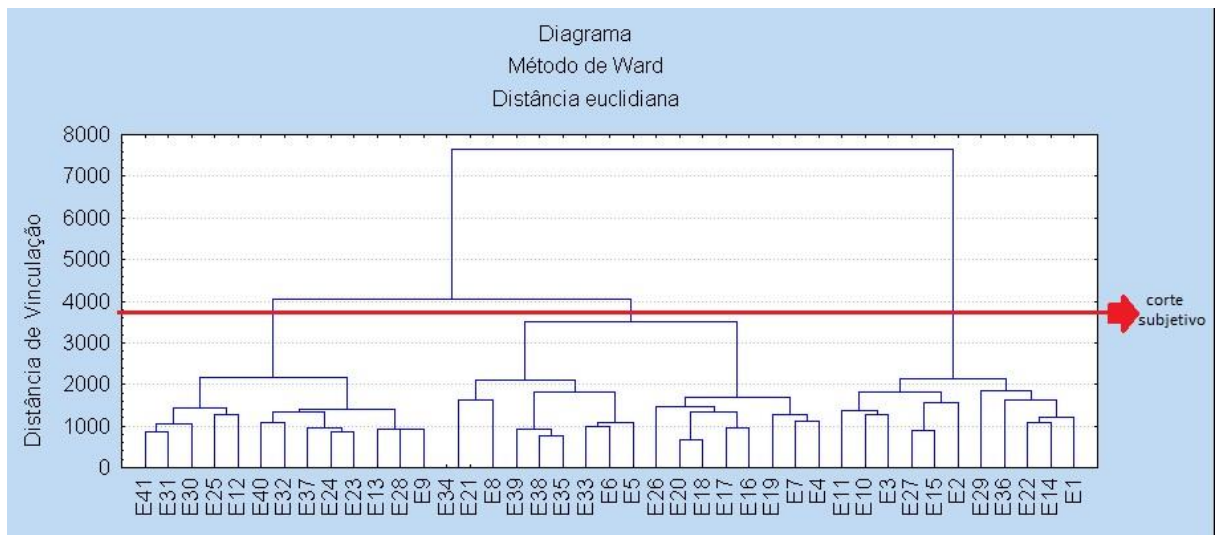


Figura 10: Dendrograma gerado a partir do software Statistica 7 determinando áreas homogêneas.

A análise de agrupamentos (cluster) foi realizada pelo método Ward, com distância euclidiana. A partir do dendrograma, foi feito um corte subjetivo (a linha vermelha da Figura 10), com distância de vinculação de aproximadamente 4000, sendo possível detectar três grupos de estações com similaridades.

Com cada grupo de estações, foram efetuados os cálculos de anomalia e gerados gráficos para ilustrar as diferenças registradas entre os grupos. Foram confeccionadas tabelas com a classificação dos índices estudados.

4.6 – Índice de Anomalia de Chuva

O IAC foi calculado para os 35 anos da série. Os valores obtidos por meio deste índice foram organizados em uma classificação de nove categorias (Tabela 4), que varia de extremamente úmido a extremamente seco.

Tabela 4: Classificação do Índice de Anomalia de Precipitação (IAC).

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

Fonte: FERNANDES, D. S. et al. (2009). Adaptado pela autora.

O Índice de Porcentagem Normal foi calculado para os anos os anos 1982, 1991, 1993, 1997 e 2003.

Após serem calculados, foram classificados com base na Tabela 5.

Tabela 5: Classificação do Índice de Porcentagem Normal.

PN	Classificação
$\geq 100\%$ a 90%	Extremamente úmido
70% a $89,9\%$	Umidade alta
50% a $69,9\%$	Umidade moderada
30% a $49,9\%$	Umidade baixa
10% a $29,9\%$	Umidade inicial
$-9,9\% \leq 0 \leq 9,9\%$	Normal
-10% a $29,9\%$	Seca inicial
-30% a $49,9\%$	Seca suave
-50% a $69,9\%$	Seca moderada
-70% a $89,9\%$	Seca severa
-90% a $\leq -100\%$	Seca extrema

Fonte: FERNANDES, D. S. et al. (2009), adaptado pela autora.

4.7 – Máximos de chuva

Após a análise das anomalias de chuva e dos índices de anomalia de chuva, foi feito o estudo dos máximos de chuva. Para o cálculo dos máximos de precipitação, foram escolhidos anos de ocorrência de eventos ENOS (fase quente): 1976, 1982, 1983, 1995, 2004 e 2009.

4.8 – Total de dias com chuva

Para calcular o total de dias com chuva de cada ano foi utilizado o programa R. Essa análise foi feita para os anos de ocorrência de La Niña e El Niño de intensidades moderada e forte.

4.9 – Tempo de retorno

O tempo de retorno de precipitações máximas foi calculado para 36, 18, 12 e 6 anos. Os dados de precipitação, de cada estação, de outubro a fevereiro (período chuvoso) foram organizados. Dos dados dos cinco meses estudados, extraiu-se o mês de maior precipitação, desta forma, somente os valores máximos de chuva do período úmido foram utilizados. Obteve-se para cada estação, uma série de máximos anuais, que foram utilizados para aplicar a metodologia de Kimbal.

4.10 – Índice de Concentração de chuva

Para o cálculo do Índice de Concentração durante todo o período de estudo, foi utilizado o programa R. Neste estudo utilizou-se a classe de 1 mm e 5 mm.

5 - Resultados e discussão

5.1 - Consistência dos dados

Foi possível, com a consistência dos dados, identificar uma pequena modificação na base de dados utilizada neste trabalho. Pode-se perceber que os ajustes suavizaram alguns saltos e preencheram algumas falhas, com isso, as isolinhas também foram suavizadas.

5.2 - Estatísticas descritivas

Os resultados das estatísticas descritivas podem ser visualizados através da Tabela

6.

Tabela 6: Estatísticas descritivas aplicadas para análise da precipitação pluvial (mm) incidente sobre a UGRHI-4, durante o período total.

Nº	Posto	Média (mm)	Desvio Padrão (mm)	Coefficiente de Variação (%)	Máximo (mm)	Mínimo (mm)	Amplitude (mm)
1	JABORANDI	1392	238	17%	2192	980	1212
2	COLINA	1415	208	15%	2132	1094	1038
3	PITANGUEIRAS	1418	261	18%	2346	1118	1228
4	USINA SANTA ADÉLIA	1426	255	18%	2379	1078	1301
5	GUARIBA	1412	217	15%	2323	1064	1259
6	MORRO AGUDO	1489	255	17%	2237	1028	1209
7	CLUBE DE REGATAS	1537	273	18%	2507	1177	1330
8	JARDINÓPOLIS	1669	358	21%	2700	987	1713
9	RIBEIRÃO PRETO	1522	277	18%	2207	1060	1147
10	FAZENDA SANTA AMÉLIA	1444	285	20%	2109	938	1171
11	FAZENDA CAPÃO DA CRUZ	1408	247	18%	2235	1012	1223
12	IBITIÚVA	1406	315	22%	2415	633	1782
13	MONTE ALTO	1408	247	18%	2235	1012	1223
14	TAIÚVA	1400	227	16%	2304	1089	1215
15	FAZENDA DAS FLORES	1554	234	15%	2359	1144	1215
16	CRÁVINHOS	1496	239	16%	2134	1072	1063
17	BENTO QUIRINO	1586	276	17%	2410	1215	1195
18	LUIZ ANTÔNIO	1500	276	18%	2519	1112	1407
19	BOM SUCESSO	1569	262	17%	2335	994	1341
20	USINA SANTA ELISA	1505	276	18%	2182	1123	1059
21	SANTA EUDOXIA	1512	306	20%	2775	973	1803
22	FAZENDA DOS ALPES	1610	279	17%	2318	1020	1298
23	SANTA LÚCIA	1510	287	19%	2495	958	1537
24	FAZENDA DOS ALPES	1491	306	21%	2396	948	1448
25	PIRASSUNUNGA	1450	251	17%	2209	1033	1175
26	CRESCIMAL	1390	250	18%	2135	1041	1094
27	CASA BRANCA	1418	321	23%	2607	914	1693
28	VARGEM GRANDE DO SUL	1419	266	19%	2058	1036	1022
29	SÃO JOÃO DA BOA VISTA	1554	268	17%	2192	1031	1160
30	LAGOA BRANCA	1470	268	18%	2231	885	1347
31	VENDA BRANCA	1549	273	18%	2398	1003	1395
32	SÃO SEBASTIÃO DA	1642	282	17%	2515	1010	1505
33	CAÇONDE	1637	355	22%	2816	1066	1749
34	TAPIRATIBA	1563	295	19%	2417	1099	1318
35	LAJE	1708	297	17%	2642	1102	1540
36	SANTO ANTÔNIO DA	1741	284	16%	2500	1274	1225
37	ALTINÓPOLIS	1664	302	18%	2695	1164	1531
38	BATATAIS	1649	295	18%	2734	1156	1578
39	FAZENDA CONQUISTA	1574	274	17%	2438	1151	1288
40	PATROCÍNIO PAULISTA	1513	298	20%	2483	974	1509
41	USINA ESMERIL	1740	377	22%	2956	1190	1766

A Figura 11 apresenta graficamente o resultado dos valores médios anuais. Observa-se que os anos 1976, 1983, 2004 e 2009 apresentaram as maiores médias.

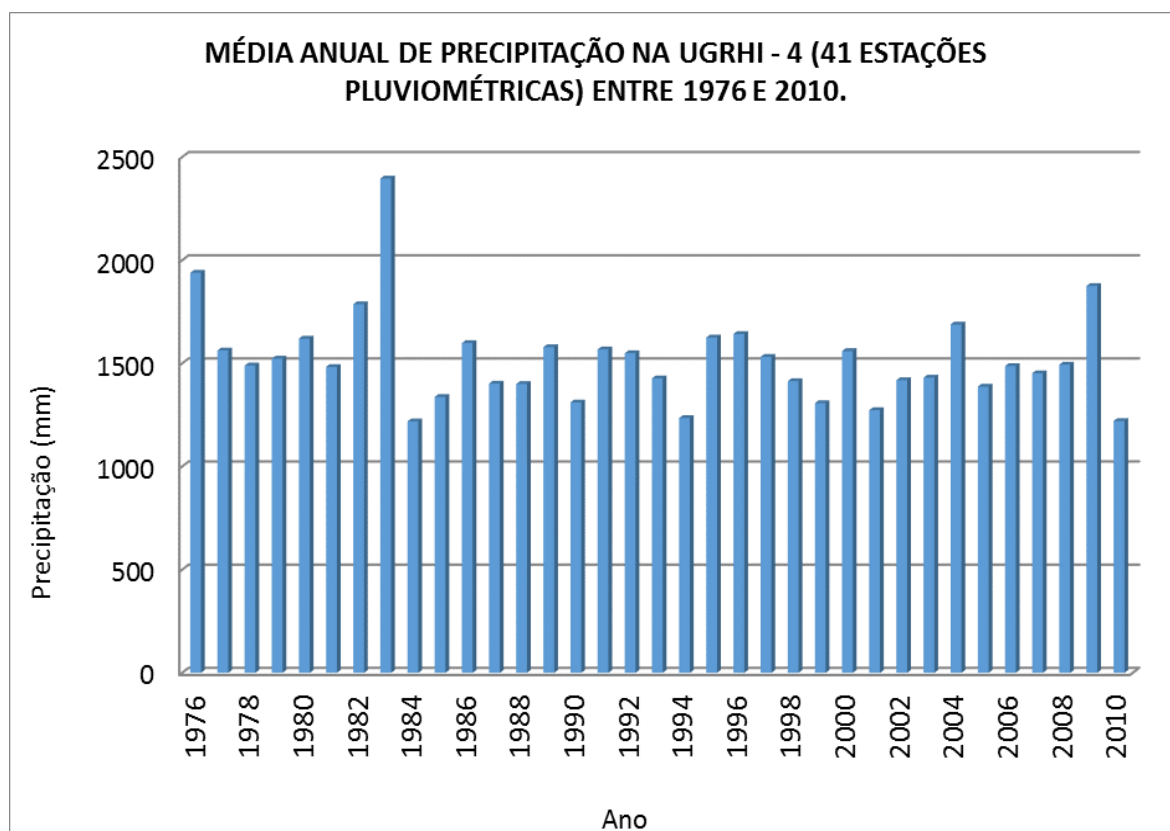


Figura 11: Média de precipitação para cada ano estudado (de 1976 a 2010).

Após a espacialização das estatísticas descritivas, pode-se constatar que a chuva é bem distribuída ao longo da bacia. A Figura 12 apresenta as isolinhas dos valores médios de precipitação dentro do período analisado (35 anos) podendo-se observar valores superiores a 1.700 mm (estação Santo Antônio da Alegria, porção norte da UGRHI) dentro da bacia. A porção noroeste possui média de 1.600 mm e a sudeste, 1.500 mm. As isoietas possuem intervalo de 30 mm. A média climatológica de precipitação na UGRHI-4 é de 1.520 mm.

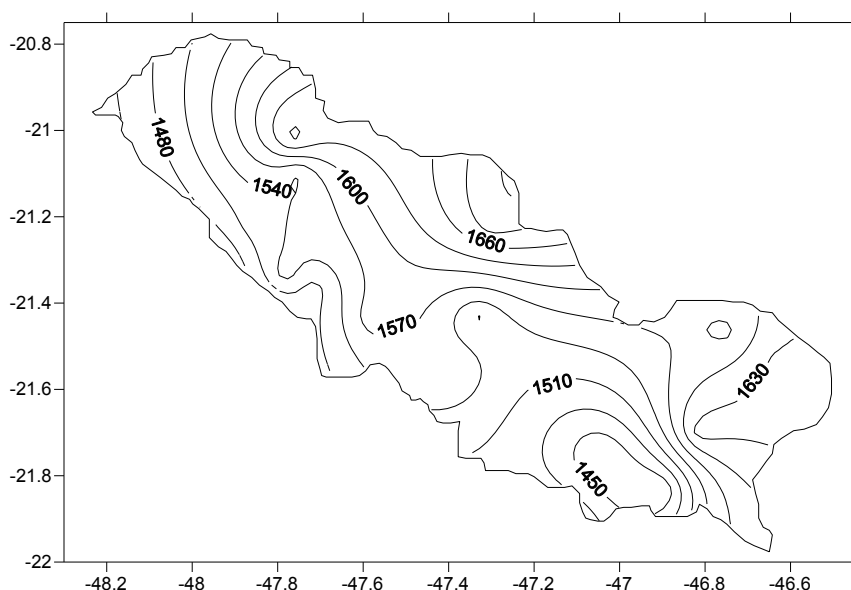


Figura 12: Média de precipitação pluvial na UGRHI-4, considerando o período entre 1976 e 2010.

Na Figura 13, encontram-se as isolinhas de desvio padrão. De acordo com esta figura pode-se observar uma dispersão relativamente homogênea em toda a bacia, com valores variando entre 230 e 350 mm, em torno da média, aproximadamente, portanto não houve significativa variabilidade espacial, dentro do período analisado, na bacia. As isoietas possuem intervalo de 15 mm.

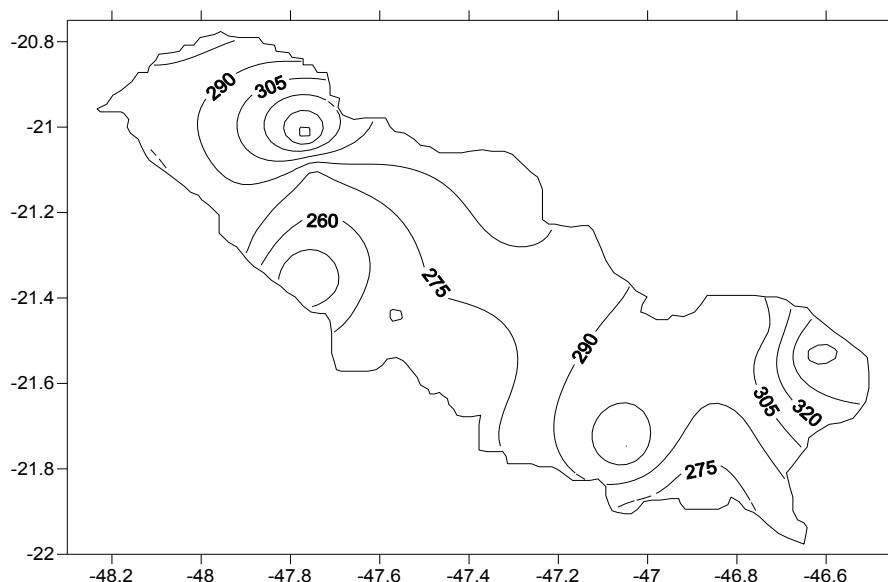


Figura 13: Dispersão dos dados em torno da média.

Os valores de precipitação são altamente significativos (tanto os máximos quanto os mínimos de chuva) ao longo de toda bacia. Na Figura 14 têm-se os máximos de precipitação. O intervalo das isolinhas é de 50 mm. Os máximos seguem o padrão da média, estando os maiores valores na porção norte e leste, superando 2.600 mm, chegando a mais de 2.850 mm.

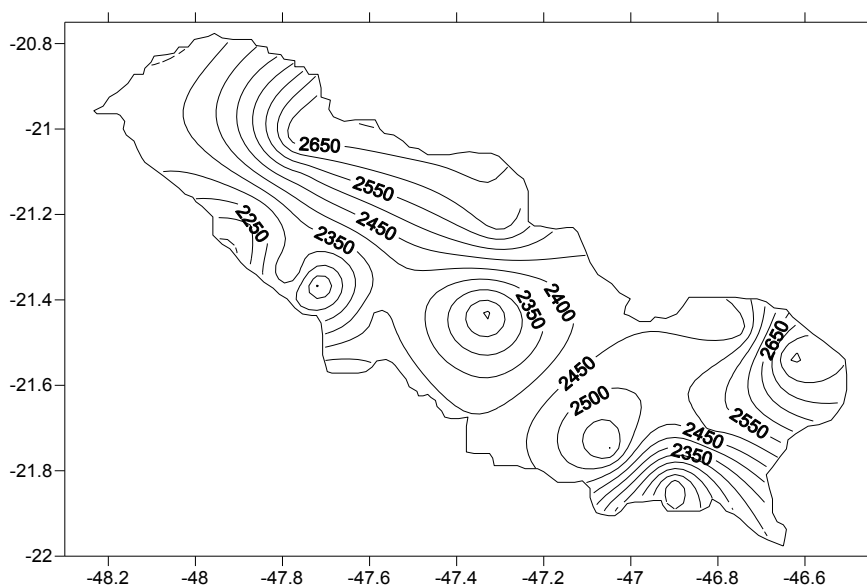


Figura 14: Máximos de precipitação registrados na UGRHI entre 1976 e 2010.

Os mínimos de precipitação (Figura 15) estão concentrados na parte sul e oeste da bacia, no entanto os valores mínimos são valores altos (acima de 900 mm).

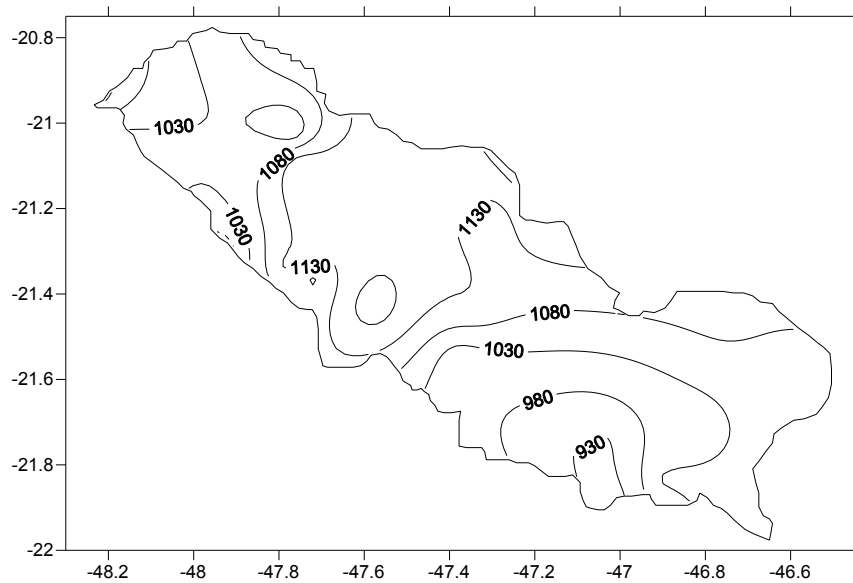


Figura 15: Mínimos de precipitação pluvial durante os 35 anos estudados.

A Figura 16 apresenta as isolinhas do coeficiente de variação. A variabilidade relativa, dada por coeficiente, durante os 35 anos estudados é baixa (oscilou entre 15 e 23 %).

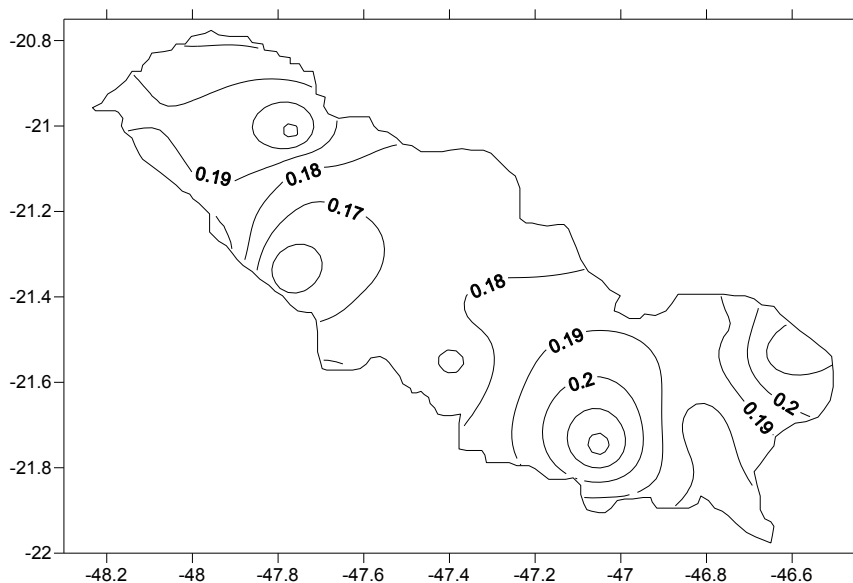


Figura 16: Variabilidade da chuva na UGRHI-4, medida através do cálculo de coeficiente de variação.

A Figura 17 apresenta as isolinhas da amplitude, que oscilou entre 1.000 e 1.750 mm na área de estudo. A amplitude também é uma medida de variabilidade, mostrando que em algumas áreas, ainda que a Unidade seja pequena, apresenta chuvas mais marcadas, que em outra.

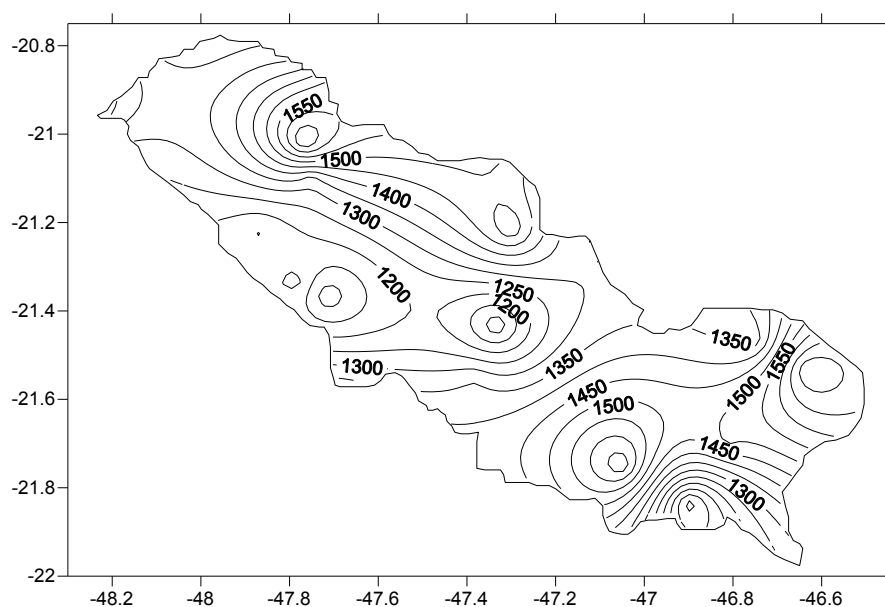


Figura 17: Amplitude dos 35 anos estudados.

5.3 - Resultados das anomalias de chuva

Os resultados das anomalias de chuva durante o período de estudo podem ser visualizados a partir da Tabela 7.

Tabela 7: Anomalia média para cada ano estudado.

Ano	Anomalia média
1976	418,5
1977	41,6
1978	-31,1
1979	2,2
1980	99,2
1981	-38,3
1982	265,7
1983	875,2
1984	-302,0
1985	-183,6
1986	77,5
1987	-119,3
1988	-120,4
1989	57,4
1990	-210,3
1991	46,7
1992	28,0
1993	-93,8
1994	-286,0
1995	104,5
1996	121,5
1997	10,7
1998	-107,0
1999	-213,2
2000	38,8
2001	-247,6
2002	-102,5
2003	-90,1
2004	167,8
2005	-133,6
2006	-34,02
2007	-69,0
2008	-27,0
2009	353,9
2010	-300,2

Nota-se que, no período analisado, os anos de 1984, 1990, 1994, 2001 e 2010 apresentaram as anomalias negativas mais marcadas. Os anos com as anomalias positivas mais pronunciadas (acima de 160 mm) foram 1976, 1982, 1983, 2004 e 2009. Também aqui pode-se observar variabilidade pluviométrica de ano para ano.

Conforme o Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos, CPTEC (2011), no ano de 1984 houve a ocorrência de uma La Niña de fraca intensidade e em 2001 de intensidade moderada. Em 1976-1977 houve um episódio de El Niño considerado fraco, já em 1982-1983 houve um episódio de El Niño de forte intensidade. Em 2004 e 2009 de fraca intensidade.

A Figura 18 apresenta as anomalias médias durante toda a série histórica. É possível visualizar o predomínio de anos secos. Dos 35 anos estudados, 19 foram marcados por anomalias negativas de chuva.

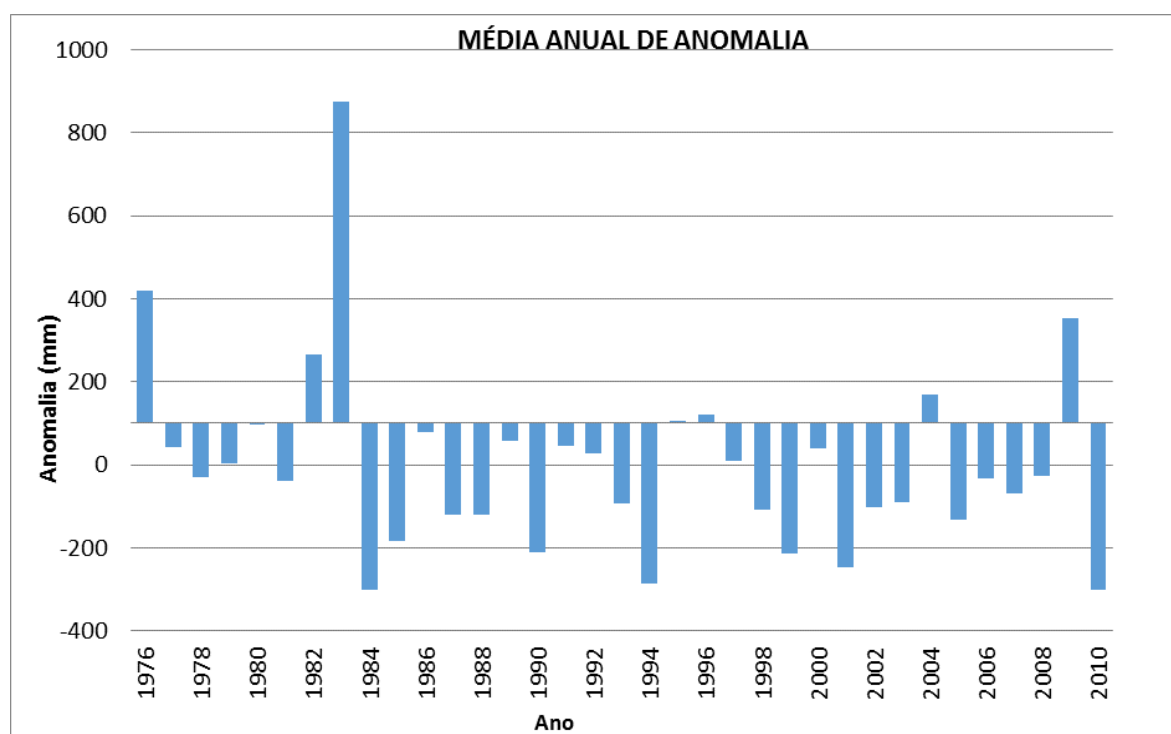


Figura 18: Média de anomalias de chuva de 1976 a 2010.

Na Figura 19 pode-se visualizar os grupos homogêneos obtidos por meio da análise de agrupamentos (*cluster*). Foram geradas três áreas homogêneas, denominadas de grupos.

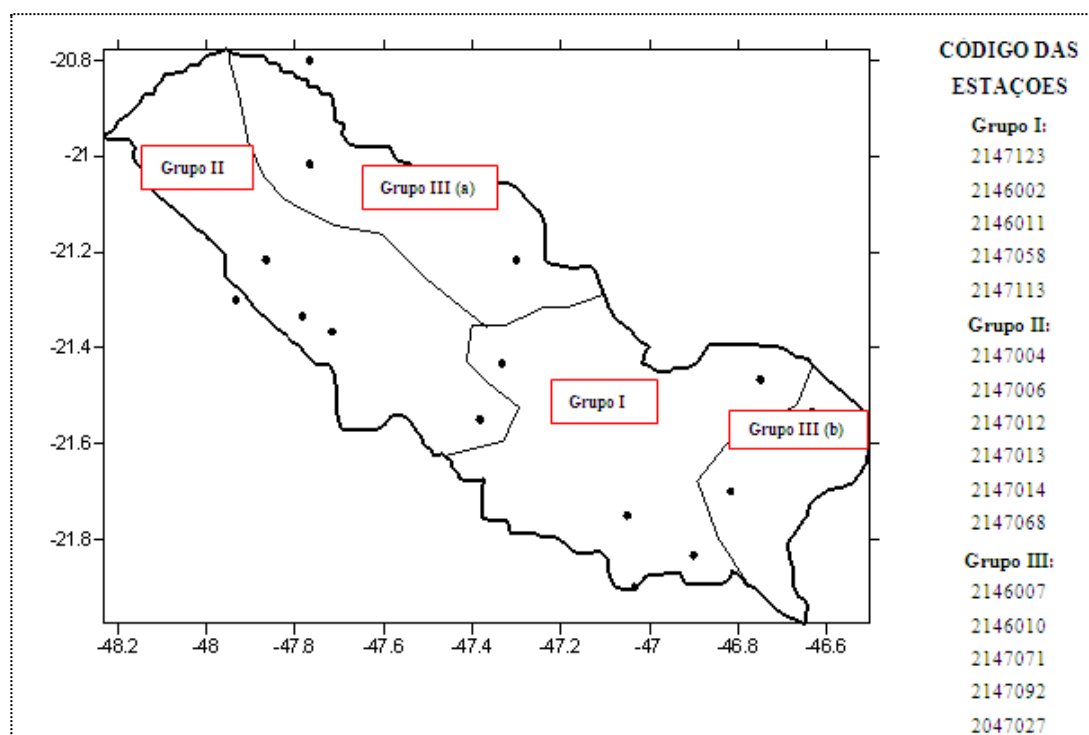


Figura 19: Áreas homogêneas (grupos) geradas com base na análise multivariada.

No Grupo I, situado na porção central da Unidade, tem-se cinco séries pluviométricas com mesma similaridade. Nota-se que, dos 35 anos estudados, 16 apresentaram anomalias positivas e 19 anomalias negativas (observar Figura 20).

Os anos com anomalias positivas mais marcadas foram 1976 (onde a média fica em torno de 550 mm), 1983 (por volta de 820 mm), 1996 (290 mm) e 2009 (340 mm), anos de ocorrência de El Niño.

Os anos com anomalias negativas mais marcadas foram 1984 (-380 mm), 1985 (-200 mm), 1996 (-300 mm) - anos de ocorrência de La Niña - e 2010 (-360 mm).

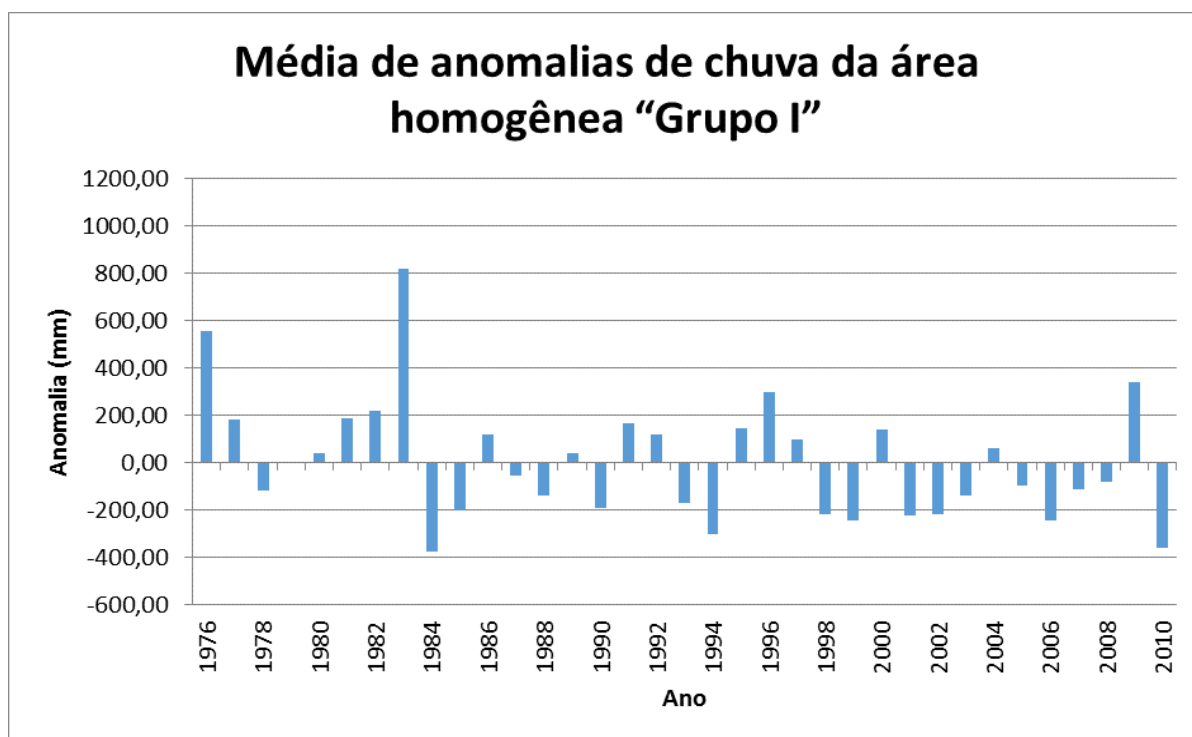


Figura 20: Média de anomalias de chuva da área homogênea “Grupo I”.

No Grupo II, situado na porção sudoeste da Unidade, foram obtidas seis séries pluviométricas com a mesma similaridade. Dos 35 anos estudados, 13 apresentaram anomalias positivas e 22 anomalias negativas (Figura 21). Os anos com anomalias positivas mais marcadas foram: 1976 (média em torno de 318 mm), 1983 (710 mm), 2004 (430 mm) e 2009 (400 mm).

Os valores do Grupo II apresentaram-se levemente mais baixos do que os valores do Grupo I. Os anos com anomalias negativas mais marcadas foram: 1984 (-325 mm), 1985 (-375 mm), 1994 (-369 mm), 1999 (-245 mm) e 2010 (-203 mm).

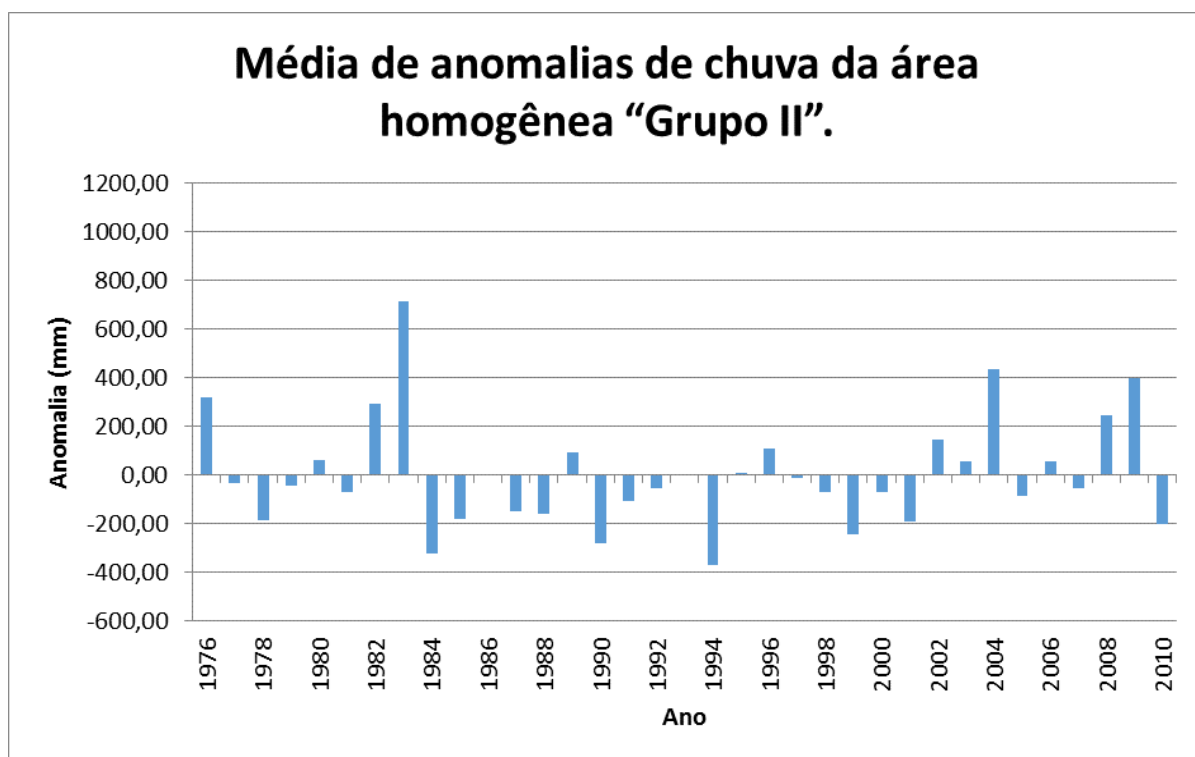


Figura 21: Média de anomalias de chuva da área homogênea “Grupo II”.

O Grupo III, que se encontra dividido nas porções noroeste e leste da Unidade, possui 15 anos com anomalias positivas e 20 com anomalias negativas. As anomalias positivas mais marcadas correram nos seguintes anos: 1976 (580 mm), 1980 (300 mm), 1982 (350 mm) e 1983 (uma alta anomalia, acima de 1000 mm).

Já as anomalias negativas mais marcadas ocorreram nos anos 1984 (-300 mm), 1990 (-280 mm), 1999 (-380 mm) e 2010 (-420 mm, a anomalia mais alta entre todos os grupos), Figura 22.

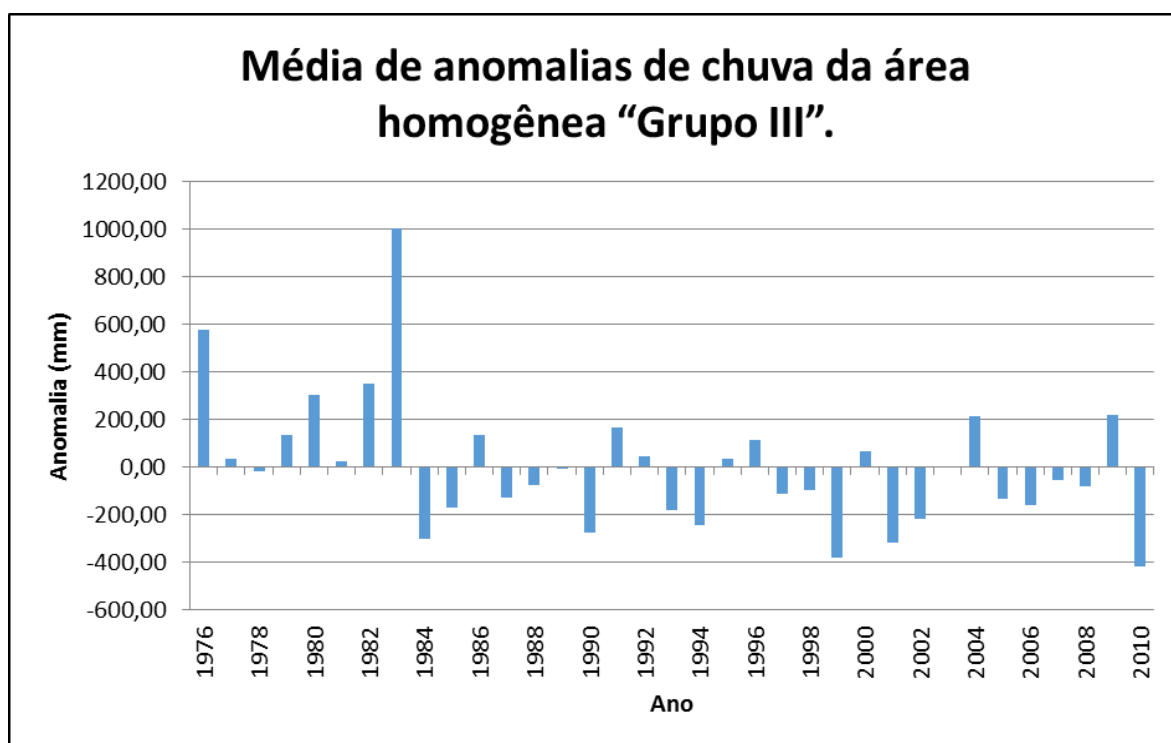


Figura 22: Média de anomalias de chuva da área homogênea “Grupo III”.

5.4 - Espacialização das anomalias

Em 1982, os valores das anomalias foram muito acima da média climatológica, chegando a 700 mm. Neste ano, a porção leste da bacia foi a mais seca, ainda assim, apresentando anomalias positivas acima de 50 mm. As maiores precipitações localizaram-se nas porções de menor altitude da bacia, nos municípios de Jardinópolis, São Simão, Serra Azul, entre outros, situados na parte oeste da bacia, Figura 23.

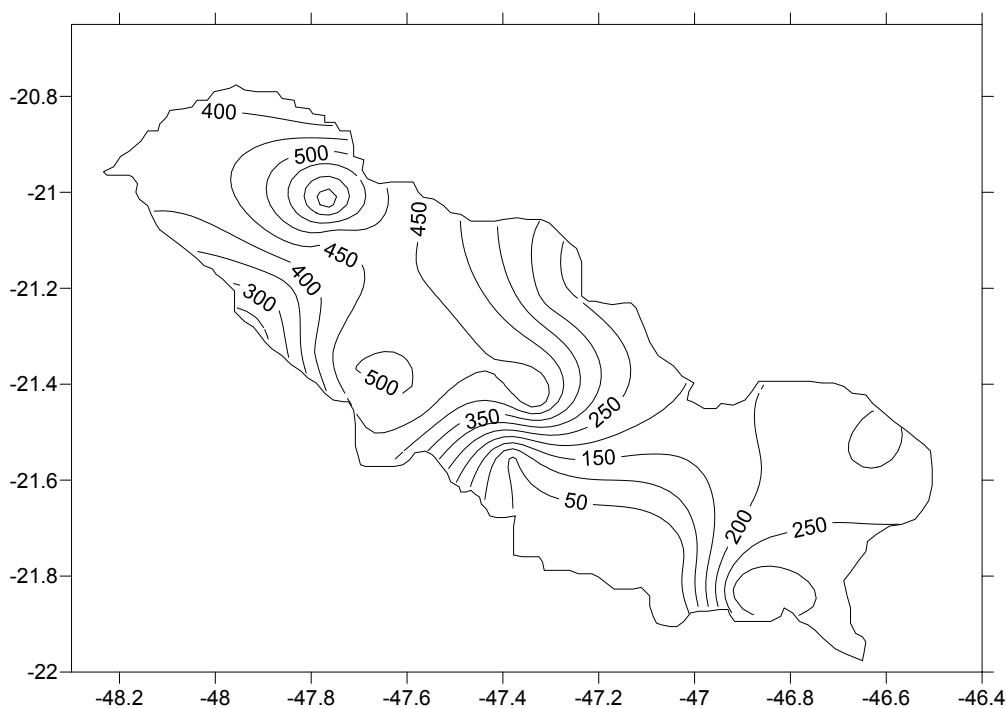


Figura 23: Distribuição espacial da anomalia de chuva em 1982.

No ano de 1983, a precipitação pluvial na bacia apresentou altas anomalias positivas (600 a 1.160 mm acima da média climatológica). A anomalia de chuva foi bem distribuída ao longo de toda UGRHI. Casa Branca, Caconde e Batatais tiveram os maiores índices pluviométricos, (Figura 24). Deve-se ressaltar que muitos trabalhos científicos não atribuem variabilidade interanual a região Sudeste, mas mesmo assim pode-se observar que essa variabilidade, quando de sua fase positiva no oceano Pacífico Equatorial, aumenta a chuva em São Paulo e grande parte de Minas Gerais. Assim, nessa Unidade pode-se constatar essa marcada chuva associada a eventos ENOS (fase quente) fortes, como no ano 1982/83.

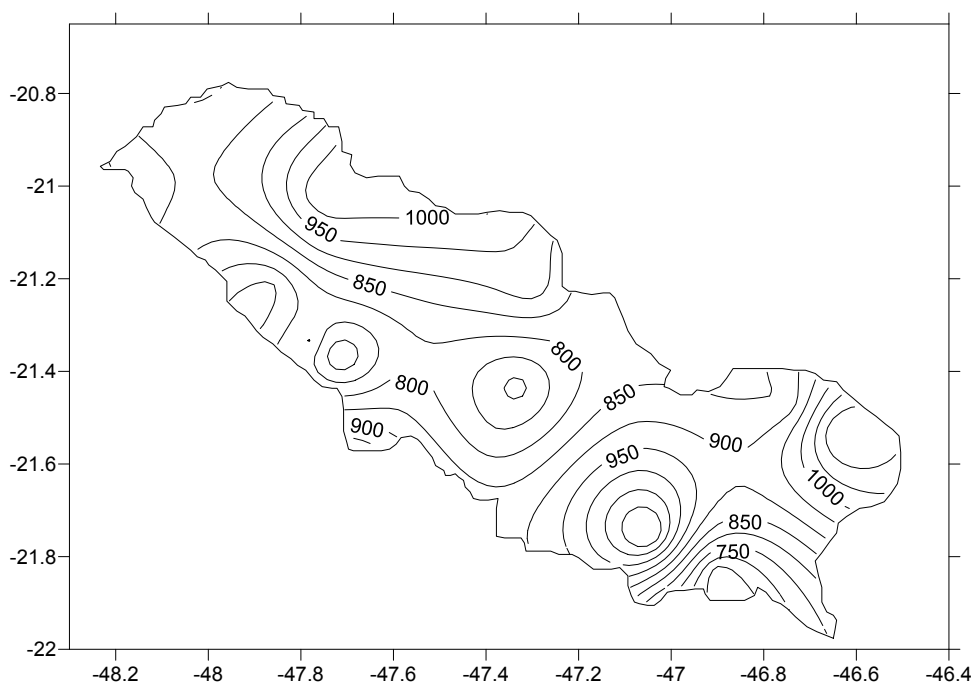


Figura 24: Distribuição espacial da anomalia de chuva em 1983.

Em 1991 (Figura 25), a ocorrência de anomalias foi bem variável, com anomalias positivas e negativas. A parte oeste da Unidade foi mais seca, com algumas anomalias negativas. A parte leste foi mais úmida, com anomalias positivas (550 mm acima da média climatológica).

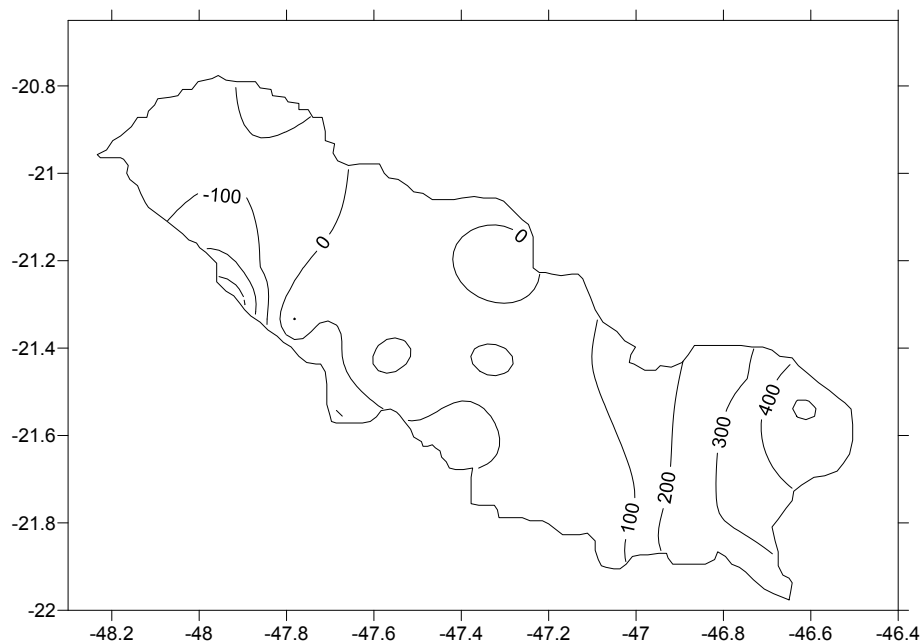


Figura 25: Distribuição espacial da anomalia de chuva em 1991.

Em 1993 (Figura 26), a ocorrência de anomalias teve grande variabilidade. A parte oeste foi mais seca, com algumas anomalias negativas. Houve o predomínio de anomalias negativas.

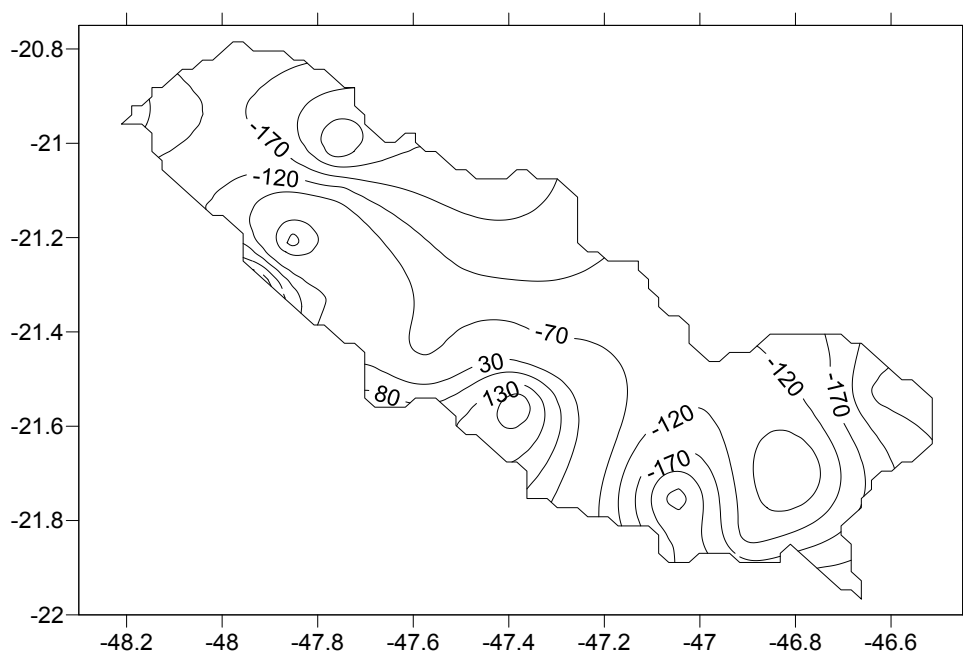


Figura 26: Distribuição espacial da anomalia de chuva em 1993.

O ano de 1998, por sua vez, foi marcado por anomalias negativas de chuva. Na parte oeste da UGRHI, os valores são positivos, (250 mm). Na parte leste, os valores são negativos, chegando a 650 mm, abaixo da média climatológica, portanto do ponto de vista meteorológico, este ano foi seco nessa Unidade, (Figura 27).

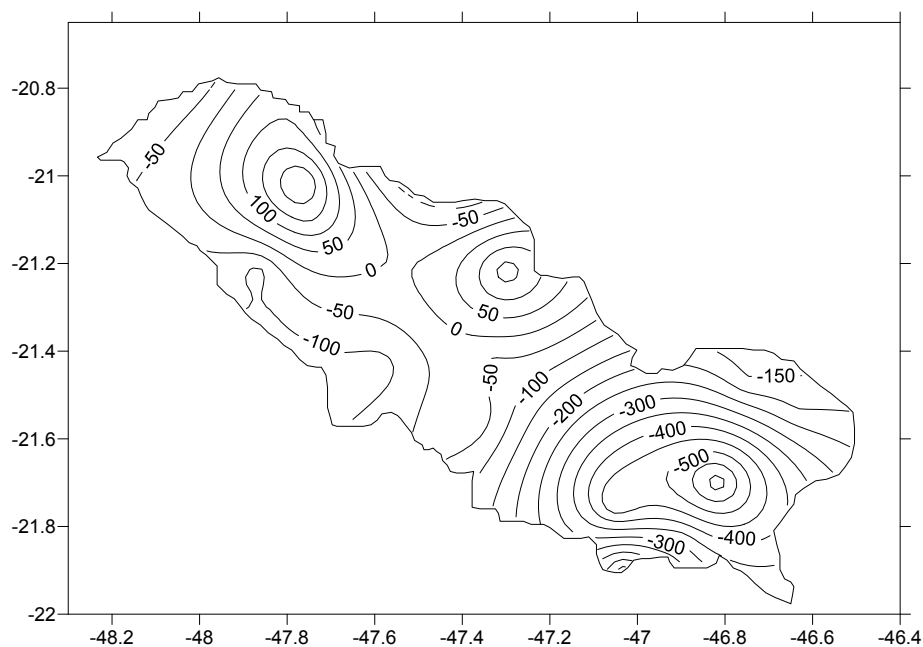


Figura 27: Distribuição espacial da anomalia de chuva em 1998.

No ano de 2003 houve a ocorrência de El Niño de intensidade moderada, no entanto a espacialização das anomalias de chuva demonstra que a bacia teve anomalias negativas expressivas, chegando a -250 mm, na parte central da bacia, (Figura 28).

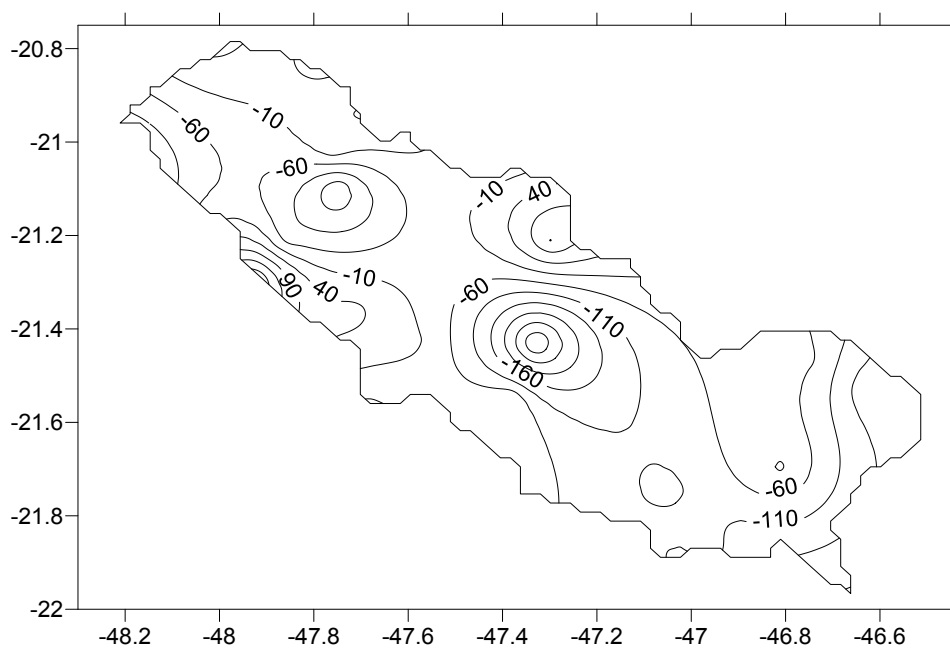


Figura 28: Distribuição espacial da anomalia de chuva em 2003.

No ano de 2010 (Figura 29), ano em que ocorreu El Niño de fraca intensidade, houve o predomínio de anomalias negativas de precipitação. A porção norte da bacia foi a que apresentou maior quantidade de anomalias negativas, alcançando 680 mm abaixo da média climatológica. Em nenhuma área houve anomalia positiva de chuva. O ano foi seco, do ponto de vista meteorológico, nessa Unidade.

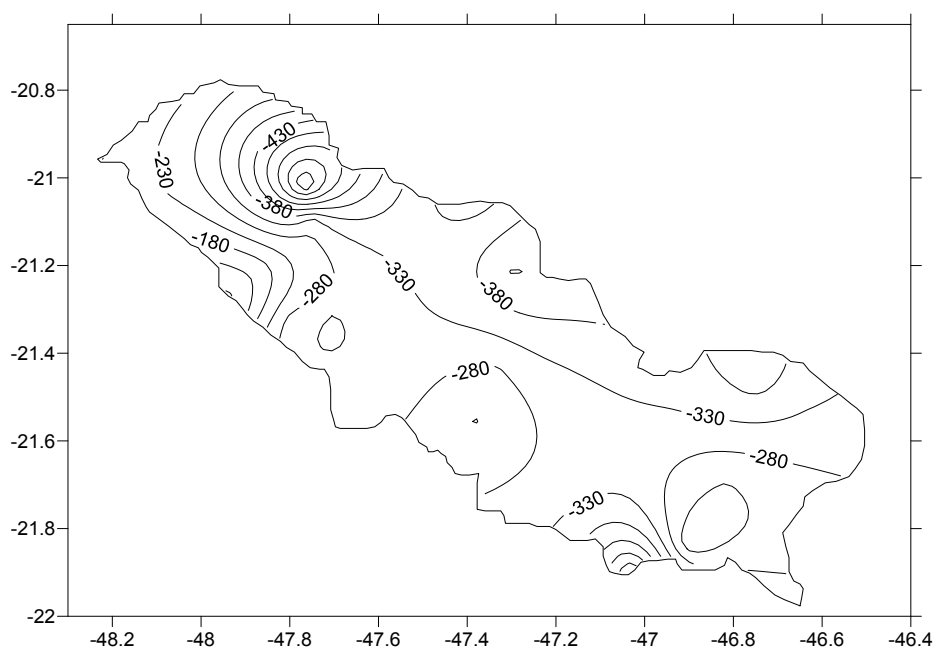


Figura 29: Distribuição espacial da anomalia de chuva em 2010.

5.5 - Resultados dos Índices de Anomalia de Chuva (IAC)

O IAC foi calculado para os 35 anos. Através dos resultados alcançados, não há como inferir que os eventos ENOS interferem diretamente nas anomalias de precipitação.

Somente o forte episódio de El Niño 1982-1983 teve índice de umidade alta e extremamente úmido. Alguns anos de El Niño apresentaram índices de classe de intensidade umidade baixa e normal. Já para ano de 1990, em que houve ocorrência de El Niño de forte intensidade o IAC apresentou classificação de seca alta. Já nos anos de 2002 e 2003, com El Niño moderado, foram considerados como seca suave.

O episódio La Niña (fraca) 1984-1985 apresentou IAC de classe de intensidade extremamente seca e seca moderada. Em 1989, o índice classificou esse ano com umidade baixa para um ano de La Niña de intensidade forte, Tabela 8.

Tabela 8: Classificação do Índice de Anomalia de Precipitação (IAC) na UGRHI-4.

Ano	Precipitação	IAC	Classe de Intensidade	Evento ENOS
1976	1939,45	4,9	Extremamente úmido	La Niña Forte/El Niño Fraco
1977	1562,60	0,5	Umidade baixa	El Niño Fraco
1978	1489,77	-0,4	Normal	El Niño Fraco
1979	1523,13	0,0	Normal	El Niño Fraco
1980	1620,11	1,2	Umidade baixa	El Niño Fraco
1981	1482,58	-0,5	Seca suave	-
1982	1786,62	3,1	Umidade alta	El Niño Forte
1983	2396,17	10,3	Extremamente úmido	El Niño Forte/La Niña Fraca
1984	1218,90	-4,3	Extremamente Seca	La Niña Fraca
1985	1337,25	-2,6	Seca moderada	La Niña Fraca
1986	1598,45	0,9	Umidade baixa	El Niño Moderado
1987	1401,54	-1,7	Umidade baixa	El Niño Moderado
1988	1400,43	-1,7	Umidade baixa	El Niño Moderado/La Niña Forte
1989	1578,33	0,7	Umidade baixa	La Niña Forte
1990	1310,61	-3,0	Seca alta	El Niño Forte
1991	1567,67	0,6	Umidade baixa	El Niño Forte
1992	1549,00	0,3	Normal	El Niño Forte
1993	1427,10	0,0	Normal	El Niño Forte
1994	1234,91	-4,1	Extremamente Seca	El Niño Moderado
1995	1625,46	1,2	Umidade baixa	El Niño Moderado/ La Niña Fraca
1996	1642,43	1,4	Umidade baixa	La Niña Fraca
1997	1531,62	0,1	Normal	El Niño Forte
1998	1413,89	-1,5	Umidade baixa	El Niño Forte/La Niña Moderada
1999	1307,62	-3,0	Seca alta	La Niña Moderada
2000	1559,73	0,5	Umidade baixa	La Niña Moderada
2001	1273,30	-3,5	Seca alta	La Niña Moderada
2002	1418,38	-1,5	Seca suave	El Niño Moderado
2003	1430,76	-1,3	Seca suave	El Niño Moderado
2004	1688,72	2,0	Umidade moderada	El Niño Fraco
2005	1387,26	-1,9	Seca suave	El Niño Fraco
2006	1486,90	-0,5	Seca suave	El Niño Fraco
2007	1451,86	-1,0	Seca suave	El Niño Fraco/La Niña Forte
2008	1493,84	-0,4	Seca suave	La Niña Forte
2009	1874,86	4,2	Extremamente úmido	El Niño Fraco
2010	1220,67	-4,3	Extremamente seca	El Niño Fraco

O Índice de Porcentagem Normal, por sua vez, não se mostrou um índice interessante por homogeneizar muito os dados. Mesmo assim, foram realizados cálculos para os anos 1976, 1982, 1983, 1986, 1991, 1998, 2000, 2005 e 2010.

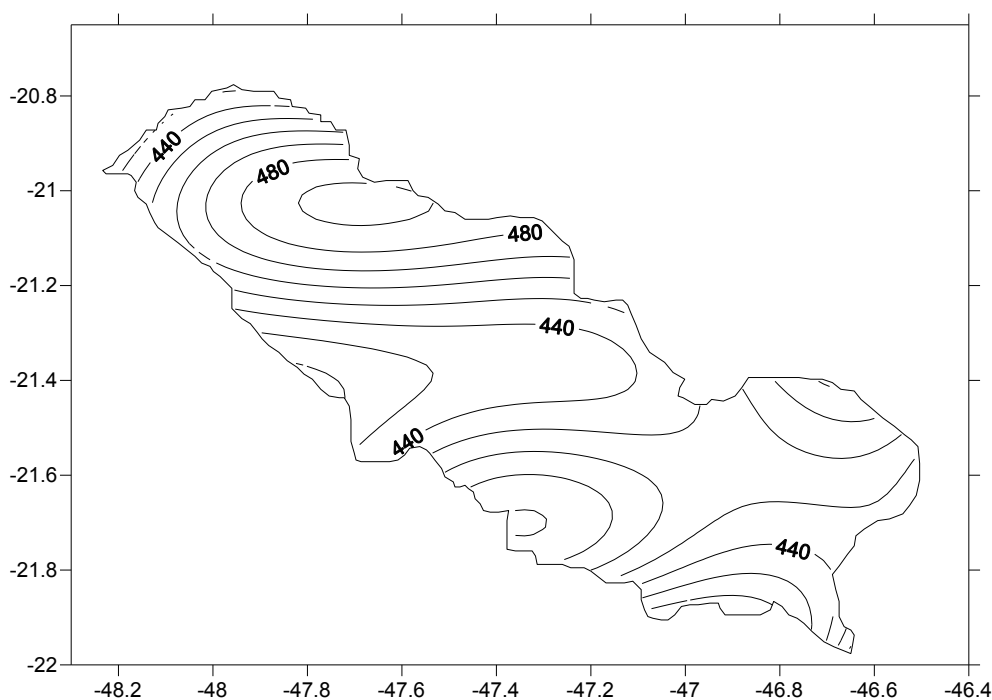
Este índice mostrou que para 2010 a classificação foi “Umidade Alta” e para todos os outros anos a classificação foi de “Extremamente Úmido” (Tabela 9), o que não condiz com a realidade, visto que 2010, por exemplo, foi um ano seco, com anomalias negativas de chuva chegando a -420 mm em média.

Tabela 9: Classificação do Índice de Porcentagem Normal na UGRHI-4.

Ano	Porcentagem Normal	Classificação
1976	127,52	Extremamente Úmido
1982	117,47	Extremamente Úmido
1983	157,55	Extremamente Úmido
1986	105,10	Extremamente Úmido
1991	103,07	Extremamente Úmido
1998	92,96	Extremamente Úmido
2000	102,55	Extremamente Úmido
2005	91,21	Extremamente Úmido
2010	80,26	Umidade Alta

5.6 - Resultados dos cálculos do período de retorno

Para um tempo de retorno de seis anos (Figura 30) observou-se que a área apresenta precipitação máxima na faixa de 395 a 495 mm, ou seja, a probabilidade de ocorrerem chuvas entre 395 e 495 mm em um mês é de 6 anos. A porção norte da Unidade possui os maiores valores de precipitação. Pode-se notar que os valores são bem distribuídos na bacia, não ocorrendo muita variabilidade.

**Figura 30:** Precipitações máximas esperadas para o período de retorno (TR) de 6 anos na UGRHI-4.

Precipitações mensais entre 420 e 580 mm têm frequência de ocorrência de 12 anos. (Figura 31). A faixa entre 420 a 540 mm concentra-se na porção oeste da bacia. A porção central da unidade possui valores entre 480 e 500 mm. Os maiores valores estão nos extremos leste e oeste. O município de Caconde, por exemplo, a extremo oeste da bacia, lida com problemas relativos a inundações anualmente. O dimensionamento de obras anti-enchente deve prever que a cada 12 anos ocorrerão até 550 mm de precipitação em um só mês.

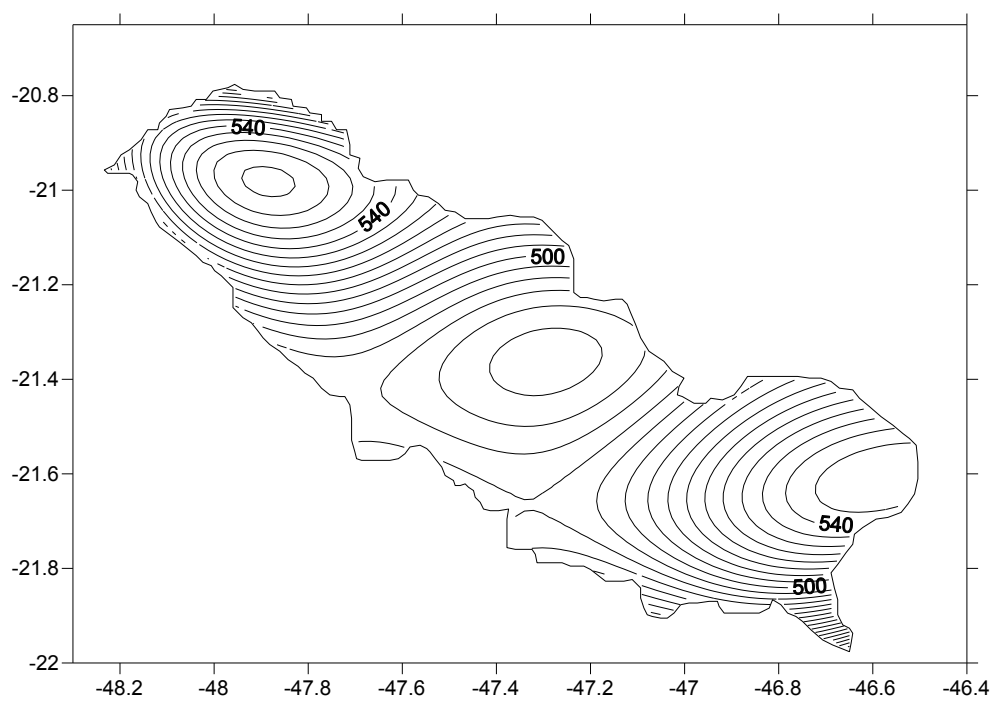


Figura 31: Período de retorno (TR) de 12 anos na UGRHI-4.

Para um tempo de retorno de 18 anos (Figura 32) observou-se que a área apresenta precipitação máxima na faixa de 470 a 660 mm. As faixas que possuem os maiores valores de precipitação se encontram no noroeste (próximo aos municípios de Brodowski, Jardinópolis) e no leste (próximo dos municípios Caconde, São José do Rio Pardo) da Unidade.

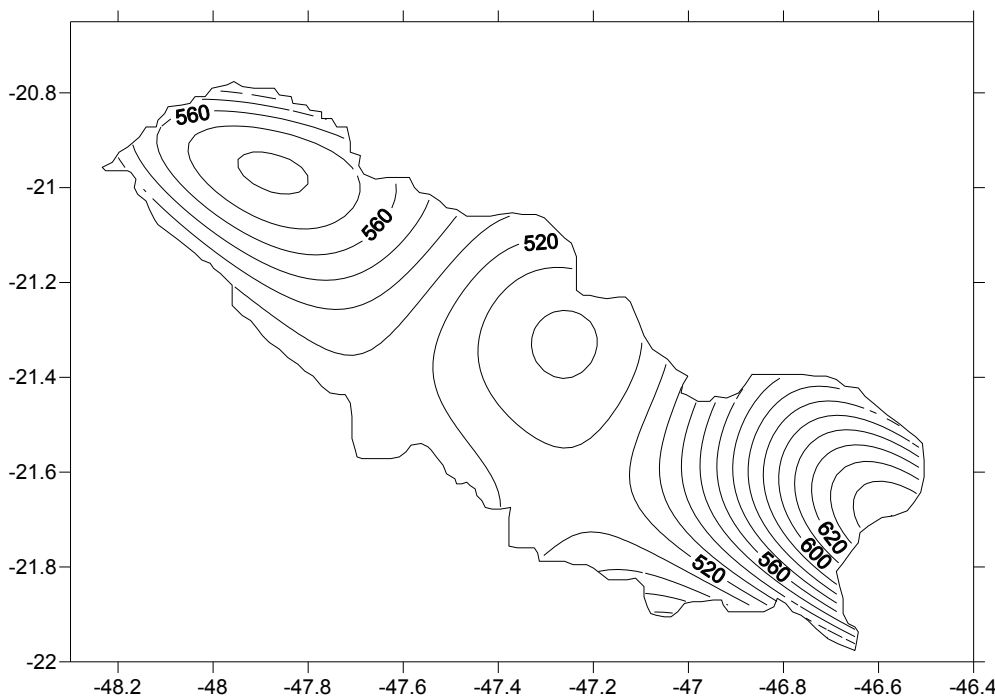


Figura 32: Precipitações máximas esperadas para o período de retorno (TR) de 18 anos.

Para um tempo de retorno de 36 anos (Figura 33) observou-se que a maior parte da área apresenta precipitação máxima na faixa de 500 a 700 mm. Os maiores valores se encontram na nos extremos leste e oeste.

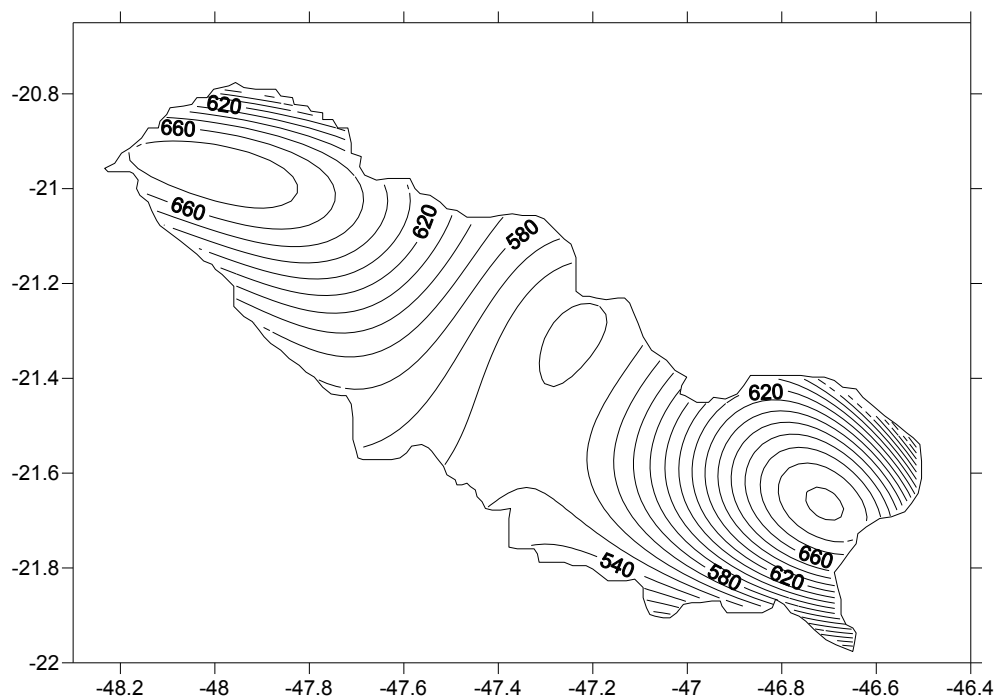


Figura 33: Precipitações máximas esperadas para o período de retorno (TR) de 36 anos.

É possível notar que quanto maior o período de retorno considerado, maior é a precipitação esperada.

De acordo com este estudo, observa-se que as precipitações máximas para todos os anos tendem a se concentrar nos extremos leste e oeste da unidade, justamente nas áreas dos municípios em que há ocorrência de inundações anualmente (Sales Oliveira, Jardinópolis, Ribeirão Preto, Serrana, Cravinhos, Mococa, Casa Branca, Itobi, São José do Rio Pardo, Tapiratiba, Caconde e Divinolândia). No caso do dimensionamento de obras anti-enchente, os planejadores devem atentar-se para esse fato.

5.7 - Total de dias com chuva

Em 1976, com o fim da forte La Niña de 1973-1976, percebe-se uma distribuição de dias com chuva variada. Pode-se perceber, pela Figura 34, que há regiões com 140, 155 e até 170 dias de chuva. A porção noroeste da Unidade teve os maiores valores. Nesse ano os dias com chuvas apresentaram-se relativamente homogêneos na Unidade, apresentando 42 % dos dias com chuvas em algumas regiões, em relação a esse anos.

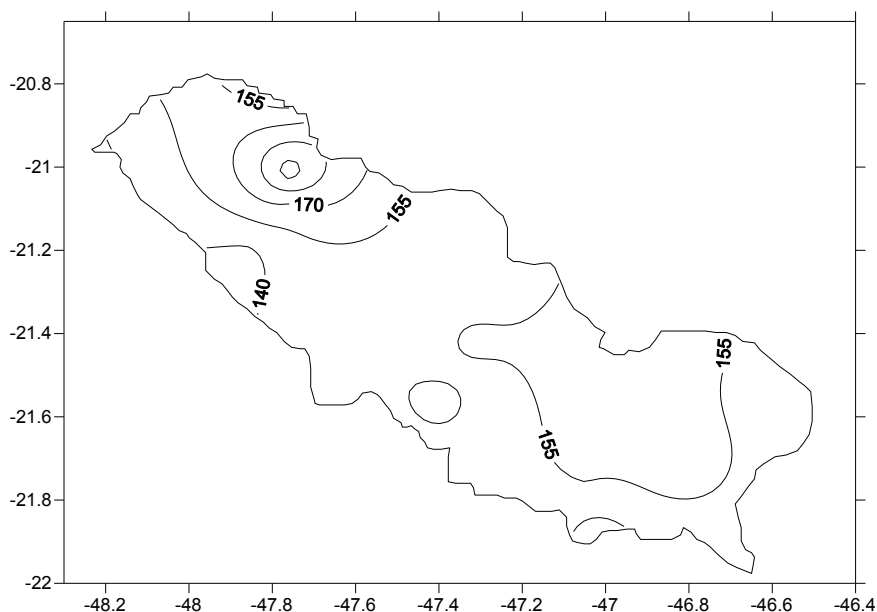


Figura 34: Número de dias com chuva em 1976 na UGRHI-4.

Em 1983 (Figura 35), o número de dias com chuva aumentou em toda a unidade, havendo valores de até 250 dias. Mais uma vez o ano 1983 considerado um ano de evento El Niño forte apresentou dias com chuvas que chegaram a 50 % dos dias chuvosos em relação ao ano, mostrando que quando os eventos ENOS (fase quente) é forte a região Sudeste também é afetada.

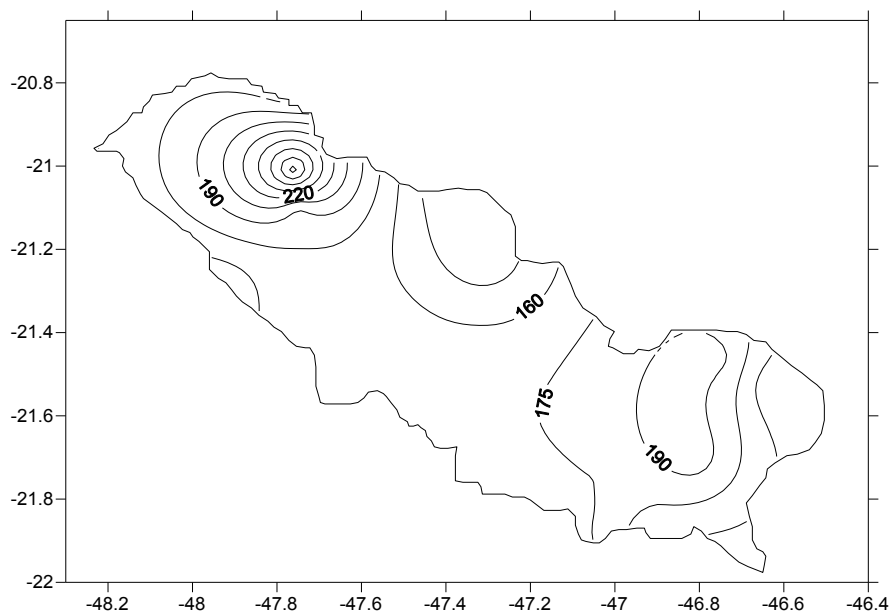


Figura 35: Número de dias com chuva em 1983 na UGRHI-4.

Em 1986-87 houve a ocorrência de um intenso fenômeno ENOS. Conforme as análises anteriores já demonstraram, houve anomalia positiva de precipitação na bacia. Em praticamente toda a Unidade choveu durante no mínimo 140 dias do ano, ou seja, em 38% do ano houve precipitação. Na porção noroeste choveu em 54% do ano. Com os valores

analisados pode-se inferir que as chuvas na Unidade são bem distribuídas ao longo do ano e que o fenômeno de evento ENOS pode ter contribuído para os altos valores de dias com chuva, (Figura 36).

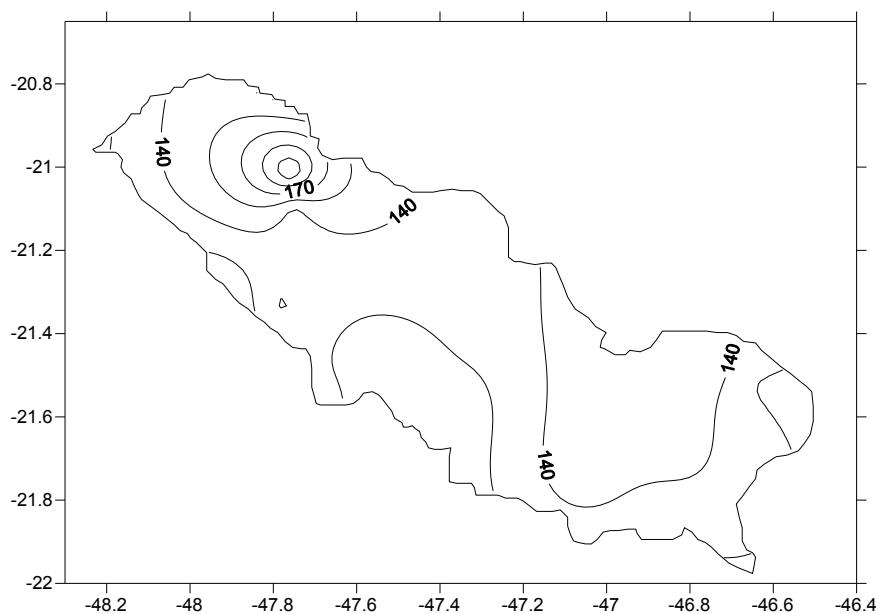


Figura 36: Número de dias com chuva em 1986.

O ano de 1988 coincide com o começo da ocorrência de uma moderada La Niña (1988-1989) e é possível notar que em algumas localidades os dias com chuva diminuíram para 110, conforme Figura 37. Parece haver, com base nesse ano, que também a La Niña apresenta sinal de diminuição de chuva na fase fria do oceano Pacífico Tropical, similar ao que ocorre na região Sul do Brasil.

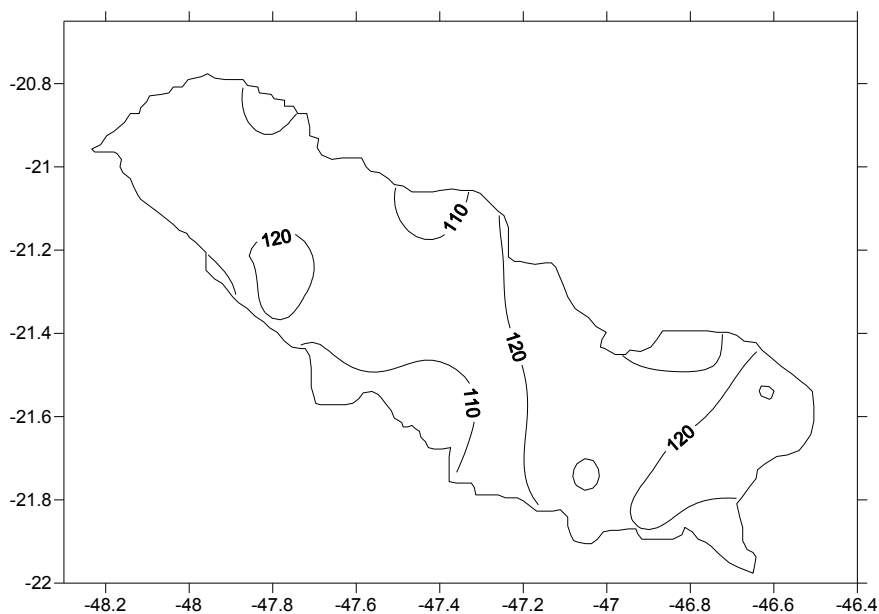


Figura 37: Número de dias com chuva em 1988 na UGRHI-4.

Entre 1990/1993, ocorreu um El Niño de forte intensidade. Os dias com chuva em 1990, na maior parte da Unidade, foram 120 (Figura 38), portanto choveu 33 %, aproximadamente, em relação a esse ano.

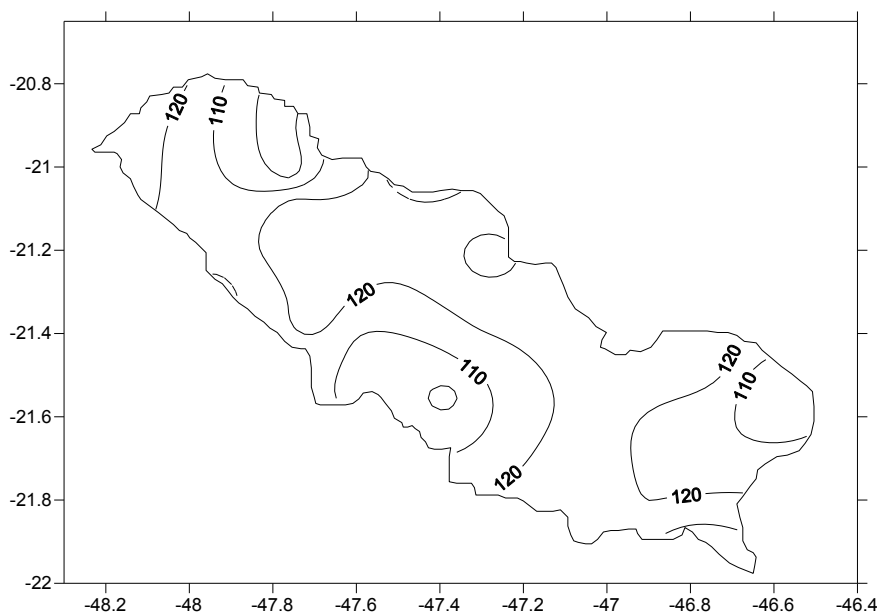


Figura 38: Número de dias com chuva em 1990.

Já em 1992, observa-se o aumento do número de dias com precipitação. A quantidade varia em torno de 140 dias (Figura 39). A região Centro-Noroeste da Unidade apresenta 38 % de dias com chuva em relação a esse ano.

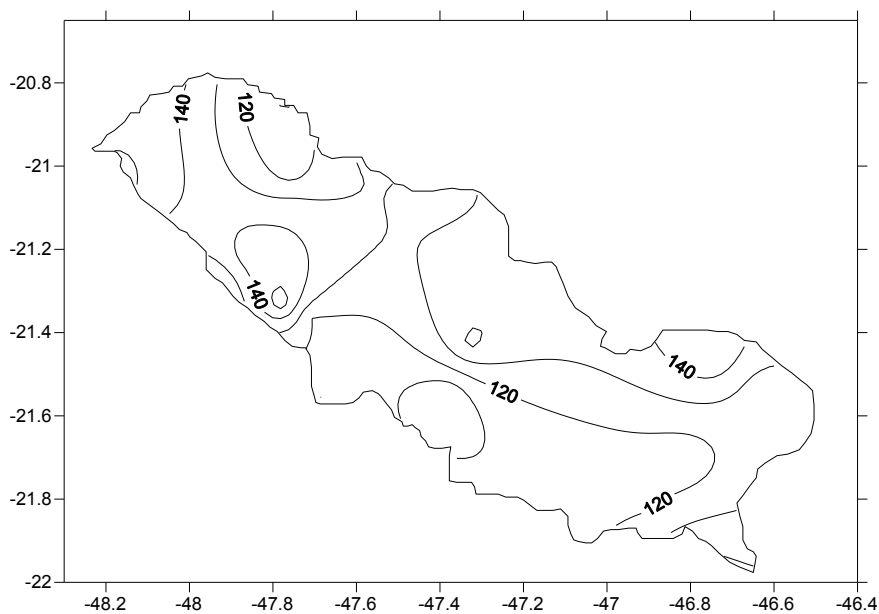


Figura 39: Número de dias com chuva em 1992.

Em 1993, com a intensificação do episódio ENOS, ocorre também o aumento do número de dias com chuva. A média de dias de chuva na bacia é de 130, no entanto há um

núcleo situado na porção centro-leste que alcançou cerca de 200 dias, o que significa que choveu em 55% dos dias deste ano (Figura 40).

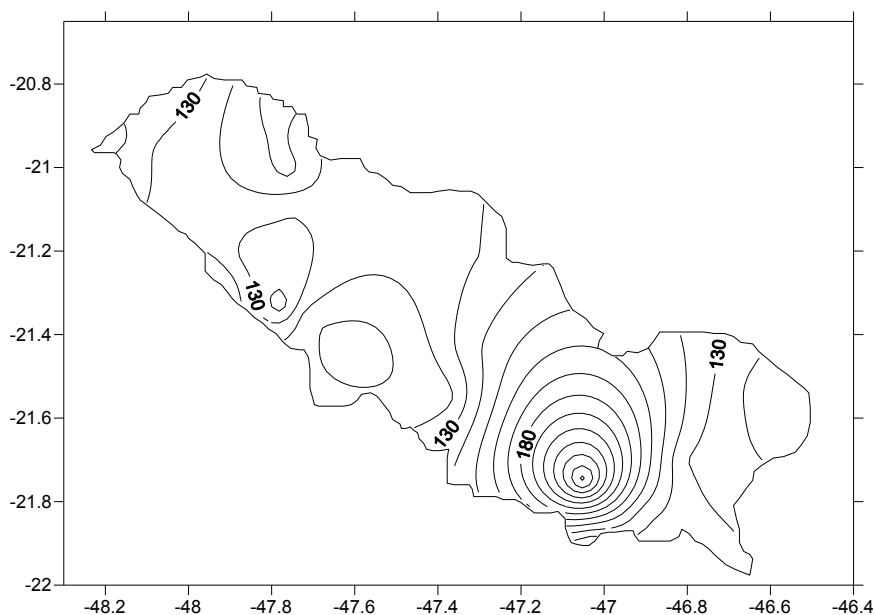


Figura 40: Número de dias com chuva em 1993.

A anomalia positiva de chuva na UGRHI e os índices de anomalia de precipitação estudados para o ano de 1997 confirmam que as precipitações neste ano foram influenciadas pelo El Niño. O número de dias de chuva também corrobora para este fato, já que houve precipitação em 43% do ano em algumas porções da bacia, (Figura 41).

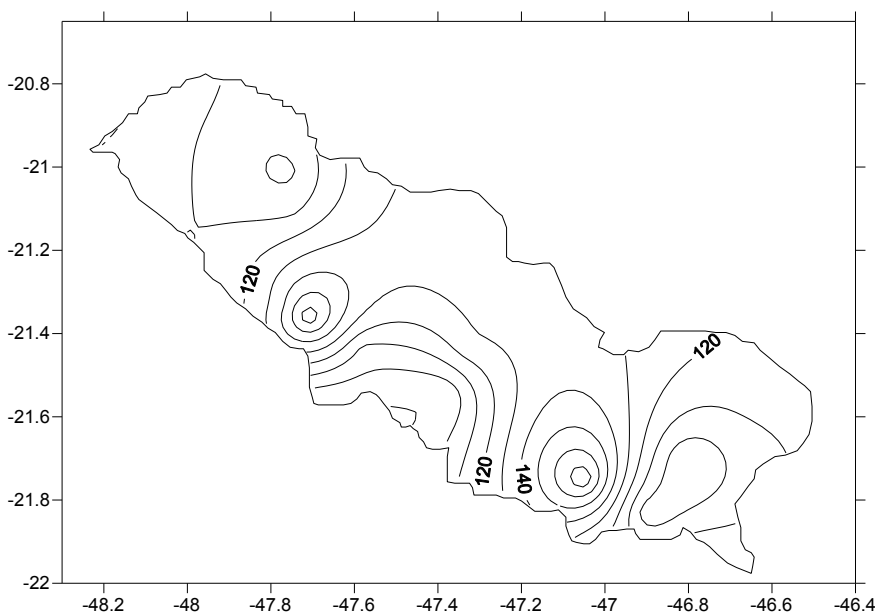


Figura 41: Número de dias com chuva em 1997 na UGRHI-4.

Durante a La Niña de intensidade moderada que ocorreu de 1999-2001, pode-se notar uma diminuição no número de dias com precipitação. Em nenhum dos anos houve

mais de 110 dias de chuva. Em 2000, houve áreas da bacia em que choveu em apenas 17% do ano, (Figura 42).

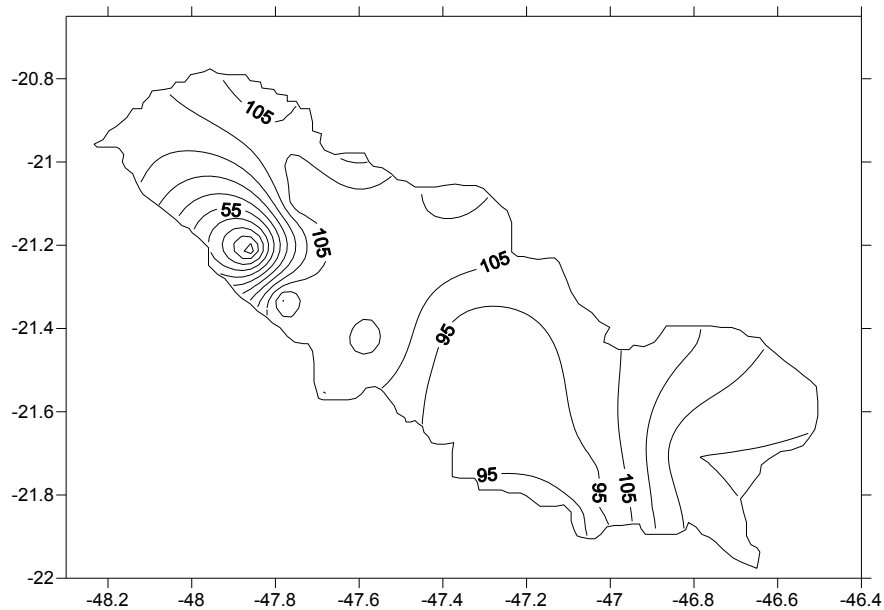


Figura 42: Número de dias com chuva no ano de 2000.

E em 2001 (Figura 43), quando houve anomalia negativa significativa (abaixo 247 mm em relação à média climatológica), houve entre 35 e 105 dias com chuva. A porção oeste teve os menores valores, com cerca de somente 9% do ano com chuva. Esses resultados comprovam que houve significativa diminuição de chuva durante esse episódio de La Niña de intensidade moderada.

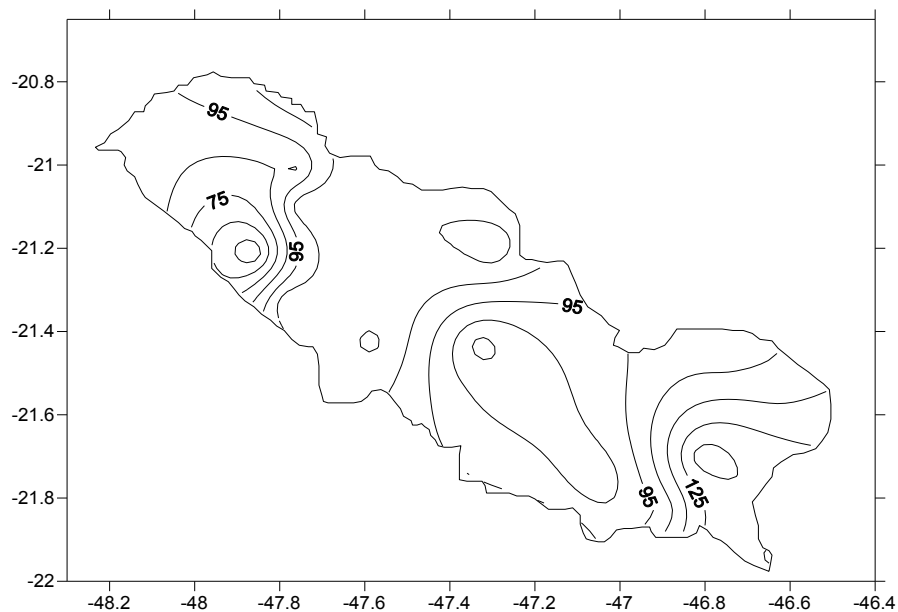


Figura 43: Número de dias com chuva em 2001 na UGRHI-4.

Outro episódio de La Niña ocorreu em 2007-2008, desta vez com intensidade forte. O número de dias com chuva nesses anos ficou entre 55 e 95.

Na Figura 44 tem-se a espacialização dos dias com chuva no ano de 2007. É possível notar que a maior parte da bacia tem somente 26 % do ano com precipitação (95 dias). Na parte leste da bacia há um núcleo em que choveu em apenas 9% do ano (35 dias). Pode-se inferir que o episódio La Niña exerceu certa influência na precipitação da UGRHI.

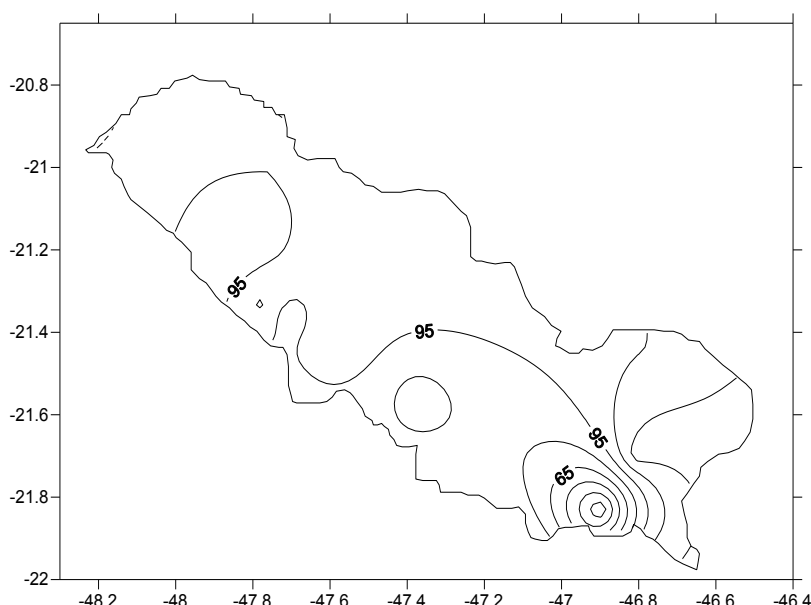


Figura 44: Número de dias com chuva em 2007.

O episódio El Niño 2009-2010 foi de intensidade moderada. O ano de 2009 apresentou uma alta anomalia positiva (350 mm acima da média climatológica). O número de dias com precipitação em 2009 varia entre 95 e 155 dias. A porção sudeste da bacia é a que menos apresenta número de dias com chuva (cerca de 26% do ano). A maior parte da UGRHI apresenta 34% do ano com chuva (125 dias). O extremo oeste e extremo leste são as regiões que apresentam maior número de dias de chuva, chegando a 155 (ver Figura 45).

Cabe ressaltar que, embora as análises anteriores apontem que o ano de 2010 foi seco, com anomalia negativa de precipitação (-300 mm), no que se refere ao número de dias com chuva, o comportamento é praticamente idêntico ao de 2009, variando entre 95 e 155 dias.

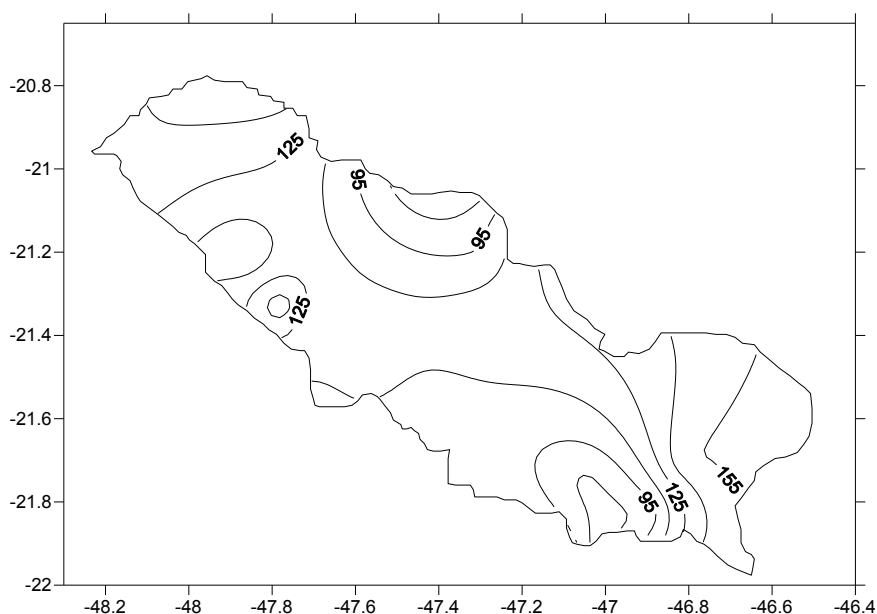


Figura 45: Número de dias com chuva em 2009.

5.8– Máximos diários de chuva

Em 1976, há a ocorrência de um evento ENOS considerado de intensidade fraca, entretanto, os valores máximos diários ficaram entre 65 e 160 mm, valores muito expressivos. A anomalia média de chuva para esse ano é significativamente alta (mais de 400 mm acima da média climatológica). Os maiores valores se concentraram na parte sul da Unidade, na região dos municípios de Casa Branca, Tambaú e Santa Rosa de Viterbo. As isolinhas têm intervalo de 10 mm, (Figura 46).

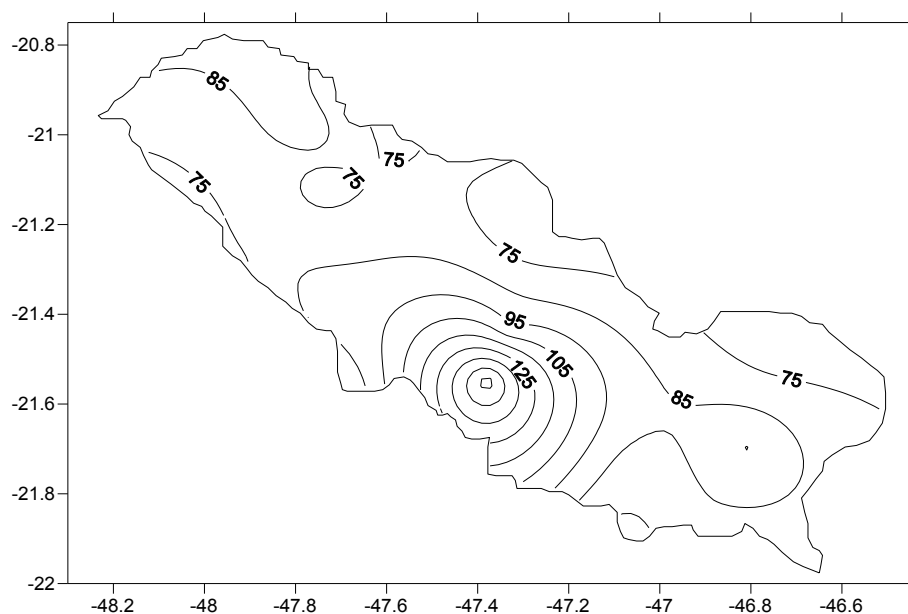


Figura 46: Valores máximos diários em 1976.

No ano de 1982 os valores máximos diários vão de 50 a 140 mm. As isolinhas têm intervalo de 10 mm, Figura 47. As máximas chuvas, para esse ano estão concentradas a

centro-sul da Unidade, ainda que deva-se ressaltar que tomar somente um máximo para cada ano, pode não ser o mais adequado e que futuramente deverá se estabelecer um umbral, pois há anos com dois máximos mais importantes que outros.

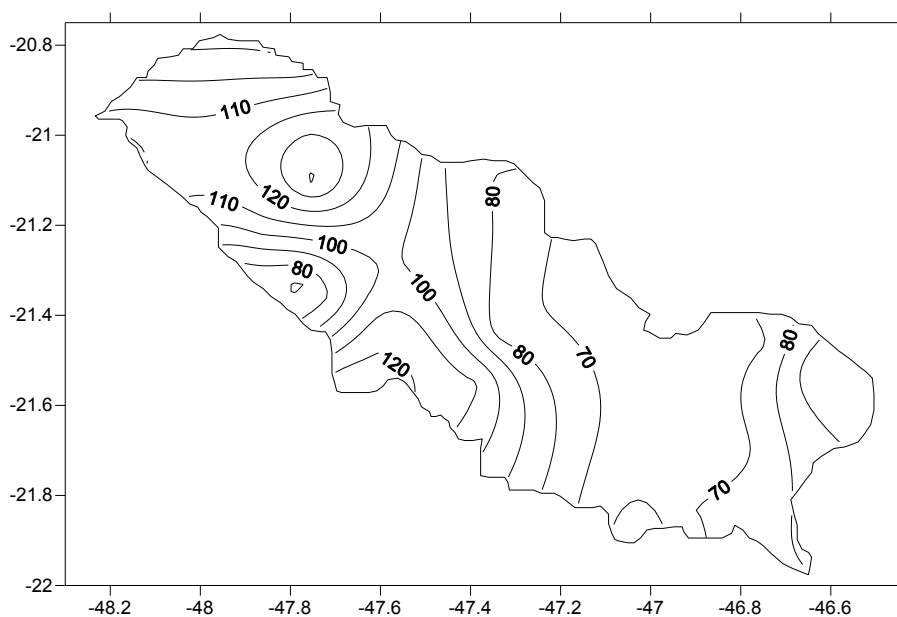


Figura 47: Valores máximos diários em 1982.

Em 1983, os valores máximos diários estão entre 70 a 180 mm. Deve-se ressaltar que os anos de 1982-83 foi o evento considerado o mais intenso para o período de estudo e que os máximos para esses dois anos são significativos. As isolinhas estão em intervalos de 15 mm, Figura 48.

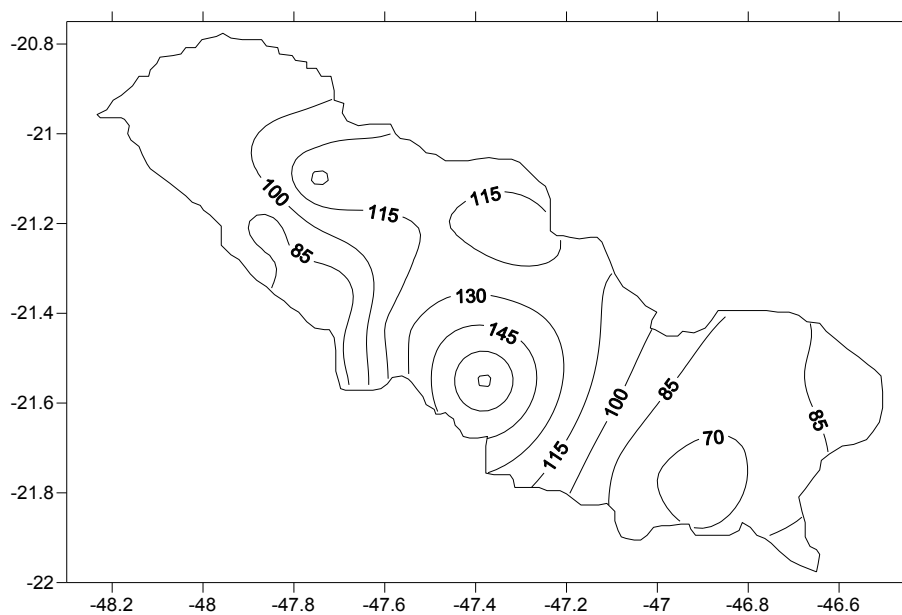


Figura 48: Valores máximos diários em 1983.

O ano de 1991 está no evento ENOS estendido (1990-1994). Na metade de 1991 as anomalias positivas de TSM começaram a se intensificar. As isolinhas demonstram que os máximos diários em 1991 ficaram entre 65 e 105 mm (Figura 49), que são valores extremamente altos para um dia.

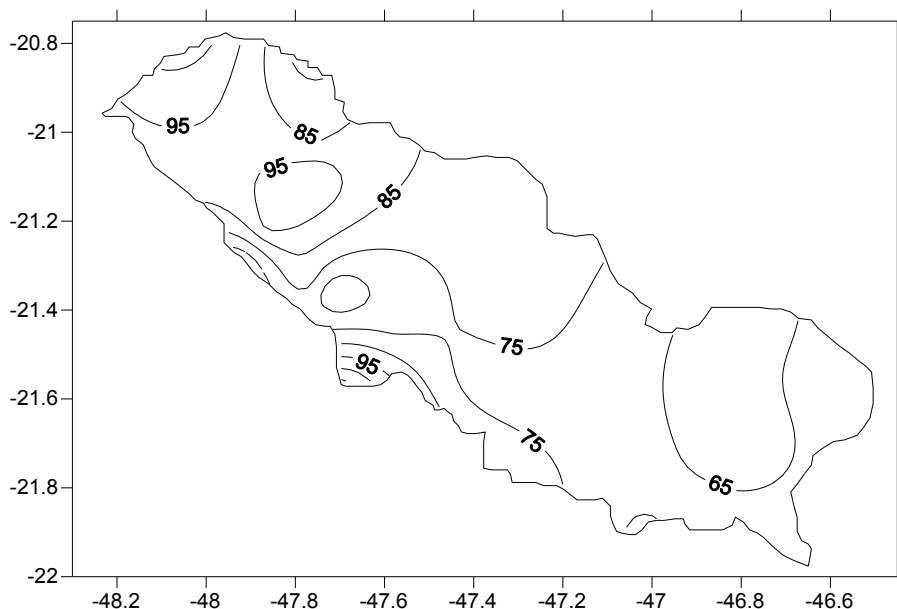


Figura 49: Valores máximos diários em 1991.

O evento 1997-98 também foi intenso, e apesar de a anomalia de chuva não ser muito intensa e o IAC apresentar-se Normal, os valores máximos diários ficaram entre 40 e 105 mm, bem distribuídos ao longo da bacia, o que demonstra que o evento ENOS influenciou na precipitação máxima diária, conforme Figura 50.

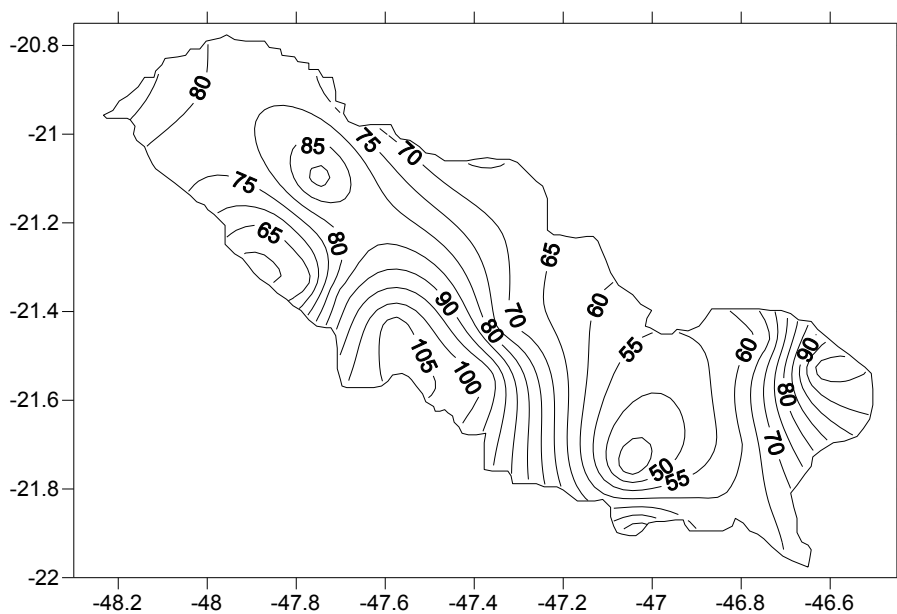


Figura 50: Valores máximos diários em 1997.

5.9 - Resultados dos cálculos de índice de concentração de chuva

Após calcular o índice para as 41 estações, os resultados obtidos (Tabela 10) foram espacializados.

Tabela 10: Coordenadas geográficas e o valor do Índice de Concentração (de 1 e 5 mm) das 41 estações da UGRHI-4 no período de 1976-2010

Código da Estação	Latitude	Longitude	CI = 1 mm	CI = 5 mm
2047027	-20,81	-47,76	0,55	0,54
2047028	-20,83	-47,30	0,56	0,55
2047029	-20,88	-47,61	0,59	0,56
2047080	-20,63	-47,28	0,57	0,55
2048019	-20,68	-48,41	0,55	0,54
2048021	-20,73	-48,55	0,60	0,57
2048023	-20,73	-48,05	0,60	0,57
2048065	-20,98	-48,33	0,55	0,54
2146002	-21,46	-46,75	0,58	0,55
2146007	-21,53	-46,63	0,55	0,53
2146010	-21,70	-46,81	0,59	0,56
2146011	-21,83	-46,90	0,59	0,55
2146014	-21,95	-46,80	0,57	0,55
2147001	-21,01	-47,40	0,56	0,55
2147003	-21,10	-47,15	0,55	0,54
2147004	-21,10	-47,75	0,60	0,56
2147006	-21,21	-47,86	0,59	0,56
2147012	-21,33	-47,78	0,61	0,57
2147013	-21,30	-47,93	0,54	0,54
2147014	-21,36	-47,71	0,56	0,54
2147016	-21,45	-47,90	0,55	0,54
2147019	-21,43	-47,58	0,57	0,55
2147027	-21,58	-47,70	0,57	0,55
2147031	-21,78	-47,78	0,57	0,55
2147058	-21,75	-47,05	0,60	0,56
2147068	-21,55	-47,38	0,54	0,52
2147071	-21,21	-47,30	0,58	0,55
2147073	-21,93	-47,13	0,58	0,56
2147092	-21,01	-47,76	0,58	0,55
2147113	-21,90	-47,03	0,55	0,54
2147117	-21,99	-47,41	0,60	0,56
2147123	-21,43	-47,33	0,57	0,55
2148001	-21,05	-48,26	0,60	0,56
2148016	-21,26	-48,50	0,55	0,54
2148021	-21,35	-48,20	0,59	0,56
2148034	-21,66	-48,05	0,54	0,53
2148078	-21,68	-48,08	0,53	0,53
2148122	-21,11	-48,41	0,59	0,56
2148160	-21,33	-48,31	0,59	0,56
2247004	-22,13	-47,66	0,61	0,57
2247005	-22,16	-47,28	0,59	0,56

Dos resultados obtidos para o intervalo de 1 mm (Figura 51), pode-se inferir que os registros mais elevados correspondem as estações situadas na região do município de Ribeirão Preto (na porção oeste) e na porção leste (município de Casa Branca) alcançando um índice máximo de 0,60 e mínimo de 0,52.

Segundo Martín-Vide (2004) valores superiores a 0.61 de índice de concentração significa que as chuvas são mais irregulares, apresentando possibilidade de erosão em solos desnudos, ou seja, sem proteção. Há, portanto na Unidade áreas que estão dentro dessa possibilidade requerendo mais cuidados para não apresentar problemas futuros.

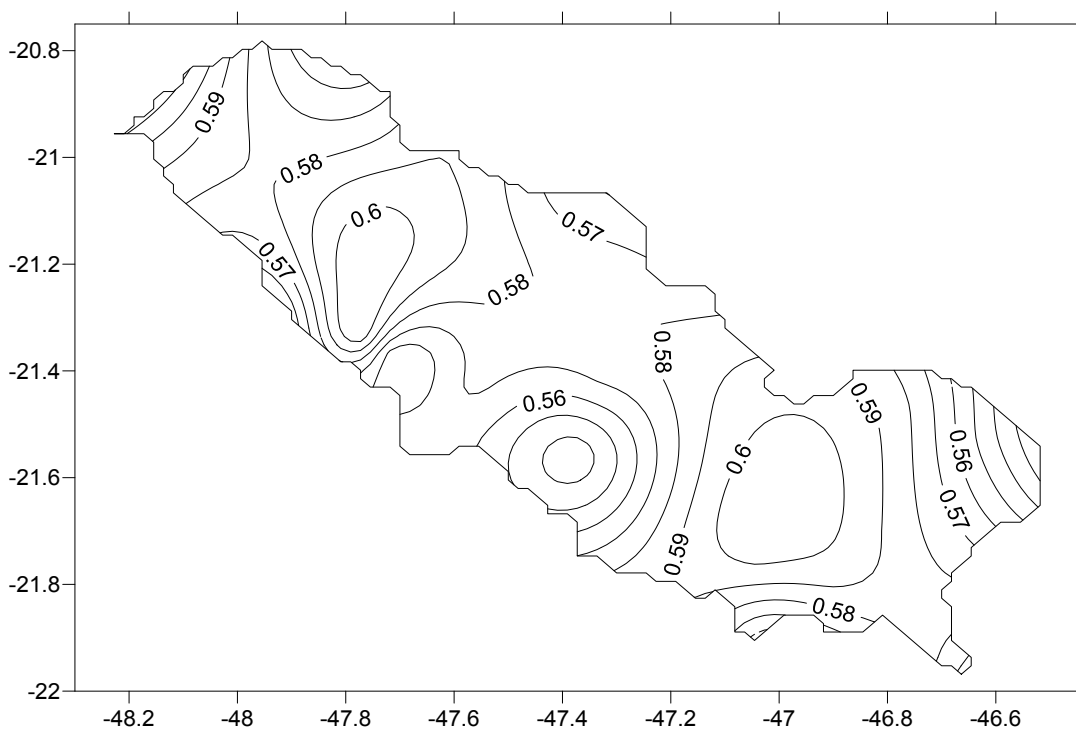


Figura 51: Índice de concentração diária da precipitação na UGRHI-4 (1 mm).

Os registros do índice de concentração de 5 mm são bem distribuídos ao longo da Unidade. Não se pode afirmar que há irregularidade na concentração diária de chuva para o intervalo de 5 mm, visto que os valores não ultrapassam 0.56.

O comportamento da precipitação à escala diária no intervalo de 5 mm tem espacialização parecida com o intervalo de 1 mm. Os índices mais altos também correspondem às estações situadas na região do município de Ribeirão Preto (na porção oeste) e na porção leste (município de Casa Branca) alcançando o máximo de 0,56 e mínimo de 0,52, Figura 52.

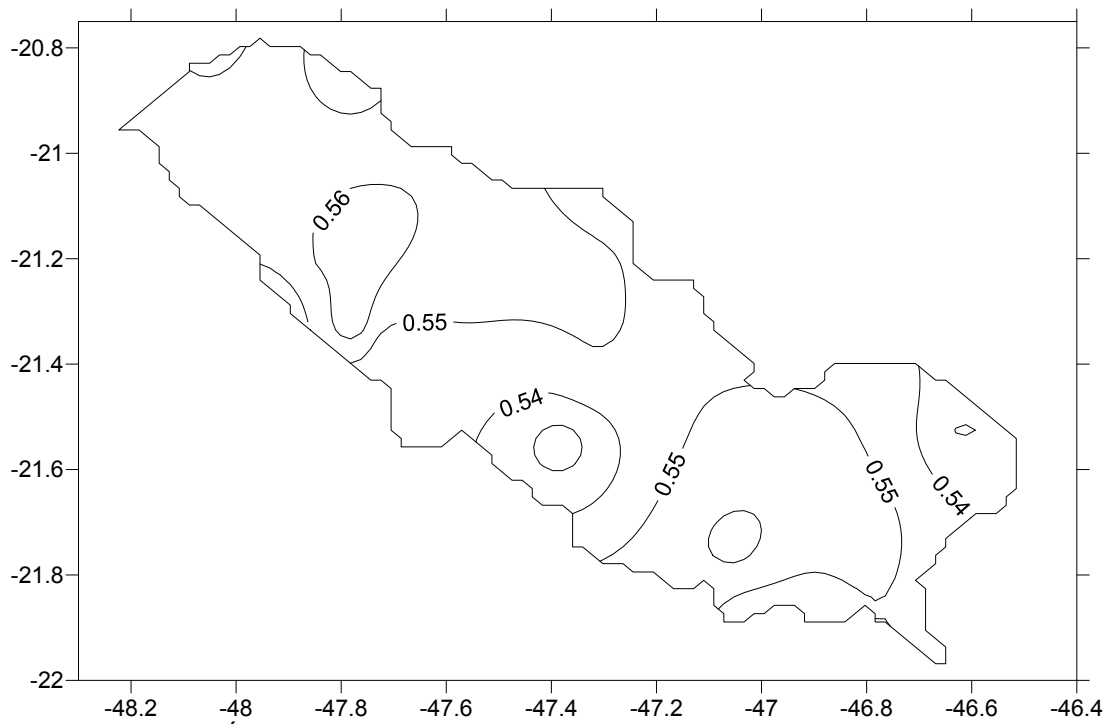


Figura 52: Índice de concentração diária da precipitação na UGRHI-4 (5 mm).

6 - Considerações Finais

As estatísticas descritivas realizadas demonstram que a chuva é bem distribuída ao longo da UGRHI-4, havendo significativa variabilidade da precipitação pluvial na bacia.

Há poucos estudos que demonstram que os episódios ENOS – fase fria e quente – influenciam o regime de precipitação na região Sudeste do Brasil. Entretanto, é inegável que para alguns eventos estudados houve a influência destes fenômenos, tendo em vista as anomalias positivas e negativas expressivamente altas para anos com eventos El Niño e La Niña. Além disso, a quantidade de dias com chuva nestes anos e os máximos diários encontrados também apontam para uma relação entre os eventos ENOS e o regime de precipitação.

As anomalias de chuva não são positivas em todos os anos de eventos de El Niño e não são negativas em todos os anos de eventos La Niña, porém é importante ressaltar que existem vários fatores que influenciam a precipitação na bacia, como o relevo, a Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS), entre outros.

Ficou evidente que os maiores valores de precipitação coincidem com o mais forte episódio de El Niño do século (1982-83). Em 1982 foram 265 mm e em 1983, 875 mm acima da normal climatológica. Além disso, em 1982, em algumas porções da bacia houve precipitação diária de até 180 mm. Já em 1983 o total de dias com chuva foi de 250, o que representa cerca de 70% do ano.

O Índice de Concentração, calculado para os intervalos de classe de 1 e 5 mm, se mostrou um bom índice de irregularidade pluviométrica e bom estimador de áreas com maior risco climático de erosão ou inundação, visto que as áreas com maior irregularidade pluviométrica coincidem com as áreas mais críticas, em termos de problemas hidrológicos, na UGRHI.

Salienta-se que os valores extremos de precipitação são de ordem natural, sempre ocorreram e continuarão a ocorrer, e é de fundamental importância que a gestão pública se atente para este fato, para que o planejamento seja o melhor possível, de forma a evitar prejuízos financeiros, ambientais e sociais.

7 - Referências

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS – ANA. **Portal Do Sistema Nacional De Informações Sobre Recursos Hídricos – SNIRH**. Disponível em: <<http://portalsnirh.ana.gov.br/>>

Acesso em: 10 de dezembro de 2011.

ALVES, L.M.; MARENGO, J.A.; CASTRO, C.A.C. **Início das chuvas na região Sudeste do Brasil: análise climatológica**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA, 12, 2002, Foz do Iguaçu. Disponível em: <http://mtcm15.sid.inpe.br/col/sid.inpe.br/iris@1915/2005/04.11.16.37/doc/Alves_Inicio%20das%20chuvas.pdf>. Acesso em: 20 de outubro de 2012.

AMARAL, M. R. S. do; CESARIO, C. V. **Apostila do Minicurso: Software R**. IX Semana de Estatística da UERJ. Solução Estatística Júnior, Rio de Janeiro, 2009. Disponível em: <<http://www.ime.uerj.br/~mrubens/slae/minicursosoftwareR.pdf>>. Acesso em: 15 de agosto de 2012.

BRAGA, T. M.; OLIVEIRA, E. L.; GIVISIEZ, G. H. N. **Avaliação de metodologias de mensuração de risco e vulnerabilidade social a desastres naturais associados à mudança climática**. São Paulo em Perspectiva, São Paulo, Fundação Seade, v. 20, n. 1, p. 81-95, jan/mar 2006. Disponível em: <http://www.abep.nepo.unicamp.br/encontro2006/docspdf/ABEP2006_204.pdf>. Acesso em: 19 de maio de 2013.

BENHAMROUCHE, A; MARTÍN-VIDE, J. **Distribución espacial de la concentración diaria de la precipitación en la Provincia de Alicante**. Investigaciones Geográficas, nº 56 (2011) pp. 113-129. ISSN: 0213-4691.

BRUNINI, O.; BLAIN, G. C.; CAMARGO, M. B. P de. **Considerações estatísticas da precipitação pluvial no estado de São Paulo durante o mês de dezembro de 2009**. CIIAGRO (Centro Integrado de Informações Agrometeorológicas), São Paulo, 2009. Disponível em: <http://www.ciiagro.sp.gov.br/Analise_Dezembro2009.pdf>. Acesso em: 30 de agosto de 2011.

CAMARGO, E. C. G; FUKS, S. D. (2001). Geoestatística: fundamentos e aplicações. In: CÂMARA, G. **Geoprocessamento: teoria e aplicações**. Disponível em: <http://www.dpi.inpe.br/gilberto/tutoriais/gis_ambiente>. Acesso em: julho de 2012.

CAVALCANTI, I. F. A. **Episódios El Niño/Oscilação Sul durante a década de 1986 a 1996 e suas influências sobre o Brasil**. IN: Climanálise - Boletim de monitoramento e análise

climática. Edição Especial Comemorativa De 10 Anos. Centro de Previsão do Tempo e Estudos Climáticos (CPTEC/INPE), 1996. Disponível em: <<http://climanalise.cptec.inpe.br/~rclimanl/boletim/cliesp10a/nino.html>>. Acesso em: 20 de abril de 2013.

CENTRO DE PREVISÃO DE TEMPO E ESTUDOS CLIMÁTICOS - CPTEC. **Ocorrência de El Niño**. Disponível em: <http://enos.cptec.inpe.br/tab_elnino.shtml>. Acesso em: 30 de junho de 2012.

FERNANDES, D. S. *et al.* **Índices para a quantificação da seca**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2009. Disponível em: <http://www.simego.sectec.go.gov.br/downloads/publicacoes/artigos/doc_244.pdf>. Acesso em: 26 de agosto de 2011.

GUIJARRO, J. A. CLIMATOL: Software libre para la depuración y homogeneización de datos climatológicos. In: CONCHA D. L.; CODRÓN, J. C. G.; ALVAREZ, D. F. R.; HERNÁEZ, P. F. A.; PEDRAJA, C. G. (coord.) **El clima, entre el mar y la montaña**. Santander: Universidad de Cantabria, 2004. p. 493–502.

LANDIM, P. M. B. Análise estatística de dados geológicos multivariados. Texto Didático 03. Departamento de Geologia Aplicada – IGCE, 2000. Disponível em: <<http://www.rc.unesp.br/igce/aplicada/DIDATICOS/LANDIM/multivariados.pdf>>. Acesso em: 15 de janeiro de 2014.

MARTÍN-VIDE, J. **Spatial distribution of a daily precipitation concentration index in peninsular Spain**. International Journal of Climatology (2004).

MEDRI, W. **Análise Exploratória de dados**. Curso de Especialização “Lato Sensu” em Estatística. CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS – CCE - DEPARTAMENTO DE ESTATÍSTICA. Universidade Estadual de Londrina (UEL). Londrina/PR. 2011. Disponível em: <http://www.uel.br/pos/estatisticaeducacao/textos_didaticos/especializacao_estatistica.pdf>. Acesso em: 15 de janeiro de 2014.

MELLO, M.H.A., ARRUDA, H.V., ORTOLANI, A.A. **Probabilidade de ocorrência de totais pluviiais máximos horários, em Campinas - São Paulo**. *Revista do Instituto de Geografia*. São Paulo, v.15, (1-2), p.59-67,1994.

MELO NETO, M. S. de. **Erosão dos solos nas encostas da bacia hidrográfica do rio Jaguaribe - Conceição do Almeida - Bahia.** In: CONGRESSO DE PESQUISADORES DO RECÔNCAVO SUL DA BAHIA, 1, 2007. Anais. Amargosa, UFRB, 2007(a). p.134-135.

MENDONÇA, Francisco; OLIVEIRA, Inês Moresco Dani. **Climatologia: noções básicas e climas do Brasil.** São Paulo: Oficina de Textos, 2007.

NERY, J. T. **Climatologia estatística: séries climáticas.** Maringá: Universidade Estadual de Maringá, 1997.

_____; STIVARI, SÔNIA M. S.; FREITAS, E.D.; MARTINS; M.L.O.F. **Número de dias com precipitação pluvial do Estado do Paraná;** In: CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA, 12, 2002. Foz do Iguaçu, PR, Anais..., SBMet, Foz do Iguaçu, PR, 2002.

RELATÓRIO ZERO - INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO – IPT. **Diagnóstico da situação atual dos Recursos Hídricos e estabelecimento de diretrizes técnicas para a elaboração do Plano da Bacia Hidrográfica do Rio Pardo. Relatório Nº 40.670.** São Paulo, 2000. Disponível em: <http://www.sigrh.sp.gov.br/sigrh/ARQS/RELATORIO/CRH/CBHPARDO/1523/relatorio_zero_cbh_pardo.pdf>. Acesso em: 20 de maio de 2012.

RELATÓRIO UM - INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO – IPT. **Relatório Um da Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos do Pardo (UGRHI 04). Relatório Nº 90635 – 205.** Novembro 2006. Disponível em: <<http://www.sigrh.sp.gov.br/sigrh/ARQS/RELATORIO/CRH/CBHPARDO/1111/pardo%20total%20com%20o%20logo.pdf>>. Acesso em: 3 de fevereiro de 2012.

SÁNCHEZ-LORENZO, A; MARTÍN-VIDE, J. **Distribución espacial de la concentración pluviométrica diária en la Península Ibérica.** 5ª Asamblea Hispano-Portuguesa de Geodesia y Geofísica, 2006.

SANSIGOLO, C. A. **Distribuições de extremos de precipitação diária, temperatura máxima e mínima e velocidade do vento em Piracicaba, SP (1917-2006).** Revista Brasileira de Meteorologia, v.23, n.3, 341-346, 2008. Disponível em: <http://www.rbmet.org.br/port/revista/revista_artigo.php?id_artigo=352>. Acesso em: 22 de agosto de 2011.

SANTOS, M; FRAGOSO, M. **Modelação espacial do índice de concentração diária de precipitação em Portugal Continental.** VI Seminário Latino-Americano de Geografia Física e II Seminário Ibero-Americano de Geografia Física. Universidade de Coimbra, 2010.

Disponível em: <<http://www.uc.pt/fluc/cegot/VISLAGF/actas/tema2/monica>>. Acesso em: 10 de junho de 2013.

SETZER, José. **Atlas Climático e Ecológico do Estado de São Paulo**. Ed. Comissão Interestadual da Bacia do Paraná-Uruguaí em colaboração com as centrais elétricas de SP. (CESP). São Paulo, 1966. 61 p.

SOUSA, P. **Estudo da variabilidade da precipitação no estado do Paraná associado à Anomalia da TSM no Oceano Pacífico**. Dissertação de Mestrado. Universidade Estadual de Maringá "UEM", 2006.

_____. **Estudo da Variabilidade da Precipitação e Vazão na Bacia do Rio Iguaçu Associada à Anomalia de Temperatura da Superfície do Mar no Oceano Pacífico Equatorial**. Tese de doutorado. Universidade Estadual de Maringá "UEM", 2013.

TUCCI, C. M. **Hidrologia: ciência e aplicação**. Porto Alegre: UFRGS, 2001. 943 p.

TUCCI, C. E. M.; BRAGA, B. Clima e recursos hídricos. In: _____. (Org.). **Clima e recursos hídricos no Brasil**. Porto Alegre: ABRH, 2003. cap. 1, p. 1-30.

ZUBIETA, R; SAAVEDRA, M. **Distribución espacial del Índice de Concentración de precipitación diaria em los Andes Centrales Peruanos: Valle del Rio Mantaro**. Disponível em: [http://tecnia.uni.edu.pe/site/DataTecnia/TECNIA-21-\(2\)-2009-02.pdf](http://tecnia.uni.edu.pe/site/DataTecnia/TECNIA-21-(2)-2009-02.pdf)
Acesso em: 10 de agosto de 2013.